

# 기술과 공학적 소양을 위한 표준

## STEM 교육에서 기술과 공학의 역할

역자 최유현, 김지숙, 성익석, 임윤진, 이은상





국제기술공학교육자학회(International Technology and Engineering Educators Association, ITEEA)는 기술, 혁신, 디자인, 그리고 공학교육을 위해 설립된 교육 연구 단체입니다. ITEEA는 전 세계 45개 이상의 국가에서 약 35,000명의 기술 교육자들을 대표하는 단체로서, 기술과 공학교육을 담당하는 교육자들의 전문성 향상을 통해 기술과 공학적 소양의 향상을 목표로 하고 있습니다. ITEEA의 주요 활동으로는 리더십, 전문성 개발, 출판, 학회 등이 있으며, 전 세계 멤버들 간의 네트워크 활성화를 위해 다양한 온오프라인 모임을 개최하고 있습니다.

## **ITEEA**

International Technology and Engineering  
Educators Association

전화 : +1 (703) 860-2100

이메일 : [iteea@iteea.org](mailto:iteea@iteea.org)

홈페이지 : [www.iteea.org](http://www.iteea.org)



## 기술과 공학적 소양을 위한 표준

STEM 교육에서 기술과 공학의 역할

2020년 국제기술공학교육자협회(International Technology and Engineering Educators Association, ITEEA)와 ITEEA의 기술공학교사교육협회(Council on Technology and Engineering Teacher Education, CTETE)의 협동 프로젝트로 만들어짐.

TECHNICAL  
FOUNDATION  
OF AMERICA



이 프로젝트는 Technical Foundation of America와 미국과학재단 (National Science Foundation)의 후원으로 진행되었음.  
이 문서에 나타난 어떤 의견이나 결과는 저자들의 것이며, 이것은 NSF를 대변하는 것이 아님.

국제기술공학교육자협회(International Technology and Engineering Educators Association, 2020).  
기술과 공학적 소양을 위한 표준: STEM 교육에서 기술과 공학의 역할 (Standards for technological and engineering literacy: The role of technology and engineering in STEM education)  
[www.iteea.org/STEL.aspx](http://www.iteea.org/STEL.aspx)



## 기술과 공학적 소양을 위한 표준

STEM 교육에서  
기술과 공학의 역할

# 차례

역자 서문	8
한국어 출간을 축하하며	10
헌정사	11
서문	12

## Chapter 1

기술과 공학적 소양을 위한 표준의 필요성	15
소양의 정의	16
모두를 위한 기술과 공학적 소양	17
기술과 공학에 대한 교수 학습	18
학문적 통합자로서의 기술과 공학	19

## Chapter 2

기술과 공학적 소양 표준에 대한 개요	21
기술과 공학적 소양을 위한 표준의 일반적인 구조	23
기술과 공학적 소양을 위한 표준의 특징	23
기술과 공학적 소양을 위한 표준의 기본구조	25
기술 핵심 교과 표준	26
핵심 표준의 형식	27
벤치마크	27
기술과 공학 실천	28
기술과 공학 내용영역	29
기술과 공학적 소양을 위한 표준의 주사용자	30
기술과 공학적 소양을 위한 표준의 사용에 대한 제언	30
기술과 공학적 소양을 위한 표준과 STEM의 협업	31

## Chapter 3

핵심 교과 표준	33
표준 1: 기술과 공학의 본질과 특성	35
유치원-2학년	36
3-5학년	37
6-8학년	39
9-12학년	40

표준 2: 기술과 공학의 핵심 개념	42
유치원-2학년	43
3-5학년	44
6-8학년	46
9-12학년	48
표준 3: 지식, 기술 및 실천의 통합	50
유치원-2학년	51
3-5학년	52
6-8학년	53
9-12학년	54
표준 4: 기술의 영향	55
유치원-2학년	56
3-5학년	58
6-8학년	59
9-12학년	60
표준 5: 기술 개발에 따른 사회적 영향	61
유치원-2학년	62
3-5학년	63
6-8학년	64
9-12학년	64
표준 6: 기술의 역사	65
유치원-2학년	66
3-5학년	67
6-8학년	67
9-12학년	68
표준 7: 기술과 공학교육의 설계	70
유치원-2학년	72
3-5학년	73
6-8학년	74
9-12학년	75
표준 8: 기술적 제품과 시스템의 적용, 유지관리, 평가	77
유치원-2학년	77
3-5학년	78
6-8학년	79
9-12학년	81

## Chapter 4

기술과 공학 실천	83
기술과 공학의 실천을 가르치기 위한 지도 원칙	85
기술과 공학 실천 1 (TEP-1): 시스템적 사고	87
개요	87
기술과 공학에서의 시스템적 사고의 사례	88
기술과 공학 실천 2 (TEP-2): 창의성	88
개요	88
기술과 공학에서의 창의성의 사례	89
기술과 공학 실천 3 (TEP-3): 만들기와 실천하기	90
개요	90
기술과 공학에서의 만들기와 실천하기의 사례	92
기술과 공학 실천 4 (TEP-4): 비판적 사고	93
개요	93
기술과 공학에서의 비판적 사고의 사례	94
기술과 공학 실천 5 (TEP-5): 긍정적 사고	95
개요	95
기술과 공학에서의 긍정적 사고의 사례	96
기술과 공학 실천 6 (TEP-6): 협업	96
개요	96
기술과 공학에서의 협업의 사례	97
기술과 공학의 실천 7 (TEP-7): 의사소통	98
개요	98
기술과 공학에서의 의사소통의 사례	99
기술과 공학의 실천 8 (TEP-8): 윤리적 관심	99
개요	99
기술과 공학에서의 윤리적 관심의 사례	100

## Chapter 5

기술과 공학의 내용 영역	103
기술과 공학의 내용 영역 1 (TEC-1): 계산, 자동화, 인공지능, 그리고 로보틱스	105
개요	105

기술과 공학 프로그램	107
기술과 공학의 내용 영역 2 (TEC-2): 재료 변환과 처리	110
개요	110
기술과 공학 프로그램	111
기술과 공학의 내용 영역 3 (TEC-3): 수송 및 물류	113
개요	113
기술과 공학 프로그램	114
기술과 공학의 내용 영역 4: 에너지와 동력	116
개요	116
기술과 공학 프로그램	117
기술과 공학의 내용 영역 5 (TEC-5): 정보와 통신	118
개요	118
기술과 공학 프로그램	119
기술과 공학의 내용 영역 6 (TEC-6): 건설된 환경	121
개요	121
기술과 공학 프로그램	122
기술과 공학의 내용 영역 7 (TEC-7): 의료와 건강 관련 기술	124
개요	124
기술과 공학 프로그램	125
기술과 공학의 내용 영역 8 (TEC-8): 농업과 생명기술	127
개요	127
기술과 공학 프로그램	127

## 부록

A STEL 벤치마크 교육과정 개발 자료	131
B 표준 개정 프로젝트의 간략한 역사	137
C 참고 문헌	141
D 감사의 말	155
E 용어	161



## 역자 서문

우리나라 초·중·고등 학교에서 가르치는 기술교과는 학생들에게 기술적 소양과 기술적 능력을 길러주기 위하여 1970년부터 어언 50여 년의 역사를 가지고 있다. 초기에는 기능적, 직업적 성향을 강조하였으나 최근에는 기술적, 공학적 사고과정을 강조한 문제해결력 및 기술과 사회, 인간, 환경의 지속 가능한 기술 사회적 영향을 동시에 강조하고 있다.

우리나라는 물론이고, 외국의 여러 나라들도 이러한 필요성에 비추어 기술 과목을 교양 교육으로 부과하고 있는 실정이다. 이러한 기술은 크게 설계 기술 및 정보 기술을 강조하는 영국, 뉴질랜드, 호주 등의 국가에서 과정 지향적 기술을 강조하고 있고, 미국, 일본, 한국 등의 내용 지향적 기술을 강조하는 국가로 대별되기도 한다. 그러나 최근에는 과정과 내용을 모두 강조하는 추세로 발전되어 왔다.

미국의 기술교육은 산업공예(Industrial Arts), 기술 교육(Technology Education), 기술-공학 교육(Technology Engineering Education)으로 변모하고 있다. 2000년에 ITEA(International Technology Education Association)에서 미국의 기술적 소양 교육 표준(Standard for Technological Literacy)을 발표하였다. 미국에서는 국가 교육과정 없이 대신에 교육과정 표준을 만들어서 각 주에서 이를 참조로 주 교육과정의 표준을 만들기도 하며, 각급 학교에서 이러한 가인드 라인을 가지고 자율적으로 기술과목을 가르치고 있다.

근래에 들어 미국 교육의 패러다임 중 하나는 STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics)이다. 연방 차원에서 미국에서의 과학, 기술, 공학, 수학 교육의 중요성을 초·중·고등은 물론 대학, 대학원 교육까지 투자를 확대하였다. 기술교육 중심 학회인 ITEA도 공학을 포함할 수밖에 없었고, 마침내 학회 명칭을 ITEEA(INTERNATIONAL TECHNOLOGY AND ENGINEERING EDUCATORS ASSOCIATION)으로 바꾸었다. ITEEA에서는 마침내 STL이 발표된 20년 만인 2020년에 기술-공학 소양 표준(STEL, Standards for Technological and Engineering Literacy)을 발간하였다.

STEL은 8개의 핵심 표준, 8개의 실천, 8개의 맥락에 대한 내용이 포함되었다. 20개의 표준을 8개의 핵심 표준으로 줄이고, 역량을 강조하는 8개의 실천을 새롭게 제시하였으며, 맥락은 최근의 자동화, 인공지능, 로봇의 영역을 설정하였다.

ITEEA에서 발표한 STEL을 외국어판 최초로 한국어판으로 발간을 기획하고, ITEEA의 CEO와 학회장은 한국어판 발간에 매우 호의적으로 출판 저작권을 흔쾌히 허락하였

다. 더욱이 이 책을 번역한 5명의 번역 연구자와 ITEEA 학회장, CEO(사무총장)는 비대면 회의를 열고 STEL 프로젝트의 배경과 철학을 공유하였다. 한편 2020년 2월에는 한국의 기술교사 리더 그룹의 연수를 실시하여 이 보고서의 배경과 철학을 전달하였다.

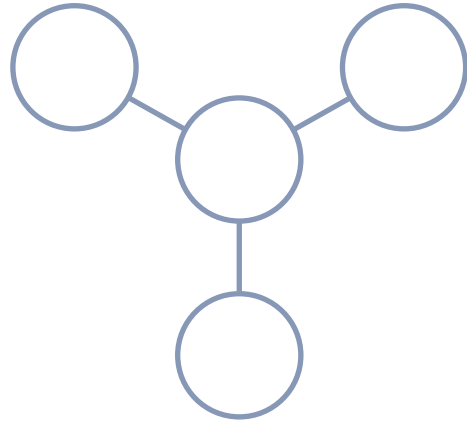
국제 기술교육사의 한 획을 그은 STEL의 한국어판은 큰 의미를 지닌다. 이 번역판이 빛을 보는데 도와준 ITEEA Philip Reed 학회장님과 Steve Barbato 사무총장(CEO)님께 감사드립니다.

특히 한국어판 출간을 아름답게 디자인하고 출간을 주도해 주신 마루비 출판사의 박미경 대표께도 감사드립니다. 바쁜 가운데서도 번역자에게 주어지는 번역자 인세 모두는 한국 기술교육 발전 기금으로 출연키로 동의하고 번역 연구를 해주신 성의석 교수(뉴욕 시립대학교), 김지숙 교수(공주교육대학교), 임윤진 박사(한국교육과정 평가원), 이은상 교수(공주대학교)께 감사를 드린다. 아울러 이 책이 흠이 없도록 검토와 자문을 해주신 검토위원들께도 감사를 드린다.

모쪼록 이 책이 미국 기술교육의 현재를 올바르게 이해하고, 우리나라 기술교과 교육이 발전하는데 참조적 시사를 주기를 희망해 본다. 한 나라의 기저층인 보편적 국민의 기술적 소양의 수준을 높이지 않고는 그 나라의 기술 수준을 높일 수 없다는 피라미드 구조 논리와 같이 우리 기술교육이 보편타당한 기술적 소양을 높이는 데 우리 기술교육자의 노력과 의지에 이 책이 도움이 되길 바란다.

2021년 5월

STEL 한국어판 번역 연구자를 대표하여  
최유현(충남대 사범대학장, 기술교육과 교수)



## 한국어 출간을 축하하며

그동안 수십 년에 걸쳐 개발된 기술적 소양을 위한 표준 (Standards for Technological Literacy)은 2,000여 권 출간되었습니다. 이 초기 버전은 여러 나라의 언어로 번역되어 약 20여 년 간 전 세계에서 기술과 공학이 자리 잡도록 하는데 크게 기여했습니다. 이번에 새롭게 발간된 기술과 공학적 소양을 위한 표준: STEM 교육에서 기술과 공학의 역할(Standards for Technological and Engineering Literacy: The Role of Technology and Engineering in STEM Education, ITEEA, 2020)은 2000년에 출간된 기술적 소양을 위한 표준에 기반하며 지난 2년 간의 개발기간을 거쳐 완성되었습니다.

ITEEA는 기술과 공학적 소양을 위한 표준이 한국어로 출판될 수 있게 된 것에 대해 매우 기쁘게 생각합니다. 이 번역에 참여한 연구자들의 열정과 리더십에 대해 감사를 표하는 바입니다. 우리는 독자들이 이 책을 통해 모든 학생을 위한 기술과 공학교육 프로그램의 질을 향상시킬 수 있기를 희망합니다.

2021년 1월



**스티브 바베이트**  
총괄 책임자/CEO  
국제기술공학교육학회



**필립 리드**  
2020-2021 ITEEA회장  
국제기술공학교육학회



## 헌정사

**윌리엄 더거 주니어(William E. Dugger, Jr.) 1937-2018**

기술과 공학적 소양을 위한 표준은 1990년대 모든 미국인을 위한 기술(Technology for All Americans Project)과 2000년에 출간된 기술적 소양을 위한 표준(Standards for Technological Literacy)을 이끈 윌리엄 더거 박사의 끊임없는 노력과 기술적 소양을 알리기 위한 여정으로부터 시작되었다. 그의 끈기 덕분에 기술적 소양은 여러 주, 지역, 도시, 교사, 교과서 출판사들, 평가 개발자, 여러 전문단체, 그리고 ITEEA의 책임자들에게 널리 알려지고 사용되게 되었다. 그는 모두의 친구이자 동료였다. 기술과 공학적 소양을 위한 표준은 그의 노력을 기억하기 위해 헌정될 것이다.



# 서문

## Thomas Loveland (토마스 러브랜드)

연구 책임자(Principal Investigator)  
매릴랜드 이스턴 쇼어 대학교(University of Maryland Eastern Shore)

## Marie Hoepfl (마리에 호에플)

공동 연구 책임자(Co-Principal Investigator)  
애팔래치안 주립대학교 (Appalachian State University)

## Steven Barbato (스티브 발베이트)

공동 연구 책임자(Co-Principal Investigator)  
국제 기술공학 교육자 학회  
(International Technology and Engineering Educators Association)

## Philip Reed (필립 리드)

ITEEA 회장 2020-21  
올드 도미니언 대학교(Old Dominion University)

2000년에 기술적 소양 표준(Standards for Technological Literacy)이 출시된 이후 기술학(study of technology)에 초점을 맞춘 교육 프로그램이 강조되고 있다. 그리고 현재 기술 교육은 모든 학생들을 대상으로 기술적 소양을 향상시키는 것을 교육의 주요 목적으로 하고 있다. 기술 교육은 학생들로 하여금 기술과 기술의 사회적 위치를 바르게 이해하고, 기술적 사회에 능동적으로 참여하고, 기술의 신중한 창조가이자 사용자가 되는 것을 목적으로 하고 있다. 모든 기술적 시스템은 사회와 환경의 맥락 내에 있고 의도한 것과 의도하지 않은 것 둘 다의 결과를 가져 온다. 현재 지구적 문제의 대부분은 우리의 기술적 선택에 의해 만들어졌다. 이런 현상들로 인하여 의사결정 과정에 참여하는 시민들이 기술적 소양을 갖추어야 할 필요성이 커지고 있다.

과거 20년 동안 교육 현장에서는 아주 많은 변화가 있었다. 설계의 중요성이 증가하였고, 특히 초·중등 교육과정에서 기술과 공학적 설계가 매우 중요한 것으로 인식되고 있다. 이것은 설계 중심 학습(Design based learning)에 대한 노력과 탐구, 비판적 사고, 손놀림을 통한 만들기, 그리고 배운 것들을 일상생활에서 적용할 수 있는 교육을 한 결과이다. 또한, 과학, 기술, 공학, 수학 교육은 대학 교육을 준비하기 위해 필요할 뿐만 아니라 높은 수준의 기술을 요구하는 진로를 설계하는 데 필요하다는 사회적 인식이 자리 잡아가고 있다. 그럼에도 불구하고 기술과 공학은 실제에 비해 과소평가되거나 잘못 이해되는 경우가 종종 목격되고 있다. 기술과 공학적 소양을 위한 표준은 이러한 것들을 해결하는 것을 목적으로 한다.

기술과 공학 교육을 위한 표준은 STEM 교육에서 기술과 공학의 역할을 규정하고 있으며, 과학 및 수학 교과 뿐 아니라 다른 교과와 통합될 수 있도록 안내를 제공한다. 소양은 언어, 사회, 그리고 예술을 포함한 다양한 주제 분야에서의 능력을 포함한다. 그러므로, 기술과 공학을 위한 표준은 기술과 공학의 학문적 본능에 내재된 간 학문적 특성(interdisciplinary nature)을 강조한다. 다른 학문과의 통합은 사회적, 윤리적, 경제적, 환경적, 예술적 특성과 함께 기술적 특성이 반드시 고려되어야 한다. 설계, 함께 만들기, 그리고 행위의 과정들은 실험실 기반의 기술과 공학 교육의 핵심임과 동시에 학생들에게 다양한 분야의 지식, 기술, 태도를 적용해 볼 수 있는 기회를 제공한다.

기술과 공학적 소양을 위한 표준은 학생들이 기술과 공학적 소양인이 되기 위해 무엇을 알아야 하고, 할 수 있어야 하는지에 대한 향상된 통찰력을 제공한다. 이 문서는 하나의 교육과정 모델을 제공하거나 STEM 교육 표준을 제공하지 않는다. 이 문서는 유치원부터 초·중등에 이르기까지 기술과 공학 교육의 내용과 실천에 대해 윤곽을 그려 주는 역할을 할 뿐이다. 교육과정을 구성하는 것은 지역의 교육 특성에 맞도록 해야 하며, 이는 지역, 도시, 학교 관할 교육청이나 교사가 해야 할 일이다.

기술과 공학적 소양을 위한 표준(Standards for Technological Literacy, STL)은 2000년에 만들어진 기술적 소양을 위한 표준과 몇 가지 차이가 있다. 핵심 내용과 관련된 표준의 개수는 20개에서 8개로, 이와 연관된 벤치마크(Benchmark)도 288개에서 142개로 줄어들

었다. 이것은 기술과 공학 분야의 전문가와 STEM 교육 분야 구성원들의 요구가 반영된 것이며, 교육의 영향력에 보다 초점을 맞추기 위함이다. 표준과 벤치마크는 시간의 흐름에 따른 기술적 변화에 대응하기 위한 개념과 능력들에 대해 기술하고 있다. STL에서는 설계된 세계(designed world)가 기술과 공학적 맥락에 속하며 그에 적용되는 것으로 인식되었다. 이것은 기술과 공학적 지식을 통합하고 적용하도록 해야 함에도 불구하고, 폭넓은 기술과 공학의 범주를 하나의 작은 범주 안에 가두려고 했기 때문이다. 예를 들어, 각각의 내용 영역은 각기 다른 교육과정 실천 방법들이 존재하기 때문에 각기 다르게 이해되어야 한다. 또한 이 표준 문서는 학생들이 반드시 갖고 있어야 할 핵심 속성과 개인적 특성과 관련이 있는 공학적 실천들을 제시하고 있다. 그러므로 기술과 공학적 소양을 위한 표준은 교육자들에게 교육과정의 방향과 평가, 교육 환경의 구성, 다른 분야의 교육 커뮤니티와의 연결, 그리고 학생들이 미래를 준비하도록 하기 위한 기초를 제공할 것이다.

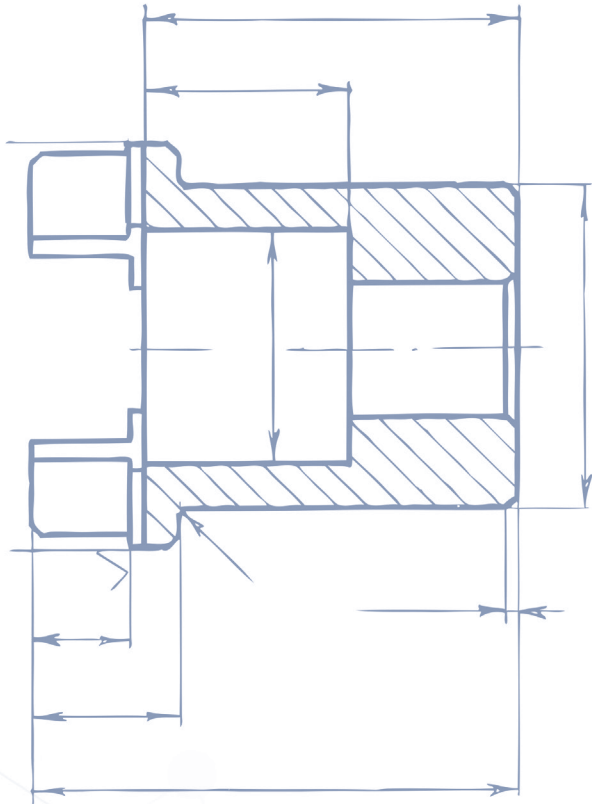
이 작업은 미국과학재단(National Science Foundation)과 미국기술재단(Technical Foundation of America)의 후원이 있었기에 가능했다. 여러 번의 수정에 참여한 리더십 팀의 노력과 아이디어, 집필, 리뷰, 그들의 시간과 전문성, 그리고 이 표준 문서가 완성될 수 있도록 초안 문서에 대해 피드백을 보내 주었다. 이들의 노력으로 인해 우리는 이 표준을 출간할 수 있게 되었다. 이 문서가 모든 사람들의 기술과 공학적 소양 달성을 고취시키기 위한 촉진제 역할을 하기를 희망한다.

# 01

## 기술과 공학적 소양을 위한 표준의 필요성

기술과 공학은 우리 삶의 모든 분야에 폭넓게 퍼져 있다. 모든 인간의 활동은 음식의 원료인 식물을 기르고, 주거지를 만들고, 컴퓨터를 제공하고, 의사소통을 하고, 일을 하고, 윤택한 삶을 위해 제품, 시스템, 기술적 과정들을 이용한다. 세계가 점점 더 복잡해져 감에 따라 모든 사람들이 기술과 공학을 이해해야 하는 필요성도 커지고 있다. 사람들은 그들의 삶, 사회, 환경 속에서 기술의 영향을 이해해야 하며, 또한 인간의 능력을 향상시키기 위해 어떻게 기술적 제품, 시스템, 과정을 사용하고 발달시키는지에 대해 알고 있어야 한다. 이러한 이해는 기술과 공학적 소양을 구성하는 중요한 요소가 된다.

## 기술과 공학적 소양을 위한 표준의 필요성



### 소양의 정의

과거에 소양은 단순히 읽고 쓰는 능력으로 이해되었지만, 오늘날에는 보다 넓은 의미로 사용되고 있다. 미국과학, 공학, 보건학술원(National Academies of Science, Engineering, and Medicine, 2016)에서는 소양을 문리적 소양(textual literacy), 수리적 소양(numeracy), 그리고 특정 학문 영역 내에서의 지식을 의미하는 학문적 소양(disciplinary literacy)으로 구분하였다. 소양을 구분하는 것은 반드시 필요한 것이며, 어떤 교과에서든지 내용 표준을 다룰 때는 이들 소양의 개념을 고려하여야 한다. 소양은 시간이 흐름에 따라 특정 영역에 주어진 지식, 기술, 능력이 변하는 것처럼 유동적인 것이다. 과학적, 기술적, 공학적, 수학적 소양들 사이에는 수많은 연결 고리들이 존재하지만, 각 분야의 소양은 각기 다른 특징이 있다. 기술과 공학적 소양(technological and engineering literacy)을 구성하는 하나의 중요한 요소는 설계와 만들기에서 나오는 과정과 행위를 강조하는 것이다. 기술과 공학적 소양을 위한 표준은 기술과 공학적 소양의 요소들을 드러내는 것을 목적으로 한다. 비록 STEM 소양(STEM Literacy)이라는 용어가 구체적으로 정의되어 있지는 않지만, 많은 사람들은 STEM의 네 가지 영역에 해당하는 과학, 기술, 공학, 수학적 소양을 향상시킨다면 우리 주변에 존재하는 수많은 사회적 문제를 해결하기 위해 필요한 기능적 소양(functional literacy)을 만들어낼 것이라고 말하고 있다.

### 모두를 위한 기술과 공학적 소양

모든 어린이, 청소년, 어른들은 기술과 공학에 대해 더 많은 이해가 필요하다. 가장 큰 이유 중의 하나는, 기술과 공학은 우리 삶에 큰 영향을 미치지만 이를 이해하고 있는 사람은 많지 않다. 따라서 사회 차원에서 기술과 공학에 대한 이해를 전체적으로 높이는 것이 필요하다. 예를 들자면, 사람들은 기술을 스마트폰이나 컴퓨터처럼 단순히 의사소통을 하는 도구로 생각하거나, 기술의 정의를 단편적으로 해석해 컴퓨터와 같은 것으로 생각하곤 한다. 이와 비슷하게 많은 사람들은 공학을 생각할 때, 이것이 어떻게 우리의 삶과 관련이 있는지에 생각하기보다는 단순히 직업의 한 종류로만 인식하려는 경향이 있다. 기술과 공학을 배우는 이유는, 그것을 배우는 모든 사람들을 기술자나 공학자로 만들려는 것이 아니다. 사람들이 기술과 관련된 문제에 대해 현명한 의사결정을 내리고 기술에 대해 설계, 개발, 사용과 관련해 기여할 수 있는 소양을 갖도록 하는 것이다.

과학, 기술, 공학, 수학 등의 STEM 분야에 보다 많은 인재가 필요한 것도 기술과 공학을 배워야 하는 주된 이유이다. STEM 분야의 직업은 연구와 개발을 통해 새로운 제품, 서비스를 만들어내고, 이러한 활동은 우리 삶의 질을 향상시키는 데 기여한다. 하지만 전통적으로 기술과 공학은 과학과 수학에 비해 유치원부터 고등학교의 핵심 교과목으로 인식되지 못했다. 모든 직업은 기술적 제품, 시스템 과정을 사용하며 따라서 높은 수준의 기술과 공학적 소양은 보다 나은 직업은 준비하는데 도움이 된다. 현대사회에서 많은 직업은 새로운 기술을 배워서 적용할 수 있는 비판적(critical), 초학문적(transdisciplinary) 사고력을 필요로 한다. 이런 요구는 기술과 공학 교육을 확장함으로써 달성될 수 있다.

기술과 공학은 소비자로서의 개인에게도 큰 영향을 미친다. 집, 자동차, 음식, 옷, 약처럼 우리가 구매하는 모든 것들은 기술과 공학적 활동의 산출물이다. 기술과 공학적 소양의 수준을 높이는 것은 소비자로서 지속 가능성, 제품의 수명 등과 같은 제품의 디자인과 제품의 생산 과정을 보다 잘 이해하도록 해 준다. 기술과 공학에 대한 이해도가 높은 소비자들은 제품을 구매하거나 서비스를 선택할 때 보다 현명한 의사결정을 내린다. 또한 기술과 공학은 우리의 여가활동에도 영향을 미친다. 예를 들어 몇몇 운동이나 게임, 여가활동 등은 장비의 중요성이 매우 큰 경우가 있다. 이런 장비들은 반복적인 설계, 새로운 재료와 공정의 도입으로 꾸준히 진화되고 있다. 여가활동 중에 상처를 입거나 다치게 된다면, 또 다른 의학기술을 통한 진단과 재활기술을 통해 치료한다. 이런 예들은 기술과 공학이 우리 삶 속에 깊숙이 들어와 있지만, 한편으로 사람들은 그것의 중요성에 대해 깊이 생각하지 않는다는 것을 보여 준다. 기술과 공학은 여가활동과 밀접한 관련이 있고, 이를 이해하는 것은 우리의 삶을 보다 안전하고 행복하게 만들어 주기 때문에 이들 분야의 이해가 필요하다.



모든 사람들에게 기술과 공학적 소양이 필요한 마지막 이유는 사회-문화적 영향과 관련이 있다. 기술적 제품, 시스템, 공정은 제작자가 의도한 목적에 맞게 설계되고 만들어지지만 가끔씩 의도하지 않은 결과를 초래하기도 한다. 예를 들어, 제초제는 농장에서의 노동력을 줄이는데 큰 기여를 하였지만 나중에 이것이 동물과 인간에게 해가 된다는 것을 발견하였다. 기술과 공학의 결과를 전부 예측하는 것은 불가능하며, 설계 과정에서 이들의 일부만 찾아내고 고려될 수 있기 때문에 이런 유형의 사회-기술적 이슈들은 거의 모든 경우에 나타난다. 따라서 기술과 공학을 배우는 것은 사람들로 하여금 기술과 공학과 관련된 의사결정 과정에서 보다 넓은 시야를 갖게 해 준다.

모든 사람들이 기술과 공학을 배워야 하는 이유는 앞서 소개한 직업, 소비, 여가, 문화 이외에 더 많은 것이 있다. 이 문서에서 설명하고 있는 기술과 공학의 학문적 핵심, 내용영역, 그리고 실천은 기술과 공학적 소양이 모두에게 필요한 포괄적인 구조를 제공한다. 이 문서는 교사, 행정가, 그리고 다른 분야의 전문가들에게 유치원에서 고등학교에 이르기까지의 철저하고 관련성 있는 기술과 공학 교육의 큰 그림을 그리는 데 도움을 줄 것이다.

## 기술과 공학에 대한 교수 학습

기술과 공학적 소양의 가치와 중요성은 다양한 그룹의 전문가들로부터도 폭넓게 받아들여지고 있다. 하지만 이런 동의에도 불구하고 보통의 기술과 공학 교육과정들은 모든 학교에서 제공되지 않고 있다. 일부 국가와 주, 도시, 행정 구역 등에서는 기술과 공학 교육을 필

수 교과로 지정하고 있지만, 여전히 많은 수의 미국 학생들은, 특히 유치원에서 초등학교 5학년까지는 기술과 공학 교육을 거의 배우지 못하고 있다. 그로 인해 많은 학생들이 오늘날 우리 사회를 만들어낸 가장 강력한 동력 중의 하나인 기술과 공학 분야에 대해 거의 이해하지 못한 상태로 졸업을 하고 있다.

기술과 공학은 복잡하고 지속적으로 발전하기 때문에 교사들은 기술공학의 개념을 단순히 사실 위주로 나열하기보다는 기술과 공학의 다양한 분야의 지식(knowledge), 사고(thinking), 그리고 행위(doing)에 더 많은 시간을 할애해야 한다. 지식(knowledge) 영역은 정보를 습득, 조직하고 사실과 개념적 관계를 이해하는데 초점을 맞추어야 한다. 사고 영역은 질문, 분석, 의사결정 과정을 통해 정보를 이해하는 활동이 동반되어야 한다. 그리고 행위 영역은 설계, 제작, 생산, 평가하는 과정에서 기술과 공학을 사용하는 것이 포함되어야 한다. 지식, 사고, 행위의 세 영역은 서로 연관되어 있고 기술과 공학적 소양의 발달 과정에서 똑같이 중요하다.

기술과 공학 교육의 목표는 학생들로 하여금 기술, 공학, 사회가 어떻게 상호작용하는지에 관한 넓은 분야의 지식과 능력을 발달시키고, 현재와 미래의 기술들을 사용하고, 창출하고 평가하는 능력을 갖추도록 하는 것이다. 이 목표는 수업과 학습에서 배움의 세 가지 필수 영역인 인지, 정의, 심동적 영역에 걸쳐 고르게 초점을 맞춰야만 달성될 수 있다. 기술과 공학적 소양을 위한 벤치마크는 이들 영역에서 학생들의 발달 단계에 맞춘 행위동사(action verbs)로 작성되었다. 기술과 공학의 학습은 매우 복잡한 사고 과정을 수반하기 때문에, 교육과정 개발자와 교사는 행위 동사를 통해 적절한 목표를 제시해야 하며, 이 표준은 이에 도움을 주기 위해 의도적으로 행위 동사를 사용하였다.

STEM에서 T(기술)와 E(공학)가 같은 것으로 인식되기도 하지만, STEL 표준에서는 우리가 왜 공학은 표준에 포함시켰는지를 명확히 하기 위해 공학에 대한 정의를 확실히 하고자 하였다. STEL은 공학과 관련된 내용의 모든 분야와 영역을 포함하려 하지 않았다. 공학과 공학의 세부 영역(기계공학, 토목공학, 전자공학 등)의 제한적인 초점보다는 기술적 제품, 설계, 그리고 기술과 사회의 상호작용 등을 다루는 기술과 공학적 소양에 더 관심을 갖는다. 공학과 기술의 관련성을 표현하는 또 다른 방법으로는 공학을 명사로서 의공학 그리고 공학설계와 적용, 공학적 사고 등을 나타낼 때 사용하는 동사로서의 공학을 정의하는 것이다. 이 표준 문서에서는 후자(동사)로서의 공학에 초점을 맞추었다. 기술은 STEL 문서의 기초를 제공하고, 공학은 동사로서 공학적 실천과 STEM에서 다른 학문과의 중요한 연결고리를 제공하는 공학적 마인드셋을 제공한다.

## 학문적 통합자로서의 기술과 공학

모든 교과목들은 각 학문에서 정의하는 내용(content), 인식론적 기초(epistemological basis), 실천의 역사, 교육과정 범위(inclusive of curricula), 수업, 연구 등에서 고유의 특징을 갖고 있다. 이런 특징들에 따라 가르치는 방법과 내용이 결정된다. 하지만 교과목은 진공상태로 존재하거나 다른 분야와 떨어져 독립적으로 생존하지 못한다. 교육은 기본적으로 통합적 성격을 갖고 있다. 표면적으로 기술과 공학 교육은 과학과 수학의 기반 위에 존재하고 있는 것처럼 보이지만, 사실 예술과 인문학과도 밀접한 관련이 있다. 예를 들면 트럭이나 전기차와 같은 수송기술 시스템 개발자는 사람의 이동성을 고려한 기술적 관점도 생각해야 하지만, 동시에 소

비자에게 매력적인 예술적 원리와 자동차가 운전자의 요구를 충족하고 안전하게 주행할 수 있는 인간 요인(human factor)도 고려해야 한다. 또한 기술의 수용성(acceptance)과 적용성(adoption)을 결정하는 사회적 요인은 효과적인 글쓰기를 통한 의사소통과 계획, 마케팅 능력도 갖춰야 한다. 이러한 다교과적 연결은 기술과 공학적 소양의 핵심이며 STEL 표준의 기초가 된다.

STEM이라는 용어는 기술과 공학의 다학문적 특성을 가장 잘 담아내고 있지만, 정작 'STEM 교육'은 불균형적으로 과학과 수학에만 초점을 맞추고 기술과 공학에는 큰 관심을 두지 않는다. 이것은 과학과 수학이 학교 교육에서 핵심과목으로 여겨지기 때문일 것이며, 그로 인해 기술과 공학은 선택교과로 학생들에게 제공되기도 한다. 더욱이 STEM 교육에서 특정교과에만 배타적으로 집중하는 것은 다른 교과의 역할을 축소시키며, STEM 교육의 성공에도 도움을 주지 않는다.

기술과 공학을 위한 표준은 기술과 공학교육의 핵심인 다학문성(multi-disciplinary)에 초점을 맞추고 있지만, 동시에 교육자들에게 기술과 공학을 보다 잘 이해하고 어떻게 가르칠 것인지를 돕기 위해 계획되었다.

기술과 공학적 소양을 바르게 이해하기 위해 극복해야 할 한 가지 문제는 이것이 다양한 인간의 활동 영역을 포함하고 있으며, 지속적으로 변한다는 점이다. 기술과 공학을 위한 소양 표준(STEL)은 이러한 광범위한 기술과 공학 영역과 관련지어, 포괄적으로 실천(practice)에 사용되는 핵심적인 지식, 기술, 성향을 분석하여 그에 따라 작성되었다. 이들은 표준 문서의 각 장에서 상세하게 소개되어 있다. 기술과 공학 소양을 위한 표준은 필수적인 지식에 초점을 맞추므로써, 유치원부터 고등학교(PreK-12)에 이르기까지 학생들의 예상 성취를 정의

하고 있다. 이는 언어 소양, 과학 소양, 수학 소양과 마찬가지로 모든 학생들이 달성해야 할 특정 단계의 소양을 의미한다. 기술과 공학적 소양(technological and engineering literacy)은 현대사회 속에서 다른 형태의 소양처럼 성공적인 삶의 위해 꼭 필요한 요소이다.

기술 교육은 필요와 욕구를 충족시키기 위해 인간이 만들어낸 제품, 시스템, 과정과 관련이 있으며, 이는 여러 전문 분야 중에서도 가장 광범위한 학문적 구조를 지니고 있다. 이들 범주는 기능 교육(직업 교육)부터 정보통신, 컴퓨터 등 다양한 공학의 하위 영역까지 포함한다. 기술과 공학 소양을 위한 표준에서 정의한 것처럼 기술과 공학 교육은 이들 분야에서 개인의 진로를 계속적으로 개발하기 위한 효과적인 출발점을 제공한다. 기술과 공학 교육은 학생들의 대학 진학 또는 진로 계획과 관계 없이 유치원부터 고등학교에 이르기까지 모든 사람에게 필요한 기능과 핵심적인 이해를 제공한다.

기술과 공학 교육의 중요한 특징은 학생들이 학습에 능동적으로 참여할 수 있는 손놀림(hands-on), 설계 중심 전략(design-based strategies) 등의 수업 방법에 있다. 이러한 현실적인 경험(authentic experiences)은 종종 서비스 학습 프로젝트나 기술학생협회(Technology Student Association; TSA)와 같은 교과 외 교육활동에서 나오기도 한다. 교과 외 교육활동들은 흔히 디자인 챌린지, 기술경연대회(Vex 로보틱스) 참여와 박물관 견학과 같은 비형식적 학습을 포함한다. 기술과 공학적 내용영역과 실천(contexts and practices)은 다음 장에서 기술과 공학의 수업에서만 발견될 수 있는 고유의 교육방법론과 함께 상세하게 설명할 것이다.

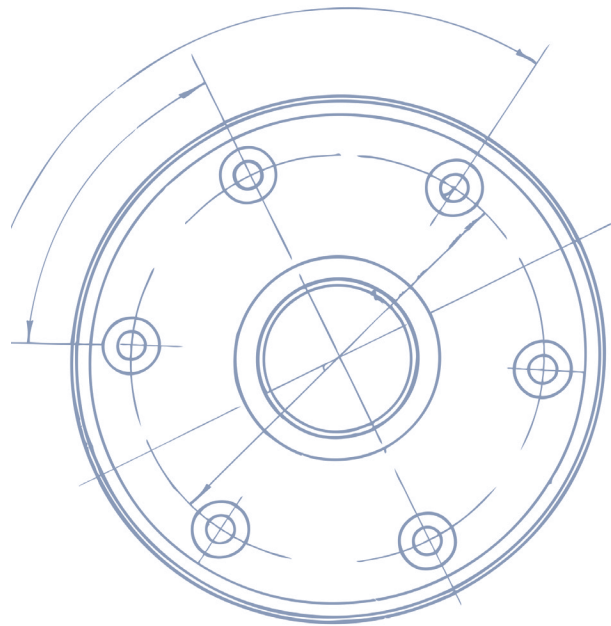
기술과 공학을 위한 소양 표준은 단순히 학생들이 기술과 공학 실험실에서 달성해야 할 기술적 사실, 개념, 능력의 체크리스트만이 아니라, 그 이상의 것을 제공한다. 기술과 공학 교사는 학생들이 예술, 언어, 역사, 과학, 수학, 과학 등의 다른 교과에서처럼 기술과 공학적 소양을 갖도록 하기 위해 도움을 주는 역할을 담당한다. 기술과 공학은 우리 모두의 삶 속에서 반드시 필요한 것이며, 이러한 것들은 다양한 교수 학습 경험 속에 적용되어야 한다. 세상은 지속적으로 변하기 때문에, 우리는 학생들에게 기술과 공학적 지식을 제공할 뿐만 아니라, 그러한 변화에 지속적으로 적응할 수 있는 평생 학습자(lifelong learners)가 될 수 있는 능력을 길러 주어야 한다.

# 02

## 기술과 공학적 소양 표준에 대한 개요

기술과 공학 소양을 위한 표준은 학생들이 기술과 공학적 소양과 관련해 알아야 할 지식과 이를 실천에 옮길 수 있는 능력을 체계적으로 제시하고 있다. 이 표준 문서는 유치원부터 고등학교 수준에 이르기까지 학생들이 기술과 공학을 공부한 후에 성취해야 할 수준을 제시하고 있으며, 교육 관계자들을 위해 지역, 주, 그리고 국가 수준에서 교육과정의 접근법을 향상시키기 위한 방법을 제시하고 있다.

## 기술과 공학적 소양 표준에 대한 개요



**기술**은 필요와 욕구를 충족시키기 위해 인간이 설계한 제품, 시스템, 처리과정 등을 통해 자연환경을 수정하는 것이다.

**공학**은 제한된 조건 속에서 문제해결에 필요한 필요조건들을 충족시키고 기술을 최적화시키기 위해 과학적 원리와 수학적 추론을 이용하는 것이다.

**기술과 공학적 소양**은 기술과 공학적 활동의 산출물로서 인간에 의해 설계된 환경을 이해하고, 활용하고, 창조하며 평가하는 능력이다.

기술과 공학적 소양을 위한 표준의 기초는 1996년 모두를 위한 기술: 기술학을 위한 이론적 근거와 구조 (Technology for All Americans<sup>1</sup>: A rationale and Structure for the Study of Technology와 2000년에 발간된 기술적 소양을 위한 표준(Standards for Technological Literacy), 그리고 2019년에 발표된 기술적 소양을 위한 표준 개정 프로젝트: 배경, 이론적 근거와 구조(Standards for Technological Literacy Revision Project: Background, Rationale, and Structure)에 기반해 제작되었다. 기술적 소양을 위한 표준 개정 프로젝트는 기술학과 공학의 구조와 내용에 대해 탐구적인 시각(exploratory look)을 제공하고 있으며, 이 문서는 그 프로젝트 문서를 개정하고 향상시킨 결과물로서 탄생되었다.

기술적 소양을 위한 표준(Standards for Technological Literacy; STL)의 본래 문서는 2000년 국제기술교육학회(International Technology Education Association)에 의해 출간되었다. 이후 국제교육기술협회(International Society for Technology in Education; ISTE)와 차세대 과학교육 표준(Next Generation Science Standards; NGSS)과 같은 새로운 교육 표준이 등장하였고, 동시에 STEM, 공학교육, 21세기 역량들이 조명되고, 그리고 새로운 기술이 등장하는 등의 수많은 변화가 있었다. 이러한 변화는 STL을 수정하여 기술과 공학적 소양을 위한 표준을 만들어내는 동력이 되었다. STL의 문서와 같이 기술과 공학적 소양을 위한 표준(Standards for Technological and Engineering Literacy; STEL)은 교육과정을 규정하는 것이 아니라 권역이나 지역에서

<sup>1</sup> Technology For all American(1996)이 발간될 당시 ITEEA는 ITEA (International Technology Educators Association)라는 이름을 사용했다.

개발되는 유치원부터 고등학교까지의 교육과정에서 다루어야 하는 내용을 설명하고 있다. STL과 STEL의 가장 큰 차이점은 표준의 개수가 20개에서 8개로 줄어든 것이다. 7개의 설계된 세계(designed world) 표준은 내용 영역(contexts)으로 재구조화되었으며, 이들 내용영역은 독립적으로 존재하는 것이 아니라, 그 내용영역 안에서 교과 핵심 표준(core disciplinary standards) 벤치마크를 가르치도록 설계되었다.

### 기술과 공학적 소양을 위한 표준의 일반적인 구조

일반적으로 다양한 기술 공학 프로그램은 서로 다른 구조와 내용을 갖고 있다. 따라서, 기술과 공학 교과를 배우는 학생들은 교과목이 같거나 비슷하더라도 지역에 따라 다른 내용을 배우거나 서로 다른 기초적 개념, 원리를 배우고 있다. STEL은 학생들이 어느 지역에 살든, 장래 희망이 무엇이든 관계 없이 유치원에서 고등학교에 이르기까지 기술과 공학에서 배워야 할 내용을 하



나의 일관된 핵심 내용 표준으로 제시하고 있다. 예를 들어, 로봇을 가르치는 미국이나, 의류 디자인 교과를 가르치는 뉴질랜드, 또는 전자공학을 가르치는 이집트에서도 교과 핵심 표준들은 모두 동일하게 적용될 수 있다.

STEL의 3장에서는 학교급을 유치원부터 2학년, 3학년 부터 5학년, 6학년부터 8학년, 9학년부터 12학년의 4개의 그룹으로 묶어서 기술과 공학을 배운 학생들이 성취해야 할 핵심 내용 지식과 기술을 설명하고 있다. 이들 표준과 벤치마크는 나이에 알맞게 구성하고 설계함으로써, 각 단계별 학습 자료는 저학년 학생들을 위한 표준과 벤치마크로 강조되거나 확장될 수 있도록 만들어졌다.

### 기술과 공학적 소양을 위한 표준의 특징

STEL은 다음에 제시된 기본적인 특징을 바탕으로 작성되었다.

- ▶ 기술과 공학 교육 또는 STEM 수업에서 지식, 사고, 행동의 영역을 통해 학생들이 달성해야 할 공통적인 기대치를 제공한다.
- ▶ 학생들의 발달을 고려하여 구성하였다.
- ▶ 국가, 시/도, 지역단위에서 의미 있고 연관성이 있으며 연계성을 고려한 교육과정을 만드는 데 기초를 제공한다.
- ▶ 유치원부터 고등학교(PreK-12)에 이르기까지 다른 학교 교과목과의 각 학문간 연계를 촉진한다.

STEL은 하나의 교육과정이 아니다. 교육과정은 수업 상황에서 내용의 조직, 운영 등의 포함한 내용의 전달에 관한 세부사항을 제공하지만, 표준은 어떤 내용이

포함되어야 하는지에 대해 설명하는 것이다. 교육과정 개발자나 교사들은 STEL을 주어진 환경에 적합한 교육과정을 개발하기 위한 안내 자료로 사용해야 한다. 기술학과 공학을 위한 필수사항들을 나열함에 있어, STEL은 기술과 공학적 소양인이 되기 위해 어떤 공학 지식과 기술이 필요한지에 대해 교육자, 기술자, 공학자, 과학자, 수학자, 학부모로부터 의견을 수렴하였다.

STEL은 형성평가나 총괄평가 등을 위한 준거를 제공하고 있지만, 학생들이 얼마나 표준에 잘 도달하였는지에 대한 평가 과정은 제시하지 않는다. 평가는 STEL에 제시된 내용과 능력을 학생들이 얼마나 학습하였는지를 판단하는 것이다. 표준과 잘 연결될 평가는 교사가 학생들의 학습 과정을 얼마나 잘 가르치고 안내하였는지에 대해 관심을 갖는 것이지만, 한편으로는 학교와 학교 지역 교육청에서 얼마나 이러한 노력을 지원했는지를 보는 것도 포함된다. 교육평가 과정의 궁극적인 목적은 유치원부터 고등학교에 이르기까지 학생 개개인이 얼마나 기술과 공학적 소양을 달성했는지를 측정하는 것이다. 평가는 다양한 형태를 취할 수 있는데, 설계 노트를 통한 학생의 일상적인 변화를 관찰하는 것, 인터뷰, 쪽지시험, 시험, 프로젝트, 시제품, 실습 수업에서의 시간적 변화를 보여 주는 포트폴리오, 그리고 표준화 평가 등을 포함한다. 학생의 교육에 대한 포괄적인 평가 계획은 반드시 사전에 설계 및 실천되고 정기적으로 관리되어야 한다. 교사나 교육청에서 개발한 교육과

정과 학생평가는 표준의 목표와 일치해야 한다.

STEL의 마지막 특징으로, 독자들은 이 문서에서 참고 문헌의 인용이 가급적 적게 사용되었다는 것을 찾을 수 있을 것이다. STEL은 문서의 가독성을 향상시키기 위해 이러한 문체를 사용하였다. 이 문서에 사용된 참고 문헌 목록은 부록 C에 제시되어 있다. 2019년에 출시된 배경, 이론적 해설, 그리고 구조(background, rationale, and structure)는 STEL 문서 작성이 시작되기 전에 출시된 것으로, 이것은 STEL을 위한 사전 문헌 조사에 해당된다고 할 수 있다.



## 기술과 공학적 소양을 위한 표준의 기본구조

STEL에 사용된 3개의 조직자들은 과목이나 수업에서 기술과 공학적 소양을 가르치기 위한 하나의 효과적인 개념틀/framework)로서 역할을 하도록 구성되었다. 이

것은 핵심 학문 표준, 기술과 공학 실천, 그리고 기술과 공학의 활동 영역을 포함한다(그림 2.1 참조). 그림은 3개의 팔각 도형의 조합으로 묘사될 수 있으며, 다양한 기술과 공학 영역과 실천을 가르칠 때 핵심 표준이 적용될 수 있다는 것을 나타내기 위해 회전시킬 수도 있다.

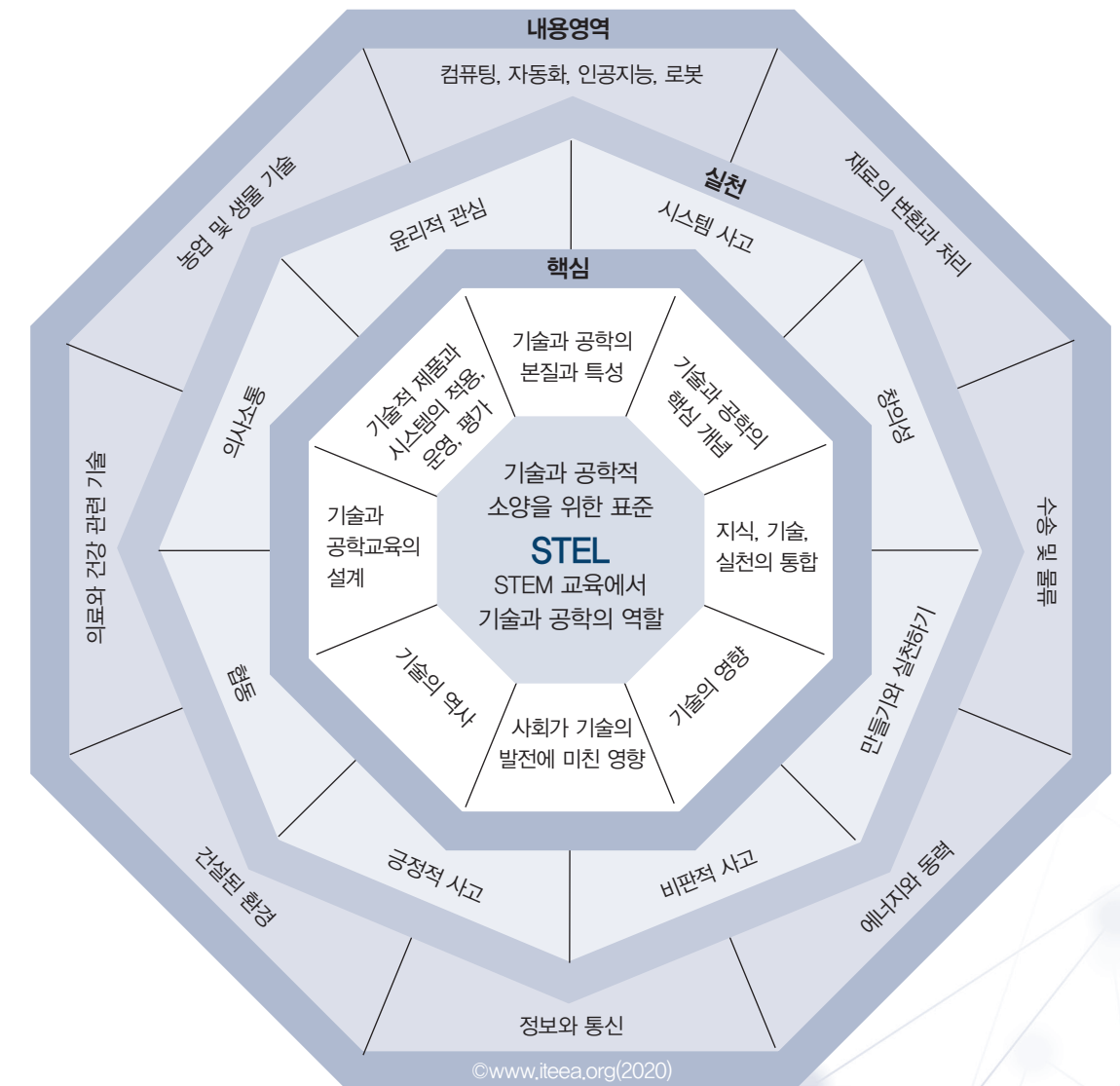


그림 2.1. 수업을 위한 3개의 기술적 공학적 조직자

핵심 교과 표준은 모든 내용 영역(context)에 공통적으로 적용되는 정보, 아이디어, 과정 들을 제시하고 있다. 8개의 교과 영역은 STL의 설계된 세계(designed world)를 대체한다. 내용 영역은 사람이 참여한 다양한 분야의 기술적 활동을 포함한다. 이 문서를 참고할 때 핵심 표준과 내용 영역의 관계는 명확하게 이해되어야 한다. 예를 들어, 핵심 교과 표준인 '기술의 역사'에 포함된 아이디어, 개념, 원리들은 통신기술이 인간의 복지에 미친 영향을 이해하는 데 사용될 수 있다. 기술과 공학 실천은 핵심 표준과 내용 영역에 함께 적용될 수 있는 보편적인 실천과 성향 등을 묘사하고 있다. 예를 들어, 학생들은 모둠으로 인쇄기술이 인간의 진보에 미친 영향을 분석할 수 있으며, 이는 협동심과 비판적 사고를 기르는 실천이 될 수 있다. 간단하게 말하면 핵심 교과 표준은 8개의 기술 내용 영역에서 공통적이고 보편적으로 적용될 수 있다. 학생들은 표준과 내용 영역의 확실한 이해를 통해 8개의 기술과 공학 실천을 사용할 수 있다.



## 기술 핵심 교과 표준

8개의 핵심 교과 표준은 3장에 제시되어 있으며, 아래의 8가지를 포함한다.

1. 기술과 공학의 본질과 특성
2. 기술과 공학의 핵심 개념
3. 지식, 기술, 실천의 통합
4. 기술의 영향
5. 사회가 기술발전에 미친 영향
6. 기술의 역사
7. 기술과 공학 교육에서 설계
8. 기술적 제품과 시스템의 적용, 운영, 평가

학생들을 가르칠 때 핵심 교과 표준은 학생들이 기술과 공학을 이해하도록 돕는 안내자로서의 역할을 하고, 기술과 공학의 개념에 보다 친숙해지고, 기술과 공학뿐 아니라 다른 학문 간의 관계를 이해하는 데 도움을 준다. STEL은 교과영역에서 기술과 공학이 어떻게 사용되는지 이해하기 위해 기술이 인간 사회, 인공 및 자연 환경에 미치는 영향을 평가하는 활동을 할 수 있다. 또한 사회적 요인들이 기술과 공학의 발달에 미친 영향을 탐구하거나 기술의 역사를 추적하는 활동 등도 적용할 수 있다. 학생들은 설계 과정을 이해하기 위해 디자인의 특성을 강조한 설계나, 공학적 설계, 또는 다양한 문제해결 접근 등을 할 수 있으며, 기술적 제품과 시스템을 설계, 제작, 개발, 운영, 유지보수, 관리, 평가 등의 활동을 실시할 수도 있다.

STEL은 학생들의 기술과 공학적 소양의 성취 정도를 평가할 수 있는 준거를 제시함으로써, 기술과 공학적 소양인이 되기 위해 알아야 하거나 할 수 있어야 하는 것들을 명시하고 있다. 8가지의 교과 핵심 표준과 벤치마크들은 3가지의 종류로 나누어진다. 이 3가

지는 기술과 공학에 대해 학생들이 알아야 하는 것들과, 할 수 있는 능력, 그리고 기술과 공학에 대한 태도를 포함한다. 첫 번째 유형은 인지적(cognitive) 벤치마크라 불리는데, 기술과 관련 있는 것들이 어떻게 작동하고 어디에 있는지 등에 대한 기본적인 지식으로 구성된다. 두 번째 유형은 과정 벤치마크라 부르며, 이것은 학생들이 알아야 할 심동적(psychomotor), 조직적(organizational), 절차적(procedural) 능력 등을 말한다. 세 번째 유형의 벤치마크는 정의적(affective) 영역에 속하는 것으로 학생들이 기술과 공학을 어떻게 받아들이고, 반응하고, 가치를 두고, 조직하고, 특징짓는지에 대해 묘사하고 있다. 세 가지 유형의 벤치마크들은 서로 상호보완적인 특징이 있다. 예를 들어 한 학생이 설계 과정을 배웠다고 하더라도, 이 설계 과정을 사용하고 해결책을 개발하는 데 사용되는 능력은 손놀림 경험을 통해서 개발될 수 있다. 마찬가지로 설계 문제가 주어졌을 때 기술적 요인들에 대한 이론적인 이해 없이는 효과적인 설계를 하기 어렵다. 설계의 성공 요인은 동기부여, 인내심 등이 있을 수 있으며, 이들은 정서적 영역에 해당된다.

## 핵심 표준의 형식

각각의 핵심 교과 표준의 형식은 아래의 구조를 따른다.

- ▶ 각 표준에 번호와 제목이 부여되어 있다.
- ▶ 이어서 그 표준의 의도를 설명하는 글이 따라온다. 각 표준의 핵심 개념들은 볼드체로 제시되어 있다.
- ▶ 유치원부터 2학년, 3학년부터 5학년, 6학년부터 8학년, 9학년부터 12학년의 각 단계별 자료들이 제시되어 있다. 각각의 학년군에 제시된 서술은 표준에 대한 설명과 함께 어떻게 그 표준이 각 학년군에서 기술

수업에 사용될 수 있는지에 대해 제안을 포함한다.

- ▶ 각 학년군 설명에 이어, 표준을 달성하기 위해 학생들이 반드시 도달해야 할 지식, 기능, 성향 등을 구체화한 일련의 벤치마크가 이어진다. 각 벤치마크는 인지적, 심동적, 정서적 영역과 관련된 동사를 포함한다. 각 벤치마크는 예시와 구체적인 묘사를 통해 표준을 보다 명확하게 이해할 수 있도록 해 준다.

## 벤치마크

STEL에서 벤치마크들은 포괄적으로 쓰여진 표준의 기본적인 내용 요소들을 드러내 주는 역할을 한다. 벤치마크는 학년군별로 학생들이 표준을 달성하기 위해 필요한 지식, 기술, 성향을 서술하는 대한 목표이다. 벤치마크는 볼드체로 표시된 알파벳 순서로(예: A, B, C) 제시되며 동사를 포함한다. 이어서 구체적 설명, 논거, 예시들이 등장한다. 벤치마크는 학생들이 표준을 달성하기 위해 필요한 것들을 설명하는 것이다.

수많은 교육 연구에서 학생들이 개념을 개별적이며 추상적인 형태로 배우는 대신 이전에 배웠던 지식 위에 추가되어, 그 위에서 새롭게 구성할 때 개념과 과정에 대해 보다 응집력 있고 완성된 이해를 갖게 된다고 설명하고 있다(National Research Council, 2012). 이런 관점에서 STEL 벤치마크들은 어린 학생들의 수준에 맞는 기초적 개념에서부터 고등학교 학생들을 위한 복잡하고 포괄적인 개념에 이르기까지 유치원부터 9-12학년군에 걸쳐 연계성 있게 제시하고 있다. 하지만, 이는 유치원 학생들의 벤치마크에서 사용된 동사가 낮은 수준의 인지적 능력에 맞춰진 것은 아니라는 것을 명심해야 한다. 벤치마크에서 사용된 개념은 표준과 관련된 중요한 주제를 학년군을 따라 올라가면서 배우고 완성



할 수 있도록 확장된다.

표준과 벤치마크는 기술과 공학적 소양을 달성하기 위한 학생들의 발달을 돕기 위해 만들어졌다. STEL의 개발에 인용된 문헌들은 차세대 과학 표준(Next Generation for Science Standards; Lead States, 2013b), 수학적 실천을 위한 표준(Standards for Mathematical Practices; Common Core State Standards Initiative, 2019), 공학 프로그램 인증을 위한 준거(Criteria for Accrediting Engineering Programs; Accreditation Board for Engineering and Technology [ABET], 2016)와 그 외의 다른 교과와 문서 등이 있다.

## 기술과 공학 실천

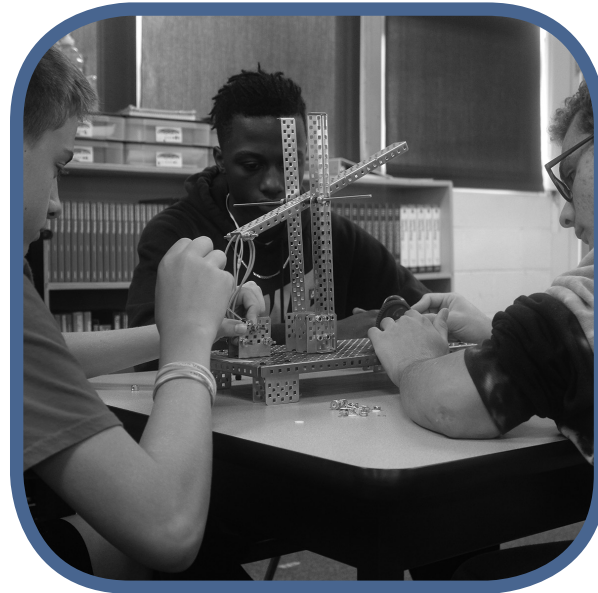
기술과 공학 실천의 세부 사항은 4장에 제시되어 있는데, 이들은 21세기 역량(21st Century Skills; Partnership for 21st Century Learning, 2019)과 공학적 사고(engineering habits of mind; National Academy of Engineering, 2019b)로부터 도입된 것이다. 이 표준은 학생들이 스스로 실천해야 하는 것들의 묶음이며 이는 핵심 교과 표준을 다른 활동 영역에서 사용하기 위해 학생들이 갖추어야 할 지식, 기능, 성향 등을 포함한다.

8개의 기술과 공학 실천들은 다음과 같다.

1. 시스템 사고(systems thinking)
2. 창의성(creativity)
3. 만들기와 실천하기(making and doing)
4. 비판적 사고(critical thinking)
5. 긍정적 사고(optimism)
6. 협동(collaboration)

### 7. 소통(communication)

### 8. 윤리적 고려(attention to ethics)



시스템 사고는 전체적(holistic)인 이해로서, 모든 기술은 서로 연결된 부분들로 구성되어 있으며, 이들은 큰 시스템 안에 포함되어 있고(예, 생태계 시스템), 그 안에서 제시된 제한 사항들 안에 놓이게 된다. 또한 시스템의 투입, 과정, 산출, 피드백 메커니즘의 관점에서 기술을 이해하는 보편적 체제 모형(universal system model)을 이해하는 것을 말한다. 창의력은 설계 목표처럼 어떤 목적을 달성하기 위해 필요한 탐구, 상상, 혁신적 사고, 물리적 능력 등의 사용을 말한다. 만들기와 행하기(making and doing)는 기술과 공학을 다른 학문들로부터 차별화시키는 정점에 있다. 기술과 공학을 배우는 학생들은 기술적 제품과 시스템을 설계하고 제작한다. 이는 컴퓨터 소프트웨어, 수공구, 또는 다른 방법을 사용함으로써 달성될 수 있으며, 대부분의 경우에는 심동적 학습을 포함한다. 비판적 사고(critical thinking)는 정보에 근거한 의사결정 과정에서 논리적 사고, 추론, 그

리고 발문하는 것이다.

긍정적 사고(optimism)는 기술과 공학 교육에서 실험, 모델링, 도입을 통해 디자인 문제에 대한 보다 좋은 해결책을 찾을 수 있다는 믿음을 갖는 것을 말한다. 이는 또한, 모든 과제들 속에 있는 여러 가지 기회에 긍정적인 시각을 갖는 것을 의미한다. 협업(collaboration)은 팀 안에서 한 구성원으로 활동할 때 모든 구성원의 의견을 존중하는 자세, 의지, 능력 등을 갖는 것을 말한다. 기술과 공학 교육에서 소통(communication)은 두 가지 관점에서 해석될 수 있다: 1) 사용자의 필요와 요구를 이해하기 위한 하나의 도구로 사용되는 것, 2) 설계 과정 속에서 의사결정을 설명하고 변호하는 것. 의사소통은 문제의 구조화, 연구 보고서 작성, 분석, 평가, 해결책 제작 등에 사용된다. 윤리적 고려(attention to ethic)는 우리가 사회 속에서 살아가기 위해 필요한 것 중 핵심이다. 기술과 공학교육에서 윤리에 대한 관심은 기술적 제품, 시스템, 과정 등이 다른 요소나 환경에 미치는 영향에 관심을 갖는 것으로 표현될 수 있다. 의사결정 속에서 학생들은 기술의 위험성을 평가하고 상충관계(trade-offs)를 고려할 수 있어야 한다.

## 기술과 공학 내용영역

5장은 기술과 공학에서 공통적으로 적용되는 8가지의 내용영역을 제시하고 있다. 이것들은 내용영역, 응용, 또는 교과 주제로 이해될 수도 있다. STEL에 제시된 기술과 공학의 내용영역은 핵심 교과 표준과 벤치마크가 어떤 상황에서 가르쳐지고 적용되는지에 대해 설명한다. 예를 들어, 미국의 중학교 또는 고등학교 로봇 수업은 표준 1 벤치마크 1Q “필요와 욕구를 충족시키기 위해 계획된 발명과 혁신을 위한 연구를 실행한다”와 관

련이 있는 단위 또는 활동이 될 수 있다. 이 벤치마크는 다른 기술과 공학 교과에서도 가르칠 수 있다. 예를 들어, 벤치마크 1Q는 기술의 활동 영역 1에 제시된 “컴퓨팅, 자동화, 인공지능, 로보틱스”를 통해 학생들에게 전달될 수도 있다.

8개의 기술과 공학의 내용영역마다 그 내용영역의 상황, 개념적 이해, 그리고 가능한 교육적 상황에 대한 개요가 설명의 형식으로 제공된다. 이어서 학생들이 학년군 안에서 3장에 제시된 핵심 교과 벤치마크를 어떻게 내용영역에서 적용할 수 있는지에 대한 구체적이며 간단한 예시가 따라온다. 이들 간단한 예시들은 STEL이 어떻게 다양한 기술과 공학 분야의 공통 교과에서 구현될 수 있는지를 보여 준다. 하지만 교육과정 개발자(ITEEA의 교수학습 STEM 센터를 포함한)나 교사들은 STEL이 다양한 교육 환경에서 교육과정과 수업 자료로 해석될 수 있는지를 보여 주는 실천 모델을 보여 주기 위한 추가적인 노력을 필요로 한다.

8가지 기술과 공학 내용영역은 아래와 같다.

1. 컴퓨팅, 자동화, 인공지능, 그리고 로봇(computation, automation, artificial intelligence, and robotics)
2. 재료의 변환과 처리(material conversation and processing)
3. 수송 및 물류(transportation and logistics)
4. 에너지와 동력(energy and power)
5. 정보 통신(information and communication)
6. 건설된 환경(the built environment)
7. 의료와 건강 관련 기술(medical and health-related technologies)
8. 농업 및 생물 기술(agricultural and biological technologies)

## 기술과 공학적 소양을 위한 표준의 주사용자

다양한 그룹과 개인이 STEL 문서를 사용하게 될 것이다. 교육과정 개발자, 교과서 저자, 그리고 실험실 설비 제작자 등이 이 문서의 주된 사용자가 될 것이다. 교사 교수는 기술과 공학 예비 교사 프로그램을 설계할 때 이 문서를 사용해야 한다. 교사 교육 인증 기관은 기술과 공학 교사를 위한 인증시험을 개발할 때 이 문서를 유용하게 사용할 수도 있다. 그리고 궁극적으로 STEL의 성공은 교사들에 달려 있다.

STEL의 또 다른 사용자는 표준 기반의 교육을 계획, 감독, 전달을 담당하는 학교의 교육과정 책임자(superintendents), 교장, 관리자, 교육과정 운영자, 수업 책임자, 감독자 등이 될 수 있다. 국가연구원(National Academies), 국가평가협의회(National Assessment Governing Board-NAEP TEL), OECD(Organization for Economic Cooperation and Development) 등과 같은 전문가 그룹 또는 민간 기관들은 기술과 공학 소양 평가를 갱신할 때 이 문서를 참고할 수 있다. 또한, 학부모들도 그들의 자녀 교육에 보다 관심을 갖고, 학생들이 배우는 개념과 과정들을 돕기 위해 이 문서에 익숙해질 필요가 있다. 홈스쿨링(home-schooling)을 하는 부모들도 STEL을 수업에 활용할 수 있다.

## 기술과 공학적 소양을 위한 표준의 사용에 대한 제언

교육과정 개발, 수업, 평가에 참여하는 모든 사람들은 아래의 제언을 고려해야 한다.

- ▶ STEL은 기술과 공학적 소양에 대한 전체적인 구도를 제공하기 위해 작성되었다. 기술적 소양을 갖추기 위해, 고등학교를 졸업하는 모든 학생들은 각 표준은 요구 사항을 만족해야 한다.
- ▶ 벤츠마크(기준)는 학생들이 어떻게 기술과 공학적 소양을 발달시키고 표준에 도달하기 위해 학생들이 무엇을 알아야 하고, 할 수 있어야 하는 것에 대한 것을 명시하고 있다.
- ▶ 표준은 다른 것과 분리된 하나의 부분으로 전달되기 보다는 다른 것들과 통합되어야 한다.
- ▶ STEL은 각 학년의 교육과정에 포함되어야 하며, 기술과 공학 실습 수업뿐만 아니라 다른 교과(초등학교 과학 수업 등)에서도 사용되어야 한다. 교사들도 각 학년 이전과 이후 단계의 표준과도 친숙해져야 한다.
- ▶ STEL은 국가, 시도, 지역 단위에서 기술, 공학, 그리고 관련 학문을 위한 표준을 개발할 때 함께 사용되어야 한다.
- ▶ 학교 체제에서 모든 학생들을 위한 유치원부터 고등학교(PreK-12)에 이르기까지의 기술과 공학 프로그램을 시작해야 한다.

수업 자료, 교과서, 재료, 실습을 위한 교육키트 등의 다양한 교육자료들은 STEL을 지원할 수 있다. 이들 자료들은 학습 효과를 극대화하기 위해 하나 또는 그 이상의 학년군(유치원-2학년, 3-5학년, 6-8학년, 9-12학년)을 명시함으로써 학생들의 나이에 적절하고, 양성 평등적이며, 학년이 올라감에 따라 내용이 점진적으로 보다 강화되고 풍부해지도록 해야 한다. 이들 자료들은 기술과 공학의 특성이 시간에 따라 변하고, 새로운 교수학습법이 도입되고, 학생들의 능력에 따라 수업이 차별화되고, 실제학습(authentic learning)을 촉진하기 위

해 활동과 경험이 추가되고, 문제 기반 학습과 설계 기반 학습이 사용되고, 학생들의 발달을 한눈에 보여 줄 수 있는 다양한 평가 방법이 사용됨에 따라 수정이 이루어지는 것을 허용해야 한다.

## 기술과 공학적 소양을 위한 표준과 STEM의 협업

STEM에 사용된 4가지 문자는 단순히 내용 영역만을 의미하는 것이 아니다. STEL은 'STEM'을 위해 통합적 접근이 중요하다는 인식과 우리 사회가 당면한 여러 문제들을 해결하기 위해 반드시 필요한 것이라는 공감대 속에서 탄생되었다. STEL은 기술과 공학이 STEM 안에서 연계가 잘 이뤄지고, ITEEA에서 개발한 진보된 진로직업교육(Advanced CTE), 주 차원의 수학교육관리자협회(Association of State Supervisors of Mathematics), 주 차원의 과학교육관리자협회(Council of State Science Supervisors), STEM4: 변화를 위한 협업의 힘(The Power of Collaboration for Change) 등을 위해 기술과 공학이 중요하다는 인식 위에서 개발되었다. 이는 아래에 제시된 STEM 교육을 이끄는 3가지 원칙과 연결된다.

1. STEM 교육은 각각의 STEM 교과 학습을 향상시켜야 한다. 이는 통합적 STEM을 경험함으로써 개별 교과의 개념에 대한 완전 학습이 이루어지도록 한다. 각 교과의 내용은 기본 구조, 목적, 교과의 규칙 등의 변화 없이도 전달되어질 수 있다.
2. STEM 교육은 각 교과들 간의 연결 또는 그 위를 가로지르는 실제적이고 논리적인 연결을 제공한다. 과학, 기술, 공학, 수학의 학문적 원리들은 모든 나이

대의 학생들을 위한 자연스럽게 응집력 있는 연결을 제공한다. 특히 기술은 이들 사이에서 응집력을 강화시키고, 실제 현실 세계의 문제에 필요한 창의력과 문제 해결력을 사용하기 위한 수단이 된다. 4개의 교과들은 학생들이 설계 과제를 수행하거나, 실습실에서 경험, 그리고 각 교과의 개념이 통합된 과제를 수행할 때 함께 작동할 수 있다.

3. STEM 교육은 STEM 분야의 진로를 연결하는 역할을 해야 한다. STEM에 대한 학생의 흥미나 자신감은 고등학교 졸업 이후 STEM 분야의 성공과 밀접한 관련이 있다. 진로 지도는 STEM 교육의 핵심 요소이다. 예를 들어, 학생들이 산업 전문가들과 의미 있는 상호작용을 하거나 STEM 분야에서의 실제적 경험을 하는 것은 학문적 내용과 연결 짓거나 관심 있는 STEM 분야를 탐색하는 데 도움이 될 수 있다.

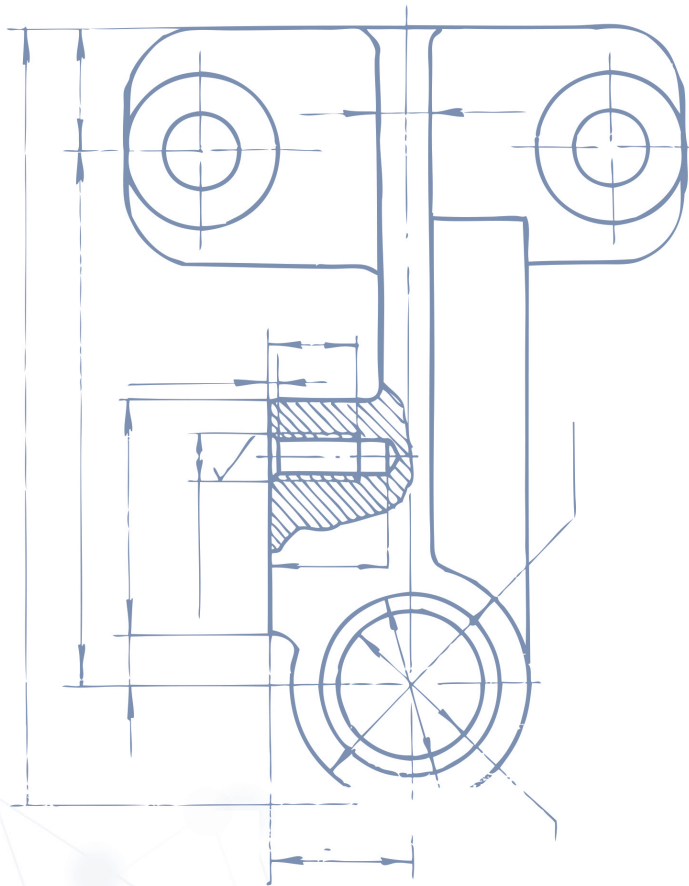
# 03

다음에 제시하는 8개의 핵심 교과 표준과  
142개의 벤치마크들은 모든 학생들이  
기술과 공학 교육을 통해 무엇을 알아야 하고,  
할 수 있어야 하는지에 대한 중요한 지표들이다.

## 핵심 교과 표준

## 핵심 교과 표준

03



이 장에서 제시될 8개의 핵심 교과 표준은 다음을 포함한다.

1. 기술과 공학의 본질과 특성
2. 기술과 공학의 핵심 개념
3. 지식, 기술, 실천의 통합
4. 기술의 영향
5. 사회가 기술 발전에 미친 영향
6. 기술의 역사
7. 기술과 공학교육에서의 설계
8. 기술적 제품과 시스템의 적용, 운영, 평가

각 표준의 형식은 아래의 구조에 따라 집필되었다.

- ▶ 표준은 문장의 형태로 작성되었다.
- ▶ 이어서 표준의 의도와 핵심 아이디어를 설명하는 서술이 나타난다.
- ▶ 자료들은 유치원-2학년, 3-5학년, 6-8학년, 9-12학년으로 구성된 학년군에 따라 제시된다. 각 학년군에서 각 학년에 맞는 표준의 간단한 설명이 따라오며, 이와 함께 실습실 상황에서 표준이 어떻게 구현될 수 있는지에 대한 제언이 이어진다.
- ▶ 학년군 개요 이후에 표준에 달성하기 위해 학생들이 반드시 성취해야 할 지식과 기능에 대해 구체화된 일련의 벤치마크가 제시된다. 각 벤치마크들은 인지적, 정서적, 심동적 영역과 연결된 행위 동사로 작성되었다.

STEL에서 벤치마크는 표준에 필요한 필수적인 내용 요소를 나타낸다. 벤치마크는 각 학년군에서 학생들이 달성해야 할 지식, 기능, 성향을 나타낸 목표이다. 벤치마크를 식별하기 위해 알파벳 순 목록을 사용하였으며, 이 문서에서는 볼드체로 처리하였다(예, STEL-1A, STEL-6B, STEL-7C). 벤치마크 번호에 이어서 학생들

이 각 표준을 달성할 수 있도록 돕기 위한 실천 방안을 구체화한 문장이 이어진다.

### 표준 1: 기술과 공학의 본질과 특성

기술과 공학이라는 단어는 다양한 의미를 함축하고 있는데, 1장에서 그 개념을 정의하고 설명하였다. 기술과 공학의 기초를 형성하기 위해 학생들은 학문 영역에 있는 본질과 특성을 반드시 이해해야 한다. 이런 기초적 이해를 바탕으로, 기술과 공학적 소양과 연관된 지식, 기술, 성향을 발달시킬 수 있다.

기술과 공학의 본질과 특성은 3가지 핵심개념을 통해 구체화시킬 수 있다. 벤치마크들은 3가지 핵심개념과 연결되어 있으며, 학년군이 올라감에 따라 구체화되고 복잡성이 증가된다. 첫 번째 개념은 기술과 공학을 배우기 위해 자연 환경과 사람이 만들어낸 인공세계에 관한 지식이 필요하다는 것이다. 학생들은 자연세계와 인간이 만들어낸 세계의 공통점과 차이점을 배우고, 한쪽의 변화는 다른 쪽 혹은 양쪽에 의도하였거나 의도하지 않은 효과를 만들어낸다는 것을 이해해야 한다. 이 첫 번째 핵심개념에 대한 명확한 이해는 자연을 모방하는 설계(생체모방)나 지속 가능한 설계처럼 진보된 개념들을 배우는 것과도 관련이 있다.

두 번째 핵심개념은 인간 활동으로서 기술과 공학을 배우는 것은 간학문적이라는 것이다. 과학, 기술, 공학, 수학 사이에 수많은 연결고리들이 있다. 하지만 STEM 교육에서 각 학문 교과들은 각각의 고유한 특징을 지니고 있다.

- ▶ 기술은 필요와 욕구를 충족시키기 위해 인간이 설계한 제품과 시스템 과정을 통해 자연 환경을 변화시키

는 것이다.

- ▶ 공학은 주어진 상황에서 정의된 요구사항들을 충족시키기 위해 과학적 원리와 수학적 추론을 통해 기술을 최적화시키는 것이다.
- ▶ 과학은 자연환경을 탐구하고 이해하는 것이다.
- ▶ 수학은 숫자와 계산적 추론을 사용해 의사소통과 비판적 분석을 가능하게 하고 또한 인간과 자연세계를 이해할 수 있도록 해 준다.

기술학과 공학은 인간의 경험에서 나온 지식, 도구, 과정에 기반하여 이루어진다. 이것은 기술적 제품과 시스템이 만들어지는 과정에서 지식을 얻는 과정을 의미한다. 이것은 또한 제품, 지식, 사람, 조직, 규정, 그리고 사회적 구조 등의 전체 시스템을 가리킬 때, 넓은 의미로 사용되기도 한다(예, 전기 그리드 시스템 또는 전체적인 인터넷의 모습).

수학과 과학은 고유의 학문적 특징을 갖고 있지만, 기술과 공학에서 사용되는 설계 절차는 다른 교과의 발견과 설계 절차와 비슷하다. 과학교육에서 과학적 탐구라는 용어는 전통적으로 과학자들이 어떤 자연현상의 원인과 결과를 조사할 때 따르는 일련의 방법들을 묘사한 것으로 한 방향으로만 진행되는 것처럼 알려져 있었다. 하지만, 교실수업에서 이뤄지는 과학적 탐구는 하나의 도구로서 자연현상을 조사하는 학생중심의 접근법이다. 이 접근법은 흔히 자세한 설명서(cookbook)라고 불리는 한 방향으로만 진행되는 과학적 방법론과는 거리가 있다. 최근의 과학교육의 연구와 실천에 따르면, 과학적 탐구는 기술과 공학에서 사용되는 설계 과정과 유사하며, 이것은 일련의 과정으로 설명되는 탐구방법과는 차이가 있다고 제시하고 있다. 그동안 과학적 탐구는 진보적 관점에서 재해석되었는데, 이것은 현장에

서 과학자들의 실천을 보다 잘 반영하고 있으며, 기술과 공학교육에서 제시된 설계 과정의 요소들을 포함하고 있다.

수학교육에서는 학생들이 수학적 현상을 분석하고 결과를 다른 사람들과 공유하기 위해 양적(quantitative) 또는 추상적(abstract) 추론을 하며, 패턴과 구조를 찾기 위해 시스템을 모델링하고 변수들을 만들어내는 활동을 한다. 그리고 수학적 과정은 현상을 분석하고 이해하는 데 도움을 준다. 여기에 사용되는 과정은 문제 해결, 추론, 증명, 의사소통, 연결, 발표 등을 포함한다. 오랫동안 기술과 공학교육에서 설계 과정은 순환적인 방법으로 다양한 잠재적 해결책을 도출하기 위해 학생들이 설계, 시험, 재설계 등을 수행하는 순환적 방법으로 묘사되어 왔다.

기술과 공학설계에서 모형은 학생들의 학년과 능력에 맞도록 적용되어 왔다. 자연현상 또는 인간이 만든 세계와 관련된 문제를 해결할 때 모형은 학생들이 내용을 여러 교과로부터 통합하도록 하는 데 청사진을 제공한다. 기술과 공학교육은 단순한 설계 이상으로 도구의 사용, 기술적 시스템의 관리와 개발, 혁신, 기술적 발달의 분석 등을 포함한다.

기술과 공학의 학습에서, 세 번째 핵심개념은 기술적 제품, 시스템, 사고 방식 등을 이해하고, 활용하고, 평가하고, 만들어내는 능력과 관련이 있다. 사람들은 필요한 것을 만들고 보다 편안한 삶을 위해 자연을 변형시키는 과정에서 기술의 발달의 산출물인 지식과 혁신을 사용해 왔다. 기술과 공학적 소양을 갖춘 사람은 일상 속에서 이러한 기술과 공학의 중요성을 바르게 이해한다. 기술의 역사 속에서 자연세계의 변형은 새로운 형태의 변화를 가져 왔다. 이러한 변화를 이해하는 과정 속에서

인간 혁신과 관련된 보다 큰 범위의 지식을 얻을 수 있다.

### 유치원-2학년

유치원에서 초등학교 2학년까지의 어린 학생들은 인간이 필요와 욕구를 충족시키기 위해 자연세계를 변형시키는 기술과 공학을 사용한다는 사실을 이해하기 시작한다. 이 나이대의 학생들은 과학은 자연세계와 관련이 있고, 기술은 사람이 만들어낸 세계와 관련이 있다는 것을 알게 됨으로써 과학과 기술을 구분할 수 있게 된다. 또한 나이에 적절한 도구들(가위, 연필, 자), 재료(플라스틱, 나무, 접착제), 과정(개선, 창조, 상상)을 배우므로써, 어린 학생들은 기술, 과학, 수학, 공학이 어떻게 우리가 살고 있는 세계를 만들어내는지 탐구하기 시작해야 한다.

기술적, 과학적, 수학적, 공학적 실천은 어린 나이에 시작되어야 한다. 어린이들은 문제 해결자적인 본능을 지니고 있다. 어린이들은 그들이 살고 있는 세계를 알지만, 그들이 사용하는 기술이 어디서 왔는가에 대해서는 잘 이해하지 못하고 있다. 예를 들어 아이들은 자신이 매일 먹고 있는 음식들이 어떻게 만들어지고, 운반되고, 처리되는지를 잘 알지 못한다. 하지만 건물, 고속도로, 전화기, 컴퓨터 등과 같은 기술적 시스템이 어떻게 자연세계를 변화시켰는지를 배우게 됨으로써 학생들은 그들의 삶에서 기술의 방대한 영향을 이해할 수 있다. 유치원부터 초등학교 2학년까지의 학생들은 자신이 기술과 공학의 본질과 특성을 이해하고 있다는 것을 보여주기 위해 다음의 것들을 할 수 있어야 한다.

**STEL-1A. 자연세계와 인공세계를 비교할 수 있어야 한다.** 자연세계는 나무, 식물, 동물, 강, 바다, 산, 그리

고 지구의 풍경, 생물군, 기후 등과 관련이 있는 다양한 것들을 포함한다. 인간이 만든 세계는 연필, 자, 컴퓨터, 빌딩, 비행기, 도로, 냉장고, 통신 수단, 그리고 인간의 능력을 향상시키기 위해 개발된 것 등을 포함한다.

**STEL-1B. 사람이 일을 할 때 사용하는 도구와 기술을 설명할 수 있어야 한다.** 사람은 자신의 필요와 욕구를 충족시키거나 다양한 문제를 해결하기 위해 기술과 공학을 사용해 자연환경을 변화시킨다. 사람들은 일상생활의 다양한 측면에서 기술과 공학으로 만들어진 도구와 절차들을 사용한다.

**STEL-1C. 만드는 것을 누구나 할 수 있다는 것을 보여 준다.** 기술과 공학적 도구 또는 기능을 사용함으로써, 누구나 자신의 삶을 향상시키기 위해 물건을 설계하거나 개선시킬 수 있다. 새로운 지식, 접근법, 그리고 발명품을 만드는 것은 개인이나 여러 사람들 간의 협업을 통해 이뤄질 수 있다. 어린이들도 자기 스스로를 창조자라고 생각할 수 있다.

**STEL-1D. 과학자, 공학자, 기술자, 그리고 기술과 관련된 일을 하는 사람들의 역할에 대해 토론한다.** 특정 분야에 대한 지식과 기술을 갖고 있는 사람들이 서로 협동하지 않았다면 기술적 진보는 일어나지 못했을 것이다. 개인이 그룹에 특별한 기여를 할 수 있다는 것을 아는 것은 기술과 공학 설계에서 매우 중요한 요소이다. 어린이들은 사람들이 어떻게 다른 분야의 전문가들과 협동해서 제품이나 시스템을 설계, 창조, 제작, 그리고 실험할 수 있는지에 대한 올바른 이해가 필요하다. 이 학년군의 학생들에게 효율적인 방법 중의 하나는 유추법(analogies)이다. 예를 들어, 어린이들은 가족과 함께 서비스 센터나 사무실에 방문했을 때, 관찰을 통해 정비공이 차를 어떻게 수리하고, 세일즈맨이 어떤 방식으

로 차를 판매하는지를 이해할 수 있게 된다. 이 예에서 모든 사람은 차와 관련된 일을 하지만 각자 자신의 역할이 정해져 있다.



### 3-5학년

이 학년군에서 기술과 공학의 학습은 이전에 배운 것에 기반하여 기술의 유용성에 대해 이해하는 것에 초점을 맞추어야 한다. 학생들은 자연세계와 인간이 만든 세계에 대한 명확한 이해를 지속적으로 발달시킴으로써, 기술, 공학, 수학, 과학 간의 관계에 대한 이해력을 높일 수 있다.

학생들은 설계, 제작, 또는 다양한 기술을 사용할 때, 다양한 방법과 기술들이 사용된다는 것을 이해해야 한다. 교사는 학생들에 다양한 경험을 제공하고, 그 안에서 학생들은 필요와 상황에 따라 다른 방식의 적절한 방법이 있다는 사실을 알아야 한다.

이 학년군에 있는 학생들은 자신들과 마주한 문제에 대한 해결책을 지속적으로 개발할 수 있어야 한다. 이러한 문제들은 —자신의 지역사회와 보다 세계적인 공동체를 포함한 — 학생들 자신이 살고 있는 맥락에서 나

온 것이어야 한다. 학생들은 자신이 발견한 문제를 해결하기 위해 각 부분이 서로 어떻게 연결되어 있는지에 대한 이해력을 발달시켜야 하며, 기술과 공학적 설계를 통해 자신들이 해결책을 설계, 구상하고 만들고, 향상시킬 수 있다는 것을 알아야 한다.

또한, 3-5학년 학생들은 기술이 발달함에 따라 세계에 대한 사람들의 인식이 어떻게 진화하는지를 인식할 수 있어야 한다. 예를 들어, 학생들은 어떻게 미디어가 자신들에게 지구의 반대편에서 일어나는 뉴스나 이야기를 볼 수 있게 하는지, 수송 시스템은 어떻게 짧은 시간 안에 사람들을 다른 나라로 여행갈 수 있게 만들었는지, 그리고 정보통신 시스템은 사람들이 어떻게 정보를 실시간으로 송수신할 수 있게 되었는지에 대한 조사를 할 수 있다.

경제와 문화적 영향은 기술 발달의 형태를 결정한다. 새로운 기술적 현상이나 어떤 요구가 충족됨에 따라, 인간의 욕구는 변하게 되고, 이는 새로운 생각과 혁신을 이끈다. 그리고 이런 현상은 반복적으로 일어난다. 이처럼 제품과 시스템이 꾸준히 향상되는 것은 기술이 끊임없이 변한다는 것을 의미한다.

기술과 공학의 특징과 본성의 이해를 보여 주기 위해 3-5학년 학생들은 반드시 다음의 것들을 할 수 있어야 한다:

**STEL-1E.** 자연세계와 인간이 만든 세계가 어떻게 탄생되고 사용되는지에 대한 차이점과 유사점을 구분함으로써, 자연에서 발견되는 것들과 인간이 만든 것을 비교할 수 있다. 예를 들어, 자연식물의 성장에 필수요소들은 햇빛(광합성), 공기, 물, 양분이지만, 인간이 만든 세계는 아이디어, 자원(예, 시간, 돈, 재료, 기계), 그리고 기술이 필요하다. 자연에서 발견되는 나무, 새, 야생화

들은 인간의 간섭을 필요로 하지 않는다. 하지만, 신발처럼 인간이 만들어낸 제품을 제작하는 것은 인간의 노력과 혁신이 필요하다.

**STEL-1F.** 과학과 기술의 고유한 관계와, 자연세계가 어떻게 인간이 만든 세계의 혁신에 기여하는지 설명할 수 있다. 사람들은 태초부터 자신의 삶을 개선시키기 위해 가용한 재료와 자원을 찾아왔다. 사람들은 자신의 필요와 욕구를 충족시키기 위한 제품을 만들기 위해 원재료와 자원의 형태를 도구, 시스템, 그리고 에너지의 형태로 변환하였다. 에너지는 동력, 열을 제공하기 위해 사용되었고, 동물이나 작물들은 음식과 옷을 만들기 위해 길러졌다. 이런 현상은 오늘날까지 이어지고 있으며, 사람들은 지속적으로 자신의 필요와 욕구를 충족시키기 위해 원료를 사용한다.

**STEL-1G.** 기술적 시스템을 만들고 유지하는 과정에서 과학자, 공학자, 기술자, 그리고 다른 참여자들의 역할을 구분할 수 있다. 과학자, 공학자, 기술자의 역할은 서로 연결되어 있지만, 각각 서로 다른 고유의 전문 영역에서 다른 공헌과 노력을 하고 있다. 학생들은 각기 다른 분야에 전문적 지식을 갖고 있는 개인들이 어떻게 기술의 탄생에 도움을 주었는지 이해할 수 있어야 하고, 협동이 왜 중요한지를 알 수 있어야 한다.

**STEL-1H.** 도구, 재료, 기술을 안전하게 사용하여 해결책을 설계할 수 있다. 사람들은 일을 보다 편하고 쉽게 하기 위해 도구와 기술을 사용한다(예, 목수는 집을 짓기 위해 망치를 사용하고, 의사는 환자를 치료하기 위해 영상진단 기계를 사용한다). 사람들은 또한 자신들이 일상에서 사용하는 물건을 만들기 위해 금속, 나무, 옷감, 돌과 같은 자원을 사용한다.

**STEL-1I.** 경제, 정치, 문화적 영향력이 문제의 해결책에

미치는 영향을 설명할 수 있다. 예를 들어, 특정 집단에 속한 사람들이 갖고 있는 관심, 욕구, 그리고 재정적 능력은 그 지역 사회가 사용할 수 있는 수송 시스템의 발달에 영향을 미친다. 큰 도시에 있는 수송 시스템은 대량수송에 의지할 것이고, 작은 마을은 개인용 차량에 의존할 것이다.

### 6-8학년

중학교 수준의 학생들은 기술과 공학의 범위에 대해 보다 자세하게 탐색활동을 실시할 수 있다. 교실 수업에서 개인적인 경험을 통해 학생들은 창의성이 어떻게 제품과 시스템의 발달의 중요한 요소가 되었는지를 이해하고, 이러한 방법으로 기술이 어떻게 변하는지에 대해 이해를 높일 수 있다.

발명과 혁신을 만들어내는 것은 필요와 욕구를 충족시키는 것과 밀접한 관련이 있지만, 어떤 경우에는 문제에 대한 명확한 정의 없이도 새로운 것이 만들어지기도 한다. 예를 들어, 레이선(Raytheon)이라는 회사의 공학자, 퍼시 스펜서(Percy Spencer)는 1940년대 중반에 진공관을 사용해 레이더 프로젝트 실험을 하고 있었다. 실험을 하던 도중 우연히 그의 주머니 안에 있던 막대 사탕이 녹는 것을 발견하게 되었고, 이는 새로운 발명을 이끌었다. 이러한 의도치 않은 결과는 전자 레인지라는 새로운 발명을 이끌었다.

혁신이 일어나려면 새로운 지식이 만들어지는 상황에서 문제에 대한 비판적 사고가 반드시 일어나야 한다. 이러한 비판적 사고는 흔히 시장에서 원하는 새로운 것을 만들어내거나 제품, 과정, 서비스 등을 향상시키기 위한 과정으로 과학적, 수학적, 기술적 지식을 실용적으로 사용하는 연구와 개발(R&D)을 통해 일어난다. 예

를 들어, 공학자와 과학자들이 발견한 마이크로프로세서(microprocessor)와 관련된 지식은 현대 컴퓨터 시스템의 발달에 큰 기여를 하였다. 수많은 회사들이 새로운 제품과 시스템을 개발하거나 기존의 제품을 향상시키기 위해 많은 예산을 연구개발에 투자하여 제품과 물건에 있는 기본적인 동작 원리들을 탐구한다. 학생들은 기술이 이윤을 창출하기 위해 어떻게 사용되었는지와, 어떻게 경제, 정치, 환경적 고려사항들이 기술의 발달과 적용에 영향을 미치는지를 평가할 수 있다.

6-8학년 단계의 학생들은 기술과 공학의 본성과 특징에 대한 이해를 보여 주기 위해 아래의 것들을 할 수 있어야 한다.

**STEL-1J.** 문제를 해결하고 개인적 또는 집단의 필요와 욕구를 확장시키기 위한 혁신적인 제품과 시스템을 개발할 수 있다. 예를 들어, 메리 엘레니 그리멧(Marie Elena Grimmer)은 14살 때 재활용 플라스틱 구슬을 이용해 농장과 시골에서 흔히 발견되는 해로운 항생 물질을 여과하는 장치를 개발하여, 혁신가로 이름이 알려져 있다. 이 제품을 발명한 과정은 문제 확인과 관련한 중요한 과정이 포함되어 있는데, 이것은 학생들이 자신과 가족의 삶 속에서 문제를 찾는 것과 유사하다.

**STEL-1K.** 기술적 시스템의 발달 속에서 과학, 공학, 수학, 기술이 어떤 기여를 하는지 비교하고 대조할 수 있다. 이 단계의 학생들은 기술적 제품과 시스템의 진보에 과학, 공학, 수학, 기술의 학문들이 어떤 기여를 하는지 식별할 수 있다. 이를 위한 한 가지 효과적인 방법은 특정한 기술에 대한 사례 연구를 하거나 개발 과정을 조사하는 것이다.

**STEL-1L.** 기술과 공학이 어떤 방식으로 창의력과 밀접한 관련이 있는지를 설명할 수 있으며, 창의력은 의도

03

하였거나 의도하지 않은 혁신을 만들어낸다는 것을 이해할 수 있다. 창의력은 새로운 것을 만들어내거나 새로운 방식으로 무엇인가를 사용하기 위해 다른 영역의 지식과 경험을 사용하는 개인의 능력이다. 수많은 발명들은 첫술에서의 예와 같이, 사람들이 필요와 욕구를 찾고 그것으로부터 영감을 받아 만들어졌다. 또한 어떤 발명품들은 예상하지 못한 방식으로 나타나기도 하였다. 예를 들어 스테판 코렉(Stephanie Kwolek)은 타이어에 사용되는 강철 노끈을 대체하기 위해 연구를 하고 있었는데 그 과정에서 우연히 케블라(Kevlar)라고 불리는 강한 합성섬유를 발명하였다. 창의력은 새로운 아이디어를 탐구하는 것인데, 보통 기술적 제품과 시스템을 향상시키는 데 핵심적인 역할을 한다.

**STEL-1M.** 기존의 제품을 향상시키거나 새로운 접근법을 개발하기 위해 창의적 문제해결 전략을 사용할 수 있다. 설계와 문제해결은 아이디어 창출, 해결책 만들기, 테스트, 재설계 등과 같은 반복적인 과정으로 여겨졌다. 창의적 문제해결은 효율성을 높이고, 수행 성능을 향상시키고, 환경에 적은 영향을 미치는 것과 같은 진보를 이끄는 새로운 시각을 갖게 해 준다. 예를 들어, 공기역학을 배우는 학생들은 로켓 설계를 보다 효율적이고 정확하게 하기 위해 로켓 모델을 수정하는 것을 고안할 수 있다.

**9-12학년**

9-12학년 단계에 있는 학생들은 기존에 있는 제품을 향상시키거나 새로운 것을 만들어내는 과정에서 혁신과 독창성의 중요성에 대한 보다 넓은 시야를 갖게 될 것이다. 학생들은 분석력, 설계, 비판력 등과 같은 고차원적 사고 능력을 지속적으로 개발한다. 학생들은 고등학교를 졸업하기 전에 기술, 공학, 수학, 과학, 그리고

다른 학문들 간의 관계를 확실히 이해할 수 있어야 한다. 특히 기술과 공학이 어떤 것인지를 알고, 이들 영역은 자신들 고유의 지적인 영역과 내용요소가 존재한다는 것인 인식해야 한다.



기술과 공학은 인간의 호기심 속에서 복잡하게 얽혀 있으며, 인간의 능력, 문화적 가치, 공공정책, 그리고 환경적 제약에 영향을 받는다. 학생들은 이들이 미치는 영향과 그 요소들의 통합이 기술의 발전에 어떤 도움을 주는지 인식할 수 있어야 한다. 예를 들어, 방한용 귀마개의 발명은 춥고 가혹한 겨울이 있었기에 가능했다. 체스터 그린우드(Chester Greenwood)라는 어린 소년은 자신의 귀가 추위에 매우 민감하다는 것을 알고 있었으며, 추위를 예방하기 위해 새로운 것을 개발하기로 결심하였다. 그는 끈이 달린 검정색 벨벳과 비버 털이 달린 덮개를 디자인했다. 체스터의 이웃과 친구들은 마찬가지로 방한용 귀마개와 같은 제품을 갖고 싶어 했기 때문에 그가 발명한 것에 대해 매우 기뻐했다. 이 발

명은 1872년 악세사리에 대한 특허 출원으로 이어졌다. 그가 처한 특별한 환경은 인간의 창의력이나 능력 외에 귀마개의 성공을 결정하는 요인이 되었다.

새로운 기술들은 우리가 살고 있는 세계를 예상했거나 혹은 예상하지 못한 방식으로 변화시킨다. 기술적 진보는 이전의 발달에 기반하여 일어나며 새로운 기회, 도전, 그리고 그들의 복잡성을 가속화시킨다. 이러한 기술적 진보들은 최근까지 우리가 알고 있던 것들은 마치 2~3세대 전에 있었던 것처럼 느껴지도록 현대사회를 크게 변화시킨다.

학생들은 발명은 의도된 설계(인간이 달에 착륙한 것과 같은)와 우연에 의한 것(3M사의 포스트잇이나 NASA의 Spinoff 기술들처럼)이라는 것을 알 수 있어야 한다. 학생들은 혁신은 에디슨이 전구를 발명한 것처럼 계획되거나 의도된 것일 수 있다는 것을 이해해야 하지만, 한편으로는 의도하지 않은 결과로 인해 새로운 방향으로 발명품이 이어져 예상하지 못한 일이 일어날 수 있다는 것도 인식해야 한다. 기술과 공학적 설계 또는 과학과 기술적 지식의 의도적인 적용은 기술의 발달을 촉진할 수 있지만, 반대로 물리적, 정치적, 문화적 환경의 변화는 기술적 발달의 속도를 높이거나 줄일 수도 있다. 예를 들어 냉전시대는 국방과 우주 분야에서 기술이 혁신적으로 발달했다. 하지만 반대로 수소연료 자동차에 대한 사람들의 열망은 기술적, 정치적, 경제적 장벽으로 인해 시장에서 잘 받아들여지지 못했다.

9-12학년의 학생들은 기술과 공학의 본질과 특성을 보여 주기 위해 다음의 것들을 할 수 있어야 한다.

**STEL-1N.** 자신들을 둘러싼 세계가 어떻게 기술적 발달과 공학적 설계에 영향을 미치는지 설명할 수 있어야 한다. 기술적 발달이 일어날 수 있는 최적의 환경은 주

어진 조건 속에서 경험과 상호작용이 일어날 때이다. 예를 들어, 건물 디자인은 토양, 바람, 적설량 등과 같은 지역의 환경을 반드시 고려해야 하며, 지역의 건축규정이나 양식과 맞아야 한다.

**STEL-1O.** 과학적, 수학적, 공학적, 기술적 지식과 기능(skill) 사이에 어떤 유사점과 차이점이 있는지를 이해하고, 이들이 제품이나 설계에 어떤 기여를 하는지 평가할 수 있어야 한다. 제품이나 시스템을 개발하고 향상시키려면 과학, 공학, 기술 분야의 전문성이 필요하다. 각각의 영역으로부터 나온 지식과 기술이 어떻게 제품이나 시스템에 영향을 미쳤거나 미칠 수 있는지를 정확히 이해하는 것은 혁신과 설계를 만들어내기 위한 필수 조건이다.

**STEL-1P.** 기술적 발달의 속도를 분석하고 미래에 어떤 기술이 도입되고 전파될지를 예측할 수 있어야 한다. 혁신과 발명이 일어나는 속도는 시간, 자본 투자 등과 같은 여러 요인들에 의해 영향을 받는다. 수많은 새로운 기술들은 이전의 기술을 기반으로 하여 만들어지며, 가끔씩 빠른 발달과 확산이 일어나기도 한다. 예를 들어, 개인 소비자를 위한 드론 기술의 빠른 발달은 이전의 군사기술의 적용이 있었기에 가능한 것이었다. 특정 기술의 미래를 예측할 때, 그 기술이 다양한 분야에 적용될 수 있는 시장 잠재력과 반대로 발달 속도를 늦추는 법이나 문화적 장벽을 고려해야 한다.

**STEL-1Q.** 특정한 필요와 욕구를 충족시키기 위해 의도된 발명과 혁신을 찾기 위한 연구를 수행할 수 있어야 한다. 대기권에서의 연구와 다른 분야(LiDAR 또는 LADAR)에서 사용된 레이저 시스템의 설계와 개발은 수년에 걸친 연구 끝에 나온 것이다. 이것과 똑같은 형식의 레이저 시스템은 간단한 수정과 적용을 통해 동맥

내에서 발생한 플라스크를 치료하는 혈관수술에 사용되었다.

**STEL-1R.** 기술적 제품과 시스템을 설계하거나 향상시키기 위해 과학, 수학, 그리고 다양한 학문들로부터의 지식을 통합할 계획을 개발할 수 있어야 한다. 제품이나 시스템을 설계, 유지, 향상시키는 것은 특정 분야의 고유한 지식과 기술을 필요로 한다. 예를 들어, 농공학자들이 작물을 보다 잘 관리하기 위한 자동화된 시스템을 설계하였기 때문에, 식물학자들은 작물의 성장과 관련된 문제를 진단할 수 있으며, 이는 또한 효율성을 높이기 위해 시스템을 관리하고 피드백을 제공하는 기술자들의 활동을 필요로 한다. 이처럼 여러 분야의 전문가들은 제품과 시스템을 설계, 유지, 향상시키기 위해 관련 분야의 협업이 반드시 필요하다.

## 표준 2: 기술과 공학의 핵심 개념

기술과 공학은 다른 지식 영역과 달리 타학문 분야와 구별되고 특징적인 많은 핵심 개념을 가지고 있다. 이러한 개념은 기술학(the study of technology)의 초석으로 간주된다. 이것은 학생들이 설계된 세계(the designed world)를 이해하도록 도와줌으로써 기술학과 공학의 통합을 돕는다.

기술과 공학의 핵심 개념은 기술의 기초적인 측면을 정의하고, 모든 기회와 다양한 맥락에서 기술과 공학 교육 수업으로 통합되어야 한다. 7개의 핵심 개념은 다음과 같이 표준 2를 정의하는 핵심 아이디어(key ideas)이지만 또한 다른 표준에서도 발견될 수 있다.

7개의 개념은 다음과 같다

▶ **시스템**은 원하는 목표를 달성하기 위해 종합적으로

설계된 서로 관련 있는 요소들의 집합체이다.

시스템 사고는 구성 요소의 관점에서 전체가 어떻게 표현되는지와 반대의 관점에서 요소들이 상호간 그리고 전체와 어떤 관련이 있는지에 대해 이해하는 것을 포함한다. 시스템은 설계(design), 고장문제해결 및 시스템 조작을 포함하여, 다른 맥락(contexts)에서 단순하고 복잡적으로 학습되어야 한다.

▶ **모든 기술 활동은 행해진 어떤 일(job)을 얻기 위해 요구되는 필수적인 투입인 자원이 필요하다.** 기초 기술과 공학 자원(또는 투입)은 도구, 기계, 재료, 자본(capital), 자금(money), 지식, 에너지, 시간 그리고 가장 중요한 인적 자원을 포함한다. 도구와 기계는 인간의 능력을 확장하고 향상시키기 위해 설계된 장치들이다. 재료는 다양한 품질이 있으며, 천연재료(예를 들면, 목재, 석조, 금속 및 점토), 합성재료(예를 들면, 유리, 콘크리트 및 플라스틱) 및 복합재료(예를 들면, 합판, 금속 합금과 같이 특성을 개선하기 위해 조합된 재료)로 분류할 수 있다. 자본은 건물, 설비 및 생산물과 시스템의 생성을 위해 필요한 기타 자산과 같이 물리적 자산에 해당된다. 자금은 재료, 도구 및 기타 요구되는 것의 구입을 가능하게 한다. 지식은 기술적 및 공학적 문제를 해결하기 위해 요구되는 정보이다. 에너지는 일을 할 수 있는 능력이고, 모든 기술 시스템은 에너지의 변화와 적용을 필요로 한다.

모든 기술적 활동에 할당되는 시간은 제한적이므로 기술적 시도에서 시간의 효율적인 활용은 매우 중요하다. 모든 자원이 중요하지만 인적 자원의 투입 없이 어떤 것도 설계되거나 가공되거나 실행될 수 없다.

▶ **요구사항(requirements)**은 설계자에게 제시되는 개발과정 중의 제한사항(limitations), 기준, 제약조건 및

기회로 완성된 제품이나 시스템으로 부터 얻고자 하는 결과이다. 이것은 기술적 및 공학적 활동을 안내할 설계요소로 간주되며, 이들 중 몇 가지는 안전 요구, 법적 규제, 가능 자원, 문화적 규범, 시간 및 기술적 전문 지식을 포함할 수도 있다.

▶ **상호절충(trade-offs)**<sup>1</sup>은 특정 품질이나 요구사항을 선택하거나 교환하는 것을 의미한다. 예를 들면, 최대 강도를 얻기 위해 무게와 상관없이 가장 좋은 재료를 선택하려면 설계자는 비용이나 무게를 조정해야 한다. 설정된 요구사항을 충족시키기 위해, 상호절충은 최적설계의 특성치를 얻기 위해 이루어진다. 정의에 의하면 상호절충은 타협을 포함하며, 모든 요구 조건을 최대한 활용하는 것은 불가능하다.

▶ **최적화(optimization)**는 가장 충분히 기능적이고 효과적일 정도로 제품, 과정 또는 시스템을 설계하거나 만드는 과정 또는 방법이다. 초기 아이디어부터 최종 제품이나 시스템에 이르는 창작의 전 과정은 최적화를 포함해야 한다. 최적화는 빈번히 상호절충을 필요로 한다.

▶ **과정(process)**은 산출물(output)을 만들기 위한 체계적인 활동(actions)의 순서이다. 처음 접하는 학생들은 시행착오나 텅커링(tinkering)을 활용할 수도 있지만, 학년이 올라갈수록 더 공식적인 기술과 공학의 과정을 배울 필요가 있다. 설계(designing)는 제품개발에서 지식과 창의적인 기술을 적용하는 과정이다. 가상환경에서의 모형제작뿐만 아니라 모형(models)을 만드는 과정은 개념을 입증하고, 비전과 아이디어를 시험하는 데 사용된다. 유지(maintenance)는 더

적절한 기능을 보장하고 불필요한 오류를 방지하지 위해 시스템의 요소들이나 시스템 전체와 일하는 과정이다. 기술을 계획, 조직 및 제어하는 과정인 관리(management)는 자원을 통제하고, 기술적 과정이 효과적, 효율적으로 작동되게 한다. 제품과 시스템의 평가는 더 심화된 양식이나 문제를 알아내기 위해 질의하고, 사건을 검토하는 과정이다. 평가의 최종목표는 과정이나 시스템을 개선하는 것이다.

▶ **제어(control)**는 시스템이 원하는 방식으로 작동되게 정보를 적용하는 메커니즘이나 활동이다. 가정의 온도조절장치는 방 온도를 조절하기 위해 사용되는 제어의 사례이다. 제어는 항상 온전하게 성공하거나 작동되지 않을 수도 있다. 되먹임의 역할을 이해하는 것이나 투입과 기능을 조절하는 시스템 정보의 활용은 다양한 유형의 시스템에서 제어가 어떻게 작동하는지를 결정할 수 있으므로 중요하다.

## 유치원-2학년

유아교육기의 아동들은 교육을 통해 그들에게 도움이 되는 많은 기술의 핵심 개념에 대한 기초를 이해할 것이다. 그러한 개념에 반복적으로 노출됨으로써 개념을 연결하고, 기술 발달에서의 개념 유형을 인지하게 될 것이다. 예를 들면, 그들은 난방과 냉방 시스템과 같은 시스템의 활용이 어떻게 자원과 요구사항에 의해 결정되는지 주목하기 시작해야 한다.

체험활동(hands-on activities)을 통해 학생들은 기술과 공학 활동은 도구, 재료, 행위(actions), 안전 및 계

1 다른 장에서 '상충관계'로 표현되는 용어이지만, 여기서는 개념 설명에 부합한 의미인 '상호절충'을 사용함.



획을 필요로 한다는 것을 배울 것이다. 게다가 학생들은 이러한 핵심개념 중 많은 것은 그들의 일상생활과 관련 있다는 것을 발견할 것이다. 예를 들면, 레고로 어떤 장치를 만들고 있는 아이는 원하는 결과를 얻기 위해 계획이 필요하다는 것을 배우게 된다. 더 복잡한 장치를 만들수록 제작시간이 더 많이 필요할 것이고, 그들이 갖고 있는 레고의 부품수에 따라 대상물(objects)을 만드는 능력이 제한된다는 것을 알게 된다. 제어요소가 들어있는 단순 전자장치는 되먹임의 개념을 쉽게 보여 준다. 실험실은 학생들이 이러한 핵심 개념을 토의하고, 탐구하고, 적용하도록 다양한 기회를 이용하게 해야 한다.

기술과 공학의 핵심 개념을 이해하고 있다는 것을 보여 주기 위해, 유치원부터 초등 2학년 학생들은 다음을 할 수 있어야 한다.

**STEL-2A.** 목적을 달성하기 위해, 시스템이 부품이나 구성요소와 함께 어떻게 작동하는지를 설명할 수 있다. 예를 들면, 자전거가 시스템이라고 생각할 수 있다. 그것은 바퀴, 핸들, 페달, 브레이크, 기어 및 체인과 같은 많은 부품을 가지고 있고, 각각은 자전거가 적절히 기능하는 데 중요하다.

**STEL-2B.** 작업을 완료하기 위하여 도구를 안전하게 사용할 수 있다. 많은 도구는 특정한 기능이 있으며, 올바른 도구 선정은 작업을 더 쉽게 만든다. 사람들은 대상물을 만들고, 원하는 산출물을 얻으며, 소통하기 위해 도구를 사용한다. 아이들은 종이를 자르기 위해 가위를, 부품을 서로 고정하기 위해 접착제를, 아이디어를 스케치하기 위해 마커를 그리고 정보 탐색을 위해 컴퓨터를 활용한다.

**STEL-2C.** 활용하기를 바라는 성질과 특성을 고려하여 재료를 선정한다는 것을 설명할 수 있다. 어린 아이들이 설계한 물건을 만드는 데 가장 흔히 활용하는 재료는 종이, 목재, 직물, 판지 및 발견된 대상물이다. 아이들이 재료를 가지고 활동함으로써, 어떤 재료가 주어진 작업을 더 잘 수행하는지를 관찰하고 검사하면서 배운다.

**STEL-2D.** 작업을 완료하기 위한 계획을 세울 수 있다. 예를 들면, 어린 아이들이 부모님을 위해 생일 카드를 디자인하고 만드는 것과 같이 어떤 것을 완수하길 원한다면, 그들은 이용 가능한 재료가 있어야 하고, 주어진 날짜까지 카드를 준비해야 한다는 것을 알게 된다.

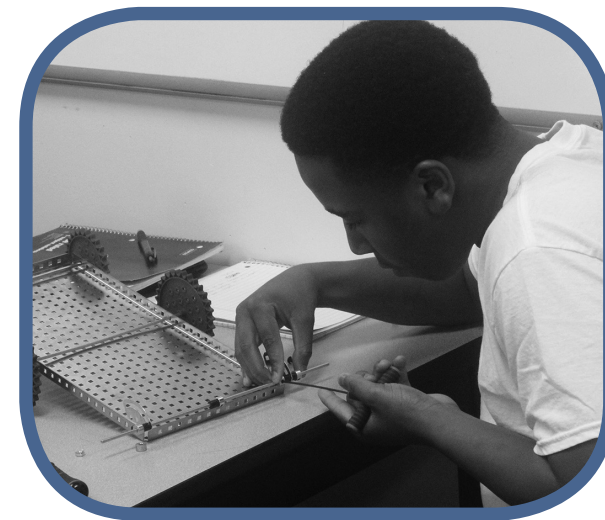
**STEL-2E.** 팀의 구성원으로서 효과적으로 협력할 수 있다. 가장 효과적인 수준에서 운용하기 위해 팀의 구성원은 하나의 집단으로서 의사소통하고 함께 일하는 것을 배워야 한다. 팀에서 함께 일하기 위한 전략은 교사가 모형화하며, 실험실 환경 내에서의 기대를 계획한다.

### 3-5학년

초등 3-5학년에서는 시스템, 자원, 요구사항 및 과정의 개념에 중점을 두고 있다. 이 단계(level)에서 기술의 핵심개념에 더 익숙해짐에 따라 학생들은 기술과 공학에 대한 보다 더 전체적인 그림을 개발할 것이다. 예를 들면, 학생들은 자신의 공동체에서 이용 가능한 자원을 확인할 수 있어야 한다. 이러한 자원은 가정에 있는 도구와 기계, 통학길에 있는 건물, 도로 및 보도에 쓰인 재료 또는 신제품을 사용하기 위해 필요한 정보를 포함해야 한다.

학생들이 기술 시스템을 더 쉽게 탐구하기 위해 그것을 분류할 기회를 가져야 한다. 문제해결은 이 학년군에 있는 학생들이 수학, 과학, 기술 및 공학에서 연습하는 또 하나의 주요 기능(skill)이다. 다양한 자원과 과정의 검토를 통해 학생들은 고급 도구의 활용으로 그들의 지식을 확장함으로써 부가적인 기술을 개발할 수 있다. 글루건, 수공구 또는 설계 중심 소프트웨어를 활용하고 있든 아니든 학생들은 작업 완수에서 도구의 중요성을 인지해야 한다.

요구사항의 개념 소개는 학생들이 이후 학년에서 더 복잡한 개념을 이해하는 데 기초가 된다. 학생들은 설계를 결정하는 요소들 또는 제품이 어떻게 개발되고 활용되는지를 이해하기 시작해야 한다. 설계결정 요소로는 안전육구, 아이디어 개발을 제한할 물리법칙들, 이용 가능한 자원, 문화적 규범 등이 있다. 요구사항의 추후 논의는 자원의 활용 그리고 기술과 공학의 다른 핵심개념과 관련 있을 것이다.



2 NASA 후원으로 개최되는 세계 창의력 올림피아드의 명칭

기술과 공학의 핵심 개념을 이해하고 있다는 것을 보여 주기 위해, 초등 3~5학년 학생들은 다음을 할 수 있어야 한다.

**STEL-2F.** 하위 시스템이 어떻게 다른 더 큰 시스템의 일부로서 운용되는 하나의 시스템인지를 기술할 수 있다. 하위 시스템의 사례는 소도시, 시 또는 지역사회에 있는 더 큰 상수도 배수 시스템의 일부인 가정에 있는 수도관 조립체이다.

**STEL-2G.** 시스템의 요소가 빛나갈 때 어떻게 계획대로 작동하지 않는지를 분명히 설명할 수 있다. 컴퓨터는 전원 문제가 있거나 건전지가 제거되었을 때 작동하지 않는다.

**STEL-2H.** 사람, 재료, 자본, 도구, 기계, 지식, 에너지 및 시간과 같이 기술적 일을 처리하기 위해 필요한 자원을 확인할 수 있다. 오디세이 오브 더 마인드(Odyssey of the Mind)<sup>2</sup> 같은 문제해결 활동에 참여하는 초등학생들은 심사위원 앞에서 수행해야 하는 발표에 필요한 자원의 목록을 개발할 필요가 있다. 자원을 계획하는 전략은 배경, 의상, 소품, 팀원들이 공연할 역할 및 마감시간에 대한 고려를 포함할지도 모른다.

**STEL-2I.** 서로 다른 재료의 성질을 기술할 수 있다. 학생들은 천연재료와 인공재료 간의 차이와 재료들의 기본 성질을 이해해야 한다. 예를 들면, 목재, 석조, 금속, 유리 및 콘크리트는 단단하고 조밀하며, 가죽, 종이 및 일부 금속은 유연하고, 유리와 일부 플라스틱은 투명하다. 열과 전기를 전도하는 일부 재료가 있는 반면에 열이나 전기의 전달을 중지하거나 늦추기 위해 절연하는

재료가 있다. 특정 재료의 성질은 그것이 주어진 응용에 적합한지를 결정한다.

**STEL-2J.** 도구나 기계가 어떻게 잡고, 들고, 수송하고, 고정하고, 분리하고, 연산하는 것과 같은 인간의 능력을 확장하는지를 설명할 수 있다. 글루건, 미니 톱, 자, 가위, 기어, 집쇠(clamps) 및 컴퓨터 같은 도구와 기계의 활용은 사람들이 더 많은 작업을 끝마칠 수 있게 한다.

**STEL-2K.** 제품이나 시스템을 설계하거나 만들기 위해 필요한 요구사항을 기술할 수 있다. 요구사항은 설계할 때 활용하는 기준이나 기대되는 결과이다. 예를 들면, 재료비 때문에 또는 제품이 논의되고 있는 방법으로 가능한 것보다 더 빨리 만들어질 필요가 있는 것과 같은 시간 제약 때문에 종종 제품을 특정 방식으로 만드는 것이 불가능할 수 있다. 이러한 제한점은 제품을 설계하고 제작하는 것에 대한 의사결정으로 여겨진다.

**STEL-2L.** 누군가의 삶을 개선하기 위한 새로운 제품을 만들 수 있다. 발명은 인간의 필요와 욕구를 충족시키기 위해 만들어진 것이다. 발명은 인간이 자연계를 개선시키려는 방식이다. ITEEA<sup>3</sup>의 “Dream Ride GoBabyGo Style” 계획(initiative)처럼 장애가 있는 사람들을 도운 다양한 제품을 알아보는 것은 학생들이 필요를 찾고 필요를 만나는 혁신적인 방식을 고려하게 하는 좋은 시작점이다.

## 6-8학년

이전 학년에서 기술과 공학의 핵심 개념에 대한 일반적인 이해를 형성한 후, 학생들은 더 심도 있게 이러한 주제들과 그들 간의 상호관계를 탐구할 수 있어야 한다. 기술의 발달과 활용의 많은 측면은 이러한 시스템, 자원, 요구사항, 최적화, 상충관계, 과정 및 제어를 다룬다. 이러한 주요 아이디어를 이해하는 것은 나중에 기술적 지식의 개념 형성, 적용 및 전이를 위한 강한 근거를 제공할 것이다.

학생들은 시스템은 형태가 다양하고, 여러 하위 시스템으로 구성된다는 것과 같은 시스템에 대한 더 많은 세부사항을 지속적으로 탐색하고 학습해야 한다. 예를 들면, 학생들은 워크 셀(work cell)<sup>4</sup>이 어떻게 더 큰 제조 시스템의 하위 시스템으로 기능하는지를 살펴야 한다. 단순 시스템과 복합(complex) 시스템은 학생들 생활의 필수 부분이다. 우리의 신체 밖에서 작용하지 않는 내부 기관이 있는 것처럼, 만일 시스템이 온전하지 않다면 기술 시스템의 부분이나 하위 시스템은 적절하게 작동하지 않을 것이다. 예를 들면, 만일 교통신호 제어 시스템이 갑자기 오작동하여 신호등이 작동 순서를 지키지 못한다면, 중대한 교통혼잡과 사고로 이어지고 많은 시민들은 화가 날 것이다.

이 학년 단계의 학생들을 위한 핵심 아이디어는 많은 부분들과 별개로 전체 시스템의 분석과 설계에 중점을 두는 연습인 시스템 사고(systems thinking)이다. 학생들은 가능한 많은 요구사항과 상충관계를 고려하면서

문제 전체를 검토하는 것을 배워야 한다. 이 단계 전에 학생들은 전체를 구성하는 부분에 집중하는 경향이 있었다. 이러한 중점의 변화는 학생들에게 결과물이 알려지지 않은 “~라면 어떻게 될까?”라는 선택들을 고려함으로써 사고를 확장하게 하는 도전일 수 있다. 선생님들은 더 높은 학년에서 미래의 일에 대한 소개로 이러한 기법을 접근해야 한다.

학생들은 장치가 고장나거나 설계대로 작동되지 않는 다른 유형의 기술과 과정을 경험함으로써, 그것을 수리하는 방법뿐만 아니라 어떻게 작동하는지를 배운다. 이 정보는 고장의 원인 결정, 제품과 시스템의 유지 그리고 기술 개발의 다양한 측면을 관리하는 데 쓰인다. 다양한 과정을 이해하기 위해 특정 과정이 활용되어야 하는 맥락(context)과 필요한 시기를 이해해야 한다. 그러므로 학생들은 상충관계와 되먹임 시스템의 영향을 경험하기 위해 많은 자원, 도구, 기계, 재료 및 과정을 활용하는 다양한 기회를 가져야 한다. 학생들은 제품, 서비스 또는 시스템이 설계에서 요구하는 명세서와 허용 오차를 따르는지를 결정하는 방법을 배울 필요가 있다.

기술과 공학의 핵심 개념을 이해하고 있다는 것을 보여주기 위해 초등학교 6-8학년 학생들은 다음을 할 수 있어야 한다.

**STEL-2M.** 기술 시스템에서 투입, 과정, 산출 및 되먹임을 구별할 수 있다. 투입은 기술 시스템으로 공급되는 자원으로 이루어져 있다. 과정은 부호화, 재생산, 설계, 조립, 전달과 같은 산출물을 생성하기 위해 자원을 결합하는 체계적인 활동의 순서이다. 산출은 긍정적 또는 부정적 영향이 있을 수 있는 결과이다. 되먹임은 시스템을 추적 관찰하거나 제어하기 위해 활용되는 정보이다. 시스템은 종종 되먹임 작용이 필요할 때 시스템

을 수정하거나 개선하는 것을 허용하는 요소를 포함한다. 예를 들면, 자동차의 연료 표시등은 시스템이 추가 연료를 필요로 하는 시기를 사용자에게 알려 주는 되먹임 시스템이다.

**STEL-2N.** 시스템이 그것이 활용되는 환경과 상호작용하는 방법뿐만 아니라 시스템 사고가 모든 요소 간의 관계를 고려하는 방법을 설명할 수 있다. 시스템은 여러 가지 방식으로 활용된다. 또한 시스템은 통신 시스템, 수송 시스템과 같이 일상생활의 많은 양상으로 나타난다. 시스템 분석은 개별적 또는 전체 시스템의 측면에서 이루어지고, 시스템이 상호작용하거나 다른 시스템과 관계하는 방법이다. 예를 들면 컴퓨터 시스템을 협의하는 것은 컴퓨터의 특정 부분이나 전체 컴퓨터 네트워크를 포함할 수도 있다. 수송 시스템의 논의는 특정 수송 형태(예, 공항, 항공기, 항공 교통 제어, 공항 보안 등)의 다양한 요소를 나열하거나, 수송 시스템 중 한 유형의 전반적인 속성을 다른 것(예, 사용된 교통 수단, 에너지 투입, 제어 메커니즘 등)과 비교함으로써 전개될 수도 있다.

**STEL-2O.** 되먹임 경로는 없으나 인간의 개입이 필요한 열린 루프 시스템(open-loop system)을 만들 수 있다. 열린 루프 시스템의 예시는 방에 있는 전등 스위치이다. 전기 시스템은 어떤 되먹임 루프도 없지만, 스위치를 눌러(투입) 전구에 전자를 보내고(과정) 방에 빛을 밝히기(산출) 위해 누군가가 필요하다.

**STEL-2P.** 인간의 개입은 필요 없으나 되먹임 경로가 있는 닫힌 루프 시스템을 만들 수 있다. 시스템으로부터 정보를 받고 되먹임의 내용을 토대로 조치를 취하는 자동제어를 활용하기 위해 시스템이 설계될 수 있다. 한 사례로 장치를 켜고 끌 필요가 있을 때 되먹임을 주고,

<sup>3</sup> ITEEA(International Technology and Engineering Educators Association)은 2010년에 전신인 ITEA(International Technology Education Association)에서 개칭한 ‘국제 기술·공학 교육자 협회’이다.

<sup>4</sup> 워크 셀(work cell)이란 “한 사람이나 소수의 인원으로 구성된 팀이 한 제품의 조립공정을 처음부터 끝까지 일관되게 처리하는 생산방식으로 1990년대 일본의 소니사에서 적용하여 성공한 다품종 소량 생산 방식 중의 하나임.(출처 : <https://blog.naver.com/powerfullysk/221723005880>)

시스템을 자동으로 조정하는 온도조절장치를 가진 가정용 온수기가 있다.

**STEL-2Q.** 설계 과정의 초기에 완성 제품이나 시스템의 산출물을 예상할 수 있다. 주의 깊은 설계자들은 제품이 완성되기 전에 기술적 제품의 가능한 산출을 고려해야 한다. 이것은 학생들이 설계, 문제해결, 발상하기(ideation) 및 시스템 사고를 통해 지속적으로 확장해야 하는 사고 습관이다.

**STEL-2R.** 서로 다른 기술이 어떻게 일련의 다른 공정을 포함하는지를 비교할 수 있다. 예를 들면 자료처리는 정보의 설계, 요약, 저장, 인출, 재생산, 평가 및 통신을 포함한다. 건설의 공정은 설계, 개발, 평가, 제작 및 생산, 마케팅 그리고 관리를 포함한다

**STEL-2S.** 설계 문제와 관련된 결정을 옹호할 수 있다. 문제해결을 시도한 후 학생들에게 그들 행위를 방어하고 결과를 전달하게 함으로써 학생들은 공감, 유연한 사고, 책임 및 메타 인지능력(예, 그들 자신의 사고과정에 대한 인식과 이해)을 발달시킨다. 교사들이 명쾌하게 모형화하고, 가르치고, 기대되는 행동을 보여 주기 위해 학생들에게 제공하는 것은 학생들이 기술과 공학 사고 습관을 발달시키도록 돕는다.

## 9-12학년

학생들은 고등학교에 입학할 때까지 기술과 공학의 핵심개념에 익숙해져야 한다. 이 단계에서 학생들은 그러한 개념들이 어떻게 그들, 지역사회 및 세계에 영향을 미치는 문제들 속에서 상호작용하는지를 분석하기 시작할 수 있다. 자원이 어떻게 지속될 수 있고 요구사항이나 최적화 고려사항과 연계되는가와 같은 교차를 주

제로 하는 논제(cross-themed topics)는 상세하게 논의되고 탐구되어야 한다. 학생들은 시스템 분석, 시스템 안정성 및 제어 시스템의 개념에 중점을 두어야 한다. 그들은 활용되는 공정의 순서가 다양하고 신기술은 종종 기존의 것에서 창출된다는 것을 인식해야만 한다. 신기술의 채택은 사용자들이 얼마나 잘 수용할 수 있는지와 그 비용을 포함한 많은 요인들에 의해 좌우된다. 활용과 되먹임을 통해 몇 가지 기술은 수용할 수 없는 상충관계가 있다고 결정되고, 그들의 활용은 중지된다.

학생들은 기술의 발달이 어떻게 그들에게 지역적으로 영향을 미치는가에 초점을 두는 것에서 더 넓게 세계적인 관점으로 변화할 필요가 있다. 시스템 사고의 활용은 학생들에게 기준, 제한사항, 긍정적 및 부정적 결과와 같은 문제의 모든 측면을 검토하게 한다. 시스템 사고의 활용은 학생들이 특정 시스템의 발달이 노력과 비용의 가치가 있는지와 가장 좋은 접근을 결정하기 위해 어떤 상충관계를 고려할지 결정하도록 돕는다. 자원은 또한 지구 자원의 지속 가능성을 탐구함으로써 세계적인 관점으로 검토될 수 있다. 일과 자원의 관리는 제품과 시스템의 상업적 적용을 성공하기 위한 주요 요인이다. 좋지 못한 관리는 과도한 비용, 좋지 못한 품질 및 비효율성으로 이어질 수 있다. 좋은 관리는 공정과 자원이 효과적, 효율적으로 작동되게 한다. 재료와 공간의 할당에 더하여 일정 계획표의 활용은 많은 기술의 활용에 영향을 준다.

학생들은 기술과 공학의 공정이 항상 선형적인 순서로 일어나지 않는다는 것을 배워야 한다. 예를 들면 종종 설계공정의 일부로 만들어지는 프로토타입은 제품이나 시스템이 실제로 만들어지거나 활용되기 전에 설계의 품질을 평가하는 데 사용된다. 마찬가지로 학생들은

혁신은 신중한 방식으로 시장에 도입되어야 한다는 것을 이해할 필요가 있다. 일단 혁신이 설계되었다면, 나중에 이용하기 위해 검사 받고 준비되었는지 확인한다. 요구사항(예, 자본, 시기, 수요 및 생산 문제) 때문에 모든 기술이 반드시 시장에 나오지는 않는다. 제품이나 시스템의 수명주기는 그것의 초기 개념부터 시장에서의 최종적인 철수까지 이어진다. 어떤 제품의 수명주기는 꽤 긴 반면에 다른 것들은 매우 짧을 수도 있다.

학생들이 기술의 발달에서 최적화와 상충관계의 중요성을 이해하려면 더 많은 시간과 노력이 필요하다. 학생들은 최적설계(optimal design) 개발의 성공에 중요한 시뮬레이션이나 수학적 모델링을 활용할 기회를 가져야 한다. 만일 수학적 또는 가상의 모형이 가능하지 않으면, 학생들은 개인적 경험과 물리적 모형의 활용에 의지해야 할 것이다. 학생들은 물리적 모형들의 한계와 다양한 조정으로 그들의 활용이 가능하다는 제한점을 인식할 필요가 있다.

마찬가지로 이 아이디어는 기술뿐만 아니라 과학, 경제학 및 상업(business)을 포함한 사람들의 노력이 필요한 다양한 분야에서 접하게 되므로 학생들은 상충관계를 결정하는 과정에 반복적으로 노출될 필요가 있다.

마지막으로 제어학은 복잡한 시스템뿐만 아니라 단순한 시스템을 포함한다. 인체는 호흡, 순환 및 소화를 결정하는 제어를 포함한다. 자연에서의 이러한 시스템은 최첨단 인공 제어 시스템보다 훨씬 더 복잡하고 정교하다. 제어장치의 신뢰성, 되먹임 및 기본 기능은 입증하려는 것이 얼마나 효율적이고 유익한지를 결정한다. 그러므로 학생들은 제어 시스템을 지닌 설계와 작업에 중

점을 둔 다수의 경험과 활동에 노출될 필요가 있다.

기술과 공학의 핵심 개념에 대해 이해하고 있다는 것을 보여 주기 위해 9-12학년 학생들은 다음을 할 수 있어야 한다.



**STEL-2T.** 전체 시스템이 개발되기 전에 상충되는 고려사항들을 확인하고, 설계 의사결정을 돕기 위하여 개념적 모델링, 그래픽 모델링, 가상 모델링, 수학적 모델링 및 물리적 모델링의 활용을 설명할 수 있다. 시스템 사고는 복잡한 실생활 문제에 대한 잘 알려진 절충안에 비판적 사고와 창의성을 적용한다.

**STEL-2U.** 더 규모가 큰 기술, 사회 또는 환경 시스템에 내재되어 있는 결함 시스템을 진단할 수 있다. 시스템은 구성요소(예, 하위 시스템들)로 이루어져 있다. 식품 가공기(food processor)<sup>5</sup>는 더 규모가 큰 음식 준비 시스템에서 단지 하나의 요소이며, 음식 준비 시스템은 더 규모가 큰 가정 시스템에서 하나의 요소이다. 결함 있는 시스템이나 제품의 고장문제해결을 통해 학생들은

<sup>5</sup> 모터, 날, 원형날의 세트로 구성되어 식품을 잘게 자르거나 다지는 등의 기능을 가진 기계

개선 가능한 영역을 확인한다. 예를 들면, 학교에서의 재활용 프로그램은 학생과 교직원의 참여율이 매우 저조했을지도 모른다. 학생들은 프로그램(시스템)의 요소들을 조사하면서 그것을 개선하는 방법을 확인하게 될 것이다.

**STEL-2V. 기술 시스템의 안정성과 그것이 시스템(특히히 되먹임 루프에 있는 것들)에 있는 모든 요소들로부터 받는 영향이 어떠한지를 분석할 수 있다.** 예를 들면, 자동차의 자동제어 시스템은 자동차의 속도를 자동적으로 감지하고 제어한다.

**STEL-2W. 문제를 해결할 때 유용성, 비용, 바람직함 및 낭비와 같은 모순된 가치 간의 상충관계를 고려하여 자원을 선택할 수 있다.** 기술 개발은 어떤 자원이 활용될 수 있고, 활용되어야 하는가에 대한 결정을 포함한다. 예를 들면, 어떤 가정은 매우 에너지 효율적인 반면에 다른 가정은 재료와 가전제품의 선정과 사용된 시공법 때문에 에너지 소비가 크다.

**STEL-2X. 제품이나 시스템의 기준과 제한사항 그리고 그들이 최종설계에 어떻게 영향을 미치는지에 대한 예를 제시할 수 있다.** 때때로 제한 사항은 제약 조건, 기준 또는 양쪽 다일 수 있다. 예를 들면, 온라인 소매상은 빠른 가정 배송(기준)의 약속을 고려하기 위해 최종 마일 배송(last-mile delivery)<sup>6</sup> 시스템에서 물류센터의 위치를 제한하게 되었다.

**STEL-2Y. 설정된 기준을 충족하는 제품, 서비스 또**

**는 시스템을 보장하기 위해 계획된 공정으로 품질관리(quality control)를 시행할 수 있다.** 품질관리는 제품, 서비스 또는 시스템이 설계에서 요구되는 사양서/시방서(specifications)<sup>7</sup>와 허용오차를 얼마나 잘 따랐는지와 관련 있다. 예를 들면 엄격한 국제 표준은 회사들이 제품과 작업의 질을 체계적으로 증진하도록 돕기 위해 설정되었다. 소비자로서 우리의 투자를 보호하는 방법으로 우리가 구매하고 활용하는 제품의 제조과정에서의 품질관리를 기대한다.

**STEL-2Z. 일을 계획하고, 조직하며 통제하는 데 있어 관리 과정을 활용할 수 있다.** 관리는 때때로 다른 사람을 통해 행해진 일을 가져오는 것으로 정의된다. 팀워크, 책임감 및 대인관계의 역학관계는 기술 제품의 개발과 생산에서 중요한 역할을 한다. 관리 과정은 이러한 기능들을 감독하고 안내하는 데 사용된다.

### 표준 3: 지식, 기술 및 실천의 통합

다른 내용 영역에서 온 아이디어와 절차를 연결할 기회가 많다. 새로운 제품과 시스템은 한 환경에서 습득된 지식이 어떻게 다른 곳에 적용될 수 있는지를 보여 주면서, 기존의 발명과 혁신을 기반으로 한다. 예를 들면, 생명공학 회사를 건설할 때 연구실에서 개발된 생물학 제품을 대량 생산하는 방법을 이해하는 것은 필수적이다. 생명공학 산업은 실험실에서 제품을 제작하는 것과 고객을 위해 대량 생산하는 것 간에는 막대한 차이가

있다는 것을 배웠다. 생물학적 제법과 관련된 생산 문제를 처리하는 다양한 노력에 대한 연구는 생명 유지에 필수적임이 입증되고 있다.

세 가지 핵심 개념(idea)은 지식, 기술 및 공정의 통합을 명확하게 한다. 벤치마크는 학년군을 가로질러 특별함과 복잡함의 수준을 증가시키면서 이러한 핵심 아이디어로 돌아가 연결한다. 첫 번째 핵심 개념은 **기술과 공학은 하나 이상의 내용 영역과 관련 있는 간학문**이라는 것이다. 기술과 공학 및 다른 내용 영역 간의 상호연계는 종종 인식되지 않거나 때로는 당연한 것으로 여겨진다. 기술은 우리 삶에서 아주 흔해 거의 눈에 띄지 않는다. 오랜 시간 동안 기술의 발달은 우리가 살고, 일하고, 쉬는 방식을 변화시켰고, 전적으로 새로운 연구 분야로 이끌었던 혁신을 통해 사람들과 조직들을 도왔다. 효과적인 기술과 공학 교육은 성공적인 기술발달에 필요한 교육과정 전반에 걸친 내용과 실천을 통합함으로써 초학문적(transdisciplinary) 사고를 증진시킨다.

두 번째 핵심 개념은 **기술과 공학은 다른 분야들과 더불어 기술 이전(technology transfer)으로 영향을 주고받는다**는 것이다. 과학, 공학 및 기술은 독립된 서로 다른 독자성을 가지고 있지만, 긴밀하게 연결되어 있다. 과학은 오늘날 많은 기술 제품에 기여한 자연세계에 대한 지식을 제공한다. 대신에 기술과 공학은 자연세계 탐구에 필요한 도구를 과학에 제공한다. 이러한 분야들은 체계적으로 정리된 규칙들의 발달, 과학의 이론 검증과 기술과 공학의 설계 검증에 대한 의존처럼 많은 유사점이 있다. 그들 간의 근본적인 차이점은 과학은 이미 존재하는 우주를 이해하고자 하는 반면에 기술과 공학은 필요와 기회를 예상하고 해결안을 개발하기 위해 지식과 창의성을 적용한다는 것이다.

수학과 기술은 유사한 관계를 가지고 있다. 수학은 과학과 기술의 관계를 표현하는 언어를 제공하고, 과학자와 공학자에게 유용한 분석적 도구를 제공한다. 수학적 실천과 과정은 학생들이 정보에 기반한 선택을 하도록 자료분석을 돕는다. 컴퓨터와 같은 기술적 혁신은 수학의 진전을 자극할 수 있는 반면에 수치 해석 이론과 같은 수학적 발명은 기술의 향상을 이끌 수 있다.

세 번째 핵심 개념은 **기술과 공학 지식과 실천은 진보하며, 다른 분야에 의해 향상되기도 한다**는 것이다. 모든 학문 분야는 단지 제품과 시스템만이 아닌 사고방식을 통해 기술과 연계되어 있다. 교량, 댐 및 건물의 설계자들은 흔히 예술과 자연에서 발견된 방식(예, 미학)에 영향을 받는다. 기술은 새로운 능력과 접근을 제공하는 발명으로 종종 상당히 깊이 인류의 활동에 영향을 미친다. 예를 들면, 전자 악기와 컴퓨터는 작곡과 음악 연주에 보조해 온 반면에 컴퓨터 데이터 베이스는 사회과학 연구에 대변혁을 일으켰다. 또한 유전공학과 인터넷과 같은 기술적 발달은 특허권과 저작권과 같은 지식재산권에 대한 사고 방식을 변화시켜 왔다.

### 유치원-2학년

어린이 수업 시간에 습득한 지식을 그들의 일상 경험과 연계할 수 있을 때 학습은 더욱 의미 있게 된다. 기술과 공학의 학습은 그러한 연계를 형성할 많은 기회를 제공한다. 학생들이 교육을 통해 조기에 이러한 연계를 확고히 함에 따라 기술이 일상생활에 얼마나 영향을 미치는지를 이해하기 시작할 것이다. 기술과 공학의 학습은 K~2학년 교육과정의 다른 영역과 많은 관련이 있으므로, 특히 이러한 초기 발달단계에서 기술과 공학을 소개하는 것이 중요하다. 선생님들은 기술과 공학과 다른 내용 영역(예, 과학, 수학, 사회, 언어, 건강, 체육, 음악

<sup>6</sup> 최종 마일 배송(last mile delivery)은 배달 상품이 최종 목적지인 소비자에게 도착하기까지의 과정을 의미한다. 4차 산업혁명의 시대에서 최종 마일 배송은 사람이 아닌 드론, 자율주행 차량 등의 활용으로 무인 배달을 하고, 빅데이터를 활용하여 서비스의 품질을 향상시킬 것으로 예측된다(출처: <https://www.samsungsemiconstory.com/1998>).

<sup>7</sup> 사양서는 제품이나 기계의 사용 설명서이고 시방서는 공사의 방법이나 방식, 재료의 규격을 설명한 문서

및 시각 예술) 간의 공통점에 중점을 둘 수 있다.

효과적인 방법은 다양한 교육과정과 연계된 특정 주제로 학습 기회를 제공하는 아동문학의 다양하고 연관된 이야기로부터 얻은 주제를 활용하는 것이다. 수업에서 이야기를 읽을 때 학생들은 가능한 설계를 검토하고 묘사하기 위해 시각자료, 제도 또는 도해를 활용할 수 있다. 학생들은 다양한 재료나 응용 소프트웨어를 활용하여 설계를 복사하고, 활용하기 가장 쉽고, 설계에 최적화된 것이나 최선의 결과를 제공하는 것을 분석할 수 있다.

이야기에 대한 토론수업은 학생들에게 과학, 기술, 공학, 수학 및 다른 내용 영역 간의 연계를 형성할 기회를 줄 수 있다. 구조를 분석함으로써 아이들은 재료의 성질, 건설 기법 및 측정과 같은 개념들을 다룬다.

K~2학년에서 이러한 유형의 활동을 통해 아이들은 사회와 문화에서 기술과 공학의 가치에 대해 배우고 이해하는 과정에서 중요한 요소인 기술과 공학 및 다른 학문영역 간의 연계를 탐구하고, 발견하고, 문제를 해결하며, 연결짓는 기회를 갖게 된다. 이러한 내용영역의 복합적인 탐색을 통해 학생들은 균형 잡힌 지식 기반을 발달시킬 것이다.

지식, 기술 및 실천을 통합하는 능력을 설명하기 위해 K~2학년 학생들은 다음을 할 수 있어야 한다.

**STEL-3A.** 여러 내용 영역에 걸쳐 있는 개념과 기능(skills)을 강화하는 기술과 공학 활동에서 개념과 기능을 적용할 수 있다. 어린 아이들은 설계, 측정 및 구조적 개념을 소개하여 컴퓨팅 사고와 비판적 사고 기능을 개발하기 위해 쌓기 나무를 사용할 수 있다. 팀워크와 같이 체육에서 배운 기술의 의도적 변형을 문제해결에

적용할 수 있다. 미술 수업에서의 그리기(drawing)는 디자인과 시각적 매력에 대한 새로운 사고방식을 안내할 수 있다.

**STEL-3B.** 기술과 인간 경험 간의 관련성을 도출할 수 있다. 어린 아이들은 동요와 교구를 활용하여 수를 세는 것을 배운다. 아이들 책은 흔히 그래픽을 포함하고 어떤 것은 소리를 내기조차 한다. 선생님들은 학생들의 가정, 승용차 여행 및 다른 경험에서 기술적 연계성을 찾게 할 수 있고, 이를 통해 어린 학생들이 그들의 삶에서 기술의 역할을 이해하도록 도울 수 있다.



### 3-5학년

3~5학년 학생들은 기술과 공학 및 다른 내용 영역 간의 관계에 대한 이해를 발전시킬 것이다. 학생들은 사물이 어떻게 작동하고 기술이 새로운 제품과 서비스의 개발에 얼마나 영향을 미치는지를 탐색할 때 자신감

을 형성한다. 새로운 제품과 기계를 개발할 때 흔히 여러 영역이 결합된다. 스프링, 휠, 벨트, 기어 및 지렛대와 같은 기계적 부품은 롤러코스터와 같은 더 복잡한 기계와 시스템을 생산하기 위해 결합될 수 있다.

비록 기술은 인간이 이뤄낸 자체의 내용과 역사를 가지고 있지만, 다른 학문 분야와 상호 의존적이다. 이러한 상호 의존이 강조되는 안전한 실습실 환경을 조성함으로써, 교사는 개념이 한 교과목의 수업에서 다른 교과목의 수업으로 자연스럽게 이어지는 기회를 늘릴 수 있다. 예를 들면, 로켓과 우주는 많은 아이들의 마음을 사로잡으며, 선생님들에게 여러 학문 분야를 자연스럽게 도입할 수 있는 기회를 제공한다. 학생들은 과학 수업에서 달의 표면과 움직임을 공부하면서 학습을 시작할 수 있다. 다음으로 그들은 다양한 로켓과 우주 탐사의 개발에서 역사적 모습을 선택할 수 있다. 그때에 학생들은 로켓을 설계하고 설계를 검증하기 위한 모형을 제작할 수 있다. 학생들은 로켓이 얼마나 멀리 날 수 있는지를 결정하기 위해 이전 수학 수업에서 배웠던 어려하기 기능(estimation skills)을 적용할 수 있다. 결국 그들은 우주에서 여행하는 우주비행사가 어떤 것 같다는 것을 묘사하는 창의적 보고서를 쓸 수 있다. 수업에서 이루어지는 이러한 연계를 보면서 학생들은 학습하고 있는 개념과 원리를 더 명확하게 이해하게 될 것이다.

지식, 기술 및 실천을 통합하는 능력을 설명하기 위해 3~5학년에 있는 학생들은 다음을 할 수 있어야 한다.

**STEL-3C.** 단순 기술들이 복잡한 시스템을 형성하기 위해 흔히 어떻게 결합되는지를 설명할 수 있다. 학생들은 전선, 모터 및 전원(전지)을 활용한 단순회로를 설명하기 위해 작은 로봇을 구성할 수 있다. 다른 사례로는 사람을 한 층에서 다른 층으로 이동시키기 위해 에

스컬레이터가 어떻게 윤축, 경사면, 풀리, 기어, 벨트 및 전기 모터를 활용하느냐 하는 것이다.

**STEL-3D.** 기술, 공학 및 다른 내용 영역 간에 얼마나 다양한 관계가 존재하는지를 설명할 수 있다. 학생들은 바람을 이용하여 모터에 전력을 공급하거나 오렌지와 자몽 같은 산성 과일을 이용하여 LED 등에 전력을 공급하는 에너지 변환 방법을 배울 수 있다. 이런 유형의 프로젝트는 기술과 공학 제품과 시스템에 대한 학생들의 이해가 더 깊어지도록 수학, 과학 및 다른 분야의 정보를 활용한다.

### 6-8학년

기술과 공학 학습을 통해 6~8학년 학생들은 “나는 도대체 언제 이 지식을 활용할 것인가?”라는 질문을 반복하고 대답하게 된다. 중간단계 학교급에서의 기술과 공학에 대한 학습은 학생들이 기술과 공학에서의 상이한 주제들 간의 관계를 인식하고, 여러 내용 영역을 가로질러 연결하며, 구조화된 상황에서의 아이디어와 개념을 통합하게 한다.

학생들은 기술적 개념, 공정, 제품 및 시스템이 어떻게 상호 연결되는지를 탐색할 수 있는 다양한 기회가 필요하다. 예를 들면, 건강관리 시스템에서 심장, 혈압 및 호흡을 추적 관찰하는 기술적 장치가 적절히 작동하려면 다른 기술적 장치, 소프트웨어 및 하드웨어를 의존한다. 만일 어떤 시스템의 한 측면이 제대로 기능하고 있지 않다면, 전체 시스템이 오작동하거나 고장 날지도 모른다.

기술과 공학 학습과 다른 내용 영역 간의 관계를 찾아보도록 학생들을 격려해야 한다. 예를 들면 로마 역사에 관한 주제 단원에서 사회 수업을 받는 학생들은

‘catapult’라 불리는 투석기와 ‘trebuchet’라 불리는 거대한 새총 모양의 중세 성문 파괴용 투석기를 포함하여 로마의 정복 병기를 학습할 수 있다. 기술과 공학 수업에서는 로마의 밧줄 타래 장력의 동력원을 활용한 이러한 병기를 설계하고 제작할 수 있다. 투석기의 실행은 수집된 자료에 근거하여 최적의 해결안을 결정하기 위해 수학적으로 분석할 수 있다. 학생들은 한 영역에서 얻어진 지식이 다른 곳에 적용될 수 있고, 또한 다양한 진로의 탐색으로 이어질 수 있다는 것을 이해해야 한다. 그러한 경험은 6~8학년 학생들이 부품들이 전체를 이루기 위해 어떻게 함께 작동하는가를 이해함으로써 시스템 사고를 개발하게 할 것이다.

지식, 기술 및 실천을 통합하기 위한 능력을 설명하기 위해 6~8학년 학생들은 다음을 할 수 있어야만 한다.

**STEL-3E.** 상이한 기술 시스템이 어떻게 경제적, 환경적 및 사회적 시스템과 더불어 자주 상호작용하는지를 분석할 수 있다. 예를 들면, 배송차량에서 네비게이션 시스템은 물류센터에 입력을 허용하고, 제품이 배달될 때 고객에게 알림을 보내는 센서를 활용한다. 만일 소포가 잘못된 주소지에 배달되었다면, GPS 자료는 소포가 실제로 배달되어야 할 장소를 정확하게 결정할 수 있다.

**STEL-3F.** 특정 상황을 위해 개발된 제품, 시스템 또는 공정을 다른 곳에 적용할 수 있다. 기술이전은 사람들의 필요와 욕구를 처리하는 창의적인 방법이다. 예를 들면, 생물학 실험실 설계에 기초한 자동화 펌프는 화성 우주 탐사선(space probe) **바이킹(Viking)**<sup>8</sup>을 위하여 만들어졌다. 그 펌프는 환자들에게 자동으로 혈당을 조절하는 방법을 제공하는 인슐린 전달 메커니즘으로

사용하기 위해 수정되었다.

**STEL-3G.** 다른 내용 영역에서 습득된 지식이 어떻게 기술제품과 시스템의 개발에 영향을 미치는지를 설명할 수 있다. 예를 들면, 미술에서 습득된 기능(skills)은 기술제품과 시스템의 사례를 설계하고 렌더링하는 데 사용된다. 기술과 공학의 역사학습은 과거의 성공과 도전으로부터 배우는 방식을 제공한다.

### 9-12학년

9-12학년 단계에서, 학생들은 다른 내용 영역과의 통합과 영역 간의 연계에 대해 더 깊이 이해하기 위해 기술과 공학에 대한 지식을 쌓을 것이다. 학생들은 기술적 발달과 사회의 관심은 상호 의존적이고, 기술을 설계할 때 경제적, 과학적, 정치적 및 다른 고려 사항들이 기술적인 것만큼 중요하다는 것을 알 것이다.

어떤 제품이나 재료를 본래 취지와 다른 목적을 위하여 활용하는 것을 기술이전이라고 한다. 예를 들면, 헬리콥터 날개의 제작에 사용된 재료가 사람의 생명을 구하기 위해 동맥에 삽입될 수 있는 의료장치를 만들기 위해 활용되어 왔다. 이와 같이 기술이전은 더 많은 혁신을 자극할 수도 있고, 큰 경제적 영향을 미칠 수 있다.

과학, 수학, 언어, 보건, 미술과 공연 예술 및 사회는 기술과 공학에 직접적인 연계를 제공한다. 이러한 내용 영역의 교사들은 그들이 가르치는 지식이나 개념을 더 잘 설명하기 위해 도구, 대상물, 자원, 시뮬레이션 및 컴퓨터 모형을 활용할 수 있다. 마찬가지로 어떤 실험상황에 있는 학생들은 기술과 공학을 학습할 때 다른 분야의 내용을 활용할 수 있다.

지식, 기술 및 실천을 통합하는 능력을 설명하기 위해 9-12학년 학생들은 다음을 할 수 있어야 한다.

**STEL-3H.** 사용자가 하나의 기능을 위해 개발된 혁신을 다른 목적에 적용할 때 어떻게 기술이전이 일어나는지를 분석할 수 있다. 예를 들면, 항공우주 복합재료가 첨단이고, 가벼우며 조정하기 쉬운 휠체어를 설계하기 위해 사용되었다.

**STEL-3I.** 세계화로 기술이 어떻게 새로운 제품과 서비스를 위한 기회를 향상시켰는지를 평가할 수 있다. 개발도상국들은 많은 경우에 통신뿐만 아니라 은행 업무와 같은 다양한 일을 하는 셀룰러 기술 채택에서 유선 전화를 건너뛰었다. 이러한 개념은 후발자 우위로 언급된다.

**STEL-3J.** 기술적 진전을 다른 지식영역의 발전에 연계하고, 역으로 다른 지식영역의 발전을 기술적 진전으로 연결할 수 있다. 예를 들면, 클라우드 자료 저장은 사물인터넷(IoT)으로 알려진 물리적 장치의 연결성을 도왔다. 이러한 발달은 실시간으로 자료수집, 분석 및 생산의 수학적, 경제적, 의학적 및 다른 적용을 가능하게 했다. 컴퓨터 프로세서로 인한 통계 분석의 속도 증가는 기술 혁신을 촉진하고 있다.

### 표준 4 : 기술의 영향

인간은 기술의 세계에 살고 있다. 인간이 만든 기술 관련 인공물과 공학 시스템은 시간이 흐르면서 더욱 복잡하고 강력해지며 어디서든지 접할 수 있게 되었다. 기술은 우리가 사는 곳, 먹는 음식, 여행 방법, 의사소통 방법 등과 같이 우리 삶의 모든 면에서 영향을 준다. 공학과 기술의 많은 영역이 사회와 환경에 영향을 주는

데, 이들은 일반적으로 바람직한 것으로 여겨지지만 일부는 그렇지 않은 것으로 여겨진다. 기술과 공학의 발전(development)은 소수의 사람이나 집단이 대부분의 세계 자원을 통제하고 사용하게 되어 사람과 사회의 불평등을 가중시킬 수 있다. 기술 변화의 속도가 계속 빨라지면서 사회의 정치 사회적 규범(norms)이 효과적으로 따라갈 수 있을 것인가에 대한 의문도 있다.

다음 네 가지 중요한 핵심 아이디어(key ideas)는 기술과 공학의 영향과 관련된 학생의 이해와 역량에 대한 기초를 제공한다. 다음의 벤치마크는 이러한 핵심 아이디어로 다시 연결되며, 학년 수준(grade bands)에 따라 구체성과 복잡성의 수준이 높아진다. 첫 번째 핵심 아이디어는 기술과 공학이 사회와 환경에 긍정적인 영향과 부정적인 영향을 둘 다 준다는 것이다. 이러한 부정적인 영향과 긍정적인 영향은 대부분 동시에 일어난다. 즉, 어떤 기술도 전적으로 이롭거나 해롭지 않다. 더욱이, 한 집단이나 상황에 이로운 기술은 다른 집단이나 상황에 매우 다른(그리고 덜 긍정적인) 영향을 줄 수 있다. 예를 들어, 미시시피강을 주변에 있는 여러 마을들은 큰 피해를 주는 홍수로부터 마을을 보호하기 위해 영구적인 홍수 방지 제방을 세웠다. 그러나 이러한 홍수 방지 제방은 이러한 시설이 없는 강 하류 지역의 홍수의 발생을 심화시킬 수 있다.

두 번째 핵심 아이디어는 기술과 공학에 관한 의사결정은 비용, 이익, 상충관계(trade-off) 등을 고려한다는 것이다. 각 개인(individual citizens) 이러한 기술의 개발과 사용에 대한 책임 있고, 정보에 기반한 결정을 내릴 수 있어야 한다. 모든 기술은 비용과 이점(경제적, 사회적, 환경적)을 둘 다 가지고 있다. 이러한 비용과 이점들을 고려하면 기술의 최종 설계 단계에서 무엇을 절충할

8 미국에서 1975년 8월에 발사한 것으로 1호는 1976년 화성에 착륙하여 표면 사진을 전송하였고, 2호는 유토피아 평원에 착륙하여 얼음을 발견하였다.

것인지와 우선순위를 정할 것인지 결정하게 된다. 예를 들어, 전산화(computerization)는 여러 분야에 걸쳐 작업하는 사람들의 생산성을 향상시켰다. 그러나 이러한 시스템은 비용이 많이 들고, 자주 업데이트하거나 교체해야 하며, 전문적인 훈련이 있어야 한다. 사회적 차원에서, 네트워크로 연결된 컴퓨터(networked computing)들이 일에 대한 문화에 대한 개념을 변화시켜 업무와 여가의 경계를 모호하게 했다.

세 번째 핵심 아이디어는 책임 있는 기술의 개발과 사용은 재생자원과 비재생자원의 지속 가능한 사용과 폐기물의 처리를 요구한다는 것이다. 지속 가능 발전은 공동체와 삶의 질을 향상시키고, 자원을 보다 공평하게 분배할 수 있으며, 이러한 자원이 미래세대를 위해 이용될 수 있도록 보장하는 방식으로 자연과 인간 자원의 사용을 포함한다. 지속 가능성을 얻기 위해 기술 및 공학 의사결정에 이러한 목표가 포함되어야 한다. 예를 들어, 수송에 대한 수요 증가는 자원 배분과 공평한 접근에 대한 논쟁으로 이어진다. 이는 주로 사용하는 연료의 유형, 우선순위가 결정되는 수송 유형, 기반 시설에 대한 지원이 어떠한지 등이 포함될 수 있다.

네 번째 핵심 아이디어는 기술의 이용이 개인과 문화, 환경의 근본적인 변화로 이어질 수 있다는 것이다. 이러한 변화는 인간에 대한 생물학과 그 행위(biology and behaviors)에 변화를 일으킬 수 있다. 이들은 예상하거나 의도하지 않은 방법으로 기존의 문화를 교란할 수도 있다. 또한, 기술의 이용은 환경에서도 상당한 변화를 일으켰지만, 이들은 우리 생태계의 복잡성 때문에 예측하기 어려울 수 있다. 예를 들어, 농업에서의 기계화와 화학비료 사용으로 농장에서 일하는 노동자수가 상당히 줄어들게 되었다. 이것은 도시화 증가, 작업 유형의 변화, 농촌지역의 인구 감소로 이어졌다. 환경적 관점에서

서 보면 비료를 사용함으로써 식량의 생산량이 증가하였지만, 토양과 물의 오염 등과 같은 생태적 변화를 가져왔다.

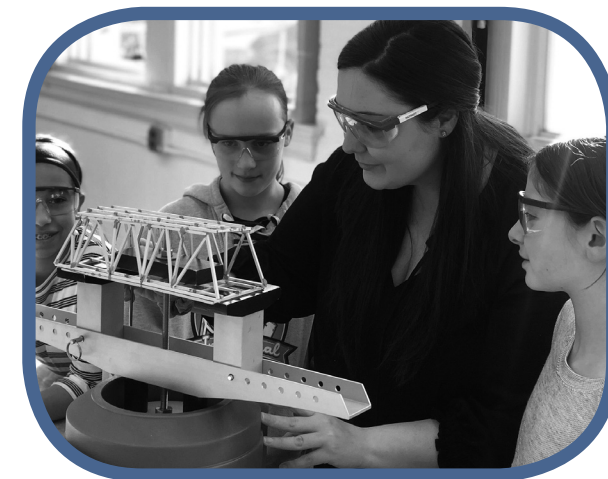
### 유치원-2학년

유치원 및 저학년 어린이는 학교에 입학하기 전에 여러 가지 기술을 접하게 된다. 어린이는 생활 주변에서 흔히 가전제품, 장난감, 휴대전화, 컴퓨터, 여러 형태의 수송 수단 등을 접할 수 있다. 이들은 주변의 더 넓은 세계를 계속 탐험하면서, 주변 환경과 자신의 삶에 대해 더 많이 알게 된다. 따라서 이러한 경험은 어린이들이 일상생활에서 이런 기술이 어떻게 사용되는지와 이러한 기술과의 상호작용이 이들을 둘러싼 더 넓은 세계에 어떻게 영향을 주는지에 대해 배우는 자연스러운 기회가 된다.

어린이들이 기술은 항상 우리 주변에 있고 개인의 삶과 연결되어 있다는 것과 같은 인식을 형성하는 것은 기술과 공학의 영향에 대한 앞으로의 탐색을 위한 기초를 제공한다. 교사가 안내한 토론(guided discussions), 관찰, 활동을 통해 어린이는 자신의 삶에서 다른 형태의 기술이 있는 것을 알 수 있으며, 그것들이 어떻게 사용되는지, 무엇이 그들을 효과적으로 만드는지도 알 수 있다. 어린이는 기술이 사회와 환경에 유익하기도 하고, 해가 될 수 있다는 것을 이해해야 한다. 기술 사용의 긍정적인 결과와 부정적인 결과의 양면을 볼 수 있도록 지도하는 것은 어린이들이 기술에 대한 미래의 의사결정에서 중요한 비판적 사고 능력을 기르는 데 도움이 된다. 예를 들어, 어린이는 재사용 또는 재활용(reused or recycled)이 가능한지를 결정하기 위해 다양한 재료와 제품을 탐색할 수 있다. 만약 이들이 어떤 물건을 재사용할 수 있다고 결론 내린다면, 그들은 아이디어를 개발하고 그 물건을 재사용하는 방법을 계획할 것이다.

만약 이들이 어떤 물건을 재사용하거나 재활용할 수 없다고 결론을 내린다면, 그들은 그 물건을 사용함으로써 발생하는 쓰레기를 줄이기 위한 대안을 논의할 수 있다. 이러한 활동은 어린이들이 지속 가능한 방식으로 물건을 사용하는 것에 대한 중요성을 이해하는 데 도움이 된다. 즉, 어린이는 일반적으로 환경에 대해 걱정할 것이며, 종종 물건 재활용 프로그램에 열심히 참여할 것이다.

어린이는 기술의 긍정적인 영향과 부정적인 영향을 탐구하는 것 외에도, 기술을 사용하는 것이 어떻게 일상생활을 변화시키고 영향을 주는지 탐구해야 한다. 어린이는 자신이 일상생활에서 사용하는 기술을 조사하는 과제를 수행할 수 있다. 예를 들어, 어린이는 각각의 재료와 연필을 이용할 때 발생하는 모든 쓰레기(예: 연필 깎기)를 확인하면서 다양한 필기도구(예: 큰 연필, 일반 연필, 마커, 터치 스크린 손가락)를 조사할 수 있다. 이러한 활동을 통해 어린이는 기술이 대부분의 일상생활에 얼마나 필수적인지, 같은 필요를 충족시키기 위해 어떻게 다양한 기술을 사용할 수 있는지, 어떤 기술을 사용할지 결정하는 것이 다른 사람과 환경에 어떤 영향을 줄 것인지를 등을 알게 된다.



기술의 영향에 대한 이해가 되었는지 확인하기 위해 유치원 및 저학년 어린이는 다음 기준을 수행할 수 있어야 한다.

**STEL-4A. 기술이 일상생활에 도움되는 방법에 대해 설명한다.** 어린이는 자신이 정기적으로 하는 활동을 알고, 다른 기술이 이러한 일을 더 쉽게 행하는 데 도움이 되는지 설명할 수 있어야 한다. 이전 사회의 생활과 현재 생활을 비교하는 활동은 충분한 예를 제공한다.

**STEL-4B. 기술의 이롭고 해로운 영향을 설명한다.** 어린이는 그들에게 익숙한 기술을 살펴보고 그것이 어떻게 이롭고 해로울 수 있는지 설명할 수 있다. 예를 들어, 크레파스는 창의적으로 그림을 그리는 데 사용될 수 있지만, 침실 벽에 낙서할 때 사용될 수도 있다.

**STEL-4C. 간단한 기술을 비교하여 그 영향을 평가한다.** 자신에게 주어진 일(basic task)의 내용에 따라 그 일을 수행하기 위해 어떤 도구를 사용할지 결정할 수 있다. 수업 후 교실 청소를 돕는 활동에서 바닥, 컴퓨터 본체, 벽 등을 청소하기 위해 서로 다른 도구를 선택해야 할 것이다.

**STEL-4D. 일상생활에서 자원을 줄이고, 재사용하고, 재활용하는 방법을 선택한다.** 어린이는 학교나 집에서 쓰레기를 처리하는 방법의 예를 제시할 수 있어야 한다.

**STEL-4E. 일상생활을 개선할 수 있는 새로운 기술을 설계한다.** 어린이는 필요를 충족시키기 위해 브레인스토밍하거나 가능한 해결책을 생각해낼 수 있다. 교사와 부모는 어린이들에게 “만약?”과 같은 질문을 할 수 있다. “너와 네 친구가 쉬는 시간을 더 재미있게 놀기 위해 운동장에 무엇을 만들 수 있다면 어떻게? 무엇을 만들겠니?”

## 3-5학년

고학년 초등학생은 어떤 작업이 어떻게 작동하는지, 왜 그런 방식으로 작동하는지와 같이 주변 세상에 대해 알고 싶어 한다. 그들은 다음과 같은 질문을 한다. 비행기는 왜 날 수 있으며 어떻게 만들었을까? 옛날에 사람은 물건의 길이를 어떻게 측정했을까? 에스컬레이터와 엘리베이터는 어떻게 작동할까? 기술과 공학이 어떻게 그들의 생활방식을 바꾸거나 변화시키는지에 대해 배우는 것은 시간과 경험이 필요하다. 학생이 탐구하고, 질문하고, 자료 사용의 기회를 제공하여 이들이 기술에 대한 질문에 대한 답을 찾을 수 있다. 그리고 이런 활동은 결국 더 많은 질문으로 이어진다. 학생들은 탐구하는 활동과 연관시키는 활동을 하면서 문제해결과 기술의 영향을 이해하는 데 유용한 토대를 마련한다.

초등학생은 수송, 토지 이용, 오염 통제, 통신, 그 외의 다른 기술적 주제 등을 생각할 수 있다. 학생은 어떤 결정이 어떻게, 왜 내려지는지를 분석해야 한다. 그리고 기술의 사용이 어떻게 예상한 결과와 그렇지 못한 결과를 낳게 되는지 분석하는 활동을 해야 한다. 예를 들어, 그들은 잘못 설계되거나 건설된 쓰레기 처리장이 어떻게 주변 토양, 물, 공기의 오염으로 이어지게 되는지 조사할 수 있다. 학생은 이런 사례를 통해 올바른 결정을 하려면 기술 개발의 비용과 이익 모두를 검토해야 하는 것을 배울 것이다. 학생이 자신의 삶이 어떻게 기술의 영향을 받았는지와 기술에 영향을 미칠 수 있는지를 이해하는 활동은 초등학생 수준에서 적절하다.

3-5학년 학생에게 기술이 인간과 환경에 어떻게 긍정적 또는 부정적으로 영향을 주는지에 대해 묻는 것은 중요하다. 학생에게 자신의 삶에서 기술의 영향을 받는 사례를 조사하게 해야 한다. 예를 들어, 학교에 가는 다

른 방법들(예: 학교 버스, 걷기, 자전거, 자동차)과 비교하는 활동은 그들이 기술적 선택의 영향을 탐구할 수 있게 해줄 것이다.

기술의 영향을 이해하는지에 대해서 3-5학년 학생들은 다음을 수행할 수 있어야 한다.

**STEL-4F. 기술에 이롭고 해로운 영향에 관해 설명한다.** 학생은 기술에 포함된 의도한 결과, 의도하지 않은 결과, 긍정적인 결과, 부정적인 결과에 대한 아이디어를 더 완전하게 탐구할 수 있다. 이 연령대의 학생은 기술이 자신의 삶에 어떻게 영향을 주었는지를 배운다. 그리고 기술적 과정이 어떻게 원하지 않았던 낭비와 소비를 하게 되었는지에 대해 배운다.

**STEL-4G. 주어진 과제를 마치거나 또는 요구를 충족시키기 위해 사용할 수 있는 최선의 것을 결정하는 데 기술적 판단을 사용한다.** 다양한 연령에 적합한 도구/기술의 기능이나 사용을 통해 학생은 주어진 과제에 가장 적합한 도구를 결정할 수 있고 그들의 선택에 대해 설명할 수 있다.

**STEL-4H. 새로운 기술 창출에 사용되는 자원을 재생 가능 또는 재생 불가능으로 분류한다.** 물질적 자원의 소개와 그것들이 어떻게 재생되는지에(recovered) 대한 것은 학생이 재생 가능성의 개념과 그 중요성을 이해하는 데 도움을 줄 것이고 과학에서 배운 개념과 연계시킬 수 있다.

**STEL-4I. 책임 있는 기술의 사용이 지속 가능한 자원의 관리를 필요로 하는지에 대해 설명한다.** 학생은 물질적 자원에 대한 초기의 이해에 기반하여 재생성, 회소성, 미래 세대가 사용할 자원의 가용성으로 정의한 지속 가능한 사용과 연계시킬 수 있다.

**STEL-4J. 기술이 없을 때 일상생활이 어떻게 달라질 것인지에 대해 예측한다.** 현대기술(비행기, 컴퓨터, 현대 농업, 위생 등) 이전의 역사적 사례들은 학생에게 자신의 삶이 어떻게 기술의 영향을 받았는지 생각할 기회를 줄 것이다.

## 6-8학년

중학생은 문화, 사회적, 경제적, 정치적, 환경적 영향을 포함한 보다 넓은 기술 문제를 탐색할 수 있다. 그들은 기술의 사용이 자신의 삶과 다른 사람의 삶에 어떻게 영향을 주는지에 더 관심이 있다. 이 수준의 학생은 기술의 차별적 영향에 대해 좀더 비판적으로 생각하기 시작하고, 의사결정자들에게 어떠한 정보를 알리기 위해 제시된 기술의 장단점을 객관적으로 보는 방법을 배워야 한다. 그들은 기술이 사회와 환경에 어떻게 긍정적이고 부정적인 방법으로 영향을 주었는지 조사할 수 있다.

학생은 폐기물이 어떻게 재활용, 재사용 또는 새로운 제품으로 다시 제조되는지를 탐구할 수 있다. 제품의 수명주기(life cycle)를 확인함으로써 학생은 기술적 의사결정의 영향을 파악할 수 있을 것이다. 예를 들어, 일회용 플라스틱 제품은 편리하고 저렴한 방법(예: 물병, 식기, 포장)으로 개발되었다. 그러나 이러한 개발의 의도하지 않은 결과로 먹이사슬의 미세 플라스틱과 고체 폐기물 관리에 대한 문제가 늘어나게 되었다.

또한, 중학생에게 기술적 결정(technological decisions)의 부정적인 결과를 줄이는 대안 전략 개발에 비판적 사고를 적용할 수 있는 기회를 주어야 한다. 예를 들어, 일부 지역에서 신선하고 건강에 좋은 음식을 구하기 어려워 소위 음식 고갈이 생긴다. 음식 고갈과 관련된 요

소들을 먼저 조사함으로써, 학생은 대안적인 해결책(예: 음식을 배달 및 접근을 위한 향상된 수송 기술 선택, 자기 집의 마당 또는 공공 정원)을 생각할 수 있다.

기술의 영향을 이해하는지에 대해서 6-8학년 학생들은 다음을 수행할 수 있어야 한다.

**STEL-4K. 기술이 긍정적 영향과 부정적 영향을 동시에 갖는 방법을 조사한다.** 기술의 형태와 기능은 기술이 개발될 때 고려되는 기준에 따라 결정된다. 유익하고 좋은 의도의 해결책도 부정적인 영향을 줄 수 있다. 예를 들어, 수세식 화장실은 인류의 건강과 위생을 개선시켰으며, 이와 동시에 많은 양의 에너지와 깨끗한 물을 사용하는 물의 처리 전략에 대한 필요성을 나타내게 하였다. 이러한 유형의 예는 학생에게 설계 기준의 중요성을 고려할 기회를 제공한다.

**STEL-4L. 기술의 생성과 사용이 재생 가능 및 재생 불가능한 자원을 어떻게 소비하고 폐기물을 발생시키는지를 분석한다.** 물질 자원에 대한 학생의 지식과 지속 가능한 자원 사용에 대한 이해를 바탕으로 자원에 접근하는 방법(예: 수확, 채광, 시추)과 이러한 활동의 부산물에 대해 학습할 수 있는 기회를 제공한다.

**STEL-4M. 기술의 생성과 사용으로 인해 발생하는 폐기물을 줄이고, 재사용하고, 재활용하기 위한 전략을 세운다.** 가정이나 지역사회에서 구체적인 사례가 제시되면 중학생은 자원 사용(폐기물)을 최소화하거나 관리하기 위한 다양한 선택사항을 고려하고, 폐기물 감소를 위한 실용적인 전략을 선택하거나 설계할 수 있어야 한다.

**STEL-4N. 사람의 생각과 상호작용, 의사소통 방식을 변화시킨 기술의 예를 분석한다.** 이 나이의 학생은 인



간의 생활에 근본적인 변화를 일으킨 기술의 구체적인 예를 확인하고 토론할 수 있어야 한다. 분명한 예로는 소셜 미디어와 스마트폰과 같은 것이 포함된다. 학생은 이러한 예들을 더 깊이 탐구하고 다소 명확하지 않은 기술을 구분(identify)하도록 지도해야 한다.

**STEL-4O.** 다른 기술적 해결책을 선택했을 때 어떤 다른 결과(개인적, 문화적, 환경적)가 발생했는지 가설을 세운다. 기술 개발은 일반적으로 필요 또는 필요에 대한 분석을 통해 구분된 일련의 기준에서 진행된다. 구체적인 기술적 사례를 사용하여 학생은 사용의 긍정적 결과와 부정적 결과를 조사하고, 다양한 설계기준에 중점을 두어 이러한 결과가 어떻게 바뀔 수 있었는지를 고려할 수 있다.

### 9-12 학년

고등학생은 더 많은 과목에 대한 지식을 발전시키고 있으며(developing) 기술이 사회와 환경에 어떻게 영향을 주는지에 대해 더 깊이 생각하도록 할 수 있다. 그들의 세상에 대한 이해는 당연한 상황을 넘어 확장될 수 있다. 그들은 자신의 경험과 사회 전체를 연결하기 위해 여러 분야의 정보를 종합할 수 있다(synthesize). 이런 기본적 학습활동을 하면서(working) 학생은 기술로 인한 변화가 종종 삶을 개선하려는 열망에 의해 주도되는 것을 배우게 될 것이지만, 이러한 이상(ideal)이 항상 충족되는 것은 아니라는 것을 알게 된다. 일부 제품과 시스템은 현재 필요성을 고려하지 않은 채 새로운 기술의 지식이나 기술의 결과로 등장했다.

학생은 신기술을 탐색하고 체계적이고 객관적이고 윤리적인 방법으로 그들의 잠재적인 영향을 평가하는 기술(skills)을 개발할 수 있다. 그들은 비판적인 질문에 기반

하여 추론하고 정보에 입각한 결정을 내리는 법을 배워야 한다. 그 목표는 기술의 영향을 조사하고 기술의 가치에 관한 결론을 정당화한 지식과 사고성향(habits of mind)을 갖추는 것이다. 예를 들어, 학생은 통신장치가 어떻게 다른 사람과의 연결하는 방식을 형성(또는 변경)했는지 살펴볼 수 있다. 그들은 계속적이고 즉각적인 의사소통의 결과로 문화에서 오는 더 큰 사회적 영향을 탐구할 수 있다. 학생은 휴대전화 제조업체가 소비자 수요를 증가시키기 위해 사용하는 푸시 마케팅(push marketing) 접근 방식에서 시작된 자원 소비에 대한 환경 영향을 평가할 수 있다.

또한, 고등학생은 다양한 지식을 사용하여 사회 정의, 형평성, 지속 가능성과 같은 광범위한 문제에 대한 기술적 영향을 더 깊이 있게 이해할 수 있다. 예를 들어, 의료 기술의 발전은 인간과 기계 사이의 경계를 모호하게 하는 방식으로 인간의 능력을 강화할 수 있다(예: 달팽이관 이식, 인경 신경계와 통합된 인공 보형물, 뇌에 컴퓨터 칩의 이식). 이것이 바람직한가?

기술의 영향에 대한 이해를 확인하기 위해, 9-12학년 학생은 다음을 수행할 수 있어야 한다.

**STEL-4P.** 기술이 개인, 사회, 환경에 주는 영향을 평가한다. 9-12학년 학생은 주어진 기술을 평가하라고 했을 때 다양한 접근 방식과 자원을 사용할 수 있다. 여기에는 기술 평가, 비용 편익 분석, 위험 평가, 환경 영향 분석, 사례 연구 등이 포함된다. 평가 기법을 적용함으로써 학생은 자원과 기술의 관계를 분석하여 지속 가능성 노력을 개선할 수 있다. 이 과정에는 전 맥락적인 방식(holistic manner)으로 기술을 평가하는 것의 중요성에 대한 이해가 동반되어야 한다.

**STEL-4Q.** 기존 기술과 제안된 기술이 자원을 지속적으로 사용하는지 여부를 비판한다. 위에서 설명한 평가 도구를 적용함으로써, 학생은 주어진 기술을 만들고 운영하는 데 사용되는 자원을 개선하여 기술의 지속 가능성을 향상시킬 수 있는 방법을 조사할 수 있다. 예를 들어, 그들은 학생이 현재 학교를 오고가는 방식을 평가하여 이 수송과정에서 연료의 사용을 줄일 수 있는 다양한 방법을 고안할 수 있다. 이 전략에는 뒷게가 있는 자전거 받침대를 설치하고, 오랜 대기시간을 피하기 위해 차량 경로를 다시 지정하고, 공회전 시간이 늘어나는 것을 방지하기 위해 스쿨버스 일정을 변경하는 등의 자전거 타기를 촉진하는 방법이 포함될 수 있다.

**STEL-4R.** 목표 달성을 위해 자원 사용 및 쓰레기(resulting waste)를 최소화하는 기술을 평가한다. 복잡하고 여러 가지 가능한 해결책을 가지고 있으며 다양한 관점에서 고려가 필요한 “어렵고 안 좋은 문제(wicked problem)”에 초점을 맞추면, 학생은 사회와 환경에 더 유일한 기술적 해결책을 찾기 위해 문제 발견/정의, 조사 및 설계 과정을 수행하게 할 수 있다.

**STEL-4S.** 환경 및 사회적 영향이 가장 적은 기술적 문제에 대한 해결책을 개발한다. 학생은 문제 확인, 분석, 조사, 설계에 참여하여 인간의 삶의 조건을 개선하거나 개인이나 집단의 구성원의 복지를 향상시키는 기술적 해결책을 찾을 수 있다.

**STEL-4T.** 기술이 인간의 건강과 능력을 어떻게 변화시키는지 평가한다. 평가 도구는 기존 또는 제안된 기술을 조사하여 인간에게 미치는 긍정적 및 부정적 영향을 평가하기 위해 사용될 수 있다. 예를 들어 CRISPR-Cas 9 기술(최근 유전자 가위 기술에서 사용되는 기술)은 유전 질환의 위험을 줄이기 위해 인간

의 유전 물질을 수정하는 도구로 찬사 받아왔다. 동시에, 이 기술을 인간에게 적용하는 것은 의학적, 윤리적 문제가 있다.

### 표준 5: 기술 개발에 따른 사회적 영향

사회는 기술 개발에 영향을 미친다. 사회는 공동의 가치(shared values), 차별화된 역할, 문화규범과 같은 공통적인 요소뿐만 아니라 지역사회 기관, 단체, 기업 등의 실체로 특징지어진다. 기술 변화에 대한 지대한 사회적 영향을 파악하려면 끊임없이 수렴하고 변화하는 기술과 공학의 역사적, 현대적 발전을 분석해야 한다. 기술적 개발은 종종 교육, 수송, 통신, 농업, 인간의 존재와 관련된 다른 분야들의 변화 때문에 발생한다. 기술과 공학은 미래에 인간의 생활방식을 계속해서 바꿀 것이다. 이러한 원동력에 대한 학생의 이해는 역사 연대기(historical timelines), 주요 발명의 시기, 저명한 혁신자들의 이름을 배우는 것 이상을 필요로 한다.



다음의 세 가지 핵심 아이디어는 기술 개발에 대한 학생의 이해와 사회가 기술 발전에 미치는 영향과 관련된 능력을 위한 기초를 제공한다. 다음의 벤치마크는 이러한 핵심 아이디어로 다시 연결되며, 학년군에 걸쳐 구체성과 복잡성의 수준이 증가한다. 첫 번째 핵심 아이디어는 사회의 요구와 욕구가 개인의 요구와 욕구보다 더 많은 기술과 공학을 형성하는 경우가 많다는 것이다. 기술혁신은 문화, 조직, 그것을 사용하는 시민들의 영향을 받아 형성되고 영향을 받는다. 정부의 규제, 보조금, 재정적 지원은 일부 기술을 유리하게 하고 다른 기술의 발전을 방해할 수 있다. 예를 들어, 미국 개인 수송은 개인 자동차의 선택을 지원하는 정부 정책의 영향을 많이 받았다; 이러한 정책들은 1956년의 주 간 방위 및 고속도로법(Interstate Defense and Highways Act)을 포함했다. 그 결과, 수십 년 동안 그 나라의 많은 지역에서 다른 대중 수송수단에 대한 관심과 자금이 줄어들었다.

두 번째 핵심 아이디어는 사회의 가치와 신념이 기술에 대한 태도를 형성한다는 것이다. 만약 어떤 기술이 사회에 의해 유용하거나 바람직하다고 여겨진다면, 그것은 사용되어지고 더 발전될 가능성이 있다. 제품이나 시스템의 개발은 개인의 욕구, 관심사, 수용과 관련이 있지만, 종종 집단적 가치와 신념에 의해 형성된다. 이러한 가치와 신념은 종종 기술적 생산물, 시스템, 과정을 통제하고 규제하기 위해 사회가 채택하는 법률, 정책, 절차에 반영된다. 때때로 산업은 제품이나 시스템을 전달할 수 있지만 오해, 두려움, 걱정 때문에 제품이나 시스템이 개발되지 않을 수 있다. 예를 들어, 유전자 변형작물은 유럽보다 미국에서 더 널리 받아들여지고 있는데, 유럽에서는 이러한 식품의 안전에 대한 불확실성이 유전자 변형작물의 사용을 제한하고 있다.

세 번째 핵심 아이디어는 사회가 서로 다른 개발 단계에 있다는 것인데, 이것은 기술혁신의 확산에 영향을 미친다. 선진 사회에서 채택된 기술은 개발도상국의 사회에 적합하지 않을 수 있다. 적정기술은 기술이 사회의 사회적 경제적 조건에 적합해야 하며, 지속 가능성(즉, 이를 사용하는 사람 사이에서 건전한 환경 관행과 자급자족성)을 촉진하는 개념이다. 유엔은 17개의 지속 가능한 개발 목표를 개발하여 전세계적 과제를 해결했으며, 많은 목표들은 사회 간의 기술적 불평등을 다루고 있다.

### 유치원-2학년

유치원 및 저학년 어린이는 자신의 필요와 욕구를 충족시킬 수 있는 다양한 기술발전과 시스템에 대해 배우는 데 관심이 있다. 이러한 관심은 제품과 시스템이 어떻게 설계되는지를 가르쳐 주기 위한 것이다. 어두워진 후 보고자 하는 욕망과 보다 안전하고 신뢰할 수 있는 빛(sources of light)에 대한 필요성이 불, 촛불, 최종적으로 전구가 어떻게 사용되었는지를 탐구하도록 만든다. 전구는 실내 조명의 주요 공급원으로서 촛불과 가스 램프를 대체했는데, 이는 그것이 더 깨끗하고, 더 안정적이고, 더 자연적인 빛을 제공한다는 여러 가지 바람직한 특성을 가지고 있었기 때문이다. 이 사례는 선호하는 특성이 수학, 과학 및 공학을 사용하여 제품 개발을 형성하는 데 도움이 된다는 것을 보여 준다. 기술 발전에 대한 사회의 영향에 대한 이해를 위해, 유치원 및 저학년 어린이는 다음을 수행할 수 있어야 한다.

**STEL-5A. 개인과 사회의 필요와 요구를 설명한다. 인간의 기본적인 요구에는 음식, 물, 쉴 곳이 포함된다. 이것들 외에도 어린 아이는 새로운 기술들로 귀결된다**

른 필요와 요구에 대해 논의할 수 있다. 이것은 그들이 다른 사람의 생각, 감정, 필요, 요구가 그들 자신의 생각과 다를 수 있다는 것을 알 수 있도록 돕는다.

**STEL-5B. 개인 및 사회적 요구와 그 요구를 충족하기 위해 기술이 어떻게 개발되는지 알아본다.** 예를 들어, 사람은 깨끗하고 안전한 물을 필요로 하기 때문에 집과 학교에 물을 공급하는 시스템이 개발된다. 인간이 만든 기술은 자연계에 대한 어느 정도의 지식이 필요하며, 자연계에서 나온 물질도 사용한다.

**STEL-5C. 가정 및 지역 사회에서의 기술 사용을 조사한다.** 어린이는 그들의 일상환경에서 자료를 수집하고 기술에 대한 관찰을 하기 위해 감각(sense)을 사용하는 법을 배운다. 서양 문화권에서 토스터기, 전자 레인지, 난로, 냉장고는 학교에 가기 전에 아침식사를 만드는 데 사용될 수 있다. 다른 사회에서는 이러한 목적을 위해 서로 다른 식품 저장과 이를 준비하는 기술이 사용된다.

### 3-5학년

3-5학년의 고학년 초등학생은 사회적 필요와 요구가 기술의 발전에 직접적으로 영향을 준다는 것을 배운다. 발명과 혁신은 사회적 요구에 의해 추진된다. 만약 한 사회가 기술적 발전이 가치 있다고 믿는다면, 제품이나 시스템은 계속 수요가 있을 것이다. 사람이 특정 제품이나 시스템에 흥미를 잃으면, 기업들은 그것을 개발하지 않을 것이고 시장에서 없어질 수도 있다.

이 단계의 학생들은 소비자를 위한 제품개발과 마케팅이 그들에게 어떻게 영향을 주는지에 대해서 보는 것을 시작한다. 새로운 시리얼이 텔레비전이나 다른 인기 있

는 통신매체에서 판매된다면, 학생들은 자연스럽게 친구, 부모님과 자신의 관심을 공유하게 될 것이고 이는 그 제품의 판매 증가로 이어지게 된다. 휴가철에 새로운 장난감이 인기상품이 되면, 폭발적으로 늘어나는 수요로 인해 생산자들이 판매 주문 증가에 대비하지 못하고, 부모들이 상점에서 마지막 장난감을 놓고 싸우거나 특별한 장난감을 사기 위해 먼 곳으로 이동한다는 것을 소개한 신문기사로 이어질 수 있다. 장난감이 유행에 뒤떨어지면 공장에서 과잉생산이 되고, 이로 인해 가격 하락과 재고 과잉으로 결국 그 장난감들은 할인점으로 보내질 수 있다. 부모와 교사들은 학생에게 마케팅의 의미와 이러한 호황과 불경기 소비 사이클에 대해 말할 수 있다.

사회가 기술발전에 미치는 영향에 대한 이해를 확인하기 위해, 3-5학년 학생은 다음을 수행할 수 있어야 한다.

**STEL-5D. 사회의 기술 시스템이나 기반 구조의 변화에 영향을 미치는 요인을 결정한다.** 환경적, 경제적 요소뿐만 아니라 개인, 가족, 공동체의 가치도 기술의 개발을 확대하거나 제한할 수 있다. 학생은 제품과 시스템이 수익 창출을 포함하여 다양한 목적으로 설계되고 판매된다는 것을 인식해야 한다. 때때로 이러한 변화는 인간과 환경의 건강을 희생시킨다.

**STEL-5E. 개인과 사회의 필요한 요구가 변화할 때 기술이 어떻게 개발되고 조정되는지 설명한다.** 사회가 필요를 확인할 때 더 유용하고 효율적인 기술이 개발된다. 환경의 변화가 있을 때, 새로운 조건에 대응하여 기술이 개발된다. 예를 들어, 지역의 물 공급원이 고갈되면, 다른 정수 및 수송을 위한 해결책을 설계해야 한다. 공학자는 새로운 제한사항과 요건을 충족시키기 위해 설계하고 창조함으로써 기존 기술을 개선한다.

## 6-8학년

기술이 사회를 변화시킬지라도 사회는 기술의 개발과 사용에 있어서 중요한 역할을 한다. 6-8학년 중학생은 개인과 공동체의 요구와 이익을 충족시키기 위해 발명과 혁신이 이루어진다는 것을 배운다. 그들은 사회에 막대한 영향을 준 기술 개발에 대해 토론하고 탐구할 기회를 가져야 한다. 이러한 발전은 자동화, 인공지능, 컴퓨터, 로봇공학, 운송, 건설, 제조, 에너지 및 동력, 생명공학, 농업, 기타 분야에서 발생한다. 사회는 일을 더 빠르고, 더 강하고, 더 효율적이고, 비용이 덜 들도록 개선하는 데 초점을 둔다. 소비자들은 이러한 개선이 계속해서 그들의 삶을 더 쉽고 더 경제적으로 되기를 기대하지만, 때로는 그 개선으로 해결이 필요한 새로운 문제가 생기기도 한다. 예를 들어, 수송 체계의 개선으로 세계 여행이 쉬워졌지만, 관광객들이 역사적인 장소를 많이 방문하게 되고 세계적으로 질병을 퍼뜨릴 수 있다. 이와 같은 문제가 일어나면 지도자들은 종종 다른 사회에서 비슷한 문제를 만났을 때 어떻게 해결했는지를 전 세계적으로 살펴본다.

사회가 기술발전에 미치는 영향에 대한 이해를 확인하기 위해, 6-8학년 학생은 다음을 수행할 수 있어야 한다.

**STEL-5F. 발명이나 혁신이 그것의 역사적 맥락에 의해 어떻게 영향을 받았는지 분석한다.** 기술의 특성은 기술이 발달한 상황의 결과물이다. 경제적, 정치적, 문화적, 환경적 동인(drivers)은 역사적 맥락을 만들어내고 기술의 설계와 그 수용의 수준을 결정한다. 예를 들어, LED 전구가 백열등과 소형 형광등을 대체하는 것은 효율적이고 오래 지속되며 환경 친화적인 조명 기술을 찾는 사람의 결과였다.

**STEL-5G. 경쟁 요인 간의 신중한 타협 필요성을 인식하는 의사결정 과정의 일부로 다양한 관점에서 상충관계를 평가한다.** 기술 개발은 이익과 결과 둘 다와 함께 고려한다. 상충관계는 원하는 것을 얻기 위해 한 가지를 포기하는 것과 같은 타협(또는 절충)이라 할 수 있다. 학생은 새롭고 독특한 제품에 대한 사회의 기대가 노후화 설계(design for obsolescence)와 지속 불가능한 소비율에 기여한다는 것을 인식해야 한다.

## 9-12학년

기술은 정부, 기업, 교육 기관을 포함한 사회의 기관들에 의해 제한된다. 이러한 사회 제도는 사람이 배우고, 살고, 일하고, 즐기는 방법에 영향을 미친다. 9-12학년의 학생은 기술에 대한 사회의 불변과 사회적 결정이 제품이나 시스템의 개발에 직접적인 영향을 미칠 수 있는 방법을 인식해야 한다.



학생은 여론이 시장에 직접적인 영향을 주는 방법을 연구해야 한다. 개발자들은 제품이나 시스템이 사회적으로 호의적으로 여겨지지 않을 때, 개발을 계속할지, 수

정할지, 아니면 중단할지를 결정해야 한다. 도덕적, 윤리적 고려도 중요한 역할을 한다. 사회에 의한 수용이나 거부가 신기술의 성패를 좌우하는 경우가 많다.

사회가 기술발전에 미치는 영향에 대한 이해를 확인하기 위해, 9-12학년 학생은 다음을 수행할 수 있어야 한다.

**STEL-5H. 특정 사회의 고유한 요구 또는 요구로부터 발생한 기술 혁신을 평가한다.** 공학자가 기술 시스템을 수정함에 따라 지역 환경 요인, 현지에서 사용 가능한 재료, 비용에 따라 재료가 선택되는 경우가 많다. 수송 수단은 인구밀도, 가용성, 안전성, 속도, 지역, 비용에 따라 다르다. 에너지원은 근원에 대한 근접성, 비용 효율성, 환경 영향 등과 같은 고려 사항을 바탕으로 선택된다.

**STEL-5I. 사회적 저항에 부딪혀 개발에 영향을 주는 기술 혁신을 평가한다.** 역사를 통틀어, 사회는 기술적 해결책과 혁신의 개발에 영향을 주는 도덕적, 윤리적, 정치적 결정을 내렸다. 때때로 그러한 결정은 논쟁적이고 다차원적이다. 사회에서는 상충되는 가치관이 합의가 되지 않을 경우 발생하는 문제를 해결하기 위한 규범과 방법이 다르다. 예를 들어, 독일은 이 에너지원에 대한 대중의 반대로 모든 원자력 사용을 단계적으로 중단하기로 결정했다.

**STEL-5J. 다른 문화권에서 사용할 수 있는 적절한 기술을 설계한다.** 고등학생은 특정 문화권의 기술에 대한 접근(또는 접근의 부족)과 같은 다른 문화권 기술과의 관계를 조사함으로써 이익을 얻을 수 있다. 예를 들어, 세계 여러 지역에서 깨끗한 물을 쉽게 구할 수 없다. 이 문제를 해결하기 위한 전략은 주어진 위치의 자원과 상황에 따라 달라질 것이다.

## 표준 6 : 기술의 역사

최초의 기술은 매우 간단한 도구였다: 바위나 다른 천연물(natural items)들은 제작자의 목적에 맞게 수정되었다. 시간이 흐를수록 인간은 더욱 정교한 도구를 만들게 되었고, 청동과 강철, 세라믹, 유리, 종이, 잉크와 같이 자연에서 존재하지 않는 형태의 원료로 가공하는 것도 배웠다. 이 새로운 재료들은 기존 도구를 개선하고 완전히 새로운 기술을 만드는 방법으로 시작하게 되었다. 사람들은 바퀴와 축, 지렛대, 활과 화살 등의 시스템을 만들기 위해 개별 부품을 조립하는 방법을 배웠다. 분업을 통해 사람들은 전문가가 되어, 개인이 스스로 작업할 수 있는 것보다 정교한 제품을 만드는 데 협력할 수 있게 되었다.

똑같이 중요한 세 가지 핵심 아이디어는 기술의 역사와 관련된 학생들의 이해와 능력을 위한 기초를 제공한다. 다음의 벤치마크는 이러한 핵심 아이디어에 다시 연결되며, 학년 수준에 걸쳐 구체성과 복잡성의 수준이 높아진다. 첫 번째 핵심 아이디어는 르네상스 시대에 다른 분야의 노력과 함께 기술 지식이 늘어나게 되었다는 것이다. 과학적, 수학적 지식은 시행착오를 바탕으로 제작되기 전부터 어떻게 작동해야 하는지를 모델링하고 예측할 수 있는 새로운 유형의 설계의 길을 열게 하였다. 또한, 시각과 공연 예술이 늘어나게 되어 제품 디자인에 영향을 준 미적 요소에 대한 인식이 높아지게 되었고, 전 지구적인 탐구는 지식, 도구, 자료의 문화교류를 만들어냈다.

두 번째 핵심 아이디어는 역사적 시대가 종종 기술 개발에 의해 정의된다는 것이다. 역사는 기술에 의해 주도된 적어도 세 번의 큰 변화를 겪었다. 첫 번째 변화는 약 14,000년 전 농업의 발전이었다. 농업은 안정적인 식

03 량 공급을 제공하여 사회가 한곳에서 성장하고 번영될 수 있도록 했고, 이는 결국 문명의 첫 번째 큰 흐름으로 이어졌다. 두 번째 변화는 18세기에 서로 교체 가능한 부품의 개발, 증기기관, 화석연료의 사용, 최초의 공장 설립 등과 함께 이어졌다. 이러한 변화는 대량생산의 시대인 산업시대를 도래하게 하였다. 공급자, 제조자, 유통가, 금융가, 발명가 등의 상호 연결된 시스템이 만들어짐에 따라 제품 재료의 생산에 혁명을 일으켜 저렴한 비용과 고품질의 재료를 널리 사용할 수 있게 되었다. 가장 최근의 변화(강력한 컴퓨터 네트워크의 개발)는 지난 수십 년 동안 일어났다. 이 기술들은 이전의 두 혁명이 식품 및 재화에 행해졌던 것같이 정보 및 통신 분야에서 이루어졌다.

세 번째 핵심 아이디어는 기술의 역사가 인류의 긍정적인 면과 부정적인 면에 영향을 준다는 것이다. 기술의 역사를 아는 것은 발명과 혁신이 어떻게 진화해 왔는지, 그것이 현재 어떻게 존재하여 세상을 이끌었는지 확인함으로써 우리 주변의 세계를 이해하는 데 도움을 준다. 기술은 농업, 제조업, 수송, 의료, 건설 환경 및 기타 분야에서 많은 업적도 있었지만 사이버 범죄, 오염, 천연자원 남용 등 부정적인 면도 있었다. 학생들이 주요 시대를 공부(연구)하면서 특정 사건, 혁신적인 사람, 중요한 사건과 함께 미래를 예측하는 데 도움이 될 수 있는 유형을 보게 된다. 이러한 방식으로 기술연구는 학생들이 기술과 기술의 사회적 위치에 대해 보다 책임감 있는 결정을 내릴 수 있도록 한다.

### 유치원-2학년

기술의 역사를 어린 시기에 공부하는 것은 유치원 및 저학년 어린이에게 인간이 만든 세계가 어떻게 발전했

는지에 대한 기초를 제공하기 때문에 중요하다. 이 재단(ITEEA)은 다른 과목과 기술을 연계시킴으로써 학생들이 학업 성취를 높이는 데 중요한 역할을 할 것이다. 어린이들은 초기 인류가 돌의 가장자리를 잘라내며 원시적인 도구를 만들었을 때와 같은 기술이 초기 문명에서 어떻게 발전해 왔는지를 배울 것이다. 도구를 만들고 사용하는 것이 기술 개발의 첫 단계였다. 도구는 인간의 능력을 확장하고 사람들이 보다 편안하게 일할 수 있도록 돕는 수단으로 지금도 여전히 존재하고 있다. 어린이는 인간이 도구 제작자(toolmakers)에서 제품과 시스템을 만들 수 있는 전략 디자이너(strategic designers)로 바뀌게 되었다는 것을 깨닫게 된다. 시간이 지나면서 사람들은 쉴 곳, 음식, 옷, 통신, 수송, 여가, 건강, 문화를 제공하기 위한 제품이나 시스템을 만드는 능력을 향상시켰다.

기술의 역사에 대한 이해를 확인하기 위해, 유치원 및 저학년 어린이는 다음을 수행할 수 있어야 한다.

**STEL-6A. 기술에 의해서 사람들이 살고 작업하는 방식이 역사적으로 어떻게 변해 왔는지 탐구한다.** 일단 사람들이 처음에는 단순한 오두막으로, 나중에는 집, 성, 고층건물로 쉴 곳을 만드는 방법을 배우게 되자, 그들은 더 이상 동굴과 같은 자연적인 대피장소를 찾지 않을 수 있었다. 쟁기와 다른 농업기술의 발명, 활과 화살과 같은 간단한 장치들은 사람들이 더 쉽게 음식을 구하거나 먹을 수 있게 하였고, 다른 활동을 하기 위한 시간을 가능하게 하였다. 사람들은 공간과 시간과 같은 상황에서 서로 의사소통 하는 능력은 연기 신호, 경보, 종이 제작, 인쇄, 전화, 인터넷과 같은 도구와 절차를 사용함으로써 향상되었다.

### 3-5학년

역사를 통틀어 사람들은 자신의 필요와 요구를 충족시키기 위해 다양한 제품과 시스템을 개발해 왔다. 이 개념을 이해하기 위해, 3-5학년 고학년 초등학생들은 예를 들어, 건설의 발달 과정을 공부할 수 있다. 그들은 선사시대 사람들부터 이집트 피라미드, 로마 수로와 주택, 현대식 초고층 빌딩에 이르기까지 구조물의 발전을 확인할 수 있었다. 이런 식으로 학생들은 문명의 역사가 어떻게 기술발전과 밀접하게 연결되어 왔는지를 확인할 수 있을 것이다.

역사적 관점에서 활동을 평가하면 학생들이 어떻게 상황을 개선하고, 그 후에 그들의 문화를 발전시켰는지를 배우는 데 도움을 줄 수 있다. 예를 들어, 의사소통의 발달에 대한 이해를 위해, 학생들은 그림 문자와 조각으로 시작해서 지도와 차트를 살펴본 후 사진과 인쇄기를 살펴보는 등의 동일한 의사소통을 다양한 유형으로 확인할 수 있다. 그들은 기술이 결실을 맺는 데 도움이 되는 기준과 제한사항, 기술이 지속 가능하지 않거나 더 이상 사용되지 않는 이유에 초점을 맞추어 통신 장치의 발전을 알아볼 수 있다.

초등학교를 졸업할 때 학생들은 역사적 맥락에서 기술의 중요성에 대한 관점을 얻게 될 것이다. 또한, 그들은 역사를 통해 도구와 기계의 중요성에 대한 이해를 얻게 될 것이다. 기술의 역사에 대한 이해를 확인하기 위해 3-5학년 학생들은 다음을 수행할 수 있어야 한다.

**STEL-6B. 도구, 식량 재배방법, 옷 만들기, 자신을 보호하기 위한 쉴 곳 만들기 등을 표현한다.** 역사적 기술 제품과 시스템이 항상 효과가 있는 것은 아니었고, 종종 아이디어가 실현되기 전에 많은 시도와 변형이 테스트되었다. 예를 들어, 도자기는 1만 년 이상 계속 발전

되어 왔다. 사람들은 더 강한 물건을 만들기 위해 다양한 점토 섞는 법을 배웠고, 점토를 더 빨리 굳히기 위해 오븐에 도자기를 굽는 법을 배웠다. 물, 우유, 씨앗, 곡물 등을 담을 수 있도록 주전자, 꽃병, 컵 등 다양한 용기가 설계·개발되었다. 모든 고대문명에서 설계내용이 포함되어 있는 것이 아니고 변형이 있을 수 있다. 교실에서 개발된 자료에는 스케치, 입체 모형 모델, 사진 슬라이드 쇼 등이 포함될 수 있다.

### 6-8학년

중간 수준의 학생들은 인류 역사에서 다양한 기술적 이정표(technological milestones)에 대해 배우게 될 것이다. 그들은 기술이 서로 다른 역사적 시기에 사람들에게 어떤 영향을 주었는지, 즉 그들이 어떻게 살았는지, 그들이 어떤 종류의 일을 했는지, 그들이 내린 결정은 무엇인지 등을 인식하게 될 것이다. 인류역사의 더 넓은 맥락에서 기술 개발의 역사를 보면, 기술이 인류에 주는 영향이 시간이 지남에 따라 어떻게 변해 왔는지 이해할 수 있을 것이다. 과거의 기술을 이해하는 한 가지 방법은 해당 시대로부터 기술을 역설계해 보는 것이다.

교사는 다양한 방법으로 기술의 역사에 대한 학생의 호기심을 자극할 수 있다. 예를 들어, 학생에게 쉴 곳을 제공하는 다양한 구조물을 탐색하고, 난방과 냉방과 같은 실내온도 조절 시스템이 어떻게 실내생활을 더 편안하고 즐겁게 해주었는지 조사하게 할 수 있다. 학생들은 이에 대해 연구하면서 책, 인터넷, 지역사회의 연륜 있으신 분들에게서 중앙난방을 하기 전의 삶에 대해 배울 수 있다. 일단 자료를 수집하면 이에 대해 모델 제작, 발표, 동영상 제작 등 다양한 형식으로 수업에서 제시할 수 있다. 음식, 의복, 의사소통, 통신, 수송, 스포

츠, 건강을 포함한 기타 많은 주제들도 이런 활동의 기초가 될 수 있다. 역사 속 여러 시대의 중요한 발명과 혁신을 조사함으로써, 학생은 사회와 문화가 어떻게 기술 발달에 영향을 주는지와 그 반대의 경우에 대한 결론을 이끌어낼 수 있을 것이다.

기술의 역사에 대한 이해를 확인하기 위해 6-8학년 학생들은 다음을 수행할 수 있어야 한다.

**STEL-6C. 다양한 기술과 그것이 인간의 발전에 어떻게 기여했는지를 비교해 본다.** 예를 들어, 학생들은 역사적 맥락에서 지도를 조사하고, 어떻게 지리와 천연자원의 가용성이 인간이 쓸 곳으로 사용하는 재료를 정했는지 알아낼 수 있다.

**STEL-6D. 체계적인 테스트와 개선을 통해 발명과 혁신이 어떻게 발전해 왔는지를 시뮬레이션하기 위한 연구 개발 프로세스에 참여한다.** 예를 들어, 1879년에 첫 전구는 단지 13시간 동안 켜졌다고 한다. 그 이후 에디슨의 전구에는 많은 혁신과 디자인의 변화가 있었다. 학생은 제시된 기술의 연대표를 조사하여 중요한 변화와 그 변화가 사회와 환경에 주는 의미는 무엇인지를 주목할 수 있다.

**STEL-6E. 기능의 전문화가 얼마나 많은 기술 개선의 핵심이 되었는지 검증한다.** 예를 들어, 초기 증기 기관은 원래 증기가 확장된 다음 응축되는 단일 챔버(chamber)로 설계되었다. 즉, 증기기관의 매우 다른 두 가지 기능을 모두 수행하였다. 50년 후, 제임스 와트는 실린더와 증기 응축기의 기능을 분리한 부품을 제작하여 보다 효율적인 증기기관을 만들었다. 산업 디자인과 같은 분야는 다른 기술적 개선 외에도 기술 제품 및 시스템의 설계에 미학과 인간공학을 신중하게 통합하도록 발전했다.

## 9-12학년

9-12학년 학생들은 때때로 기술적 변화가 빠르게 일어나고 분명하지만, 더 자주 발전적이고 미묘하다는 것을 배워야 한다. 기술 개발의 효과는 또한 매우 강력하고, 비 가역적이고 세계적인 수 있다.

기술의 역사에 대한 이해를 돕기 위해서, 이들 학년 수준의 학생은 특정 기간과 관련된 다양한 발명 및 혁신의 기원과 역사에 대해 배워야 한다. 역사적 시대 구분은 그 당시의 지배적인 제품이나 시스템의 관점에서 정의되고 명명되었다. 예를 들어, 학생은 석기시대가 부처진 석재 도구의 발달로 시작되었고 나중에 손도끼, 칼날도구, 창, 활과 화살로 발전했으며, 이때 불도 사용되었다는 사실을 알게 되었다. 다른 역사적 기간들은 바퀴, 특정 자원 사용(예: 철기 시대), 인쇄기, 대량 생산, 컴퓨터 등 상당한 기술발전으로 특징지어진다.

의심할 여지 없이, 기술의 주요 발전은 문명을 발전시키고 오늘날의 기반을 마련했다. 지난 200년 동안, 기술과 과학의 성장은 진보의 개념과 밀접하게 연관되어 왔다. 역사를 통틀어 볼 때 공통점은 설계 과정(프로세스)이 인간의 기술 역량(technological capabilities)을 개선하고 향상시키는데 사용되었다는 것이다. 학생은 기술과 여러 시대(eras)를 연계하고, 기술의 역사를 공부하는 것이 변화의 과정을 연구하는 것임을 이해해야 한다. 또한, 역사(history)가 영웅이나 개인 발명가들의 관점에서 보는 경향이 있지만, 실제로는 다른 배경을 가진 많은 사람들이 시간이 지남에 따라 기술을 개발하기 위해 자주 함께 일해 왔다는 것을 이해해야 한다.

기술의 역사에 대한 이해를 확인하기 위해, 9-12학년 학생들은 다음을 수행할 수 있어야 한다.

**STEL-6F. 기술 개발이 어떻게 진화하였는지, 즉 기본**

적인 발명이나 기술적 지식이 연속된 결과물임을 관련지어 설명한다. 예를 들어, 연필의 개발은 길고 지루한 과정이었다. 공학자, 디자이너, 기술자들은 가능한 최고의 연필을 개발하기 위해 다양한 기술과 과정(프로세스)을 개발했고 여러 가지 재료를 사용했다. 농업기술은 식량과 식량의 공급을 향상시키기 위해 개발되었다. 다른 개발의 예로 종이, 잉크, 알파벳을 통한 더 나은 의사소통, 보트 항해, 인체 해부학 이해, 깨끗한 식수의 제공 등의 방법이 있다.

**STEL-6G. 문명의 진화가 도구, 재료 및 처리 과정의 개발과 사용에 직접적으로 영향을 받았는지 입증한다.** 석기시대는 채소를 얻고, 고기를 사냥하고, 자르고, 두드리는 데 사용되는 도구의 개발로 시작되어, 난방, 요리, 보호를 위한 불의 활용으로 발전했다. 청동기 시대는 구리와 구리 기반 금속이 발견되면서 시작되었다. 낫, 쟁기, 풍차, 관개 등 농업 신기술의 폭넓은 적용으로 농부들은 더 많은 식량을 얻을 수 있었다. 지속적인 기술 발전은 많은 사람들을 농장에서 도시로 이주할 수 있게 되었다. 이 시대의 다른 영향력 있는(influential) 개발은 직조기와 천을 만드는 기계로 개발시킨 물레바퀴였다. 화약과 총기의 발명은 사냥과 보호를 위한 이전의 무기보다 개선되었다.



**STEL-6H. 기술이 어떻게 역사 전반에 걸쳐 사회적, 문화적, 정치적, 경제적 환경을 재편성하는 데 강력한 힘이 되었는지를 평가한다.** 예를 들어, 통신, 농업, 수송은 시대의 정치적, 경제적, 사회적 이익과 가치에서 진화해 왔다. 중세시대에는 물레방아나 나침반과 같이 기술과 사회에 오래 지속되는 영향을 주는 여러 기술 장치가 개발되었다. 이러한 여러 장치는 이전 설계보다 크게 개선되었음에도 불구하고 오늘날에도 여전히 사용되고 있다. 르네상스는 또한 기술 역사에서 중요한 개발의 시대였다. 카메라 옵스쿠라(초기 카메라), 실크 뜨개질기, 망원경, 잠수함, 수압기, 계산기 등이 모두 이 시기에 개발되었다. 기술의 역사에 대한 연구는 우리가 사회적, 정치적 사건을 둘러싼 맥락을 이해하고 미래에 일어날 수 있는 시나리오를 결정하는 데 도움을 준다.

**STEL-6I. 산업혁명이 어떻게 대량생산, 정교한 수송 및 통신 시스템 개발, 선진적인 첨단 건설 시공, 교육 및 여가 개선으로 이어졌는지 분석한다.** 이 시기의 주요 개발에는 연속 공정 제분기, 방직기, 증기 기관, 전기 모터, 가솔린 및 디젤 기관, 경화 고무, 비행기, 전신, 전화, 라디오, 텔레비전 등이 포함되었다. 일라이 휘트니(Eli Whitney)의 교체 가능한 부품과 헨리 포드의 이동식 컨베이어의 개념은 상품 생산의 개발에 더해졌다. 효율성 향상과 개선된 노동법으로 일부 사람들은 자유 시간이 연장되었고, 결국 보다 광범위한 교육이 시행되게 되었다.

**STEL-6J. 정보의 처리와 교환을 강조한 정보화 시대를 일으킨 광범위한 변화를 조사한다.** 이진법, 트랜지스터, 마이크로칩, 전자 수치 적분기 및 계산기(ENIAC)의 발달로 컴퓨터, 계산기, 통신 프로세스가 폭발적으로 증가하여 정보를 한 곳에서 다른 곳으로 빠르게 이동시켰다. 홀로그래피, 사이버네틱스, 건식 복사, 증식로, 수

소폭탄, 달 모듈, 통신위성, 조립식 기술, 유전자 편집 등은 모두 이 시기의 주요 개발이었다.

## 표준 7 : 기술과 공학교육의 설계

인간은 즐거움, 문제 해결, 인간 능력의 확장, 필요와 욕구의 충족 그리고 인간 환경 향상을 위하여 설계를 한다. 설계 없이—목적 지향적인(purposeful) 행동의 계획의 개발—제품이나 시스템은 효과적으로 만들어질 수 없다. 설계는 모든 기술과 공학 활동의 기초이다. 8가지의 동등하게 중요한 핵심개념들은 학생들에게 설계에 관련된 이해와 능력의 토대를 제공한다. 뒤따르는 벤치마크(benchmark)들은 학년군 전체에 걸쳐 특수함과 복잡성의 수준을 높이며 핵심개념들을 다시 연결한다.

첫 번째 핵심개념은 설계란 본질적인 인간 활동이라는 것이다. 기술과 공학에서의 설계는 몇몇의 특성을 규정하는 뚜렷하게 인간적인 과정이다. 그것은 특정한 요구, 상호작용, 창의성에 기반을 둔 목적 지향적이고, 제약을 두지 않아 가능한 많은 해결책을 얻을 수 있다. 이것은 비록 우리가 기술과 공학의 설계 과정에 대해 이야기하지만, 단지 하나의 과정만이 있지 않다는 것을 의미한다. 기술과 공학 설계는 사용자의 필요에 의해 생기는 기준이나 제약 또는 건축 법규와 같은 정책 또는 규정에 맞선다. 어린 학생들은 지식과 기술을 쌓기 위해 기준과 제약이 적은 잘 구조화된 설계 문제들로 시작해야 한다. 고학년의 학생들은 다양하고 더 복잡한 설계 접근(design approach)을 요구하며, 보다 넓고, 잘 정의되지 않은 설계 도전에 부딪혀야 한다.

기술과 공학에서의 설계는 본래 창의적인 과정이다. 때로는 혁신적인 해결책들이 독특하고 예상치 못한 방식

으로 재료를 사용하고, 기술과 공학에 설계를 사용하는 것을 배우는 학생들은 설계 문제들을 해결하는 창의적인 해결책을 만들어내는 것에 도전하게 될 것이다. 기술과 공학 설계의 제한이 없는(open-ended) 본성은 해결책으로 이끄는 다수의 경로를 가능하게 하고, 다수의 해결책의 창출을 가능하게 한다. 그러므로, 두 번째 핵심개념은 기술과 공학 설계에는 대체로 정확한 하나의 해결책만 있는 것이 아니라는 것이다. 뿐만 아니라 설계는 항상 개선되어질 수 있다. 이런 기초적인 특성들이 어떤 제품이나 시스템의 설계나 개발에 있어서도 가장 중요한 것이다.

오늘날의 몇몇 제품과 시스템은 시행착오로 인해 개발되거나 우연히 만들어지기도 하였다. 이것이 세 번째 핵심개념이다. 즉, 기술과 공학에서의 설계는 상호적이라는 것이다. 대부분 어떤 설계란 하나의 생각이 최종 제품이나 시스템으로 완전히 바뀔 때 일어나는 개발단계를 재논의하는 순환과정의 결과이다. 공학자와 기술자들은 어떤 기준과 제약을 마주하고 있는지, 어떤 해결책이 충분한지 재평가하기 위해서 앞의 설계 과정의 단계로 자주 다시 돌아간다. 이 과정은 문제와 이용 가능한 재료에 대한 철저하고 상세한 이해와, 해결책을 위한 종합적인 조사와 신중한 평가 및 개선을 포함한다.

효과적인 기술과 공학 설계는 다양한 규율과 관련된 지식의 적용과 사회와 환경에 설계가 주는 영향에 대한 평가를 요구한다. 이 과정을 사용하는 것은 주로 21세기 역량(21st Century Skills)이라고 불리는 학생들의 필요한 기술들을 강화하고 증진시키는 기회를 제공한다. 그러나 기술과 공학 설계 과정을 통해 촉진되는 추가적인 역량들이 더 있다. 네 번째 핵심 개념은 의사소통,

창의력, 협력, 비판적 사고, 컴퓨팅 사고, 시각화, 지략, 혁신, 관념화, 추상적 사고, 공중도덕의식, 인내, 실패로부터의 배움, 피드백을 주고받음, 공간적 사고, 계획과 시간 관리, 자기주도학습을 포함하여 기술과 공학 설계를 수행하기 위해 필요한 다양한 역량들이 필요하다는 것이다.

다섯 번째 핵심 개념은 설계의 보편적인 원리와 요소가 있다는 것이다. 설계의 원리는 균형, 리듬, 패턴, 강조, 대비, 통일, 움직임이다. 설계의 요소는 선, 형상, 공간, 값, 형식, 질감, 색이다. 더하여, 기술과 공학 내에서는 많은 설계가 인체공학, 에너지 효율, 신뢰도, 내구성, 안전성, 제조의 용이함, 미학 등을 포함한 다양한 설계 요소가 적용되는 물리적 형태를 취한다. 폭넓게 적용되는 이러한 원리, 요소, 요인들은 바라던 목표를 충족시키고 유용성과 미학적인 가치를 가진 물체를 만들어내는 다양한 방법으로 함께 사용된다.

여섯 번째 핵심 개념은 제작은 기술과 공학 설계의 내재된 부분이라는 것이다. 기술과 공학에서의 설계는 또한 특정한 물리적 제작 기술을 필요로 한다. 이는 제한된 것은 아니지만, 스케치와 드로잉, 측정, 키파링, 컴퓨터 이용 설계, 컴퓨터 프로그래밍, 가공재료, 모델링과 시제품, 효과적으로 손과 전동 공구를 사용하는 것을 포함한다.

기술과 공학 설계는 여기서 기술 설계와 공학 설계 과정을 모두 포괄하기 위해 사용되었다. 이 맥락에서 기술이라는 용어는 넓은 의미로, 재료를 인간의 필요와 욕구를 충족시키는 제품이나 시스템으로 전환하기 위해 창의적인 계획을 통하여 기술적 개발을 위한 과정을 지칭한다. 공학 설계라는 용어는 설계 해결책에 대한 정보에 근거한 결정을 내리기 위해, 체계적이고 수치화

된 정보의 모음과 분석을 요구하는 과정을 표현하기 위해 사용된다. 공학 설계는 성능을 가장 잘 예측하기 위한 시제품 테스트 동안의 수집된 정보를 사용한다. 이것이 일곱 번째 핵심설계 최적화는 기준과 제약(조건)에 의해 좌우된다는 것이다.

공학 설계는 최종 해결책을 최적화하기 위해 과학적 지식, 공학, 수학적 예측분석을 사용하는 정보에 기반한 설계 접근법을 만들어내는 이상적인 STEM의 통합자(integrator)이다. 기술과 공학 설계 접근법의 의도적인 혼합은 기술적 설계 해결책을 만드는데 참여하는 동안 학생들로 하여금 STEM 학습을 촉진시키는 정보에 근거한 공학 설계의 이득을 배울 수 있게 한다. 기술 설계는 검사와 설계 개선을 위해 시제품을 만드는 것을 때때로 요구하고 받아들인다. 기술 설계 또는 공학 설계 만으로는 두 접근법 양쪽의 필요한 이점을 잡을 수 없다. 그러므로 기술과 공학 설계라는 용어가 선호되고 이 표준들에서 사용되는 용어로 선정된다. 그래픽 설계와 공업설계(industrial design)와 같은 다른 설계 접근법들 역시 기술과 공학 실험실-교실(laboratory-classroom)에서 역할을 한다.

신중하게 구성된 교육 프로그램은 기술과 공학적 소양의 발달에 기여하는 이러한 핵심개념들을 의도적으로 포함할 것이다. 설계는 인간의 선천적인 능력과 인간의 환경을 향상시키려는 경향을 구현한다. 학생들은 진전해갈 때, 여덟 번째 핵심 생각, 즉 설계를 하는 데에는 많은 접근법이 있다는 것을 입증할 수 있는 지식과 기술을 가지게 될 것이다. 적절한 때에 학생들은 참여적 설계(participatory design), 환경 설계, 사용자 중심의 설계와 같은 다른 설계 접근법들을 배우게 될 것이다.

## 유치원-2학년

어린 아이들이 자신 주변의 세상을 탐색할 때, 그들은 세상의 몇몇 요소가 사람에 의해 만들어진 것임을 이해하기 시작한다. 제품과 시스템을 만드는 것은 섬세한 계획을 필요로 하는데, 이 계획은 설계라고 불리는 과정을 포함한다. 이 나이 때의 어린이들은 설계에 공헌한 많은 사람들이 있다는 것을 이해하기 시작한다. 그들은 놀이를 통해 자연스럽게 설계 과정에 참여하게 되고, 자신만의 설계 해결책을 만드는 법을 배우려고 도구의 사용과 재료의 특성을 살펴보기 시작한다. 이 수준의 아이들은 설계는 최종 소비자의 필요와 욕구를 충족시키기 위해 필요조건을 가진다는 것을 배울 수 있으며, 핵심설계 요소들을 목록화함으로써 설계를 묘사하기 시작할 수 있다. 다양한 설계 해결책을 탐색할 때, 학생들은 완벽한 설계란 없다는 것을 배우게 된다. 예를 들어, 어린 아이들은 물건의 특성을 구별을 시작하기 위해 장난감, 식사 도구, 또는 다른 익숙한 물건들을 비교 대조할 수 있다. 기술과 공학 설계를 통하여, 학생들은 이 과정에서 필수적인 기술을 얻기 시작한다. 종종 설계활동은 기본적인 만드는 기능의 개발 결과로서, 놀이, 탐색, 텅커링을 하는 동안 발생한다.

기술과 공학 교육에서의 설계 능력을 증명하기 위해, 유치원에서 초등학교 2학년까지의 학생들은 다음과 같은 것을 할 수 있어야 한다.

**STEL-7A.** 놀이와 탐색을 통해 설계 개념, 원리, 과정을 적용할 수 있어야 한다. 설계 경험은 어린 아이들의 선천적인 호기심, 탐색의 욕구, 끈기를 기반으로 한다. 친숙한 재료, 도구, 환경은 이러한 경험들을 강화할 것이다.

**STEL-7B.** 설계가 필요조건을 가진다는 것을 증명할 수 있어야 한다. 어린 아이들은 모든 설계는 특정한 기대를 충족시켜야 한다는 것을 인식한다. 이러한 기대들은 목적, 기능, 해결책의 요구와 관련이 있다.

**STEL-7C.** 설계란 욕구와 필요에 대한 반응이라는 것을 설명할 수 있어야 한다. 어린 아이들은 설계가 욕구와 필요로 인해 움직이는 것을 이해하기 시작한다. 이러한 욕구와 필요는 주로 집, 학교, 사회와 같은 친숙한 환경으로부터 유래한 것이다.

**STEL-7D.** 모든 설계는 묘사될 수 있는 다른 특성들을 가지고 있다는 것을 논의할 수 있어야 한다. 어린 아이들은 설계의 원리와 요소를 대표하는 설계의 기본 특징들을 인식하고 분류한다. 그림을 그리는 것에 있어, 그들은 선, 색, 형상 사이의 차이를 구별해내기 시작한다. 설계에 대한 초기의 개념에 대해 생각함에 있어, 그들은 다른 아이들과 브레인스토밍을 하고, 스케치를 하고, 그들의 아이디어가 얼마나 잘 진행되는지 알 수 있을 것이다.

**STEL-7E.** 하나의 설계를 위한 다른 해결책들이 있다는 것과 아무도 완벽하지 않다는 것을 분명히 보여 줄 수 있어야 한다. 어린 아이들은 하나의 설계 도전을 위한 하나 이상의 그럴 듯한 해결책이 있다는 것을 인식한다.

**STEL-7F.** 기술과 공학 설계 과정의 필수적인 기술(essential skill)을 구별할 수 있어야 한다. 어린 아이들은 기술과 공학설계에서 성공하기 위해 필요한 창의적인 사고, 구축(building), 검사와 같은 몇 가지 필수적 기능(기술)이 있다는 것을 알게 된다.

**STEL-7G.** 설계할 때 제작에 필요한 기술들을 적용할

수 있어야 한다. 도구를 사용하고 재료를 다루는 기회를 제공하는 것은 어린 아이들에게 제작 기술을 용이하게 할 수 있다. 이 나이 때의 구조 설계 경험은 손놀림과 놀이의 형태를 취할 것이다.

## 3-5학년

유치원에서 2학년까지의 지식을 기반으로 하여, 3-5학년의 학생들은 기술과 공학 설계에 참여할 능력과 더 깊은 이해를 갖기 시작한다. 설계에는 다양한 접근법이 있다는 것을 이해하기 시작하고, 기술과 공학 설계가 어떤 단계의 재논의(revisiting)를 필요로 하는 것을 이해하기 시작한다. 이 상호적인 과정은 문제 정의하기, 관념화, 조사, 분석, 모델링과 예측, 시제품화, 검사와 평가, 해결책의 개선, 의사결정, 문서화, 의사소통 같은 것들을 포함할 수 있다. 3-5학년의 학생들은 설계 개념을 발전시킬 때 제약과 기준에 대해 배움으로써 기술



과 공학 설계에 참여하기 시작한다. 그들은 설계가 인간 환경을 개선시키고 삶의 질을 향상시킬 가능성을 만들어내는 접근법이라는 것을 배운다. 학생들은 자신의 기술과 공학 설계 용어를 확장하고 “좋은” 설계의 핵심 요소와 원리를 알아내기 시작할 것이다. 더하여, 학생들은 기존의 설계를 분석하고 강점과 약점을 알아내는 것을 배우기 시작할 것이다. 이 수준의 학생들은 설계 해결책이 한계를 가지고 있고 어느 설계 해결책도 완벽하지 않다는 것을 이해한다.

기술과 공학 교육에서의 설계능력을 증명하기 위해, 3-5학년 학생들은 다음과 같은 것을 할 수 있어야 한다.

**STEL-7H.** 설계를 위한 다수의 해결책이 있음을 분명히 보여 줄 수 있어야 한다. 설계 접근은 내용 영역(context), 개인, 이용 가능한 재료, 설계의 의도된 목적에 의해 결정된다.

**STEL-7I.** 기술과 공학 설계 과정을 적용할 수 있어야 한다. 기술과 공학에서의 설계는 문제, 관념화, 연구, 분석, 모델링과 예측, 시제품화, 검사/평가, 개선, 의사결정, 문서화, 의사소통을 포함할 것이다. 학생들은 필요에 따라 특정한 단계를 재논의하고, 공학 공책이나 포트폴리오에 그들의 행동을 문서화하면서, 비선형적(nonlinear) 방식으로 기술과 공학 설계에서의 이러한 범위의 행동들을 식별하고 이에 참여한다.

**STEL-7J.** 기준(criteria), 제약, 표준에 근거하여 설계를 평가할 수 있어야 한다. 이 학년군의 학생들은 설계변수(design parameter)나 필요조건(requirement)을 알아내고 논의할 수 있는 어휘가 발달한다. 그들은 의도적인 설계 결정이 기준과 제약들에 기반한다는 것을 인식할 수 있다.

**STEL-7K.** 좋은 설계가 어떻게 인간 환경을 개선시키는지 분석할 수 있어야 한다. 그들의 인접 환경을 넘어서 인간 환경에 관련된 욕구와 필요를 알아냄으로써 이해의 범위를 확장한다. 설계가 삶의 질에 미치는 잠재적인 영향력을 인식한다.

**STEL-7L.** 설계의 보편적인 요소와 원리를 적용할 수 있어야 한다. 식별과 묘사를 위한 필수적인 어휘를 발전시키고, 설계의 원리와 요소를 적용하기 시작한다. 설계의 질에 이러한 원리와 요소들이 주는 영향력을 제대로 인식할 수 있다.

**STEL-7M.** 자신의 해결책을 포함하여, 기존의 설계 해결책의 강점과 약점을 평가할 수 있어야 한다. 상대적인 강점과 약점을 분석함으로써 다양한 잠재적인 해결책을 평가할 수 있다. 기준과 제약을 사용하면서, 하나의 해결책으로 인해 발생한 한계를 인정하고 다양한 아이디어 탐색을 계속할 수 있다.

**STEL-7N.** 성공적인 설계 기술을 연습해야 한다. 필수적인 설계 기술을 발전시키고 경험할 수 있는 지속적인 기회는 학생들의 설계 경험을 향상시킬 것이다. 학생들은 주로 교사 주도로 이러한 필수적인 기술을 개발하기 위하여 적절한 경험을 갖도록 참여한다.

**STEL-7O.** 설계 과정의 한 부분으로서 안전한 방식으로 도구, 기술, 재료를 사용하여야 한다. 학생들은 설계자가 성공적으로 하나의 설계를 완성하기 위해 필요한 제작 기술을 연습한다는 것을 이해한다. 도구와 기술, 재료를 탐색하는 지속적인 기회는 성공적으로 설계하기 위해 필수적인 기술을 개선할 수 있도록 만든다. 학생들은 인정된 목적을 위한 적절한 도구와 재료 선택을 시작할 수 있다.

## 6-8학년

6-8학년의 학생들은 설계 해결책을 만들어내는 능력을 계속 발전시키고, 기술과 공학 설계의 다양한 접근법의 이득을 경험하고 인정하기 시작한다. 학생들은 하나의 설계를 위한 접근법을 사용하는 것의 한계를 인식하고, 하나의 접근법 또는 설계 해결책에 머물러 고착화되는 것(fixating)을 피해야 함을 배운다. 그들은 최종 소비자의 욕구를 충족시키기 위한 최선의 접근법을 찾아내는 것을 추구한다. 학생들은 마음속으로 설계가 인적 요인으로 설계 해결책을 찾기 위한 인간의 노력이자 일이라는 것을 이해한다. 기술과 공학 설계 과정의 탐색을 통하여, 학생들은 설계는 일련의 상충관계를 포함한다는 것을 배우며, 제약과 기준(필요 조건)을 가장 잘 다루는 해결책을 최적화하도록 배운다. 이 수준에서는, 학생들은 알아낸 기준과 제약에 기반을 둔 자신과 친구들의 설계 해결책을 어떻게 평가하는지를 배우기 시작한다. 더하여, 자신의 설계 해결책의 한계를 깨닫기 시작한다. 이러한 배움의 경험은 설계 과정에 내재된 부분인 실패를 통해 종종 발생한다.

기술과 공학 교육에서의 설계능력을 증명하기 위해, 6-8학년 학생들은 다음과 같은 것을 할 수 있어야 한다.

**STEL-7P.** 설계를 위한 다양한 접근법과 관련된 이득과 기회들을 분명히 보여 줄 수 있어야 한다. 설계의 한 특징은 설계자가 선택하는 접근법과 관련된 이득과 기회들을 따져 본다는 것이다.

**STEL-7Q.** 기술과 공학 설계 과정을 적용할 수 있어야 한다. 학생들은 상호적으로 설계 도전들을 해결하기 위해 기술과 공학 설계 과정을 의도적으로 사용한다. 학생들은 하나의 해결책에 정착하는 것을 피하기 위해 설

계 과정에서 단계들을 재논의하는 것의 가치를 인식하기 시작한다.

**STEL-7R.** 기준과 제약을 다루기 위한 설계 해결책을 개선할 수 있어야 한다. 학생들은 주어진 기준과 제약 내에서 설계를 하고 최적화와 관련된 상충관계를 인식한다.

**STEL-7S.** 설계에 인적 요인을 적용하고 식별해냄으로써 문제에 대한 해결책을 만들어낼 수 있어야 한다. 학생들은 설계의 과정이 인적 요인에 의해 영향을 받는다는 것을 인정하고, 사용의 용이함과 인체공학과 같은 인적 요인을 적용하고 식별해낼 수 있는 능력을 넓힌다. 점차 인간과 설계된 환경 사이의 관계에 대해 잘 알게 된다.

**STEL-7T.** 안정된 설계의 원리와 요소를 기반으로 설계의 질을 평가할 수 있어야 한다. 학생들은 부분적으로 설계의 원리와 요소에 기반하여 설계에서의 질을 평가한다. 교사의 지도하에, 이 학년군의 학생들은 왜 그들이 어떤 설계는 다른 것에 비해 효과적이라고 믿는지 분명히 설명할 수 있다.

**STEL-7U.** 다른 설계 해결책의 강점과 약점을 평가할 수 있다. 학생들은 설계 결정과 관련된 상충관계의 인식을 통하여 설계의 자기평가와 동료평가에 참여한다.

**STEL-7V.** 성공적인 설계를 위해 필요한 필수적인 기술을 향상시킬 수 있어야 한다. 학생들은 이러한 필수적인 기술의 가치를 인식하고 이 기술들을 발전시킬 기회를 식별한다. 메타 인지는 설계에서 실패에 대한 인식과 배움에서 학생들의 경험을 유도한다.

## 9-12학년

9-12학년 학생들은 기술과 공학 설계의 전 영역을 경험한다. 다수의 설계 활동을 경험할 기회들을 겪어왔고, 그 결과로 기술과 공학 설계 과정의 더 깊은 이해를 가진다. 이 수준에서, 학생들은 기술과 공학 설계에 대한 몇몇의 접근법을 배워 왔으며, 주어진 설계 문제나 기회를 위한 설계에 대한 최고의 접근법을 선택하는 능력을 강화해 왔다. 이 수준의 학생들은 설계 과정을 어떻게 선택하고 참여하는지와 그 과정 내내 어떻게 설계 결정을 내리기 위한 근거를 제공하는지 이해한다.

9-12학년 학생들은 주로 설계자에 의해 정의된 기존의 기준, 제약, 변수에 기반하여 그들의 설계를 최적화하는 것을 배운다. 검사로부터 증거를 모으고 설계 해결책의 수행을 분석하는 검사들로부터 정보를 모으는 것을 배운다. 때때로 검사와 정보는 현재의 설계 아이디어가 최종 소비자나 고객의 필요를 충족시키지 못할 것이라는 것을 알려 준다. 이 경우에는 학생들은 추가적인 해결책을 찾는 것을 배운다. 때때로 최고의 해결책은 설계자가 다수의 설계 구상들로부터 핵심 특징을 결합시킬 때 일어난다는 것을 배운다. 이 학습 단계의 학생들은 성공적인 기술과 공학 설계 과정을 위해 필요한 필수적인 기술에 대한 자기 반성을 시작한다. 추가적으로, 학생들은 설계 해결책을 찾기 위해 넓은 범위의 제작 기술을 사용하는 능력과 지식과 기술을 진전시키는 추가적인 훈련(training)을 찾는 능력을 확장한다.

기술과 공학 교육에서의 설계능력을 증명하기 위해, 9-12학년 학생들은 다음과 같은 것을 할 수 있어야 한다.

**STEL-7W.** 설계의 목적을 평가함으로써 최고의 접근법을 결정할 수 있어야 한다. 상충관계는 설계자가 가



장 최적화된 해결책을 만드는 설계를 위한 접근법을 선택할 때 발생한다.

**STEL-7X. 최적의 설계를 생산하기 위한 기술과 공학 설계 과정에서의 상충관계들을 문서화할 수 있어야 한다.** 학생들은 기술과 공학 설계 과정의 측면들을 평가하고 그들의 설계 해결책을 위한 최적의 접근법을 선택한다. 이 수준의 학생들은 설계 결정의 근거(rationale)를 분명히 설명할 수 있어야 한다.

**STEL-7Y. 기준과 제약 내에서 계획된 품질을 다룸으로써 설계를 최적화할 수 있어야 한다.** 학생들은 설계 결정에 대한 비판적 평가와 의도된 사용자에게 대한 적합성을 통해 인간 중심 설계에 대한 이해를 통합할 것이다.

**STEL-7Z. 인간 중심의 설계의 원리들을 적용할 수 있어야 한다.** 학생들은 설계하는 동안 인간과 바람직한 환경 사이의 관계를 고려한다. 학생들은 설계 결정과 의도된 사용자에게 대한 타당성을 비판적으로 평가하며 인간 중심의 설계에 대한 이해를 종합한다.

**STEL-7AA. 설계의 원리, 요소, 요인을 분명히 보여 줄 수 있어야 한다.** 학생들은 설계를 향상시키기 위해 원리, 요소 및 다른 요인들을 독립적으로 선택하고 평가하며 구현한다. 설계의 원리는 균형, 리듬, 패턴, 강조, 대비, 통일, 움직임이다. 설계의 요소는 선, 형상, 공간, 값, 형식, 질감, 색깔이다. 물리적 물체에 적용가능한 추가적인 설계 요인은 인체공학, 에너지 효율, 신뢰도, 내구성, 안전성, 제작의 용이함, 미학 등이 포함될 수 있다.

**STEL-7BB. 설계를 위한 가능한 최고의 해결책을 구현할 수 있어야 한다.** 학생들은 기준과 제약을 최적화하는 설계 해결책의 선택을 지지하기 위해 증거의 검사와

분석을 기반으로 하여 근거를 표현할 수 있어야 한다. 강점 파악 및 주요 기능 결합은 설계 해결책을 강화할 것이다.

**STEL-7CC. 설계 과정에 넓은 범위의 설계 기술을 적용할 수 있어야 한다.** 학생들은 성공적인 설계 활동에 참여할 때, 그들이 사용한 필수적 기술에 대한 의미 있는 담론에 참여하게 된다. 이는 창의성, 협력, 지략, 아이디어화, 실패로부터의 배움, 설계의 다른 필수적인 기술들을 포함한다.

**STEL-7DD. 그들의 설계 과정에 넓은 범위의 제작 기술을 적용할 수 있어야 한다.** 학생들은 설계-제작 작업을 완성하기 위해 독립적으로 적합한 도구들을 식별하고 안전하게 사용하며 처리한다. 자신의 지식과 기술 격차를 인식하고, 필수적인 기술을 발전시킬 기회를 추구하며, 제작에 있어 더 자신감이 생기고 능숙해진다.



## 표준 8 : 기술적 제품과 시스템의 적용, 유지관리, 평가

모든 사람들이 기술적 제품과 시스템 — 교통수단, 텔레비전, 컴퓨터, 가전제품 등 — 을 사용하지만, 모든 사람들이 기술을 잘, 안전하게, 가장 효율적이고 효과적인 방식으로 사용하는 것은 아니다. 기술적 제품과 시스템의 사용과 관련된 많은 문제들은 급속한 기술적 변화에 의해 야기된다. 새로운 기술은 너무 빈번하게 나타나서 다른 것이 자리를 대신하기 전에 하나에 편해지기가 어려울 수 있다.

세 가지의 동등하게 중요한 핵심 개념(key idea)은 기술적 제품과 시스템의 적용, 유지 관리, 평가하는 토대를 제공한다. 뒤따르는 기준은 학년군 전체에 걸쳐 특수함과 복잡성의 수준을 높이며 이러한 핵심 개념을 다시 연결한다. 첫 번째 핵심 개념은 기술적 소양을 갖춘 사람들은 이전의 기술적 경험이 결핍된 개인들보다 기술적 제품과 시스템에 대해 더 잘 배우고 사용할 능력이 있다. 학생들이 기술적 제품과 시스템의 적용, 운영, 평가에 있어 기술적으로 능력을 갖추기 위해서, 그들은 다양한 기술들에 노출될 필요가 있고 쓰임을 완전히 익힐 수 있도록 지식과 기술을 개발할 기회가 주어져야 한다. 학생들은 주어진 상황에 적합한 기술을 선택하는 것을 배워야 한다.

학생들은 기술적 고장(technological malfunction)을 분석하고 적절한 대응과 처리 방안을 제시할 수 있어야 한다. 두 번째 핵심 개념은 기술적 제품, 시스템, 또는 공정이 적합한 작업 순서(working order)를 지키는 것이 유지가 중요하며, 고장 났을 때 적절한 수리가 필요하다는 것이다. 고장 수리, 검사, 진단은 제품과 시스템을 유지하고 수리하는 데 있어 중요한 과정이다. 문제

해결과정으로써, 고장 수리는 고장 난 시스템의 원인을 알아내는 것을 목표로 한다. 효과적인 고장수리 해결사(troubleshooter)는 문제의 근원에 초점을 맞추면서 다양한 가능한 설명을 체계적으로 제거한다. 이 과정은 단일변인 검사(one-variable testing)라고 알려져 있다.

세 번째 핵심 개념은 기술적 제품, 시스템 또는 과정을 평가할 때, 사람들은 결론을 내리기 전에 정보를 모으고 종합하고 분석해야 한다는 것이다. 이러한 방식으로 하나의 기술을 분석하기 위해, 학생들은 새로운 능력을 습득하도록 격려되어야 한다. 이는 검사, 과거의 경험으로부터의 추론, 가능한 결과의 예상, 시나리오를 모델링 및 개발, 유익성과 위험을 결정하는 것을 포함한다. 이러한 기술들은 학생들로 하여금 제품이나 시스템이 어떻게 개인, 사회, 환경에 영향을 미칠지 평가하는 것을 가능하게 할 것이다. 동시에, 학생들은 기술적 활동이 특정량의 위험뿐만 아니라 상충관계를 필연적으로 수반한다는 것을 깨달아야 한다.

### 유치원-2학년

기술은 주거지, 물리적 안정, 장난감, 옷, 음식을 제공하며 어린 아이들의 삶에 큰 역할을 한다. 어린 아이들은 그들 주변에서 보는 모든 것에 대해 흥미를 가지며 물건들이 어떻게 작동하는지, 왜 그런 방식인지, 어떻게 된 것인지 질문을 한다. 아이들이 다양한 제품들을 분해하고 비교함으로써 그것들의 작동 방식을 발견하고 쓰임과 목적을 더 잘 이해하도록 권장해야 한다.

어린 아이들은 질문을 함으로써 일상적인 제품과 시스템에 대한 정보를 모을 수 있어야 한다. 이러한 질문은 기술의 쓰임에 대하여 결정을 내리는 능력을 개발하고, 그 효과를 평가하거나, 기술적인 문제 분리 및 해결하

기 위해 고장 수리하는 것이 중요하다. 의사결정의 수단으로서 정보 수집의 개념은 학생들이 과학과 수학에서 정보 수집을 배우고 있는 유치원부터 2학년까지의 단계에 도입되어야 한다. 쉽게 관찰 가능한 필요조건(예를 들어, 숫자, 크기, 질감, 무게, 운동)을 사용하면서, 학생들은 다양한 종류의 기술들을 식별하고 분류하고 비교할 것이다.

제품과 시스템을 이용하는 것은 학생들에게 스테플러, 자, 가위, 집쇠(clamp)와 같은 흔한 도구들을 사용하도록 요구한다. 비록 많은 학생들이 이전에 도구들을 사용해 봤겠지만, 그들은 그것들을 정확하게 사용하는 법은 모를지도 모른다. 다른 도구들은 경험이 없을 수 있으며, 이것들의 목적과 효과적이고 안전한 사용법에 대한 주의깊은 소개를 요구할 것이다. 공식적이고 비공식적인 학습활동들과 교사 주도의 시험을 통해, 학생들은 다양한 도구들을 가장 잘, 가장 안전하게 사용하는 방법을 배울 것이다.

상징(symbol)은 효과적인 방식으로 정보와 방향을 소통해 주기 때문에 중요하다. 어린 아이들은 가전기기를 제어하는 아이콘(icon)에서부터 도로의 경고 표시까지 그들 주위 모두에 상징이 있다는 것을 인식해야 한다. 유치원부터 2학년까지의 단계에서, 학생들은 특히 안전을 다루는 정보를 소통하는 상징에 대한 기본적인 인식과 이해를 가져야 한다.

기술적 제품과 시스템을 사용하고 운영하는 방법의 이해를 증명하기 위해, 유치원 2학년 학생들은 다음과 같은 것을 할 수 있어야 한다.

**STEL-8A. 물건들이 어떻게 작동하는지 분석할 수 있어야 한다.** 이는 안전하고 조심스럽게 물건을 분리시켰다가 다시 돌려놓음으로써 행해질 수 있다. 관찰하고,

분석하고, 문서화하는 것이 이 일을 성공적으로 수행하는 데 필수적이다.

**STEL-8B. 일상적인 상징을 식별하고 사용할 수 있어야 한다.** 상징은 기술적 세계에서 의사소통의 수단으로 사용된다. 도로 표시, 장애가 있는 사람들을 위한 상징, 화면의 아이콘이 예시이다.

**STEL-8C. 일상적인 제품의 질을 묘사할 수 있어야 한다.** 기술적 평가나 비판적으로 기술의 효과성을 분석하는 능력은 일찍 지속적으로 도입되어야 하는 기술들이다. 도시락통이 딱딱한가 부드러운가? 철인가 플라스틱인가? 단열처리가 되어 있는가 아닌가? 점심으로 가져올 음식들을 위한 충분한 내부 공간이 있는가?

### 3-5학년

유치원에서 2학년까지 단계에서 배운 지식을 기반으로 하여, 학생들은 제품과 시스템을 사용하는 방법에 대해 더 많이 배울 것이다. 이 수준에서는, 학생들은 기술적 시스템과 부분들 사이의 관계를 더 잘 이해하기 위해 하나의 제품 또는 시스템을 해체하고 분석하며, 그것을 복원시킬 것이다. 이런 활동으로 얻게 된 지식은 그들이 안전하게 다른 제품과 시스템, 과정을 사용하고 수리하는 데 도움을 줄 것이다.

도구를 사용할 많은 기회들을 받은 학생들은 주어진 일을 위한 가장 적합한 도구를 고르는 것에 능숙해져야 한다. 또한 도구들을 사용할 때 안전이 최우선임을 배워야 한다. 학생들이 정보에 접근하고 구성하며 평가하는 것을 도와주는 도구들은 특별한 주목을 받아야 한다.

더하여, 학생들은 다른 환경에서 다양한 상징들을 이해

하고 사용할 수 있어야 한다. 이러한 상징은 사회의 표시(sign)나 컴퓨터의 아이콘을 포함할 수 있다. 교실 활동에서, 학생들은 집, 학교, 사회에서 사용될 수 있는 새로운 상징을 만드는 도전에 직면하게 될 것이다. 그들은 상징의 필요성, 핵심개념을 빠르게 소통하도록 도울 수 있는 방법, 상징은 사람들의 모국어와 상관없이 보편적이라는 점을 이해하기 시작한다.

3-5학년의 학생들은 다수의 관점에서(예를 들어, 개인적, 가족의, 환경의, 경제적인 관점) 기술을 평가하는 기회를 가지게 될 것이다. 기술 분석을 하면서, 학생들은 자립적(self-reliant)이고 독립적인 사고자가 되는 방향으로 나아간다.

더군다나, 기술을 평가하는 법을 배우는 데 있어서, 학생들은 의사결정에 사용되는 데이터 분류와 대비되는 기술을 개발할 것이다. 정보 수집은 기술의 쓰임에 대한 조사와 관찰 그리고 적절한 방식으로 관찰을 기록하는 것을 포함한다. 자료를 어떻게 모으는지 아는 것은 과학적 관찰, 통계적 분석과 필기, 개요작성, 유용한 글쓰기 등의 언어 과목 기술과 같은 학제 간 기술에 접근하고 적용하는 것을 요구한다.

학생들은 어떻게 기술이 개인과 가정, 사회와 환경에 영향을 주는지 탐색해야 한다. 사회를 형성하는 것을 돕는 중요한 사건을 공부할 때, 그들은 기술적 제품, 시스템, 과정의 발전과 미래의 쓰임에 대해 논의하고 배울 기초 작업을 한다. 학생들은 어떤 기술에 있어서든 내포된 상충관계를 따져 보고 인식하며 어떤 이점이 결과보다 중요한 것인지 고려하는 법을 배워야 한다.

기술적 제품과 시스템을 사용하고 유지 관리하는 방법의 이해를 증명하기 위해, 3-5학년 학생들은 다음과 같은 것을 할 수 있어야 한다.

**STEL-8D. 기술적 일을 완수할 수 있도록 지시를 따를 수 있어야 한다.** 기술발달은 보통 안내에 따른 수업(guided instruction)으로 시작하며, 많은 일들은 특정한 단계의 순서를 따르도록 요구한다.

**STEL-8E. 기술적 제품과 시스템에 대한 핵심개념들을 소통할 수 있는 적절한 상징, 수, 단어를 사용할 수 있어야 한다.** 이러한 상징의 대부분은 알파벳, 숫자, 구두점, 상업 로고와 같이 일상적인 삶에서 발견된다. 위험 물질 상징, 경고 표시, 재활용 로고 같이 잘 알려진 상징들도 있다.

**STEL-8F. 왜 제품과 시스템이 제대로 작동하지 않는지 이유를 알아낼 수 있어야 한다.** 기술적 시스템과 제품은 영원히 지속되지 않는다. 이는 초등학생들이 모든 것이 매번 작동할 것이라고 생각할 때, 그들을 불안하게 만들 수 있다. 자전거에서 분리된 체인이 자전거를 어떻게 기능하고 작동하게 하는지 가르쳐 줄 수 있는 시간이 된다. 이 개념은 학생들에게 배우는 데 중요하다. 교사는 왜 기술이 제대로 작동하지 않는지, 무엇이 문제의 논리적인 설명이 될 수 있는지, 문제를 다루기 위한 가장 쉬운 해결책은 무엇인지 알아내기 위해 질문을 할 수 있다.

**STEL-8G. 제품과 시스템을 사용하는 것의 상충관계를 평가하기 위해 정보를 검토할 수 있어야 한다.** 기술을 평가하기 위해, 가격, 기능, 내구성, 보증기간과 같은 정보는 제품과 시스템의 가격, 이익, 상충관계를 평가할 수 있는 장난감, 식품, 게임, 건강 제품, 학용품, 옷과 같은 제품으로부터 수집할 수 있다.

### 6-8학년

중간 학년의 학생들은 다양한 도구들과 기계, 소비재

품, 기술적 시스템을 탐색하고 사용하며 적절하게 운영할 것이다. 학생들은 적절한 안전 절차를 연습하고, 지시나 안전하고 효과적인 작동 환경을 강화하기 위한 다른 규약을 따르는 것을 계속하게 될 것이다. 이 학년에서는, 학생들은 어떤 시스템이 효과적으로 작동하는지 결정하기 위해, 자료를 수집하고 정보를 분석하는 적절한 도구를 사용한다. 문제를 바로 잡는 데 더하여, 학생들은 사전에 대비하고 기술적 제품이 효과적으로 작동하는 것을 유지시켜 줄 적절한 유지보수 계획(maintenance schedule)을 세우는 것을 배우게 될 것이다. 이 수준의 도구는 주로 제품을 설계하고 제작하는 목적으로 사용된다.

이 중간 학년의 수준에서는, 학생들은 더 복잡하고 요구가 많은 기술적 문제에 대한 해결책을 지향하려 노력하게 된다. 예를 들어, 제약들을 이용해 어떤 것을 설계하는 것에는 장치가 작동하지 않는 이유를 판단하는 것보다 다른 문제 해결 과정을 요구한다는 것을 깨달아야 한다.

비효율적이거나 실패한 기술을 다루기 위해, 학생들은 진단, 수리, 유지관리, 보수의 기술을 배울 것이다. 그들은 시스템이 고장 났을 때 문제를 분리시키고, 잘못된 요소나 부품을 검사하며, 그들이 문제를 바로잡을 수 있는지 판단하고, 외부의 도움을 필요로 하는지 결정할 수 있어야 한다.

기술적 시스템과 제품의 제어는 주로 전자적 센서나 기계적 센서로부터 받는 피드백으로 행해진다. 이러한 센서들은 사람들에게 어떤 시스템이 안전한 작동 범위 내에서 움직이고 있는지 알려 줄 수 있다. 센서에 의한 측정에는 온도, 숫자, 거리, 시간 등 다른 요소들을 포함할 수 있다. 제어는 대중교통 장치, 에너지 시스템, 집, 다

른 곳들을 포함하여 다양한 시스템을 통틀어 찾아볼 수 있다.

학생들은 자료를 모으기 위해 기구를 사용할 수 있어야 한다. 그들은 지식을 만들고, 기술에 대하여 현명한 결정을 하며, 기술적 활동의 결과를 평가하고 살펴보기 위해 자료를 수집하고 분석할 것이다. 특허, 저작권, 상표와 같은 지적 재산과 법적 보호에 대한 생각을 접할 수 있다. 비판적 사고와 기술과 관련된 정보 수집을 결합함으로써, 학생들은 제품과 시스템을 효과적으로 감정하고 평가할 수 있게 된다.

기술적 제품과 시스템을 사용하고 운영하는 방법의 이해를 증명하기 위해, 6-8학년 학생들은 다음과 같은 것을 할 수 있어야 한다.

**STEL-8H. 기술적 제품과 시스템을 사용하고 운영하기 위해서 다양한 자원으로부터 정보를 검색할 수 있어야 한다.** 글로 된 정보나 그래픽 정보는 제품을 어떻게 사용하는지 배우고 그것이 어떻게 적절하게 작동하는지 판단하는 데 유용하다. 더하여, 많은 설명서가 제품이나 시스템을 수리하는 방법에 대해 조언을 제공한다.

**STEL-8I. 시스템을 안전하게 진단하고, 조정하고, 수리하기 위해 도구, 재료, 기계를 사용할 수 있어야 한다.** 많은 소비재에는 연방과 주의 법이 안전 정보를 요구한다. 안전 절차는 공식적인 교육과 교사의 설명을 통하여 가르쳐져야 한다. 도구는 학생들에 의해 진단, 조정, 수리를 위해 사용된다. 예를 들어, 컴퓨터 수치 제어 선반에서 절삭공구가 마모되면, 사용하지 않은 절삭공구를 정렬하여 조정할 필요가 있다.

**STEL-8J. 기술적 시스템을 제어하는 장치를 사용할 수 있어야 한다.** 학생들은 로봇 장치, 대체에너지 교통

수단, 다른 기술 등의 기술적 시스템을 제어하기 위해 센서에 익숙해지고 사용할 수 있어야 한다. 많은 기계들은 사용자를 보호하기 위해 여러 가지 형태의 안전장치를 갖추고 있다.

**STEL-8K. 기계적 시스템에 대한 정보 수집 방법을 계획할 수 있어야 한다.** 그 예에는 물이나 공기의 질을 검사하기 위해 설계된 장치, 정확성과 속도와 같은 것을 평가하기 위한 장치, 재료의 힘과 내구성을 분석하기 위한 파괴시험장치 등이 있다.

**STEL-8L. 수집된 정보의 정확성을 해석할 수 있어야 한다.** 어떤 정보가 유용한지 특정한 기준을 만드는 것은 이러한 판단을 내리는 데 중요하다. 때로는 수질 검사와 같이 물리적 측정 장치로부터 정보를 얻는 것처럼, 정확성을 검사하는 것이 쉬울 수도 있다. 반면 집단에 따라 매우 달라질 수 있는 공공의 의견에 평가가 기반을 둘 때, 정확성은 훨씬 판단하기 어렵다.

**STEL-8M. 일상적인 제품의 성능에 대한 정보를 모을 수 있는 기구를 사용할 수 있어야 한다.** 학생들은 더 복잡한 기술 평가 결정을 하기 위한 증거를 사용해야 한다. 예를 들어, 태양광 시스템에서 생산되는 전력을 모니터링하면 학생들은 시스템이 정격 출력으로 작동하는지 확인할 수 있을 것이다.



## 9-12학년

학생들이 고등학교를 졸업할 때쯤, 그들은 기술과 공학 소양에 있어 핵심요소인 다양한 형태의 제품이나 시스템을 사용하고 운영할 수 있어야 한다. 어떤 학생들은 또한 기술 또는 공학에 강한 개인적 흥미나 능력을 발전시킬 것이고, 이 분야의 더 나아간 교육을 추구할 준비가 될 것이다. 학생들은 기술과 공학 제품과 시스템에 대한 자신의 생각을 분명하게 말할 수 있어야 하고 소통할 수 있어야 한다.

학생들은 시스템을 진단하고, 분석하고 운영할 수 있어야 한다. 이러한 능력은 시스템을 양호한 상태와 작동 순서로 유지하는 데 핵심적인 역할을 한다. 학생들은 고장 해결 및 연구개발(R&D)과 더불어 예방적 유지관리 스케줄의 중요성을 이해해야 한다.

다른 학년 수준에서 강조했듯이, 도구와 기계의 안전하고 효과적인 사용은 기술과 공학 소양의 중요한 부분이다. 학생들은 기술적 문제를 해결하는 데 사용될 수 있는 자료와 정보를 수집하고, 살펴보고, 조직하고, 진단하고, 운영하고, 분석하며 평가하기 위해 다양한 도구들을 사용할 많은 기회가 주어져야 한다. 도구의 안전한 사용은 제품의 설계와 제작의 모든 단계에 기대된다. 학생들은 기술적 시스템을 설계하고 제어하기 위해 정보를 종합하고 사용하는 것을 배울 것이다. 정보의 수집과 종합은 잘 아는 기술적 결정을 만드는 데 유용하다. 예를 들어, 제품과 시스템을 사는데 흥미가 있는 사람들은 시장에서 비슷한 제품이 가격이 얼마나 비슷한지, 유용한 유행을 판별할 수 있도록 조사할 것이다.

특정 제품의 시장 점유율은 그것이 경쟁사들보다 더 잘 운영되기 때문에 증가하는가, 아니면 비용이 덜 들기 때문에 증가하는가? 불만사항이 증가하는 제품의 고장은

무엇인가? 일단 정보가 축적되고 평가되면, 제품이나 시스템을 평가하는 마지막 단계는 정보의 사용이 적절한 한지를 결정하는 것이다. 이러한 결정을 내릴 때, 학생들은 기술 개발의 유익성과 위해성, 비용, 한계, 잠재력, 이해상충을 이해하게 된다.

기술적 제품과 시스템을 사용하고 운영하는 방법의 이해를 증명하기 위해, 9-12학년 학생들은 다음과 같은 것을 할 수 있어야 한다.

**STEL-8N. 기술적 제품과 시스템을 사용, 운영, 평가하기 위한 과정과 절차를 소통할 다양한 접근법을 사용할 수 있어야 한다.** 그러한 기술의 예에는 순서도, 그림, 그래픽, 상징, 스프레드시트, 도표, 연표, 웹 페이지 등이 있다. 동료, 교사, 지역사회와 사업 구성원, 지구촌 사회가 관객이 될 수 있다.

**STEL-8O. 시장을 위한 장치나 시스템을 발전시킬 수 있어야 한다.** 정부나 사업, 산업의 이익에 대한 특정한 주제의 조사는 더 많은 정보를 제공해 주고, 많은 경우에 발명과 혁신을 만들기 위해 필요한 정보를 제공해 준다. 조사와 연구개발은 최종 산출을 위한 제품과 시스템을 준비하는 것을 도와 준다. 이 형식의 제품 개발은 다양한 배경을 가진 사람들의 팀으로부터의 지속적인 노력을 요구한다.

**STEL-8P. 정확하고 안전하고 적절한 기능성을 보장하기 위해 시스템을 진단, 통제, 수리할 수 있는 적절한 방법을 적용할 수 있어야 한다.** 많은 소비자에는 연방과 주의 법이 안전 정보를 요구한다. 도구들은 진단, 통제, 수리를 위해 학생들에 의해 사용된다. 작동을 살펴보는 것, 부품을 조정하는 것, 시스템의 규칙적인 운영은 시스템을 좋은 작업 순서로 유지하고 안전을 유지하는 부분이다.

**STEL-8Q. 기술적 제품, 시스템 또는 과정에 대한 결정을 내리기 위해 정보를 종합하고 동향을 분석할 수 있어야 한다.** 연역적 사고와 종합 기술 기법은 이 과정에 도움이 될 수 있다. 학생들은 역사적 사건, 세계적 동향, 경제적 요인을 고려해야 하고, 기술적 발전으로 인해 발생한 위험을 처리하기 위한 방법을 평가하고 고려하여야 한다.

**STEL-8R. 정책 개발을 안내하기 위해 기술 평가의 결과를 해석할 수 있어야 한다.** 법, 규제와 정책은 기술의 발전과 사용을 구체화한다. 학생들은 매우 정교화된 방법으로 어떻게 기술 평가가 정책 개발에 영향을 주는지를 이해하여야 한다.



# 04

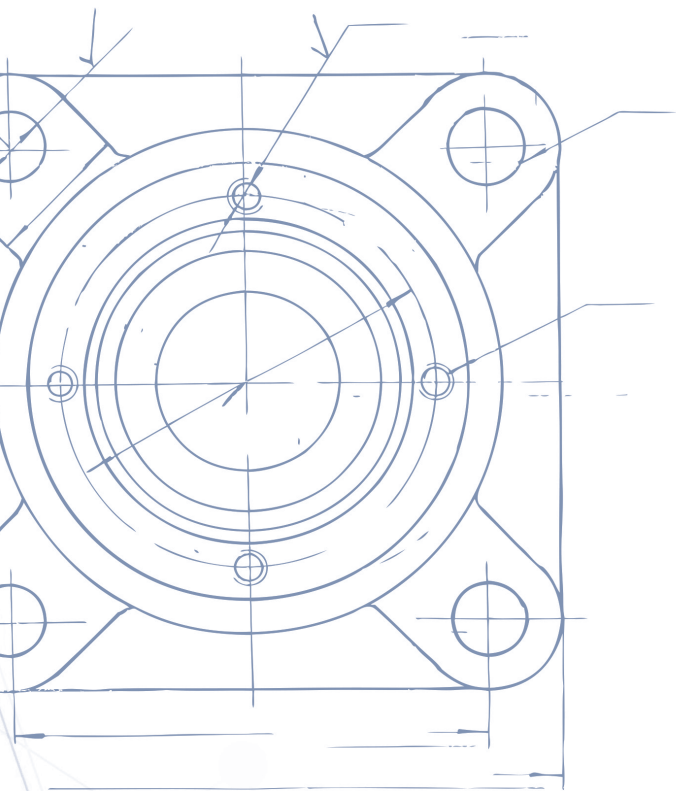
## 기술과 공학 실천

학생들은 기술 및 공학 소양 표준(STEL)의 핵심 표준에 의하여 정의된 지식, 기능, 특성을 배움으로써, 기술 및 공학과 밀접한 행위를 되풀이하며 활용하게 된다. 이러한 행위는 “실천(practices)” “공학 사고 습관(engineering habits of mind)” “21세기 역량(21st Century Skills)” 등으로 불리어진다.

1 Next Generation Science Standards (NGSS Lead States, 2013)  
2 National Academy of Engineering (2019b)  
3 Partnership for 21st Century Skills (2019)

## 기술과 공학 실천

04



기술과 공학 교육의 맥락에서 적용된 기술과 공학 실천은 학생들의 성공에 기본이 되는 능력과 특성을 모두 포괄한다. 기술과 공학의 실천은 인간의 성향과 필요를 충족시키기 위하여 사용되고 있는 인간에 의한 설계된 제품, 서비스, 과정에 학생들이 참여하는 데 도움을 준다. 이러한 참여 활동은 학생들로 하여금 기술의 사용을 능숙하게 하고 설계 및 문제해결 능력을 얻는 데 도움을 줌으로써, 기술과 공학 소양의 중요한 구성요소가 된다.

이러한 실천은 1장에서 제시된 과학, 수학, 그리고 인문학과 연계된 간학문적인 맥락에서 동등하게 중요하다. 이 장에서는 8가지 기술과 공학의 실천을 정의할 것이다.

학년군별 각 실천의 기능을 기술하고, 적용을 위한 원리를 안내하고, 각 실천의 개요와 사례를 제시할 것이다. 8가지 기술과 공학의 실천은 다음과 같이 설명할 수 있다.

**TEP-1. 시스템적 사고**는 모든 기술은 서로 연관된 부품임을, 이러한 기술들은 그것들이 작동하는 환경과 상호작용함을 이해하는 데 적용된다. 또한 시스템적 사고는 투입, 과정, 산출, 피드백의 보편적 시스템 모델(The Universal Systems Model)의 이해를 포함한다.

**TEP-2. 창의성**은 디자인 목적을 포함한 기술의 목적을 성취하기 위한 탐구, 구상, 혁신적 사고와 신체적 기능을 활용한다.

**TEP-3. 만들기와 실천하기**는 다른 학문과 차별화되는 기술과 공학 교육만의 핵심적인 특징이다. 기술 및 공학을 배우는 학생들은 기술적 제품이

나 시스템을 설계하고, 모델링하며, 제작하고, 활용한다. 컴퓨터 소프트웨어, 도구와 기계 사용을 하든지 다른 방법을 사용하든지 간에 기술과 공학을 배우는 학생들은 운동 감각적으로(kinesthetically) 배운다.

**TEP-4. 비판적 사고**는 정보에 기초한 의사결정 과정에서 질문, 논리적 사고, 추론, 정교화를 포함한다. 비판적 사고는 기술과 공학의 많은 하위 분야의 활동의 중요한 요소인 분석적 사고를 포함한다.

**TEP-5. 긍정적 사고**는 실험, 모델링 및 적용을 통해 디자인 문제에 대한 보다 더 나은 해결책을 찾겠다는 신념을 의미한다. 기술적 문제에 대한 해결책을 찾는 과제 집착력뿐만 아니라 모든 문제 도전에서 기회를 찾을 수 있다는 긍정적 시각도 반영한다.

**TEP-6. 협업**은 설계 과제를 수행할 때 팀 구성원과 더불어 문제를 해결하기 위한 관점, 지식, 능력, 의지를 갖는 것을 말한다.

**TEP-7. 소통**은 기술과 공학 교육에서 두 가지 관점에서 고려될 수 있는데, 첫째는 문제를 정의하기 위해 사용자의 필요와 욕구를 이해하는 것이며, 두 번째는 설계 과정에서 의사결정을 구성하고 설명하는 수단으로 사용하는 것이다.

**TEP-8. 윤리에 대한 관심**은 사회에서 인간의 핵심요소이다. 기술과 공학 교육에서 윤리에 대한 관심은 기술 제품, 시스템 및 프로세스가 다른 사람과 환경에 미치는 영향에 초점을 맞추는 것을 의미한다. 학생들은 위험을 평가하고 의사결정에서 균형을 고려해야 한다.

이 8가지 학생 중심 실천은 동등하게 중요하며, 그 중요한 순서를 계층적으로 간주되어서는 안 된다. 이것은 학생들이 핵심 학문 표준을 다른 문맥에 적용하기 위해 지식, 기술, 성향을 개발시킬 수 있도록 해 준다. 이를 위해 교육과정 개발자와 교사는 다음과 같은 지도원칙을 적용해야 한다.

### 기술과 공학의 실천을 가르치기 위한 지도 원칙

모든 학년의 학생들은 이 8가지 기술과 공학 실천을 다양한 맥락에서 사용해야 한다. 이러한 실천은 학습자 개인의 기술 및 공학 소양을 위한 핵심 기능으로 확인되었으며, 하나의 보완적인 방법으로서 교과 표준만큼 중요하다. STEL은 이러한 실천을 어떻게 가르치는 방법을 규정하지 않는다. 오히려 이 실천은 교육과정 개발자와 교사들에게 맡겨진다. 그러나 이러한 것들을 분리된 실천으로 가르쳐서는 안 된다. 다양한 맥락에서 역량의 반복적인 사용은 학생들이 점점 더 유능한 수준으로 향상시키는 데 이러한 실천을 적용할 수 있게 할 것이다.

실천은 학년군(유치원-2학년, 3-5학년, 6-8학년, 9-12학년)에 따라 더욱 복잡해진다. 표 4.1은 학년군별로 8가지 역량에 대한 학생들의 기대 성과 개요를 보여 준다. 이 표는 이러한 실천에 대한 참여가 시간이 지남에 따라 어떻게 증가하는지 알려 준다. 그러나 보다 고학년의 학생들이 이전 학년군의 능력을 성취했다고 가정해서는 안 된다. 마찬가지로, 보다 저학년 학생들은 주어진 기술과 공학 실천에서 더 높은 수준에 기능할 수 있는 경험을 갖게 될 수도 있다. 따라서, 교육과정 개발자

와 교사는 기술과 공학 실천에 관한 학생들의 능력을 측정하기 위해 형성평가 및 총괄평가를 활용해야 한다.

기술과 공학 실천은 연계되기도 하고 중복되는 부분도 있다. 사실, 개별적인 실천을 가르치는 것은 거의 불가능할 것이다. 이 장의 각 역량에 대해 제시된 배경과 사

례는 이러한 8가지 역량들이 어떻게 통합되어 있는지 설명하고, 역량들이 교실 환경에 어떻게 적용될 수 있는지를 설명해 준다.

표 4.1. 학년군별 기술 및 공학 실천의 기대 수준

학년군	TEP-1: 시스템적 사고	TEP-2: 창의성	TEP-3: 만들기 와 실천하기	TEP-4: 비판적 사고	TEP-5: 긍정적 사고	TEP-6: 협업	TEP-7: 의사소통	TEP-8: 윤리에 대한 관심
유치원 - 2학년	인간이 만들어 낸 모든 것들은 서로 연결되어 있다는 것을 학습	인간이 창조한 제품이나 실천 방법 학습	과제를 완성하기 위한 도구와 재료 사용법 학습	경청하기, 질문하기, 토의하기에 참여	보다 나은 기술을 만드는 기술에 대한 방법을 관찰	기술적 제품과 아이디어를 공유하는 학습	인간이 의사소통을 하기 위해 다양한 방법을 사용한다는 것을 학습	기술은 인간과 환경에 영향을 미친다는 것을 학습
3-5학년	어떻게 인간이 만든 제품이 연결되는지의 사례 제공	기존의 아이디어를 개선시키는 전략을 고안하고 새로운 기술을 적용	프로젝트를 수행하기 위하여 학년에 적합한 도구, 재료, 과정을 안전하게 사용	기술적 질문에 어떻게 답하는지를 알기	설계를 개선시키기 위하여 "팅커링"에 참여	설계 중심 프로젝트를 수행하는데 소그룹에서 학습하기	문서 및 구두 의사소통 능력 개발	기술의 긍정적, 부정적 윤리적 딜레마를 설명
6-8학년	기술적 부품이 어떻게 시스템으로 서로 상호작용하는지 보여주는 시스템 모델을 활용	설계 중심의 활동의 맥락에서 원래의 아이디어를 혁신적으로 보여 줌	기술적 제품, 시스템, 과정을 개발하는 안전하고 효과적인 방법을 보여 줌	증거에 기초한 기술적 결정을 설명	개선의 영역을 확인하기 위해 기술적 제품과 시스템을 비평	설계 중심 프로젝트에서 생산적인 팀 워크를 보여 줌	효과적인 기술적 보고서, 그래프, 구두 의사소통 능력을 보여 줌	기술을 통제하는 방법과 그 이유에 대한 이해를 보여 줌
9-12학년	시스템의 복잡한 요소를 고려한 기술적 시스템의 설계와 문제해결 (Troubleshooting)	새로운 아이디어와 심미성을 정교화하고 축적시킴	만들기 및 실천하기의 기능을 개선하고 조정하기 위하여 능력을 보여 줌	컴퓨팅 사고를 적용시키는 것을 포함하여 기술 및 공학 문제를 보다 잘 이해하고 해결하는 데 증거를 활용	기술적 문제를 제시하고 그 문제를 해결방법을 찾는 데 근거를 보여 줌	설계와 문제해결 목표를 달성하기 위하여 학습할 경우 팀 구성원 기술과 능력을 고려하고 수용함	아이디어를 구성적이며 통찰력 있는 방법으로 명확하게 전달. 이는 수학적 물리적 모델링을 통한 문서화 및 구두 의사소통을 포함	기술적 영향 및 결과에 대한 비판적 분석을 통해 기술 제품, 시스템 및 프로세스를 평가

## 기술과 공학 실천 1 (TEP-1): 시스템적 사고

### 개요

기술 및 공학에서 시스템적 사고는 모든 기술이 상호 연결된 구성 요소를 포함하고 이러한 기술이 작동하는 사회 및 자연환경과 상호 작용한다는 사실을 이해하는 것이다. 기술은 단순한 제품 그 이상이다. 여기에는 개발 및 생산에 사용되는 프로세스와 자원은 물론 기술이 사용되는 광범위한 시스템에 대한 활용에 따른 영향도 포함된다. 기술 소양 표준(ITEA/ITEEA, 2000/2002/2007)은 시스템적 사고를 “문제 전체에서 하나의 부분을 바라보고, 각 부분 또는 구성 요소를 연결시키는 큰 그림의 기법으로 정의하였다. 시스템 중심의 사고는 모든 변수를 고려하고 사회적, 기술적 특성과 관련을 맺는다”(p. 242).

국가공학학술원(The National Academy of Engineering(NAE, 2019b))은 시스템적 사고를 “우리의 세계는 서로 다른 많은 시스템들로 구성되어 있다. 이 시스템들은 매우 복잡한 방법으로 서로 연결되어 있다. 이를 해결하거나 실제로 조건을 개선하기 위해서는 공학자는 서로 다른 시스템들이 어떻게 서로 연결되어 있는지를 인지하고 숙고할 수 있는 능력이 필요하다”라고 하였다. 이러한 정의의 공통점은 무엇이며 시스템적 사고가 핵심적인 기술 및 공학 실천으로 제시되는 이유는 무엇일까?

시스템적 사고는 STEM 교육에서 통합자로서의 일련의 간학문적인 학습을 촉진시킬 수 있다. 만약 기술 및 공학 학습자가 단지 기술적 설계의 한 가지 문제에만 관심을 갖거나 제품에 집중한다면, 교실에서 이루어지는

학습이나 활동에서 깊은 이해를 가능하게 하는 시스템적 사고를 통하여 가능한 큰 그림을 그릴 수 없을 것이다. 전체적인(holistic) 문제해결과 접근은 과학적, 수학적, 사회적, 윤리적, 심미적 요인들이 요구되는 시스템적 사고를 통하여 개발되어진다.



시스템적 사고를 촉진하는 유용한 도구는 1980년대 기술교육 교실에서 처음 소개된 보편적 시스템 모델(universal systems model)이다. 구조(투입, 과정, 산출, 피드백)가 믿을 수 없을 정도로 간단하지만, 이 모델은 시스템적 사고의 특징인 기술에 대한 전체론적 조사를 정확하게 기술하고 학생들이 시스템적 사고에 참여하도록 촉발하는 기회를 제공한다. 투입은 기술을 창조하는데 필요한 재료, 비용 및 에너지 자원을 의미한다. 과정은 제품 또는 시스템이 어떻게 만들어졌는지 또는 작동 요구 사항을 조사한다. 산출은 먼저 제품 또는 시스템의 즉각적인 성능을 살펴본 다음 그 사용의 영향(긍정적 및 부정적)을 더 광범위하게 살펴본다. 피드백은 제품 또는 시스템의 프로세스 및 산출을 분석하고 이 분석에서 얻은 통찰력을 제품 또는 시스템의 성능을 향상시키거나 사용자, 사회 및 환경에 대한 부정적인 부작용을 최소화하기 위해 가능한 개선사항으로 전환한다.

시스템적 사고의 목표는 다른 접근법과 비교하였을 때 더 효과적이고, 더 효율적이며, 더 유익한 기술의 문제 해결을 만들어내는 것이다. 시스템적 사고는 기술 개발 및 활용의 모든 단계에서 중요하다.

### 기술과 공학에서의 시스템적 사고의 사례

디자인 도전 과제의 사용은 기술 및 공학 교실에서 시스템적 사고를 장려할 수 있는 중요한 방법 중 하나이다. 제품 수명주기에 초점을 맞춘 디자인 과제에는 어린 이집에서 사용되는 독특한 장난감 개발이 포함될 수 있다. 아이들이 화려한 장난감을 만들려고 하면 더 큰 그림을 보지 못할 수도 있다. 대신에, 기술 및 공학 교사는 학생들에게 핵심 교수요소 및 형성평가요소를 제공할 수 있는데, 이것들은 학생들이 사용자 요구, 기준 및 제약, 생산 프로세스, 아동용 제품의 안전, 윤리 및 보편적 설계요소를 식별하고, 생각하고, 반영하는 데 요구되는 것들이다. 교사가 학생들이 만든 장난감을 세 살 먹은 어린 아이가 직접 사용하도록 수업을 설계함으로써, 학생들은 시스템적 사고를 받아들이고 이해의 깊이를 확장시킬 것이다.

ITEEA의 REACH 도전 과제에서는 중학생, 고등학생, 대학생 팀은 학생들에게 필요한 이동을 돕기 위하여 적용하고 지원하는 기술 문제해결을 설계하고 개발을 요구하였다. 이 프로젝트에 필요한 시스템적 사고는 아래의 것들을 포함한다. 즉 미국 장애인 법령(Americans with Disabilities Act, ADA) 요구조건, 개인 및 그들의 접근성 요구의 수학적 자료(예, 높이, 거리), 선정된 문제해결에 사용되어야 할 재료, 건설 과정, 동력원의 유형, 만약 필요하다면 지원 기술의 지속성, 그리고 다른 요인들 중에서 도움을 받는 개인에게 미친 영향 등에서 필요하다. 시스템적 사고와 비판적 사고를 모두 이끌어

내는 질문을 통해 기술 및 공학 교사는 수집되는 모든 정보와 내린 결정 사이의 연결을 강화할 수 있다.

## 기술과 공학 실천 2 (TEP-2): 창의성

### 개요

일반적으로 창의성은 상상력, “상자 밖에서 생각하기(thinking outside the box)”, 그리고 독특한 아이디어를 떠올리는 것을 의미한다. 기술과 공학에서 창의성은 이러한 측면과 그 이상을 의미한다. 국가공학학술원(National Academy of Engineering, 2019b)은 공학자는 일에서 새로운 패턴을 찾고 새로운 실천 방법을 고안해냄으로써 직업에서 우수성을 발휘하는 사람으로 묘사하였다. 이는 엔지니어가 디자인의 산출물과 시스템을 설계, 모델, 생산, 평가하는 데 필요한 상상력을 발휘하기 때문에 설계 과정에서 가장 중요하다.

Temes(2019)는 공학 창의성을 “기술 진보의 방향을 과감하고 유익하게 바꿀 수 있는 능력 또는 어떤 공학 분야의 발전에 변곡점을 전환할 수 있는 능력”(p. 1223)으로 정의하였다. 비록 공학이 실제적, 재정적 활용에 흔히 제한되기도 하지만, 에디슨의 뉴저지 연구소(Edison’s New Jersey Lab)와 벨 연구소(Bell Laboratories)에서 실시된 순수한 공학 연구는 인간의 필요와 욕구를 충족하기 위하여 새로운 방법으로 창의성과 혁신을 도모한 것이었다.

Warner(2000)는 창의성을 “주어진 문제를 해결하기 위해 주어진 시간에 특정 분야의 참신함, 적절성 및 청중의 수용의 핵심적인 요소가 함께 발생하는 인간의 행위 또는 과정”으로 정의하였다(p. 11).

이 정의는 기술 및 공학 활동의 맥락에서 단순히 독특한 접근 방식을 갖는 것만으로는 충분하지 않음을 시사한다. 문제 해결책은 확인된 요구 사항을 해결하고 최종 사용자에게 만족스러워야 한다. 개방형 문제(Open-ended problems)는 독특하고 목적 지향적이며 다양한 여러 해결책을 창출하는 창의적인 사고를 필요로 한다.

국가교육학회(The National Education Association)의 글로벌 사회를 위해 21세기 학생을 준비하는 “4C”에 대한 교육자 지침서(Preparing 21st Century Students for a Global Society, 2019)에서 모든 교사들은 학생들의 창의성과 혁신의 기술을 개발시키기 위하여 노력하여야 한다고 보고하였다.

이 보고서는 창의성을 다음 세 가지로 정의하였다.

#### 1. 창의적으로 생각하기

- ▶ 브레인스토밍과 같은 창의적 사고기법을 활용한다.
- ▶ 새롭고 가치 있는 아이디어를 만든다.(둘 다 발전적이고 급진적인 개념)
- ▶ 독창적인 아이디어를 정교화, 수정, 분석 및 평가하여 창의적인 노력을 개선하고 극대화한다.

#### 2. 다른 사람들과 창의적으로 일하기

- ▶ 다른 사람들과 효과적으로 새로운 아이디어를 개발하고 적용하고, 소통한다.
- ▶ 새롭고 다양한 관점에 개방적으로 반응한다. 그룹의 의견과 피드백을 작업에 잘 통합시킨다.
- ▶ 공동 작업에서 독창성과 창의성을 보여 주고 새로운 아이디어 채택에 대한 현실적 한계를 이해한다.
- ▶ 실패를 배움의 기회로 본다. 창의성과 혁신은 작은 성공과 빈번한 실수의 장기적이고 순환적인 과정의 일부임을 이해한다.

#### 3. 혁신을 적용하기

▶ 혁신이 일어날 분야에 실질적이고 유용한 기여를 하는 창의적 아이디어를 만든다(NEA, 2019, p. 25).

기술과 공학 교실에서 체험적, 설계 기반의 수업을 사용하는 것은 학생들의 창의력을 키울 수 있는 이상적인 방법이다. 학생들에게 개방형 문제에 대한 해결책을 브레인스토밍할 수 있는 추가 시간을 제공하고 개인 및 팀 아이디어에 대한 의사소통을 장려하는 것은 학생들의 창의력을 키울 수 있는 두 가지 방법이다. 이러한 의사소통은 학생들이 창의적인 설계 과정에 더 깊이 참여하도록 디자인에 대한 생각과 대화에 초점을 맞추어야 한다.

### 기술과 공학에서의 창의성의 사례

비디오 제작에 중점을 둔 고등학교 수준의 과정에서 학생 팀은 공익 광고(PSA)를 제작하기 위한 디자인 과제를 받았다. 유일한 기준은 PSA의 길이가 정확히 60초이고, 비영리 단체에 대하여 대중에게 명확한 메시지를 전달해야 한다는 것이었다. 4명의 학생으로 구성된 팀은 United Way, Habitat for Humanity, Shriners Hospital, Red Cross 등의 목록에서 한 조직을 선택하였다. 이 지역 조직의 마케팅 디렉터는 고등학생들이 만든 무료 60초 PSA를 계약하였다. 학생의 창의성을 장려하기 위해 교사는 독특한 메시지로 유명한 전문적으로 제작된 PSA의 사례를 보여 주었다. 학생들은 1주일 동안 조직에 제시할 아이디어를 브레인스토밍하고 조사하도록 안내받았다. 학생들은 자신의 아이디어에 대한 스토리보드를 준비하고 조직 대표에게 프리젠테이션을 하였다. 학생들은 이 PSA 프로젝트에서 가장 창의적인 부분의 아이디어를 내놓은 다음 라이브 프리젠테이션을 통해 조직의 비전을 소통하였다.

창의성을 가르치는 두 번째 사례는 3학년 STEM 교실이다. 기술 및 공학 교육 교사는 학생들에게 설계 문제를 제시하였다. 여러 가지 재료로 채워진 상자가 주어졌을 때 학생들은 학교 주차장에서 흘러나온 물이 학교 나비 정원으로 흘러 들어가기 전에 세 명씩 소그룹으로 작업하여 학교 주차장에서 흘러나온 물을 걸러내는 장치를 설계해야 한다. 학생들은 주차장과 나비 정원을 방문하여 치수를 재고 자신의 아이디어를 평가하고 시각화하였다. 교사는 그들이 할 수 있는 일에 대해 창의적으로 생각하기 위해 탐색적 질문(probing questions)을 하였다. 교실로 돌아와 팀이 문제에 대한 가능한 해결책을 브레인스토밍할 수 있는 시간이 주어졌다. 학생들은 자신의 아이디어에 대해 공학 일지에 반영하도록 요구받았다. 그 후 학생 팀은 상자의 재료를 사용하여 물을 여과하는 장치를 설계하고 만들었다. 그들의 창조물은 비 예보에 있는 날 주차장의 배수구 근처에 설치되었다. 다음 날, 장비를 해체하고 수집된 파편을 분석하기 위해 교실로 다시 가져 왔다. 이 수업이 끝날 때 학생들에게 다음에 무엇을 다르게 할 것인지 묻는 토론 시간을 갖는 동안 창의성이 향상되었다.



### 기술과 공학 실천 3 (TEP-3): 만들기와 실천하기

#### 개요

만들기 및 실천하기는 기술 및 공학 교실과 같은 교육 환경을 포함하여 많은 공식 및 비공식 학습환경에서 수행되고 있다. 만들기는 무언가를 창조적으로 만드는 행위를 의미하며, 실천하기는 기술적 제품 및 시스템을 설계하고, 만들고, 조작하고, 평가하는 활동과 관련된 체험적 과정의 활용으로 광범위하게 정의한다. 여기에는 모델링, 프로그래밍, 도구 및 장비 사용, 프리젠테이션 자료 작성 등을 포함한 다양한 활동이 포함될 수 있다.

만들고 실천하는 것은 기술 및 공학 교육의 기본적인 학습활동의 요소로 지금도 계속되고 있다. 시간이 지남에 따라 이러한 교육 활동 안에서 만들고 실천하는 학습활동은 산업 기술 개발에 중점을 둔 미리 설계된 제품을 생산하는 것으로부터 개방형 설계 과제(open-ended design perspective)에 기반한 혁신적인 문제해결을 하는 것으로 바뀌었다. 개방형 디자인 과제의 특성으로 인해 학생들은 다양한 접근 방식을 사용하여 문제를 해결할 수 있다. 개방형 디자인 과제는 학생들이 최종 사용자의 요구, 디자인 제한 조건 및 기타 기준에 따라 문제해결을 최적화할 수 있는 기회를 제공한다. 또한 디자인에 대한 개방형 접근 방식을 통해 학생들은 창의적인 문제해결을 개발하고 재료를 사용하고 독특한 방식으로 기술을 실천할 수 있다. 개방형 디자인 관점에서의 전환을 통해 기술 및 공학 교육자는 다른 분야의 교과 내용을 통합하면서 학생들의 고

차원적 사고력 및 설계 능력을 촉진할 수 있다. 또한 이러한 활동은 서로 연결된 STEL의 핵심 개념, 실천, 응용을 적용할 수 있는 다양한 기회를 제공한다.

아이들은 본능적으로 호기심이 많기 때문에 장치의 작동 방식을 이해하거나 작업을 수행하는 새로운 방법을 찾는 데 매료된다. 학생들이 다양한 해결책이 요구되는 개방형 만들기 및 실천하기에 참여할 때, 실제 문제에 접근하는 동안 학생들은 과학자, 기술자 및 공학자가 빈번하게 수행하는 활동과 유사한 과정을 경험한다. 학생들이 참여하는 설계 과정은 평생기술(lifelong skills)의 개발의 관점에서 최종 결과물보다 수행하는 활동이 더 중요하다. 재료와 도구를 적절하게 사용하는 것은 만들기 및 실천하기에 반드시 내재된 활동이다. 학생들에게 만들고 실천하는 동안 안전하게 도구와 장비를 작동하는 방법을 가르치는 것은 학생들에게 자신감을 갖게 하고 자율성과 자립감을 증진시킨다. 또한 도구를 안전하게 사용하고 재료를 적절하게 조작하는 방법을 배우는 것은 과학자, 기술자 및 공학자들이 실제로 수행하는 활동이다(Love, 2017; National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2019; NGSS Lead States, 2013c).

기술 및 공학 교육자들은 도구와 재료의 안전한 사용을 가르치는 데 있어서 독특한 훈련법과 전문지식을 보유하고 있다. 따라서 그들은 STEM 교육에서 만들고 실천하는 데 있어 중심적 역할을 한다.

안전하게 만들고 실천하는 것은 기술 및 공학 교육의 핵심이다. 이것은 다른 학문 영역과 구별되는 기술 및 공학의 특징으로 남아 있다. 또한 모델 제작 및 시제품화 단계 내에서 만들고 실천하는 것은 기술적 설계의 특징이며 기술 및 공학 설계와 기타 설계 과정과의 주

요 차이점이다(Hailey, Erekson, Becker, & Thomas, 2005; Kelley, 2010). 그러나 만들기과 실천하기는 기술 및 공학 교육자들이 학생들에게 지속적으로 발전하도록 가르치는 것을 가능하게 한다. 이러한 학생들의 발전의 명백한 한 가지 예는 제조 응용 분야이다. 전통적으로 이러한 영역에서 만들고 실천하는 작업은 전통 공구와 장비를 안전하게 사용하는 방법을 배우는 것을 포함하고 있다. 교사들은 이후에 학생들에게 컴퓨터 보조 설계를 수행하고 CNC 또는 자동화 장비를 가르친다. CNC 프로그램 기술의 진보와 기술 프로세스의 개선과 함께 전문적인 실천이 발전하는 과정에서 학생들이 새롭게 나타나는 실제적 공학의 실천 지식 습득을 촉진하기 위해서 기술 및 공학 교육이 필요하다.

기술 및 공학의 학습, 설계 및 적용에는 만들기 및 실천하기의 5가지 유형의 모델 활용을 필요로 할 수 있다. 여기에는 아이디어와 구상 형태(form of ideas and concepts)의 개념 모델(conceptual models)이 포함된다. 수량, 정밀도 및 관계를 탐구하는 수학적 모델(mathematical models); 스케치, 그래프 및 차트와 같은 그래픽 모델(graphical models); 질량, 형태 및 기능을 표현하는 물리적 모델(physical models) 및 프로토타입 설계 및 시스템 성능을 시뮬레이션하는 가상 모델(virtual models). 모델링의 광범위한 사용은 오늘날의 유치원부터 고등학교까지의 다른 과목 영역과 차별화되는 기술 및 공학 교육의 또 다른 속성이며 학생들이 이러한 프로그램을 매우 의미 있게 여기는 이유 중 하나이다.

학생들은 이 장에서 확인된 8가지 실천을 만들고 실천하는 맥락에서 모두 사용할 수 있다. 학생들은 부품을 설계하거나 만들 때 시스템적 사고(TEP-1)를 수행한다. 창의성(TEP-2)과 비판적 사고 능력(TEP-4)을 사용하



여 학생들은 상황이나 문제의 요구 사항을 분석하고 상황을 해결하기 위한 문제해결을 윤리적으로 설계할 수 있는 방법을 고려한다(TEP-8). 학생들은 어린 나이에 다른 사람들과 공동 작업(TEP-5)을 하고 자신의 전문성과 관점을 통합할 때 자신의 설계가 종종 향상시킬 수 있다는 것을(실천 5) 깨달을 수 있다.

학생들이 성공적이라고 생각하는 경우는 그들이 교실과 사회에서 수행 능력의 자신감을 얻을 때이다. 학생들이 성공적인 문제해결자로 가능성을 인지하는 경우, 학생들은 사회적 요구를 충족시키는 해결책을 확인하기 위한 책무성을 개발하기 시작한다.

### 기술과 공학에서의 만들기와 실천하기의 사례

GoBabyGo Style은 ITEEA의 Dream Ride 교육과정과 중학교 및 고등학교 수준의 TSA(Technology Student Association) 활동에서 발견되는 STEM 프로젝트이다. GoBabyGo Style은 기술 및 공학 학생들이 이동이 필요한 어린 아이들을 위해 승차가 가능한 개조된 자동차를 만드는 활동을 포함한다. 학생 팀은 도서관, 어린이집 또는 기타 공유 공간에서 사용할 차량을 설계하고 제작하거나 어린이 개인을 위해 맞춤 제작된 더 복잡한 차량을 선택할 수 있다. 보조 공학(assistive technology) 기술의 한 형태로 이 자동차는 실시간 실제 문제해결에 중점을 두는 학생들에게 적합하다. 이러한 설계를 안전한 완제품으로 개발하는 과정을 통해, 기술 및 공학 학생들은 문제해결을 위해 이론적으로만 접근하는 다른 학생과는 구별된다. GoBabyGo Style은 다양한 요구 사항, 인간 공학 및 기술적 구성 요소에 대한 학생들과는 이해도를 높일 수 있는 체험 및 사고 기반의 프로젝트이다.

20세기 산업 공예 교과(industrial arts) 시대에 흔히 볼 수 있었던 전통적인 활동은 새집을 만드는 것이다. 학생들은 프로젝트 중심 학습과 같은 동일한 결과물을 만드는 설계 도면 대로의 처방적(prescriptive) 지시 활동을 하였다. 이러한 활동은 만들고 실천하는 포괄적인 활동을 하지만, 비판적 설계 사고에는 소홀했다. 이 프로젝트를 설계 기반 관점에서 접근할 때, 이 프로젝트는 다른 교과 지식과 통합하고, 고등 사고능력을 증진시키고, 설계에 도움을 주는 중요한 맥락적 정보를 고찰하는 것으로 문제 중심 학습이라고 볼 수 있다. 학생들로 구성된 팀은 해당 지역의 새의 특성을 연구하고, 특히 이 새가 선호하는 서식지에 대해 학습한다. 이 정보를 바탕으로 그들의 도전은 선택한 새의 환경 및 생물학적 특성을 다루는 특정 크기의 제한 내에서 새집을 설계하는 것이다. 해결책을 완성하려면 학생들은 설계의 주요 기능, 선택한 조류 종의 요구 사항을 충족하는 방법, 그리고 설계의 환경적 이점 등의 핵심적 특징을 고려해야 한다. 학생들은 성공적인 기술 해결책에 새를 포함한 최종 사용자의 필요와 욕구가 고려되어야 한다는 사실을 명심해야 한다.

학생들이 손과 전동 도구를 사용하여 서식지를 만들도록 하는 대신 3D 디자인 소프트웨어를 사용하여 가상 모델을 도출하고 컴퓨터 수치 제어(CNC) 장비를 사용하여 이를 제조하기 위한 코드를 작성할 수 있다. 더 도전적인 학생들을 위해 그들은 청소를 위해 분해할 수 있는 맞춤 구멍(tab) 또는 기타 기능을 갖도록 서식지를 설계하도록 요구받을 수 있다. 학생들은 피드백을 제공하거나 서식지를 사용하는 새에 대한 데이터를 수집하도록 프로그래밍된 마이크로 컨트롤러 센서를 추가할 수도 있다. 마지막으로 조류 품종, 서식지 요구 사항 및 이러한 요구 사항을 해결하는 새집 디자인의 특징에 대

한 정보를 전달하는 포스터를 디자인할 수도 있다. 이러한 확장된 사례는 1950년에 미리 설계된 새집 프로젝트와 유사한 결과물이 될 수 있지만, 만들기 및 실천하기를 가르치는 데 사용된 프로세스가 학생들이 참여하는 사고의 수준과 학제 간 통합 정도에서 결정적 역할을 한다는 것을 보여 준다.

또 다른 예는 일부 STEM 강의실에서 인기 있는 골판지 의자 디자인(cardboard chair design) 과제이다. 과거에 학생들은 종종 미리 설계된 계획으로 가구를 만들었다. 골판지 의자 디자인 과제에서 학생들은 평균 크기의 어린이나 성인이 사용하기 위해 최소한의 골판지를 사용하는 매력적인 의자를 디자인해야 한다. 의자를 지탱하는 데 사용할 수 있는 유일한 재료는 판지이다. 학생들은 구조 설계, 재료의 속성, 미학, 인체 공학 등과 관련된 개념을 조사하고 적용해야 한다. 이러한 개방형 접근 방식을 채택하는 과정에서 학생들은 저비용의 효율적인 재료를 사용하고, 고차원적인 설계 사고 능력을 사용하고, 더 많은 STEM 개념을 만들기 및 실천하기 활동에 통합한다.



## 기술과 공학 실천 4 (TEP-4): 비판적 사고

### 개요

모든 사람이 비판적 사고 능력을 개발하도록 하는 것이 그 어느 때보다 중요하다. 집에서든 직장에서도 사람들은 정보에 입각한 결정을 내리기 위해 증거와 주장을 비교하고 평가할 수 있어야 한다. 이것은 정보의 가치와 정확성을 판단하고 도출된 결론의 합리성을 평가하는 것을 수반한다. 21세기 직장에서 고용주는 중요한 질문과 문제에 대해 체계적으로 생각하고, 데이터와 정보를 수집 및 분석하고, 현장 표준을 준수하고, 의사 결정에 적응할 수 있고, 복잡한 상황에 접근 방식을 효과적으로 소통할 수 있는 직원을 고용하기를 원한다. 비판적 사고는 가정과 직장에서 행동을 구조화하고, 수행하고, 평가하는 보다 더 나은 방법을 개발하는 데 유용하다.

교육에서 학생들의 비판적 사고는 주로 수업의 전 과정에 걸쳐 비판적 사고의 질문을 사용함으로써 개발을 촉진시킬 수 있다. 교사는 개방성과 탐구의 분위기에서 보다 긴 시간과 구체적인 토론으로 이어지는 생각을 자극하는 질문(thought-provoking questions)을 해야 한다. 질적인 대화는 실제적(authentic) 질문을 하는 전략이며, 학생들은 잘 추론된 단어와 완전히 명확한 설명으로 응답해야 한다. 이러한 유형의 대화는 상황과 해결책을 조사할 때 학생 동료 그룹 내에서도 장려될 수 있다. 비판적 사고의 실천은 거의 모든 교과의 교실 환경에서 촉진된다. 언어 교과에서 이것은 문학 작품의 가능한 의미를 탐구하는 것에서 볼 수 있다. 컴퓨터 과학 분야와 가장 자주 관련되는 컴퓨팅 사고는 컴퓨터 소프트웨어를 포함한 문제 및 설계 시스템을 해결하기 위해 비

판적 사고와 정보에 입각한 추론을 사용하는 것을 말한다. 교과 상황과 관계 없이 비판적 사고에는 분석, 평가 및 종합과 같은 고등 사고력 기술의 사용이 포함된다.

기술 및 공학 교실에서 교사는 사고가 풍부한 프로젝트 선택을 통해 학생의 비판적 사고 능력을 향상시킬 수 있다. 가장 효과적인 유형의 프로젝트는 해결해야 할 실제적이고, 잘 구조화되지 않은/개방적 문제(ill-defined/open problems)를 해결하는 디자인 기반 학습에 중점을 둔다. 학생들은 대안적인 해결책을 찾기 위해 체계적으로 노력하고, 문제와 해결책을 비판적으로 검토하고, 예비 해결책의 결과를 분석하고, 해결책을 발표하고 방어할 때 질문에 답할 준비를 해야 한다. 기술 문제에 대한 학생 토론은 기술의 영향에 대한 사려 깊은 토론을 촉발시킬 수 있다. 사례 연구(case studies)를 사용하면 학생들이 더 깊은 학습과 이해를 얻을 수 있다. 신중한 질문 제기를 통해 학생들은 수렴적 질문을 사용하여 알고 있는 것에서부터 확산적 질문을 사용하여 알아야 할 필요가 있는 것으로 전환할 수 있다.

### 기술과 공학에서의 비판적 사고의 사례

8학년 기술 및 공학 교실에서 교사는 자율주행 자동차의 기술적 영향에 대한 토의를 시작하였다. 비판적 사고를 촉진하는 질문은 토의 도입단계에서 학생들에게 주어졌고, 개인과 팀은 토론을 하고 정리하였다. 여기에 몇 가지 비판적 사고를 촉진하는 질문은 다음과 같다.

- ▶ 자율주행 자동차 사용으로 인해 일상적인 활동에 어떤 영향이 있는가?
- ▶ 자율주행 자동차가 특정 시점에서 일반화된다고 생각하는 이유는 무엇인가?

▶ 무인 자동차가 일반화된다면, 운전자가 운전하는 자동차의 제조를 중단한다면 기존의 제조업체에 어떤 영향을 미치는가?

▶ 자율주행 자동차가 구현되려면 어떤 발명이 필요한가?

▶ 제조에 미치는 영향은 무엇인가? 결과적으로 자동차의 모양이 어떻게 바뀔 것인가?

▶ 도로와 보행자가 보다 안전해지는 방법은 무엇인가?

학생들은 자신의 비판적 사고 질문을 개발하도록 요청받는다. 이 토론은 학생들이 장애물 코스를 통과하도록 자율주행 차량을 프로그래밍하는 활동으로 이어진다. 테스트 후에 그들은 성공적으로 차량을 프로그래밍할 때 직면한 문제를 평가하고 이러한 관찰이 자율주행 자동차 제작에 어떻게 적용될 수 있는지 논의할 수 있다.

고등학교 수준의 두 번째 사례는 기술 및 공학 교사가 기술의 기초(foundations of technology) 수업 학생들에게 유명한 기술 발명이 역할을 맡도록 요청하는 것이다. 학생들은 그가 맡은 발명가의 삶과 일의 상황, 그들이 직면한 특별한 장애물, 그들의 발명이 사회에 미치는 영향을 조사해야 한다. 학생들은 캐릭터 인물 발표 도중과 후에 수업에서 묻는 비판적 사고 질문 목록과 함께 수업을 위한 프리젠테이션을 준비할 수 있다.

세 번째 사례는 고등학교 정보 보안 수업의 교사가 은행의 컴퓨터 시스템이 해킹된 시나리오를 제시한다. 학생들은 해킹이 어떻게 이루어졌는지, 전자 침입을 막는 방법, 은행 시스템을 다시 작동시키는 방법을 결정하기 위하여 컴퓨팅 사고를 사용해야 한다. 교사는 수업 소개 및 교사 시범 중에 질문을 함으로써 이 프로젝트를 시작한다. 학생들은 그들의 문제해결을 도움을 얻기 위해 소규모 팀에서 서로 비판적으로 생각하는 질문을

하는 방법을 배운다. 교사는 교실을 돌아다니며 소그룹 토론에 귀를 기울인다. 교사는 비판적 사고 질문을 요구함으로써 루브릭을 사용하여 확인된 학생들의 참여를 부분적으로 평가한다. 학생들이 프로그래밍을 통해 대책을 쓰기 시작하면 비판적 사고와 토론이 긍정적인 해결책으로 이어져야 한다. 프로젝트가 완료된 후 교사는 팀이 개선할 사항을 포함하여 그들의 문제해결책에 대해 비판적으로 생각하는 질문을 한다.

### 기술과 공학 실천 5 (TEP-5): 긍정적 사고

#### 개요

미국공학학술원(National Academy of Engineering, NAE, 2010)은 긍정적 사고를 6가지 공학 마음가짐 중 하나로 정의하고 이를 “모든 도전에서 가능성과 기회를 찾을 수 있는 세계관과 모든 기술을 개선할 수 있다는 이해”로 정의하였다(45쪽). NAE (2019b)에 따르면 “엔지니어는 일반적으로 모든 것이 항상 개선될 수 있다고 믿는다. 아직 시도하지 않았다고 해서 안 된다는 뜻은 아니다. 좋은 아이디어는 어느 곳에서나 나올 수 있으며 공학은 모든 사람이 새롭거나 다른 것을 설계할 수 있다는 전제를 기반으로 한다.”(5절). 비슷한 맥락에서 영국의 왕립공학학술원(Royal Academy of Engineering, 2014)은 개선(improving)을 “실험, 설계, 스케치, 추론, 시제품화 등을 통하여 끊임없이 향상시키려는 시도를 수행하는 공학 마음가짐”(p. 50)으로 확인하였다. 개선은 기술 및 공학 활동의 핵심이라고 할 수 있다. 이 실천은 기술 제품 및 시스템의 성공적인 개발에 선행하는 독창성과 실천 노하우(ingenuity and knowhow)를 구현하기 때문이다. 또한 개선은 모든 기

술의 창조와 최적의 해결책을 추구하는 필요에 내재하는 절충과정(trade-off)에 기인한다. 기술 및 공학 교실에서 긍정적 사고주의에 대한 보다 미묘한 관점은 성공을 바라는 학생들의 동기를 직접적으로 자극한다는 것이다. 기술 및 공학 설계 과제는 만족스러운 해결책을 얻기 위해서는 헌신과 집중이 필요하다. 이것은 학생들이 문제나 도전에 대해 계속 연구하기 위해 끈기 또는 “기개(GRIT)”를 보일 때 성취된다.



세상을 더 나은 곳으로 만들기 위해 기술과 공학의 능력에 대해 긍정적인 태도를 갖는 바람은 비판적 사고(TEP-4)와 윤리에 대한 관심(TEP-8)으로 강화되어야 한다. 기술과 공학을 통해 세상을 개선할 수 있다는 믿음은 기술적 활동의 전체론적 접근 방식으로 시스템적 사고(TEP-1)의 중요성을 보여 주는 것으로서, 비판적 분석을 억누르지 말아야 하며, 기술 및 공학의 역할에 대한 대해 제한적이거나 단순한 생각을 갖지 않도록 해야 한다.

기술 및 공학 실천으로서의 긍정적 사고(또는 개선)는 학생들의 문제해결의 구체적 과정과 활용 결과를 포함

하여 이전의 발명 및 혁신에 대한 인식을 통해 학생들에게 개발될 수 있다. 개방형 디자인 과제를 수행하는 학생들은 초기 아이디어에 초점을 맞추기보다는 설계 해결책의 개선사항을 확인하기 위해 더 깊이 탐구하도록 격려할 수 있다. 교사는 수업의 핵심단계에서 학생들이 과제를 성공적으로 완료할 수 있도록 학생들을 지원, 교수, 멘토링을 통한 촉진적 활동으로 자신감을 키울 수 있도록 도와 줄 수 있다. 학생들은 어떤 전략이 성공적이었는지, 문제를 해결하는 데 어떤 장벽이 있었는지 명확히 하는 데 도움이 되는 방식으로 자신의 작업에 대해 성찰하도록 격려될 수 있다. 이러한 유형의 메타 인지활동은 사고자와 학습자로서 자신의 능력에 대한 비판적 인식을 구축하는 데 도움이 된다.

### 기술과 공학에서의 긍정적 사고의 사례

중학교 기술 교육 수업에서 교사는 긍정적 사고과 끈기를 나타낼 수 있는 여러 기회를 제공하는 프로젝트를 제시한다. 3개의 학생 팀은 전기를 사용하지 않고 물 손실을 방지하는 도시 농업 시스템을 개발하기 위한 개방형 문제(open-ended problem)를 받았다. 각 팀은 옥상 농장에 대한 아이디어와 가능 해결책을 브레인스토밍 한다. 학생들이 디자인 단계를 거의 완료할 즈음에 교사는 자신들이 낸 아이디어를 개발하지 말고, 다른 그룹에서 나온 아이디어를 발전시켜야 한다고 발표한다. 교사는 이 새로운 문제를 기회로 접근하는 수업 모델을 사용한 것이다. 개발 단계 후 학생 팀은 다른 그룹의 개발 계획을 사용하여 모형만들기로 농업 시스템을 구축하도록 안내한다. 긍정적 사고과 끈기의 중요성에 대한 메시지를 집으로 옮기기 위해 교사는 마무리 단계에서 공개토론을 통해 학습 과정에 대한 학생의 성찰을 요청한다. 이 중학교 프로젝트는

MIT(Massachusetts Institute of Technology)에서 개발되었다.

두 번째 사례로 고등학교 수준의 활동은 STEM 개념을 설명하거나 분석하기 위한 과학적 시각화 사용에 중점을 둔다. STEM 과정의 선택을 시작하는 단계에서, 학생들의 선택은 자신들은 물론 대상 사용자(고객) 타당성을 인정받아야 한다. 한 가지 예로 학생은 터빈이 움직이는 물이나 바람을 전기로 변환하는 방법을 중학생에게 보여 주기 위해 기계 에너지를 터빈 내에서 전기 에너지로 변환하는 과정을 선택한다. 학생은 이 변환 프로세스를 조사하고 시각화를 만드는 데 사용할 수 있는 컴퓨터 하드웨어 및 소프트웨어 도구에 대해서도 배워야 한다. 성공적인 제품을 얻으려면 색상, 움직임, 전망 및 기타 속성을 고려해야 한다. 동료나 궁극적으로 고객이 될 수 있는 다른 학생을 대상으로 테스트를 함으로써 효과적인 시각화가 이루어질 때까지 프로젝트를 계속 개선할 것이다.

## 기술과 공학 실천 6 (TEP-6): 협업

### 개요

협업이란 목표를 달성하기 위해 한 명 이상의 사람과 함께 일하는 것이다. 인생을 살아가면서, 우리는 평범하거나 때론 더 어려운 서로 다른 도전들에 직면한다. 때때로 우리는 이러한 문제를 스스로 해결할 수 있는 적절한 준비가 되어 있지 않다는 것을 깨달을지도 모른다. 우리는 다른 사람의 도움이 필요하다는 것을 알고 있다. 다른 상황에서는 만족스러운 결과를 얻기 위해 여러 복합적 관점이 필요하다는 것을 인식하기에 다른

분야의 지식이나 전문기술을 제공할 수 있는 협력자와 함께 문제를 테이블에 놓고 해결책을 구하게 된다.

예를 들어 STEM 4 : 변화를 위한 협업의 힘(The Power of Collaboration for Change) 보고서(Advance CTE et al., 2018)를 살펴보자. 영향력 있는 대기업인 텍사스 인스트루먼트(Texas Instruments)는 미국이 STEM에서 “학생들이 대학 전공 또는 직업을 준비하는데 부족”하다고 우려했다(Advance CTE et al., 2018, p. 1). 이 회사는 STEM 리더를 모아 그들과 협력하여 “국가가 아동을 지원하고 기회 격차를 해소하고 체계적인 불평등을 해결하기 위해 STEM 정책 및 실행의 체계적인 변화의 필요성”을 설명하는 보고서를 작성하였다(p. 6). STEM4 보고서의 결과물은 Advance CTE, 주수학감독 협회, 주과학장학위원회, ITEEA(국제기술 및 공학교육 자협회) 및 텍사스 인스트루먼트 간의 협력을 통해서만 가능하였다. 이러한 협력 노력이 없었다면 STEM 4 문서에 있는 중요한 지침은 존재하지 않을 것이다.

협업은 배움으로 얻어질 수 있는 능력 중 하나이다. 교육자들은 “협업은 우리의 시민과 노동력 생활에서 일의 성취와 밀접하게 관련되어 있기 때문에 우리 교실에서 필수적인 역량”(NEA, 2019, p. 19)이라는 사실을 이해한다. 학교에 들어가기 전에 학생들은 그룹 환경에서 협력할 기회가 거의 없을 수 있다. 과제는 학생들이 다른 사람의 의견에 동의하지 않더라도 그 의견은 가치 있게 고려해야 한다는 사실을 학생들이 이해하도록 하는 것이다. 협업 및 팀워크는 팀 구성원의 관점, 배경 지식, 기술 및 성향을 활용하여 작업을 수행한다. 그 결과, 더 많은 아이디어가 테이블에 제공되고 더 많은 비판적 분석을 수행할 수 있어 디자인 및 기타 활동의 성공 가능성에 기여한다.

기술 및 공학 교실과 실험실은 학생들이 설계 문제를 해결하기 위해 함께 일할 수 있는 독특한 기회를 제공한다. 실제 문제를 해결하기 위하여 체험적 활동을 완료하는 하는 것은 기술 및 공학 교육의 초석이다. 협업 팀에서 작업하는 것은 기술 및 공학 교육에서도 일반적이지만 확장할 수도 있다. 특히 제한된 프로젝트 협업 경험이 있는 학생은 모든 관점을 고려하고 작업 부하를 균등하게 분배하며 팀 구성원이 그룹에 대한 책무를 개발할 수 있도록 그룹 활동을 구성하는 방법에 대한 지침으로부터 혜택을 누린다. 팀 구성원을 확대하여 다른 학급의 학생들을 포함시키는 전략으로 다른 교과 의 문제를 가져 오으로써 협업 노력을 강화할 수도 있다. 원격회의 도구는 또한 교실의 물리적 경계가 무엇인지 다시 생각하게 하고, 다른 지역 및 국가의 공동 작업자를 끌어들이 수 있는 가능성을 가져 왔다.

### 기술과 공학에서의 협업의 사례

협업 활동의 사례는 학생들이 서로 의사소통하게 하여 그룹의 역동성(group dynamics)을 배우고 팀으로 일하는 방법을 보여 준다. 의사소통 활동에 집중하는 동안 유치원-2학년 수준의 학생들은 팀 환경에서 의사소통을 위한 전략을 배울 수 있다. 팀에서 일하는 것이 이 어린 학생들에게 아주 새로운 일이 될 수 있다는 것을 깨닫고, 문제는 학생들이 팀원으로서의 역할을 이해하도록 돕는 것이다. 활동은 학생들에게 간단한 기술적 문제를 해결하기 위해 서로 의사소통하도록 요청하는 것처럼 간단할 수 있다. 그런 다음 각 팀은 문제에 대해 토론하고 문제를 해결하기 위해 어떻게 협력했는지 학급에 발표한다.

고등학교 고급 기술의 활용(Advanced Applications in Technology) 수업은 근처에 있는 테마파크 재건축에

관한 것이다. 이 테마파크는 원래의 구조를 해체하고 그 자리에 새로운 롤러코스터를 설치할 계획을 발표하였다. 기술 및 공학 교사는 이 기회를 이용하여 지역 놀이 공원에 적합한 테마를 기반으로 모델 롤러코스터의 주요 섹션을 설계하고 구축하는 소규모 그룹을 배정하여 새로운 디자인 프로젝트를 만들었다. 프로젝트에 참여한 실제 엔지니어가 강의실을 방문하여 롤러코스터 설계에 포함시켜야 할 내용이 무엇인지를 프리젠테이션 하였다. 학생들은 금광 지역, 작은 서부 마을을 통과하는 마지막 코스터의 섹션과 호피 부족 메사위를 지나 트랙의 가장 높은 지점이 있는 와일드 웨스트 테마인 롤러코스터를 생각해냈다. 팀은 유연한 축소한 모형 철도 트랙과 맞춤형으로 설계된 코스터 자동차를 사용하여 모델 롤러 코스터를 만들기 위해 협력하였다. 프로젝트가 완료될 즈음에 테마파크 엔지니어가 다시 초대되어 학생들의 프로젝트를 토의하고 평가하였다.

## 기술과 공학의 실천 7 (TEP-7): 의사소통

### 개요

의사소통은 우리가 매일 경험하고 실천하는 활동이다. 사람들은 사회에서 정상적으로 생활하기 위해 자신의 생각과 아이디어를 적절히 표현해야 한다. 정보를 받아들이고 처리하고 다른 사람에게 정보를 전달하기 위해서는 복잡한 의사소통과 사회적 기술을 지녀야 한다. 미국공학학술원(National Academy of Engineering)은 공학 설계의 맥락에서 “의사소통은 효과적인 협업, ‘고객’의 특정 요구사항을 이해하고 최종 설계 해결책을 설명하고 정당화하는 데 필수적이다”라고 밝히고 있다 (NAE, 2009). 의사소통은 사람들이 정보를 제공하고,

교육하고, 설득하고, 제어하고, 관리하고, 즐기는 데 사용하는 과정이다. 분명히, 학생들은 학교와 미래의 직업에서 성공하기 위해서는 좋은 의사소통 기술이 필요하다. 오늘날 학생들은 인류 역사상 그 어느 때보다 많은 의사소통을 처리하고 분석해야 한다. 그들은 어떤 정보가 정확하고, 어떤 내용이 중요하며, 어떤 유형의 반응이 필요한지 결정해야 한다. 다른 사람으로부터 정보를 받고 이해하는 것 외에도 학생들은 자신의 생각과 아이디어를 공개적으로 발표하고 명확하게 전달하는데 필요한 기술을 개발해야 한다.



우리는 태어나면서부터 의사소통하는 법을 배운다. 의사소통 기술은 경험과 반복을 통해 개발된다. 학생들은 정규 학교에 들어가기 전에 가족 및 친구와 상호작용하여 의사소통하는 방법을 배운다. 교육 환경에서 교사는 교실에서 새로운 경험을 제공한다. 아마도 초등학교에 입학하는 것은 어린이가 다양하거나 익숙하지 않은 환경에서 의사소통을 해야 하는 첫 번째 경험일 수 있다. 학교에서 의사소통의 목표는 학생들이 교사의 메시지

를 받고 처리한 다음 관련 정보를 자신과 자신의 삶, 다른 사람의 삶에 적용하는 것이다. 학생들은 주의를 기울이고 전달되는 내용의 의미를 받아들이고 이해하는 법을 배워야 한다.

기술 및 공학 학생들은 교실과 실험실에서 문제해결 활동을 경험한다. 이러한 활동에는 다른 사람들과 자주 협력해야 한다. 개별 문제해결 기술을 개발하는 것 외에도 학생들은 자신의 아이디어 및 문제해결에 사용한 해결책을 의사소통 하는 법을 배워야 한다. 팀 활동을 하는 동안 각 학생은 다른 학생들의 말을 듣고, 언어, 그림 또는 모델을 통해 자신의 생각과 관점을 표현한 다음, 공유된 정보에 대해 토론하여 문제나 쟁점을 해결해야 한다. 종종 학생들은 기술보고서, 음성 프리젠테이션, 그림 또는 모델을 통해 또는 다른 수단을 통해 자신의 작업을 설명하기 위한 공식 프리젠테이션을 준비해야 한다.

## 기술과 공학에서의 의사소통의 사례

디즈니 토이 스토리(Toy Story) 영화를 기반으로 한 초등학교 설계 과제에서 학생들은 장난감이 모험을 마치고 집으로 돌아가는 데 도움이 되는 장치를 설계해야 한다. 다양한 재료와 도구가 주어지면 학생 팀은 장난감을 장난감 선반으로 안전하게 운반할 수 있는 장치를 설계하고 제작한다. 학생들은 활동 후에 자신이 팀 내에서 어떤 의사소통 형태와 의사결정 방법(합의, 다수결 또는 가장 큰 목소리 등)을 사용했는지에 대해 생각한다. 초등학교 수준의 소그룹 작업에서 의사소통 형태를 소개하면 학생들이 중학교 이상으로 진학함에 따라 더 나은 의사소통 기술을 개발할 수 있다.

고등학생이 의사소통 능력을 개발할 수 있도록 고안

된 두 번째 활동은 기술학생협회(TSA, Technology Student Association) 준비 프리젠테이션 경쟁 대회 (TSA, n.d.)이다. 학생들은 청중에게 정보를 발표하는 것은 종종 사실과 생각을 의사소통하는 것에 사용된다는 것을 배운다. 학생들은 올해의 기술학생협회 컨퍼런스 주제에 따라 멀티미디어를 포함하는 구두 프리젠테이션을 준비하고 발표한다. 각 학생은 처음 개요에서의 관심을 끌고 매력 있는 발표에 특별한 주의를 기울인다. 프리젠테이션은 명확하고 순차적으로 구성되어야 한다. 학생들의 무대 매너(외모, 평정, 자세, 태도, 성격, 자신감)가 평가된다. 학생들은 적절한 문법, 발음, 명료한 발음, 목소리의 명확성을 보여 주어야 한다. 학생들은 제시된 정보를 종합하여 결론을 내린다. 모든 학생들이 프리젠테이션을 마치면 교실 토론이 시작된다. 토론은 아래의 것들에 초점을 맞추어 진행될 수 있다: 정보를 수집, 분류, 조직하는 데 발생하는 문제; 어떤 그래픽 원칙이 정보 전달에 가장 효과적인지; 청중 앞에서 발표할 때 수줍음을 극복하는 전략; 좋은 발표자가 되는 것이 중요한 이유 등

## 기술과 공학의 실천 8 (TEP-8): 윤리적 관심

### 개요

윤리 교육은 가정, 놀이터, 어린이집 및 기타 장소에서 어린 아이들로부터 시작된다. 장난감을 함께 가지고 놀고, 다른 사람에게 공손하게 말하고, 옳고 그름의 차이를 아는 간단한 수업이 어린이들에게 제공된다. 또한 아이들은 규칙을 어길 경우 그 책임의 결과가 있음을 알게 된다. 이러한 교훈과 훈계는 초등학교 이후에도 계속된다. 중, 고등학교 학생들에게는 이러한 윤리

적 훈계가 다소 저항이 있을 수 있지만, 사회는 모든 시민이 타인에 대한 결정과 대우에 윤리적이라는 기대에 의존해야 한다는 생각이 안정된 사회의 기초이다. 어떤 문화권에서는 윤리 의식이 다른 문화권보다 강할 수 있다. 예를 들어, 일본에서는 지갑을 습득하면 일반적으로 소유자에게 돌려주기 위해 경찰에 가져다 준다. 다른 문화권에서는 이런 일이 일어나지 않을 수도 있다.

교사는 학생들이 소그룹에서 효과적으로 일하는 법을 배우고 특별한 요구가 있거나 자신과 나와 다른 사람들을 존중하도록 돕는다. 권장도서(예 : Dr. Seuss 이야기)를 학급에서 읽어 주는 것은 다른 사람과 환경에 대한 존중의 개념을 강화할 수 있다. 부정적인 역사적 사건과 그 결과에 대한 작성된 연구 보고서를 사회 시간에 준비하면 학생들이 자신의 가정과 세상 그 이상을 바라볼 수 있다. 교육 및 실생활에서의 윤리에는 진실성, 규율 및 정직의 기준과 가치가 포함된다. 교사는 학생들을 공정하게 대하고, 학생들의 차이를 존중하며, 혹은 교실에서 공개적으로 학생을 나무라지 않음으로써 윤리적 모범을 보여야 한다. 그리고 나서 학생들은 교사를 존중하고 수업 규칙을 준수하는 데 동의해야 한다. 이것은 학생들이 수업 규칙을 개발하기 위해 교사와 협력할 때 더 쉽게 수행된다.

기술자와 엔지니어가 설계한 모든 기술 또는 시스템은 사람, 사회 및 환경에 미치는 잠재적 영향에 대해 평가되어야 한다. 때때로 생산 및 판매가 시작될 때까지 의도하지 않은 결과와 영향이 분명하지 않은 경우가 있다. 더욱이 이러한 영향은 일부 그룹이나 장소에 다른 영향과 다르게 영향을 미치므로 결과의 예측이 더 도전적이고 결정적이다. 미국공학학술원(National Academy of

Engineering, 2019b)은 기술 및 공학 설계의 윤리에 대한 이러한 관심을 '양심(conscientiousness)'이라고 하며 엔지니어의 작업과 관련된 윤리적 쟁점을 고려하는 책무성에 초점을 맞추고 있다. 다국적 기업이 구조적으로 더욱 글로벌화됨에 따라 사람들이 다른 문화권의 사람들을 존중하고 함께 일하는 법을 배우는 것도 중요하다.

기술 및 공학 교실에서 학생들은 해결책에 대한 과도한 긍정적 사고주의가 엔지니어를 모호한 윤리적 딜레마로 이끌 수 있음을 가르쳐야 한다. 선정된 사례에 대한 토론을 통해서 학생들은 기술이 개인과 환경에 미칠 수 있는 차별적인 영향을 더 잘 이해하고, 비판적 사고를 통해 의사결정을 내리는 단계를 설정할 수 있다. 학생들은 위험 분석, 기술 평가, 비용-이익 분석 및 의사결정 다이어그램과 같은 기술을 사용하는 방법을 배울 수 있다. 실제로 효과를 보기 위해서는 모든 기술이 설계 당시의 즉각적으로 작업에 들어가기보다는 사용자와 환경에 해로운 영향이 최소한으로 미치면서 필요한 기능을 수행하도록 최적화되어야 한다.

### 기술과 공학에서의 윤리적 관심의 사례

초등학교 여학생 STEM 클럽(Girls in STEM Club)의 방과후 프로그램에서, 5학년 여학생이 현장 학습을 하고, 여성 엔지니어 연사를 초청하고, 공학 프로젝트에 참여한다. 이 클럽의 목표는 양성 평등을 촉진하고 미래의 STEM 경력 관련 직업에서 여성의 수를 늘리는 것이다. 그들이 참여하는 프로젝트 중의 하나는 "장애인을 위한 이동장치 프로젝트(Special Needs Mobility Project)"로서, 여학생들이 일반 초등학교 교실에서 움

직임에 제한이 있는 학생들 위해 골판지로 만든 장치를 설계하고 제작한 후에, 해결책을 발표하는 것이다. 이 프로젝트를 통해 여학생들은 양성 평등, 특별한 학생에 대한 존중, 디자인의 영향 테스트 등 수많은 윤리적 고려사항을 평가할 수 있다.



고등학교 고급 기술 활용(advanced applications in technology) 수업 과정에서, 교사는 [www.ePALS.com](http://www.ePALS.com)에 로그인하여 외국에서 기술 교사를 찾아 학생들을 위한 다국적 프로젝트를 공동으로 계획하였다. 일본인 교사가 이 아이디어에 관심을 표명하고 학생 팀을 연결하여 축소된 국제 우주 정거장(ISS) 모델에서 작업하는 프로젝트가 개발되었다. 이 작업은 WebQuest에서 이루어졌으며 팀은 ISS의 서로 다른 구성 요소(거주지, 전력, 실험 구역 및 제어)를 작업하는 두 명의 미국 학생과 두 명의 일본 학생으로 구성되었다. 참여를 높이기 위해 학생들은 우주에 사는 청소년을 위한 ISS를 설계하라는 지시를 받았다. 두 학급이 해결의 장애물을 보여 주고 토의하고 프로젝트 마감일을 맞추기 위해 가끔 원격회의를 열었다. 발사목 축소 모델이 미국에서 완성

되었을 때 도장을 위해 일본으로 배달되었다. 8명의 미국 기술 교육 학생이 쓰시(Tsu City)의 미에 가쿠엔(Mie Gakuen) 고등학교에서 열린 대규모 미디어 행사의 일환으로 ISS를 발표하기 위해 일본을 방문하였다. 이 프로젝트는 윤리적 관심의 여러 목표와 관련이 있지만, 무엇보다 다른 문화를 존중하고 협력하는 것을 배울 수 있게 해 주었다.

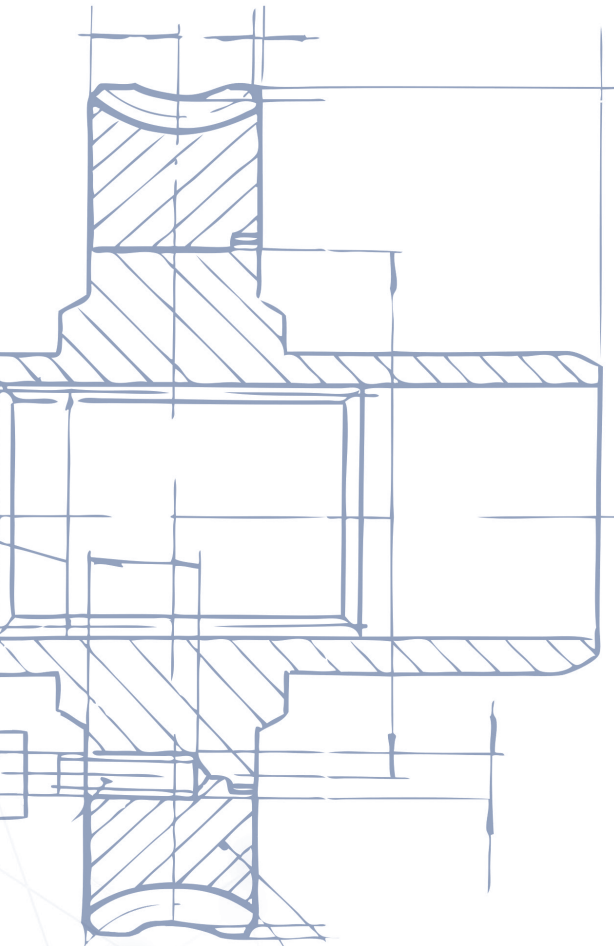
05

8가지 교과 핵심 표준을 가르치기 위한  
최적의 환경은 기술과 공학 교사 자격증을 갖고 있는  
교사가 기술 공학 실습실에서 가르치는 것이다.  
기술과 공학 교실과 실습실은 주, 행정구역, 시, 도,  
지역에 따라 다양하게 구성될 수 있다.  
기술과 공학적 소양을 위한 표준에서 맥락은  
이러한 수업 환경을 의미한다.

## 기술과 공학의 내용 영역

## 기술과 공학의 내용 영역

05



학문적 내용 영역은 어떤 특정 과목이나 프로그램을 의미하지 않는다. 기술과 공학교육에서 내용 영역은 다양한 형식을 띠 수가 있는데, 단원, 핵심 교과목, 현장 견학, 박물관, 도서관의 메이커 스페이스 등의 공학 과제, 또는 학생 클럽(기술학생협회 Technology Student Association, TSA), 경연대회, 주 단위의 STEM 기관 등에서 하는 활동 등이 포함될 수 있다.

기술과 공학의 내용 영역은 기술적 활동의 넓이를 폭넓게 나타내는 8개의 영역으로 묶여서 제시되었다. 현재 대부분의 기술과 공학 교과들은 아래의 하나 또는 여러 내용 영역에 해당될 것이다.

TEC-1: 컴퓨팅, 자동화, 인공지능, 로봇틱스

TEC-2: 재료의 변환과 처리

TEC-3: 수송 및 물류

TEC-4: 에너지와 동력

TEC-5: 정보와 통신

TEC-6: 건설된 환경

TEC-7: 의료와 건강 관련 기술들

TEC-8: 농업 및 생물 기술

이 장에서는 기술과 공학 내용 영역들이 어떻게 핵심 교과 표준과 연결되고 학생들에게 전달될 수 있는지 설명될 것이다. 기술과 공학 내용 영역들은 핵심 교과 표준과 기술과 공학 실천을 적용하고 가르치기 위한 하나의 수단이 될 수 있다. 8개의 각 내용 영역들은 아래의 요소들을 통해 설명될 것이다.

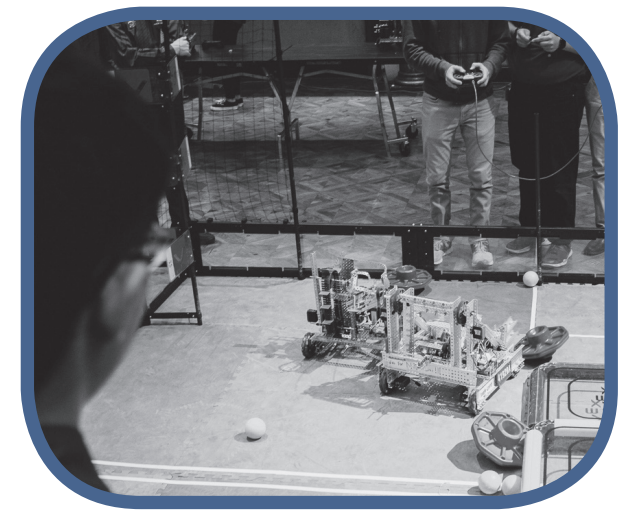
- ▶ 기술과 공학 교육, STEM 교육 내에서의 내용 영역에 대한 설명
- ▶ 주/지역 또는 국가 수준에서 제시될 교과의 예시들
- ▶ 미국 또는 다른 나라에서 학년군 벤치마크가 어떻게 교과목, 프로젝트, 교과 목표, 그리고 기술과 공학 실천과 연결되는지에 대한 예시

다음에 제시될 예시들 중에는 학생들이 8가지 기술 실천을 모두 사용하는 장면이 연상되는 것도 있을 것이다. STEL의 목적을 달성하기 위해, 우리는 각 예시에서 한 가지씩의 실천을 제시할 것이다. 이들은 하나의 독립적인 예시일 뿐, 초등학교에서 고등학교까지 전체를 아우르는 특정 주제의 범위를 묘사하는 것은 아니다.

기술과 공학적 소양을 위한 표준을 실천에 옮길 때, 학생과 교사는 핵심 교과 표준 벤치마크에 우선 초점을 맞춰야 하며, 그 다음 기술과 공학 실천 초점을 맞출 수 있다. 여기에서 예시로 제시된 교과목과 프로그램들은 현재 특정 학년군에서 국가 또는 주 단위의 교육과정에서 사용되는 교과들이다. 교과명과 활동은 시간이 지남에 따라 바뀌기 때문에, 이들 명칭은 일반적인 제목을 나타낼 뿐 그 이름을 말하는 것은 아니다. 이들 내용 영역과 관련한 학습 목표가 필요한 교사들은 자신이 위치한 주, 시, 행정구역의 교육과정 체제를 참고하여야 한다.

각각의 8가지 기술과 공학의 내용 영역은 표준에 포함된 지식, 기술, 성향을 달성하면서 동시에 4장에서 제시된 기술과 공학 실천을 적용하기 위한 폭넓은 기회를 제공한다. 특히 각 내용 영역은 해당 분야의 발전 과정에서 있었던 끊임없는 노력과 열망의 산출물인 지식을 포함한다. 예를 들어, 기술적 활동의 폭이 너무 방대하고 지속적으로 변하기 때문, 에너지와 동력의 내용 영역에서 에너지 변환, 수송, 동력 계산 등과 같은 개념들을 주로 다루었다. STEL은 특정 내용 영역과 관계 없이 다양한 영역에 사용될 수 있는 핵심 지식, 기술, 성향에 초점을 맞추고 있으며, 이러한 관점에서 초등학교에서 고등학교에 이르기까지 학년 전체를 아우르는 기술적 소양을 가르치기 위한 접근으로 사용될 수 있다. 하지만 기술과 공학적 활동은 반드시 내용 영역이 필요하

다는 것 또한 명심해야 한다. STEL의 구조는 지역, 시/도, 국가 수준의 교육과정 개발자들이 자신들에게 주어진 특정 요구, 자원, 목표에 맞도록 가장 의미 있고 적절한 이들 내용 영역을 선택하는 것을 허용한다.



### 기술과 공학의 내용 영역 1 (TEC-1): 계산, 자동화, 인공지능, 그리고 로봇틱스

#### 개요

계산은 일반적으로 수학적 과정의 하나라고 여겨졌다. 컴퓨팅사고(computational thinking)는 넓은 의미로 계획, 문제해결, 창조를 위한 체계적 접근으로 정의될 수 있다. STEL에서 컴퓨팅(computation)이라는 용어는 기술과 공학교육에서 계산적 사고와 설계 과정이 사용되는 맥락을 묘사하는 것으로 사용되고 있다. 예를 들어, 인터넷 보안(cybersecurity)은 계산을 사용하는 하나의 직접적인 상황이 될 수 있다. 계산은 아래의 것들을 포함한 여러 가지 구성되어 있다.

- ▶ 문제, 과정, 그리고/또는 자료를 더 작은 조각으로 분

- 해하는 것
- ▶ 관찰이나 고장해결(troubleshooting)을 통해 발견된 경향, 공통점, 비정상적인 것들을 확인함으로써 패턴을 찾는 것
- ▶ 추상적인 자료로부터 보편적인 원칙이나 아이디어를 창출하는 것
- ▶ 어떤 작업을 수행하기 위한 과정과 접근법을 제공하는 알고리즘을 설계하는 것
- ▶ 물리적 적용 안에서 설계, 프로그래밍, 테스트, 수정을 통해 알고리즘을 사용하는 것

기술과 공학교육 안에서 계산적 사고는 본질적으로 물리적 장치를 설계, 제작, 프로그래밍하는 활동과 연결되어 있으며, 이 과정들은 보통 물리적 계산(physical computing)이라고 불린다. 컴퓨터 과학과 같은 다른 분야에서도 계산적 사고를 사용하고 있지만, 기술과 공학교육에서 사용되는 접근법은 설계로부터, 설계의 과정으로서, 또는 설계의 결과로서 나온 물리적 장치나 시스템을 자동화시키는 것과 관련되어 있다. 계산은 자동화, 인공지능, 로봇틱스를 포함한 수많은 분야에서 찾아볼 수 있다. 계산적 사고는, 특히 재료의 변환과 처리, 수송과 물류, 그리고 정보와 통신기술을 포함한 모든 분야에서 필요하다.

자동화는 프로그램이 가능한 시스템을 통해 장비를 운영하고 조정하는 것이다. 우리를 둘러싼 자연세계의 이해가 확장되는 것과 마찬가지로, 자동화는 기계적 과정들을 보다 쉽고, 정확하고 빠르게 만들어 주고 있다. 또한, 자동화는 기존에 존재하는 기술의 발달과 새로운 기술의 등장에도 영향을 미치고 있다.

역사 속에서, 기술은 수없이 많은 긍정적 또는 부정적 결과를 만들어냈으며, 이들은 의도된 것도 있고, 예상

하지 못한 것들도 있었다. 마찬가지로, 자동화도 기술이 발달함에 따라 자동화 기술에 관한 칭송과 비판도 함께 등장하고 있다. 가장 단순한 형태의 자동화는 엘리 휘트니(Eli Whitney)의 목화 기계의 발명에서 찾아볼 수 있는데, 이것은 목화 섬유를 씨에서 분리하는 과정을 자동화하도록 돕는 기계였다. 보다 현대화된 예시는 자동차 생산이나 제조공정의 자동화에서 찾아볼 수 있다. 기술의 진보로 인해 제품의 정확도와 생산량은 증가했지만 동시에 그 일을 수행했던 사람들의 일자리는 줄어들었다. 그 결과 노동자들은 자신의 역할을 바꾸어야 했고, 따라서 자동화된 시스템을 운영하고 관리하는 것과 관련된 재교육을 필요로 하게 되었다. 이러한 시스템들을 설계하고 자동화시키기 위한 기술을 가르칠 때는 안전, 운영, 효율성, 상충관계와 같은 다양한 요소가 함께 고려되어야 한다. 학생들은 이 장에서 제시된 다양한 내용 영역에서 설계 기반의 자동화를 사용해 보는 경험을 해야 한다.

인공지능 또는 AI는 자동화된 장치와 마찬가지로 우리 사회에서 오랫동안 논란이 되어온 토론 주제이다. AI는 사람이 만들어낸 장치나 시스템을 통해 사람과 유사한 지식이나 기술을 갖고 있는 것으로 정의되어 있다. AI는 인간과 컴퓨터가 데이터를 수집함으로써 삶의 질과 직업 환경을 개선시켜 주었다. AI는 잠재적으로 개인의 행동이나 습관과 관련된 것들을 부적절하게 수집하고 추적하는 개인정보 침해의 위험이 있다고 비판받아 왔다. 이와 동시에 수집된 정보를 활용하여 매일 일어나는 일들을 자동적으로 처리해 줌으로써 개인의 삶을 보다 편안하게 만들어 준다는 장점도 존재한다. 예를 들어, 집 주인이 언제 집에 도착하는지 예측하고, 온도조절기가 외부의 날씨를 고려해 집 안의 온도를 자동으로 조절해줄 수 있다. 이러한 기능은 에너지를 절약하고, 재

생 불가능한 에너지의 사용을 줄임과 동시에 전기세를 절약할 수도 있다. 반대로, 여기에 사용된 정보가 부적절하게 사용되어 그 사람의 활동을 추적하는 부정적인 결과를 초래하기도 한다. 예를 들어, 집이나 차에 설치된 개인용 보조 장치(personal assistant devices)들은 개인적인 대화나 선호도 같은 것들을 개인에게 맞춤형 서비스를 제공하는 회사로 전송될 수도 있다. AI 시스템을 개발하는 일이 주어졌을 때, 학생들은 반드시 그들의 상충관계를 고려해야 한다. AI의 응용 제품을 개발할 때, 최종 사용자를 보호하기 위한 보안이나 안전 장치를 함께 설계하는 것은 이를 위한 하나의 방안이 될 수 있다.

인공지능은 계산적 사고의 응용으로 학생들의 삶과 밀접한 관련이 있다. 학생들은 계산적 사고와 설계해결책을 활용하여 AI와 다양한 기술이 활용되는 형태(pattern)를 익혀야 한다. AI는 우리의 일상생활을 향상시키는 데 많이 사용되며, 이는 교통 신호등, 안면인식, 이상거래 탐지, 전자메일 필터와 알림, 제품 구매 추천, 음악 추천, 자동차 네비게이션 시스템, 스마트 자동차 등에서 찾아볼 수 있다.

로봇틱스(robotics)는 기술과 공학교육에서 오랜 기간 동안 핵심 요소였지만, 관련 분야는 최근 몇 년 사이에 매우 빠르게 발달했으며, 그러한 변화는 앞으로도 지속될 것이다. 예를 들어, 전통적으로 로봇은 제조의 효율성을 높이는 수단으로 사용되어 왔다(예, 조립, CNC 제조). 하지만 로봇 기술의 발달은 의료 로봇이 수술을 수행하는 것처럼 우리에게 큰 혜택을 가져다 주고 있다. 로봇은 인간이 일부를 조절하거나 완전히 자동적으로 어떤 일을 수행하는 기계적인 장치라고 정의되어 있다. 로봇 기술이 지속적으로 발달함에 따라, 학생들은 새로운 분야에 사용하거나, 안전을 높이고 완성품의 정확도

를 높이기 위한 하나의 응용으로 로봇을 사용할 수 있어야 한다. 로봇은 또한 오랜 시간 동안 수행하거나 반복적인 일들을 자동화시켜 줄 수 있다.

로봇과 관련된 진보된 시스템을 개발하기 위해 여러 가지 기술은 내용 영역과 통합될 수 있다. 로봇 시스템이나 최대한 안전하고 효율적인 시스템을 개발하는 것은 이 내용 영역에서 강조해야 할 주요 포인트이다. 이와 관련된 예시는 단순한 조립 과정이나, 사람이나 물자를 수송하기 위해 자동화된 네비게이션 시스템, 무인항공 시스템(unmanned aerial systems, UAS), 위험한 상황에 사람들 보내기 전에 로봇을 이용해 그 지역을 조사하는 것과 같은 안전을 위한 적용, 고효율 농업 활동을 설계하고 프로그래밍하는 것이나, 기타 다른 응용을 들 수 있다.

### 기술과 공학 프로그램들

새로운 영역에 해당되는 자동화, 계산, 인공지능, 로봇틱스는 유치원부터 고등학교 수업에서 적용될 수 있는 다양한 방법들이 있다. 많은 주나 지역에서는 중학교와 고등학교 수준에서 자동화, 계산, 인공지능, 로봇 기술과 관련해 독립된 교과를 운영하고 있지만, 중요한 것은 저학년 학생들에게 이런 것을 소개하는 것이다. 또한 국가 교육과정 개발자들은 자동화, 계산, 인공지능, 로봇틱스 등의 교과를 제공해야 한다. 아래에 제시된 수업 사례는 계산, 자동화, 인공지능, 로봇틱스의 내용 영역을 다양한 학년군에서 적용될 수 있는 수업을 포함한다. 이들 예시는 STEL 벤치마크, 기술과 공학 실천, 그리고 기술과 공학 내용 영역들 간의 연결을 보여 준다.





### 유치원-2학년. 기술과 공학 내용 영역에서의 계산, 자동화, 인공지능, 로보틱스:

취학 전 어린이들은 STEL-3A를 적용할 수 있다: 기술, 수학, 과학적 맥락에서 패턴을 찾는 활동을 함으로써 다양한 내용 영역에서 사용될 수 있는 개념과 기술을 적용할 수 있으며, 변수들을 인지함으로써 그러한 패턴들이 지속되거나 변할 수 있다는 것을 예측할 수 있다. 이 목표는 인형이나 제품들을 사용한 활동이나 단원을 통해 성취될 수 있다. 이처럼 움직이는 것들에 대해 탐구하거나 묘사하는 활동은 학생들이 컴퓨팅 사고의 핵심 요소인 패턴을 찾도록 도움을 준다. 이러한 예시는 TEP-4의 비판적 사고와 연결되어 있다.

1학년 학생들은 STEL-2A를 적용할 수 있다: 기본적인 전자회로로 만들어진 디자인이나 기능 안에서 찾아볼 수 있는 부분이나 구성요소들이 어떻게 서로 유기적으로 동작하고 시스템을 구성하는지 설명할 수 있다. 빛이나 소리와 관련된 국가 교육과정에서 학생들은 불이 켜지거나 알람이 울리는 것과 같은 간단한 회로에서 전기가 어떻게 흐르는지를 배울 수 있다. 이 예시는 TEP-1의 시스템 사고와 관련되어 있다.

**3-5학년. 기술과 공학 내용 영역에서의 계산, 자동화, 인공지능, 로보틱스:** 3학년 학생들은 STEL-4F를 적용할 수 있다: 국가 교육과정의 프로그래밍이 포함된 안정과 움직임(stability and motion) 단원에서 기술이 미치는 긍정적, 부정적 영향을 설명할 수 있다. 이 단계의 학생들은 자신들이 살고 있는 세계에서 자동화와 인공지능이 어떻게 사용되는지 식별할 수 있으며, 이것이 초래하는 긍정적, 부정적 영향에 대해 토론할 수 있다. 이러한 사고를 도출하기 위해, 학생들은 이들의 영향을 찾을 수 있어야 하며, 자동화와 인공지능을 사용하는 시스템을 설계할 때 그 해결책이 가져올 수 있는 잠재적 영향을 제시할 수 있어야 한다. 이 예시는 TEP-7 소통과 관련이 있다.

5학년 학생들은 STEL-8E를 적용할 수 있다: 국가 교육과정의 로보틱스나 자동화 단원에서, 간단한 마이크로 컨트롤러나 로봇을 제어하는 활동에서 다른 사람들과 핵심 아이디어를 공유하기 위해 상징, 숫자, 단어들을 적절하게 사용한다. 학생들은 마이크로 컨트롤러나 로봇에 원하는 기능을 구현하기 위해 블록 코딩과 같은 그래픽화된 프로그래밍 시스템을 사용할 수 있다(예, 움직임이 감지되었을 때 소리를 내거나 불이 켜지는 장치). 이 예시는 TEP-2의 창의성과 관련이 있다.

**6-8학년. 기술과 공학 내용 영역에서의 계산, 자동화, 인공지능, 로보틱스:** 5학년 학생들은 STEL-5G를 적용할 수 있다: 국가 교육과정의 자동화 단원에서 자동화된 집을 설계할 때, 의사결정의 한 과정으로서 상충하는 요소들 사이에서 절충안을 주의깊게 찾아냄으로써 다양한 관점에서 상충작용을 평가할 수 있다. 학생들은 자연스럽게 동작하고, 집 안의 온도, 빛, 보안 등과 같은 기능을 조절하고 자연스럽게 상호작용하도록 하기 위해 투입과 산출에 영향을 주는 다양한 센서들을 설

계, 테스트, 자동화하는 활동을 하게 될 것이다. 이 예시는 TEP-3 만들기와 행함과 관련이 있다.

영국의 설계와 기술 교과목에서 6-8학년 학생들은 STEL-2S를 적용할 수 있다: 설계 문제와 관련된 결정 사항에 대해 자신의 의견을 변호하고 지켜낼 수 있다. YF 3 필요와 욕구 단원에서 학생들은 사람들이 왜 특정 제품과 서비스를 구입하는지에 대해 생각하고, 필요와 요구의 관계에 대해 배운다. 이론적으로 깊은 이해에 들어갔다가 다시 현실세계로 돌아올 때 학생들은 현재 자원에서 나오는 것들과 관련된 비판적 사고 질문들에 대해 숙고하고 대답할 것을 요구받는다. 이 예시는 TEP-6 협동과 관련이 있다.

8학년 학생들은 STEL-1J를 적용할 수 있다: 학생들이 군인들에게 닮은 다양한 물리적 문제를 해결할 때, 개인이나 집단의 요구를 확장시키기 위한 문제를 해결하는 활동을 통해 혁신적인 시스템이나 제품을 개발할 수 있다. 중학생들은 군인들을 위해 중요한 기능을 수행하는 자동화된 장치를 설계, 테스트, 제작할 수 있는 기회를 제공받는다. 이 과정에서 군인들은 학생들이 자동화된 장치에 사용되는 센서, 모터, 컨트롤러, 재료, 기술 등과 관련된 지식을 사용할 때 도움을 줄 수 있다. 이 활동은 “환자와 소비자들에게 개인의 부상을 예방할 수 있는 적절한 자동차 수리공, 인체공학, 안전장치, 그리고 기능을 통합하기”라는 목표와 관련이 있으며, TEP-8 윤리적 관심과도 밀접하게 연결되어 있다.

모둠 활동을 하는 중학교 학생들은 STEL-2P를 적용할 수 있다: 항공기 제작 회사의 지원을 받는 구호용 로봇을 제작하는 혁신 대회에서 피드백을 받을 수 있으며 사람의 간섭을 필요로 하지 않는 닫힌 시스템을 만들 수 있다. 학생들은 홍수로 인해 물품을 배달하고 사람

을 구출해야 하는 문제상황에 당면할 수 있다. 학생들은 탁구공을 정해진 위치에 전달하는 무인항공 비행기나 드론을 설계하고 제작할 수 있다. 학생들은 반드시 사전 예비 보고서를 작성해야 한다. 이 예시는 TEP-5의 긍정적 사고와 관련이 있다.

**9-12학년. 기술과 공학 내용 영역에서의 계산, 자동화, 인공지능, 로보틱스:** 10학년 학생들은 STEL-7DD를 적용할 수 있다: 전자 교과목에서 첨단 마이크로 컨트롤러 로봇이나 자동화된 시스템을 제작, 구성, 조종할 때 자신의 설계 과정에서 다양한 종류의 만들기 기술을 사용할 수 있다. 학생들은 패턴을 인식함으로써 조절하거나 패턴을 식별하고, 정해진 기능을 수행하는 자동화된 장치를 컨트롤하기 위한 프로그래밍 언어를 작성할 수 있다(예, 안전과 제품의 효율성을 향상시키기 위해 결함이 있는 제품을 찾아낼 수 있거나 의도하지 않은 제품의 횡수와 관련된 자료를 수집하는 작은 규모의 생산 라인을 설계하고 프로그래밍한다). 이 예시는 TEP-1 시스템 사고와 관련이 있다.

12학년 학생들은 STEL-6J를 적용할 수 있다: 학생들은 로봇을 사용하는 캡스톤 설계(Capstone Design) 과정에서, 패턴을 찾거나 예측하기 위해 복잡한 시스템 내에서 정보의 처리나 전달 과정에 초점을 맞춘 활동을 통해 정보 사회가 가져온 다양한 변화를 조사할 수 있다. 이러한 활동은 수학적 공식, 알고리즘을 포함한다. 이와 관련된 예로 수송 시스템의 전달 경로를 평가하거나, 교통 흐름이나 다른 이슈들 안에서 패턴을 찾는 것은 보다 다른 시스템이나 컨트롤러와 통신을 하는 효율적인 경로를 찾도록 해 준다. 학생들은 이 과정에서 통신을 어떻게 안전하게 자동화시킬 수 있는지에 대해 설계하는 활동을 고려할 것이다. 더욱이 학생들은 정보 사회가 어떤 방식으로 효과적인 처리에 긍정적인 혜택

을 주는지 이해해야 한다. 이 예시는 TEP-4의 비판적 사고와 관련이 있다.

## 기술과 공학의 내용 영역 2(TEC-2) : 재료 변환과 처리

### 개요

재료 변환과 가공은 실제 상품의 생산 활동이다. 이렇게 생산된 결과물은 주방 가전제품과 컴퓨터 같은 전기, 전자제품에서 신발과 테니스 공과 같은 제품 및 생물학적 재료(biological materials)에 이르기까지 다양하다.

제품의 재료 변환과 가공은 지난 세기에 걸쳐 엄청나게 변화했다. 공산품이 널리 보급되기 전에, 많은 제품들은 맞춤 제작되었다. 개인들은 한 번에 하나씩 수작업으로 제품을 제작했다. 표준화된 부품, 조립 라인, 자동화 등의 개발로 재료 변환과 가공이 획기적으로 변화했다. 제품이 더 많이 생산될 수 있게 됨에 따라 제품이 저렴해졌는데, 이것은 규모의 경제라고 알려진 효과다. 기계가 더 정밀해지면서, 교체 가능한 부품으로 더 복잡한 품목을 만드는 것이 더 저렴해지게 되었다. 클라우드펀딩, 오픈소스 디자인, 지속 가능한 개발 등 새로운 모델과 함께 재료 변환 및 가공의 진보가 이어지고 있다.

모든 제품은 재료로 만들어지며, 이러한 재료 자원이 없이는 생산이 불가능하다. 비록 많은 재료들은 하나 또는 그 이상의 천연자원으로 얻어지지만, 매우 소수의 재료는 천연 형태로 사용된다. 그것들이 시장에서 사용되기 위해서는 어느 정도의 전처리 과정을 거쳐야

한다. 예를 들어, 옷은 면으로 만들지만, 면으로 옷을 만들기 전에 먼저 식물을 심고, 재배하고, 수확하고, 가공하고, 천으로 짜야 한다. 금속과 목재부터 플라스틱에 이르는 모든 재료도 마찬가지이다. 재료는 먼저 표준적인 재료(standard stock)로 가공되어야 하며, 이는 다시 제조된 제품을 만드는 데 사용된다. 재료를 표준 재고로 가공하는 것을 1차 제조라고 한다.

상품도 내구재 또는 소비재로 분류할 수 있다. 가공과정에서 재료는 최종 형태에 도달하기 위해 분리, 형성, 결합, 조절될 수 있다. 설계 단계에서 3D 프린터의 사용은 아이디어를 완제품으로 더 빨리 구현할 수 있다. 로봇 공학, 컴퓨터 제어, 자동화된 조립품의 사용으로, 이러한 과정이 빠르고 정확하게 수행될 수 있다. 일부 산업은 JIT(Just-In-Time)<sup>1</sup> 생산이라는 공정을 사용하는 데, 이 공정을 통해 필요한 시기에 소모품, 부품, 재료가 바로 전달된다. 재고 보관의 필요성을 줄이기 위해 설계된 이 공정은 공급자가 필요에 따라 양질의 부품과 재료를 납품해야 하는 부담을 안게 되고 공급망이 중단될 경우 품귀현상을 초래할 수 있다. 따라서 현대 제조업은 제품을 신속하게 개발하고 생산하기 위해 새로운 시장을 창출하거나 경쟁업체보다 앞서 나가도록 요구받는다.

제품과 프로젝트 관리는 특정 기술을 포함하고 있는 기술과 공학 소양의 공통적인 구성요소다. 제조 관리에는 연구개발, 생산, 마케팅, 산업관계, 재무업무에 대한 추가 책임과 함께 기획, 조직, 지휘, 통제 등 4대 주요 활동이 포함된다. 제품 관리자가 되기 위해서는 많은 재능

과 기술적 소양이 있어야 한다. 관리에는 공장의 레이아웃에 시스템 설계를 포함시켜 제조 공정을 통해 자재와 재고를 효율적으로 관리한다(move). 또한, 제조에는 린 제조(lean manufacturing)<sup>2</sup>, 전체 품질 관리, 식스 시그마(Six Sigma)<sup>3</sup> 등을 포함한 지속적인 개선을 위한 시스템이 포함될 수 있다. 또한 제조는 정부 및 전문직 협회 규정에 의해 규제된다.

우리는 미국, 포르투갈, 일본, 중국, 말레이시아, 멕시코, 캐나다, 그리고 많은 나라에서 만들어진 제품들이 전세계적으로 판매되고 사용되는 글로벌 경제에 살고 있다. 기업은 한 국가에서 연구와 설계를 하고 다른 나라에서는 생산, 마케팅, 유통을 수행하는 세계적 규모일 수 있다. 이러한 세계화에 따라 (여러 인종) 노동자들의 다양한 문화에 대해 유연하고 존중할 필요가 있다. 재료 변환 및 가공 기술 덕분에 우리의 삶이 향상되었다. 그것은 인류의 일부에게 일자리로 제공하고, 경제의 주요 요인이며, 삶의 질을 향상시키는 많은 제품을 제공한다.

### 기술과 공학 프로그램

유치원에서 12학년까지의 제조 기술을 다루는 방법은 다양하다. 유치원에서 초등 STEM 과정(course)에 활동과 단원(activities and units)은 핵심 교과 기준에 따라 재료 변환과 처리 문제를 다룰 수 있다. 많은 주와 지방자치구가 재료 변환과 처리에 관한 독립형 과정(stand-alone courses)을 시행한다. 또한, 국가 교육과정 개발자들은 재료 변환과 가공 및 공학에 관한 교육 과정을 제공한다. 신기술과 연구의 발달로 인해 기술 과정에서

핵심 교과 표준(core disciplinary standards)을 가르치는 것이 적절하게 되었다. 아래의 예는 다양한 학년 수준의 재료 변환과 처리 과정에서 얻은 교훈이 포함되어 있다. 이들은 STEL 벤치마크, 기술과 공학 실천, 기술과 공학 맥락 간의 연계성을 보여 준다.

**재료 변환과 처리에서 유치원-2학년 기술 및 공학 내용 영역:** 유치원생은 STEL-2A를 신청할 수 있다. 국가 교육 과정 내 단위의 일부로 조류 서식지를 설계하고 구축하면서 목표를 달성하기 위해 함께 작동하는 부품 또는 구성 요소가 시스템에 어떻게 포함되어 있는지 설명한다. 교사는 학생들에게 이런 구조물에서 바닥이 없다면 어떻게 될까 라고 질문할 수 있다.

종이로 만들어진다면? 새집을 만들기 위해 장난감을 사용할 수 있을까? 새의 구멍 크기가 다른 이유는 무엇일까? 이 활동은 TEP-4: 비판적 사고와 연계된다.

1학년 초등학생은 STEL-6A를 적용할 수 있다. 국가 교육과정 과정 단위의 일부로 소리를 만들고 감지하는 제품을 만드는 기술 때문에 일하는 방식이 어떻게 역사적으로 변해 왔는지 토론한다. 이것은 인간이 과학과 기술의 전반적인 역사에서의 공헌 확인과 TEP-6: 협동과 연계된다.

1 제품의 재고를 쌓아 두지 않고 필요한 때마다 적기에 제품을 공급하는 생산 방식이다. 즉, 물건이 팔릴 만큼만 생산하여 판매하는 방식이다. JIT는 일본의 도요타 자동차가 미국의 GM을 타도하기 위해 개발한 방식이다.

2 lean manufacturing system 또는 lean production system JIT의 미국 버전이라 할 수 있다.

3 1,000,000분의 3.4를 의미하는 통계 척도인 6시그마(σ, sigma)를 사용하여 결함 발생률을 6시그마 수준으로 줄이는 것이 궁극적인 목표인 경영 혁신 운동이다. 이는 100만 개의 제품 중 3~4개의 불량만을 허용하는 품질 혁신을 말한다.



**재료 변환 및 가공에서 3-5학년 기술 및 공학 내용 영역:** 3학년 학생은 STEL-7N을 적용할 수 있다. 팀별로 날씨 위험에 저항하는 눈보라 신발을 설계하는 국가 교육과정 단위에서 성공적인 설계 기술을 연습한다. 따뜻한 기후에서, 학생들은 어떻게 그들의 설계 내용을 테스트할 수 있을까? 이 공학과 과학적 발견 프로젝트는 TEP-5: 긍정적 사고와 연계된다.

영국 4학년 학생들은 STEL-8D를 신청할 수 있다. 지시에 따라 보물상자(Treasure Box)라는 단원에서 기술 과제를 완료해 본다. 많은 어린이들은 특별히 좋아하는 작은 물건이나 보물이 있다. 이들은 귀중하지만 금전적인 면에서 반드시 가치가 있는 것은 아니다. 즉, 매력적인 조약돌이나 조개껍질, 작은 장난감 모형, 작은 인형, 오래된 동전, 특이한 단추, 낡은 신발의 장식 등이 그 예이다. 보통 이들 물건은 휴일, 방문, 행운의 발견과 같은 즐거운 기억과 관련 있으며 때로는 우정과 관련 있다. 이 물건의 문제점은 쉽게 잃어버릴 수 있다는 것이다. 이 문제에 대한 한 가지 해결책은 특수한 보관함을

설계하고 만드는 것이다. 이 보관함은 이러한 물건을 안전하게 보관할 수 있고 외관상으로도 내용물의 중요성이 반영되어 있다. 학생들의 임무는 귀중한 하나의 물건, 혹은 몇 가지 작은 물건을 알아낼 수 있는 적절한 보물상자를 만드는 것이다. 학생들은 팔각형 상자를 계획하고 카드지와 같은 재료에 자를 패턴을 디자인할 수 있다. 보물상자를 만든 후 이들은 상자를 독자적으로 꾸민다. 이 단원은 TEP-2: 창의성에 연계된다.

5학년은 STEL-2K를 적용할 수 있다. 학생들은 병원에서 물품을 배달하는 자동경로결정 수송수단을 설계하기 위해 기계 설계와 컴퓨터 프로그래밍 과목과 같은 국가 교육과정에서 공부한 제품이나 시스템을 설계하거나 제작하는 데 필요한 사항을 설명한다. 학생들은 교실에서 자신의 설계를 테스트해 본 후 현장 학습을 통해 지역 병원에 가서 최종 설계된 수송수단을 시험해 볼 수 있다. 이 프로젝트는 TEP-3: 만들기과 실천하기와 연계된다.

**재료 변환과 처리에서 6-8학년 기술 및 공학 내용 영역:** 기술시스템에 관한 국가 교육과정의 8학년 학생들은 STEL-8I를 적용할 수 있다. 기술 시스템을 유지하는 방법을 배울 때 도구, 재료, 기계를 사용하여 안전하게 시스템을 진단, 조정, 수리할 수 있다. 시스템은 조정 또는 수리해야 하며 공구와 장비를 안전하게 사용해야 한다. 이 목표와 활동은 재료 변환과 처리에서 안전과 학교 실험실의 OSHA 안전 요건을 다룬다. 그것은 TEP-1: 시스템 사고와 연계될 수 있다.

중학생들은 STEL-3G를 적용할 수 있다. 제조 설계 과정에서 어떤 부품을 수학을 이용하여 영국 미터법으로 정확히 측정하고 다른 내용 영역에서 얻은 지식이 기술 제품과 시스템의 개발에 어떤 영향을 주는지 설명한다.

이 프로젝트는 어린이들을 위한 테니스 라켓을 개발하기 위해 미국 학생 팀과 카리브해의 한 섬의 팀을 연결한다. 다른 측정 시스템이 사용되므로 지침의 일부는 측정의 변환이다. 이것은 TEP-7: 통신에 연계된다.

**재료 변환과 처리에서 9-12학년 기술과 공학 내용 영역:** 컴퓨터 통합제조(CIM) 국가 교육과정을 수강하는 고등학생은 STEL-4Q를 적용할 수 있다. 기존 기술 및 제안된 기술이 자원을 지속 가능한 방식으로 사용하는지 여부를 평가할 수 있다. 이 과정에서는 컴퓨터 수치 제어(CNC) 밀링 머신에서 원재료를 독특한 모양으로 변형시키기 위해 컴퓨터 보조 디자인 설계(CAD)와 컴퓨터 보조 제조(CAM) 소프트웨어를 이용해 제품을 설계, 제작한다. 이에 대한 논의의 일부는 제조와 산업 폐기물에 초점을 두고 있다. 이것은 TEP-8: 윤리적 관심과 연계된다.

적층 제조와 재료에 관한 국가 교육과정의 고등학생은 STEL-5H를 적용할 수 있다. 첨단 적층 제조에 사용되기 위한 신소재를 연구하면서 특정 사회의 고유한 필요나 요구에서 비롯된 기술 혁신을 평가할 수 있다. 가정과 학교 3D 프린터의 재료 조합 사용의 영향에 대한 사회적 저항(Societal resistance)은 재료 제품 표준과 안전 조치에 초점을 두었다. 이것은 TEP-8: 윤리적 관심과 연계된다. 10학년은 STEL-8O를 적용한다. 이전에는 전자제어 시스템(예: 장난감 자동차)을 포함하지 않았던 장치를 제어하기 위해 프로그래밍 가능한 논리 제어기(PLC)를 설계하고 사용하는 팀과 협력하여 시장에서의 판매 장치나 시스템을 개발한다. 프로젝트 활동 기간 동안 학생 팀은 제어기를 적용하고 오작동 문제를 해결하며 제어 시스템의 전반적인 성능을 평가한다. 이 프로젝트는 TEP-3: 만들기과 실천하기를 개발하는 데 연계된다.

## 기술과 공학의 내용 영역 3(TEC-3): 수송 및 물류

### 개요

수송수단은 우리 삶에 기본적으로 필요한 것 중 하나이다. 수송 시스템은 출퇴근과 편리한 쇼핑을 가능하게 하고, 친구와 가족을 함께 방문할 수 있도록 하고, 오락의 기회를 주고, 사회의 재료 상품을 운반한다.

전체 수송 체계는 육지, 물, 공기, 우주에서 작동하는 상호연결된 요소들의 복잡한 네트워크다. 고속도로, 항만, 공항, 파이프라인 등 수송 시스템의 하위 시스템은 다른 하위 시스템에 의존하고 있으며, 각 하위 시스템은 서로 연계되어 있고 서로 의존하는 작은 구성 요소로 구성되어 있다. 수년 동안 인류는 선박, 보트, 제트 비행기, 헬리콥터, 엘리베이터, 에스컬레이터와 같은 다양한 형태의 수송수단을 이용해 왔으며, 새로운 수송수단은 제한된 지역에서 사용되고 있거나 아직 실험 단계에 있다.

물류는 공급원부터 시작하여 소비지(consumption point)에서 끝나는 특별한 정보 흐름 관리와 같다. 물류에는 종종 데이터 관리와 분석을 통한 데이터 중심의 사결정이 포함된다. 디지털 컴퓨팅의 속도가 빨라짐에 따라, 물류의 발전으로 수송 시스템이 데이터의 변화에 신속하게 대응할 수 있게 된다. 이는 데이터 주도형 혁신 사이클(data-driven innovation cycle)로 알려져 있는데, 여기에서 데이터 생성과 분석이 전송 능력을 향상시키고, 예기치 못한 과제를 해결하도록 작동한다. 도시 자동차 시스템의 물류 사례 중 하나는 교통 체증을 줄이기 위한 교통 신호의 최적화이다. 다른 물류 사례로 인도의 한 제조 현장에서 미국 소매업으로의 상품 수송이 있다. 주문은 국제 관세 및 규정, 정보의 번역,

물류 센터를 통한 다양한 수송수단(예: 철도, 선박, 컨테이너, 트럭)을 다루는 운송 회사를 통해 처리되어야 한다.

생활과 업무가 복잡해질수록 수송과 물류 체계는 반드시 필요하다. 역사를 통틀어, 수송 체계는 세계의 다른 지역들을 더 가깝게 만들었다. 예를 들어, 20세기 초에 미국을 횡단하는 비행기는 약 26시간이 걸렸다. 이제는 기술의 발전을 통해 동일한 여행이 5시간 이내로 이루어질 수 있게 되었다.

수송은 삶의 필수적인 부분이기 때문에 사람들은 종종 수송수단을 당연하게 여기거나 일상적인 부분으로 여긴다. 수송이 발달함에 따라, 사회는 수송수단의 종류에 점점 더 의존하게 된다. 자율주행 자동차들은 정교한 소프트웨어 애플리케이션을 통해 제품과 사람을 이동시키고 있다. 오늘날에는 수송 기술의 급속한 확산으로 논란의 여지없이 환경적 영향과 다른 영향에 대해 더 많이 고려하고 있다. 미래의 수송 시스템의 사용은 경제 개발을 촉진하고 국제 상거래를 지원함과 동시에 에너지 소비와 대기오염을 줄이는 방법을 고려해야 한다.

어린이들은 일생 동안 다양한 형태의 수송수단을 경험했으며 일반적으로 자동차, 버스, 기차 또는 자전거와 같은 개별 장치 관점에서만 수송수단을 생각한다. 그들은 자동차가 도로와 고속도로를 사용한다는 것을 알고 있지만, 도로와 고속도로가 더 큰 도로 시스템의 일부라는 것을 이해 못할 수도 있다. 특정 하위 시스템이 작동하지 않거나 빠졌을 경우 어떤 일이 일어날 수 있는지 질문하여 학생들은 수송 시스템의 상호의존성에 대해 다시 생각하게 할 수 있다. 학생은 수송 시스템의 서로 다른 하위 시스템(예: 구조, 추진, 서스펜션, 가이드, 제어, 지지)을 인식하고 그들이 어떻게 함께 작동하는지

인식해야 한다.

수송 시스템에 대한 학생의 이해는 사람과 물건을 옮기는 효과적인 시스템을 제공하는 복합주의(intermodalism)와 같은 개념까지 확대되어야 한다. 또한, 학생은 제조업, 건설, 통신, 건강과 안전, 오락과 농업에서 수송수단이 하는 중요한 역할에 대해서도 배워야 한다. 예를 들어, 동적인 적시 생산(dynamic just-in-time, JIT) 제조업에서 상품의 이동은 세계적인 수송 체계에 직접 의존한다. 많은 산업체들이 먼 곳에서부터 재료와 조립식 부품을 사용한다. 이러한 상품들은 자동차나 의류와 같은 상품 제조에 이용되기 위해 필요한 (재고를 작성하고 나중에 사용하는 대신) 대로 도착한다. 수송 시스템은 저장 수요와 자원 비용의 절감을 돕는 JIT 제조의 이용에 핵심이다.

### 기술과 공학 프로그램

유치원에서 12학년까지의 수송과 물류 기술을 다루는 방법은 다양하다. 유치원에서 초등 STEM 과정을 통해 단위(units)에서는 수송과 물류에 대한 이러한 핵심 아이디어와 핵심 교과 기준을 다룰 수 있다. 많은 주와 지방자치구가 수송에 관한 독립된 교육과정을 운영한다. 또한, 국가 교육과정 개발자들은 수송과 물류에 관한 강좌를 제공한다. 신기술·연구의 발달로 수송 기술 강좌 내에서 핵심 교과 기준을 가르치는 것이 적절하다. 아래의 예는 다른 학년군의 수송과 물류 내용에서 얻은 교훈을 포함하고 있다. 이들은 STEL 벤치마크, 기술과 공학 실천, 기술과 공학 내용 간의 연계성을 보여준다.

**수송과 물류 분야에서 유치원-2학년 기술과 공학 내용 영역:** 유치원생은 STEL-4E를 적용할 수 있다. 수송 기

술이 어떻게 어린이들을 학교로 이동하는 데 도움을 주는지 설명할 때 그들의 일상생활을 개선하는 데 도움을 줄 수 있는 새로운 기술을 설계할 수 있다. 이는 교과목의 목표인 지역/글로벌 커뮤니티에 대한 문제/관심 및 해결책 목록의 기록, TEP-7 통신과 연계된다.

2학년 초등학생은 STEL-3B를 적용한다. 재료 과학과 물질의 특성에 관한 국가 교육과정에서 기술과 인간의 경험 사이의 관계를 도출한다. 재료 과학과 물질의 특성에 관한 도전적인 활동으로 학교의 한 부분에서 외부 지역으로 이동하는 동안 얼음 팝(ice pops)이 얼어 있도록 유지하는 도전적인 활동이다. 학생은 물질 상태 과학과 부패하기 쉬운 음식을 운반하는 도전에 대해 소개 받는다. 이것은 TEP-4: 비판적 사고와 연계된다.

### 수송과 물류 분야의 3-5학년 기술과 공학 내용 영역:

3학년 초등학생은 STEL-기 우주 비행 활동을 통해 기술과 공학 설계 과정을 적용할 수 있다. 안정성과 움직임(stability and motion)에 관한 이 국가 교육과정과 비행 활동의 과학은 학생이 효율을 위해 다른 수송 시스템을 비교하고 대조하게 한다. 학생은 항공기에서 물자를 공수해(airlifted) 지상으로 옮겨야 되는 지역에 원조를 전달하는 물류에 설계 과정을 적용한다. 이 프로젝트는 TEP-3: 만들기와 실천하기와 연계된다.

전력에 관한 단원을 배우는 4학년 학생은 STEL-5D를 적용할 수 있다. 그들이 그들의 마을에 미치는 대중교통의 영향을 평가할 때 사회의 기술 시스템이나 기반 구조의 변화에 영향을 주는 요소를 결정한다. 이 국가 교육과정은 과정의 속도와 그 과정의 에너지와 관련된 설명을 구성하기 위해 증거를 사용하는 수송 목표를 가지고 있다. 학생은 태양광, 배터리, 전기의 유선 연결(hardwired electric), 연료 전지, 가스 동력 등 다른 시

스템에 의해 구동되는 수송수단의 효율을 비교한다. 이 활동은 또한 TEP-8: 윤리적 관심과 연계된다.

### 수송과 물류 분야의 6-8학년 기술과 공학 내용 영역 :

수송 기초 과정의 6학년 학생은 STEL-1J를 적용할 수 있다. 문제를 해결하고 개별적 또는 집단적 필요에 따라 기능(capabilities)이 확장된 혁신적인 제품과 시스템을 개발하고, 지정된 물건을 물을 통해 이동하는 데 가장 효율적인 수송 유형을 설명하도록 한다. 교사는 해상 수송에서 발생할 수 있는 문제(예: 좌현 크레인이나 정지됨, 표면 플라스틱 파편에 걸린 프로펠러, 악천후 등)에 대해 다양한 질문을 한다. 이는 해양 선박을 위한 다양한 추진 시스템을 논의하기 위한 과목 목표를 충족하며 TEP-4: 비판적 사고와 연계된다.

7학년은 STEL- 2N을 적용할 수 있다. 시스템 사고가 모든 부분 간의 관계를 고려하는 것과 어떻게 시스템이 사용되는 환경과 상호작용하는지 설명하고, 배송용 드론 수송수단의 하위 시스템이 함께 작동하여 수송수단의 이동, 목적지 도달, 물건 배송(deliver a payload), 원위치로의 귀환(return to base) 등을 설명한다. 학생은 구조, 추진, 서스펜션, 안내, 제어, 지원 하위 시스템의 기능을 설명하는 표(matrix)를 설계 저널(design journal)에 작성한다. 이것은 TEP-1: 시스템 사고와 연계된다.

### 수송과 물류 분야의 9-10학년 기술과 공학 내용 영역 :

10학년 학생은 STEL-6G를 적용할 수 있다. 문명의 진화가 수송 과정(transportation course)에서 도구, 재료, 프로세스의 개발과 사용에 직접적인 영향을 받았으며, 그 영향을 받았는지 확인한다. 문제를 기반으로 한 활동에서, 학생은 어떻게 복합 재료의 개발과 사용이 사람들의 여행 능력을 증가시켰는지를 평가할 수 있다. 학

05 생은 작은 팀을 이루어 연구 결과를 발표하고, 그들의 결론에 대해 외부의 지적을 방어할 수 있어야 한다. 이는 다양한 형태의 에너지 또는 전력을 다른 형태의 에너지 또는 전력으로 변환하기 위해 사용되는 장치의 작동에 대해 서술하기 위한 과목 목표를 충족하며, TEP-6: 협동으로 연계된다.

고등학생은 STEL-8Q를 적용할 수 있다: 보다 안전한 여행을 위해 센서를 통합한 지능형 수송 시스템을 설계할 때 데이터를 종합하고 경향을 분석하여 기술 제품, 시스템 또는 프로세스에 대한 결정을 내린다. 학생은 장애물 코스에서 자율주행차를 운행하며 장애물 감지와 회피에 성공하여 최종 지점에 도달한다. 각 장애물에 대한 회피는 정확성과 시간으로 측정한다. 이것은 수송 운영 경로 과정(transportation operations pathway course)에 대한 주 교육과정 표준인 다양한 프로세스 제어 유형을 정의하기에 부합하고 TEP-5: 긍정적 사고와 연계된다.

## 기술과 공학의 내용 영역 4 : 에너지와 동력

### 개요

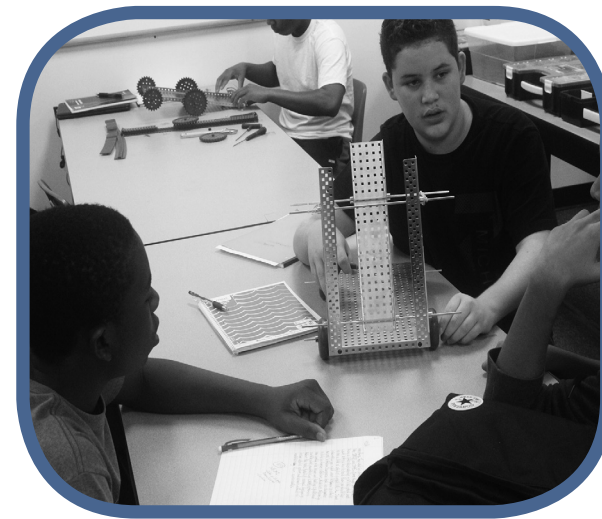
에너지는 일을 하는 능력이다. 많은 양의 에너지를 공급하는 것은 기술 세계의 근본적인 요구사항이다. 에너지와 동력이라는 용어는 종종 같은 의미로 사용되지만, 그렇게 사용하면 안 되며 각각은 독특한 특징을 갖는다. 에너지는 일을 할 수 있는 능력이다. 동력은 행해진 일에 대한 비율로 정의된다. 에너지와 동력 기술은 계산에 사용되는 공식뿐만 아니라 현상과 측정 단위를 설명하는 데 사용되는 많은 특징적인 표현과 용어를 포함한다. 열역학(엔트로피 포함), 에너지 효율, 내재적인 에

너지(embedded energy), 에너지 절약, 화석 연료, 탄소 배출, 폐기물 등의 법칙을 이해하는 것이 이 내용(context)에서 다루어질 것이다. 기술 제품과 시스템은 풍부하고 저렴하며 제어하기 쉬운 에너지가 필요하다. 따라서, 흔히 연료라고 불리는 에너지 자원의 처리와 제어는 기술 개발의 주요 특징이었다. 이 에너지는 변형, 저장, 회수, 운반될 수 있다.

에너지는 사회가 사용하는 기술 제품과 시스템을 주도한다. 삶의 질은 때때로 사회에서 사용하는 에너지의 양과 연관된다. 어떤 형태의 에너지를 사용할 것인지에 대한 선택은 우리 사회와 환경에 다양한 방식으로 영향을 미치고, 언제나 고려해야 할 절충안이 존재한다. 많은 에너지와 전력 시스템은 환경을 오염시킬 수 있다. 일부 에너지원은 재생이 불가능한데, 그것은 일단 사용하면 더 이상 사용할 수 없게 된다. 반면에 옥수수나 나무와 같은 바이오매스로 만든 연료와 같은 다른 에너지원은 재생이 가능하다. 현재 우리가 필요로 하는 많은 에너지는 화석 연료를 태워 공급한다. 핵에너지는 대기 오염이 적고 이산화탄소를 발생시키지 않지만 핵폐기물은 다른 에너지원에서 나오는 폐기물보다 오랜 시간 동안 더 위험하다. 최근 몇 년 동안 태양 에너지와 풍력과 같은 고갈되지 에너지원의 사용은 세계의 많은 지역에서 급격하게 보급되었다.

에너지와 동력을 활용하여 일을 하고 작업하는 능력은 현대사회 어디서나 볼 수 있으며, 공급이 중단될 때까지 종종 인식되지 못한다. 미래 세대가 이러한 천연자원을 사용할 수 있도록 에너지 자원을 보존하는 것은 모든 시민의 책임이다. 어떤 에너지 자원이 더 개발되어야 하는지를 결정하기 위해서, 다양한 에너지 자원의 사용으로 인한 긍정적이고 부정적인 영향을 비판적으로 평가해야 한다. 에너지와 동력의 개발과 사용에 대

한 인간의 결정은 장기적인 영향을 미치고 우리의 사회적 가치를 반영한다.



### 기술과 공학 프로그램

유치원에서 12학년까지의 에너지와 공학 기술을 공부하는 여러 가지 방법이 있다. 전기 또는 에너지와 동력에 중점을 둔 과정 내의 단원은 이러한 핵심 아이디어를 다룰 수 있다. 일부 주와 지방자치구는 에너지와 동력과 관련된 독립된 과정과 단원을 시행한다. 이러한 과정에는 초등 STEM, 국가 지원 기술과 공학 과정, 국가기관의 프로그램이 포함될 수 있다. 아래 예는 다른 학년 수준의 에너지와 동력 내용에서 얻은 교훈을 포함하고 있다. 이들은 STEL 벤치마크, 기술과 공학 실행, 기술과 공학 내용 간의 연계성을 보여 준다.

**에너지와 동력에서 유치원 및 초등학교 저학년 기술과 공학 내용 영역 :** 유치원생은 STEL-2A를 적용할 수 있다: 인간이 설계한 에너지와 동력 시스템 없이 삶이 어떻게 달라지는지 파악하여 목표를 달성하기 위해 부품 또는 구성 요소가 시스템에 어떻게 포함되는지 설명한

다. 예를 들어, 그들은 어떻게 가족용 난로나 전자 레인지 사용하지 않고 음식을 요리할 것인가? 그들은 어떻게 빛을 수신할까? 그들은 어떻게 음악을 들을까? 이 프로젝트는 TEP-4: 비판적 사고를 개발하는 데 연계된다.

2학년 어린이들은 STEL-1A를 적용할 수 있다: 일상적인 아침에 사용한 모든 에너지원에 대한 계산하여 자연세계와 인간이 만든 세계를 비교한다. 여기에는 가정 또는 학교의 전기, 아마도 아침을 준비하기 위해 연소 기구를 사용했다면 천연가스, 버스/자동차용 가솔린 또는 자연광을 받기 위해 창문 차양을 여는 것이 포함된다. 학생들은 그들의 연구 결과를 학급에 발표했다. 이것은 TEP-7: 통신에 연계된다.

**에너지와 동력에서 3-5학년 기술과 공학 내용:** 3학년 학생은 STEL-4H를 적용할 수 있다: 평범한 하루 동안 사용하는 모든 에너지 시스템의 차트를 만든 다음 이것을 재생 가능 또는 재생 불가능으로 분류하여 기술을 만드는 데 사용되는 자원을 재생 가능 또는 재생 불가능으로 분류한다. 이 프로젝트는 TEP-1: 시스템 사고를 개발하는 데 연계된다.

5학년 학생은 STEL-3C를 적용할 수 있다: 배터리, 구리선, 자석을 사용하여 간단한 직류 모터를 안전하게 제작하여 좀 더 복잡한 시스템을 만들기 위해 간단한 기술을 결합하는 방법을 보여 준다. 소그룹 프로젝트에서 조원(팀)은 자기력, 기전력, 회전 운동의 관계에 대해 논의한다. 이 프로젝트는 TEP-6: 협동과 연계된다.

**에너지와 동력에서 6-8학년 기술과 공학 내용:** 7학년은 STEL-7S를 적용한다: 흔하지 않은 상황에서(예: 바다 또는 사막에 있는 경우) 대부분의 중학생이 직면하는 공통적인 문제(예 : 통신장치 배터리 충전 방법)를

해결할 에너지 또는 전력 관련 발명의 모델을 설계하고 안전하게 만들어 디자인에 인적 요소를 인식하고 적용하여 문제에 대한 해결책을 만든다. 프로젝트 기간 동안, 학생들은 잘 구조화되지 않은 문제에 대한 해결책을 찾기 위해 공학 설계 과정을 연습할 것이다. 이 프로젝트는 TEP-2: 창의성을 개발하는 데 연계된다.

8학년 학생들은 STEL-5F를 적용한다: 학생이 설계의 경제적, 정치적, 문화적, 환경적 영향을 확인하는 독립형 주택 설계에 대한 연구를 수행함으로써 발명이나 혁신이 그것의 역사적 맥락에 어떻게 영향을 받았는지 분석한다. 학생들은 대체에너지, 난방 및 냉방, 물 접근성, 건축 자재, 에너지 효율이 높은 가전제품 및 식품에 대한 해결책을 고려해야 한다. 학생 팀은 독립형 집의 축적 모형을 설계하고 수업에서 이를 발표한다. 이 프로젝트는 TEP-8: 윤리적 관심과 연계된다.

#### 에너지와 동력에서 9-12 학년 기술과 공학 내용 영역:

11학년 학생들은 STEL-7BB를 적용한다. 공동 작업을 완료하기 위해 압축 공기를 사용하여 왕복 운동을 회전 운동으로 전환하여 공압 엔진(pneumatic engine)을 설계하고 안전하게 제작하는 팀으로 작업하여 설계에 가장 적합한 해결책을 구현한다. 프로젝트 중에 학생 팀은 유체 흐름, 움직임, 속도, 배기를 안전하게 제어하기 위해 에너지와 동력 전달 시스템을 적용할 것이다. 또한 그들은 오작동 문제를 해결하고 공압 엔진의 전반적인 성능을 평가한다. 이 프로젝트는 TEP-3: 만들기와 실천하기와 연계된다.

고등학생들은 STEL-7W 적용하는 방법을 배울 수 있다: 미생물 연료 전지나 진흙 배터리로 작업한 후 설계의 목적을 평가하여 최상의 접근 방식을 결정한다. 학생들은 침전물이나 진흙을 기반으로 한 배터리를 만들

고, 폐수에서와 같이 박테리아가 화학적 에너지를 어떻게 전기 에너지로 변환하는지에 대해 배운다. 또한, 에너지 변환, 미생물 대사, 전기에 관련되는 기본원리도 소개한다. 이 프로젝트는 TEP-5: 긍정적 사고를 개발하는 데 연계된다.

## 기술과 공학의 내용 영역 5 (TEC-5): 정보와 통신

### 개요

사람들은 예전부터 멀리 떨어진 사람과 정보를 주고받기 위해 다양한 기술을 사용해 왔다. 활자의 발명은 전 세계 모든 사람들에게 인쇄매체를 통해 지식을 전달할 수 있도록 해 주었다. 그 후로 자료를 기록, 저장, 수정, 분석, 그리고 전달할 수 있는 다양한 통신기술이 개발되었고, 기술과 공학 안에서도 중요한 학문 분야로 자리잡고 있다.

자료, 정보, 지식은 통신기술을 움직이게 하는 연료가 되고 있다. 이러한 변화는 자료를 디지털의 형식인 bit(0이나 1 또는 꺼짐과 켜짐으로 표현되는)로 저장하고 보관할 수 있는 능력으로 인해 가능했으며, 이는 자료를 문자, 숫자, 색상, 베토벤의 음악 악보 등을 컴퓨터 모니터 안에서 다양한 형태로 출력할 수 있도록 해 주었다. 정보통신 기술은 컴퓨터와 관련된 기기, 그래픽 미디어, 전자 송수신 장치, 여가용 제품, 그리고 다양한 다른 시스템들을 포함한다. 정보통신 기술은 컴퓨터를 이용한 설계(CAD), 비디오 제작, 팟캐스트(podcasting), 그래픽 디자인, 가상현실, 그리고 인터넷 등을 포함한다.

정보를 디지털 형태로 효과적으로 다루는 기술들(컴퓨터, 클라우드 기반 저장장치, 광섬유 케이블, 그리고 다

른 제품들)은 우리 사회의 정보 처리 용량을 혁신적으로 증가시켰다. 이것은 새로운 사회의 하나인 정보사회를 불러왔다. 정보사회에서 정보는 그 자체로서 가치 있는 상품이 되어 다양하게 활용되고 있다. 진보된 컴퓨터 기술은 방대한 양의 자료를 수집, 저장, 분석할 수 있게 해 주었고, 기술적 활동을 거의 모든 분야에서 인간의 노력을 가상으로 할 수 있도록 해 주었지만, 이와 동시에 보안과 사생활에서 큰 과제를 던져 주고 있다. 인터넷의 발달은 개인의 정보 접근성을 크게 향상시켰지만, 반대로 광고, 사생활 침해, 사이버 폭력, 그리고 민주주의에 피해를 주는 역효과를 가져오기도 한다.

통신 시스템은 고유한 특징을 갖고 있다. 통신의 설계는 의도된 청중, 통신에 사용되는 매체, 그리고 메시지의 특성에 영향을 받는다. 모든 통신 시스템은 정보를 부호화, 변조, 전송, 저장, 열람, 그리고 복호화하는 기본적인 방식을 갖고 있다. 모든 사람이 통신 네트워크와 장비에 접근할 수 있게 됨에 따라 국제화된 사회에서 개인이 사회적, 경제적, 정치적 기능을 수행하는 데 중요한 역할을 하고 있다.

### 기술과 공학 프로그램

많은 주에서 정보통신기술은 기술 공학 교육에서 가장 인기 있는 영역 중 하나이다. CAD, TV 제작, 웹 디자인, 그래픽 인쇄, 게임 아트 디자인, 컴퓨터 프로그래밍, 또는 개론 수업과 관련된 단위 또는 교과에서 정보 통신 영역은 모든 학년에 걸쳐 가장 인기 있는 내용 영역으로 자리 잡고 있다. 일부 주나 지역구에서는 정보 통신기술과 관련된 독립된 교과목이나 단원을 운영하고 있다.

이러한 교과목들은 초등학교의 STEM, 주(state)에서 제

공하는 기술 공학 교과목, 그리고 국가 차원의 조직에서 제공한 프로그램 등을 포함한다. 다음은 여러 학년군에서 정보통신 내용 영역과 관련해 실시될 수 있는 예시들을 제시하고 있다. 이들은 STEL 벤치마크와 기술과 공학 실천, 그리고 기술과 공학 내용영역 간의 연결을 제공해 준다.

#### 유치원-2학년 정보통신 분야에서의 기술과 공학 내용

**영역:** 유치원 학생들은 STEL-2E “모둠의 일원으로 효과적으로 협업하는 것”을 할 수 있다. 학생들은 인형을 제작하는 활동을 하면서 토론하고, 글을 쓰고, 그림을 그리고, 발표하는 과정이 포함된 교육과정에서 그룹 활동에서 다른 학생들과 효과적으로 협동하면서 복잡한 문제를 해결할 수 있다. 이러한 활동은 TEP-7의 소통과 관련이 있다.

국가 교육과정에서 1학년 학생들은 STEL-3A를 발달시킬 수 있다. 학생들은 빛이나 소리를 사용해 멀리 떨어져 있는 학급의 친구와 통신을 위해 책가방 속의 물건들을 사용할 때 다양한 내용 영역들을 포함하는 기술과 공학 활동들 속의 개념과 기술들을 사용한다. 교사는 1학년 학생들에게 다양한 메시지를 전달하는 활동을 시킬 수 있다. 이것은 TEP-6의 협업과 관련이 있다.

#### 3-5학년 정보와 통신 속의 기술과 공학 내용 영역: 4

학년 학생들은 기술과 사회 단원을 배우게 되는데, 이것은 학생들이 STEL-5D를 사용하게 해 준다: 기술적 시스템 또는 기반시설의 변화를 야기하는 요인들을 찾을 수 있다. 기술과 공학교육 현장에서, 학생들은 과거에서부터 현재까지 통신기술이 사회와 환경에 긍정적 혹은 부정적 영향을 미친 공통적인 변화를 찾을 수 있다. 학생들은 변화의 특성, 변화가 미친 영향들, 그리고 통신 시스템이 어떻게 변화되고 수정되어 왔는지에 대

해 토론할 수 있다. 이 단원은 TEP-8, 윤리에 대한 고려와 관계가 있다.

5학년의 기술과 공학교육 프로그램에서, 학생들은 STEL-7를 적용할 수 있다: 메시지를 부호화하고, 전달하고, 다른 학생이 만든 키를 이용해 메시지를 복호화하기 위해 고유한 숫자 코드 언어를 어떻게 개발하는지에 대해 탐구하는 과정에서 기술과 공학 설계 과정을 사용할 수 있다. 이것은 TEP3의 만들기와 행함과 관련이 있다.



**6-8학년 정보와 통신 속의 기술과 공학 내용 영역:** 기술 교과를 탐구하는 과정 속에서 학생들은 STEL-40를 사용할 수 있다. 원래 제시된 해결책과 다른 방법이 선택되었을 때 가져올 수 있는 개인적, 문화적 그리고 환경에 미치는 결과에 대한 가설을 세울 수 있다. 학생들은 아이디어를 생성하기 위해 공학 설계 노트를 만들고, 팀 프로젝트 활동에서 브레인스토밍의 전 과정을 문서화하고 스케치할 수 있다. 이 활동은 TEP-4의 비판적 사고와 관련이 있다.

컴퓨터 과학의 원리(computer science principles) 교과목에서, 학생들은 STEL-8K를 적용할 수 있다: 학생들이 그룹으로 모바일 응용 프로그램을 개발하는 수업을 들을 때 기술적 시스템과 관련된 자료를 수집하기 위한 방법을 설계할 수 있다. 스마트폰이나 태블릿을 위한 응용 프로그램의 개발은 학생의 참여와 동기를 높일 수 있다. 이 활동은 TEP-3의 만들기와 행함과 관련이 있다.

일본의 중학교 학생들은 STEL-6D를 적용할 수 있다: 학생들은 기술교사가 마련한 열린 토론 속에서 체계적인 실험과 개선이 어떻게 발명과 혁신이 일어났는지를 시뮬레이션하는 연구 개발에 참여할 수 있다. 예를 들어 교사는, “당신이 어린 아기였을때, TV 채널은 전파나 케이블을 통해 전달되었다. 하지만 지금은 스트리밍 서비스가 일반화되고 있다. 어떤 요인들이 이러한 변화를 이끌었는가? 서비스를 향상시키려면 어떤 변화가 필요한가?”와 같은 열린 형태의 비판적 사고를 요구하는 질문을 할 수 있다. 학생들은 새로운 혁신을 가져오기 위해 기존의 틀을 깨는 사고를 통해 자신들의 일상생활과 관련된 새로운 아이디어를 제출한다. 이들 아이디어는 공학 노트에 요약하여 제시될 수 있다. 이 토론은 TEP-2의 창의력과 관련이 있다.

#### 9-12학년 정보와 통신 속의 기술과 공학 내용 영역:

학생들은 STEL-1N을 적용할 수 있다: 교육과정 내 정보통신 단원에서 스프레드 시트와 애니메이션 프로그램을 사용해 도시의 교통체증을 해결하는 과제를 수행할 때, 우리를 둘러싼 세상이 어떤 방식으로 기술적 개발과 공학적 설계를 안내하는가에 대해 설명할 수 있다. 이 수업을 진행하기 위해 기술이 출퇴근 시간의 교통의 체증에 미치는 영향을 맥락으로 사용할 수 있다.

실제로 많은 도시에서 지능화된 교통신호 시스템을 도입함으로써 차량 병목을 줄이려는 노력을 하고 있다. 이 활동은 TEL-1의 체계적 사고와 관련이 있다.

학생들은 STEL-2T를 적용할 수 있다: 학생들은 사진 이미지를 다루는 수업에서 사진을 만들거나 수정하기 위한 브러시 도구를 사용하는데, 이 과정 속에서 전체 시스템을 완성하기 전 다양한 이해요소 간의 충돌을 찾아내고 디자인 의사결정을 돕기 위해 개념적, 도식적, 가상의, 수학적, 그리고 물리적 모델링을 사용하는 능력을 보여줄 수 있다. 이러한 활동은 직업 기술을 준비하는 것으로 인식될 수도 있지만, 교사는 이러한 기술적 기능을 가르치기 위한 다른 목적의 메시지와 관련된 열린 형태의 과제를 제시할 수 있다. 잡지의 출판사들은 표지에 나오는 어떤 사람의 얼굴에 변화를 주기 위해 왜 그러한 도구를 사용하는지에 대해 학생들에게 질문할 수 있다. 이 활동은 TEP-4의 비판적 사고를 가르키는 데 사용될 수 있다.

국가 교육과정 속의 모델링 기술 (modelling skill) 단원에서 학생들은 STEL-7Y를 적용할 수 있다: 제한사항과 제약조건 안에서 원하는 품질을 만들어내기 위한 설계를 최적화할 수 있다. 이 단원에서 학생들은 제품의 3차원 그래픽 모델을 개발하고 적층형 제조 기술을 통해 물리적 모델을 만들 수 있다. 교사는 학생들이 반드시 따라야 하는 성취기준과 제약 사항을 확인하고, 학생들은 이와 연계된 활동 속에서 어떻게 정보가 부호화, 전송, 복호화되는지를 명확히 이해할 수 있다. 이 프로젝트는 TEP-5의 긍정적 사고와 관련이 있다.

## 기술과 공학의 내용 영역 6(TEC-6) : 건설된 환경

### 개요

인간은 천 년 동안 구조물을 건설해 왔다. 중국인은 만리장성을, 고대 이집트인은 피라미드를, 그리스인은 정교한 신전을, 로마인은 도로와 수로의 어마어마한 체계를 세웠다. 수세기 전에 사용된 많은 동일한 건축 원리들이 오늘날에도 여전히 적용되고 있다. 구조물의 위치를 정하는 원리, 필요한 토대의 형식, 사용될 재료, 구조물을 튼튼하게 하고 매력적으로 만드는 특성은 현재 관행에 있어서도 여전히 건설된 환경을 조성하는데 매우 중요한 부분이다. 건설된 환경은 그저 개별적인 구조물이나 건축물보다 훨씬 크다. 도시 설계자는 미래의 변화에 대하여 결정할 때, 건설된 환경으로써 전체 도시의 효율성과 목적을 살펴본다. 건설된 환경은 건물과 도로가 어떻게 조직되고 그들의 관계가 어떠한지를 아우르는 것이다. 마을과 도시는 시민들을 위한 건강한 환경을 발전시키기 위한 좋은 계획에 의존한다.

구조물의 설계와 제작을 포함하는 과정을 일반적으로 건축(construction)이라고 불린다. 건축가, 기사, 건축업자, 견적인, 목수, 배관공, 콘크리트 작업자, 전기기사를 포함한 다양한 전문직의 사람들은 건설된 환경(built environment)이라고 널리 알려져 있는 것을 만들기 위해 건설 산업에서 일한다. 어떤 경우, 구조물(structure)은 주로 쉼터나 거주지를 제공하기 위해 설계된다. 다른 구조물은 콘서트 홀, 놀이공원, 풋볼 경기장과 같이 오락이나 유희을 위해 사용된다. 남은 다른 구조물들은 공장이나 회사건물과 같이 주로 일을 위한 것이다. 구조물의 또 다른 주요 종류는 다리, 도로, 부두와 같이 교통수단을 지지하는 것들이 있다. 구조의 운전함, 안

전성, 지속 가능성은 만들어진 환경을 계획하고 건축할 때 고려되어야 하는 중요한 요인이다.

어떤 구조물은 일시적인, 반면에 어떤 구조물은 영구적이다. 비계, 임시 물막이(부두나 다리의 기초가 지어질 수 있도록 물속에 마른 공간을 만들어내는 일시적 구조물), 콘크리트를 붓는 틀은 주어진 장소에서 짧은 기간 동안만 유지되도록 만들어졌다. 영구적 구조물은 오랜 시간 동안 지속되도록 설계되고 만들어진 것이다. 예를 들어 주차장, 급수탑, 학교 건물, 다리, 울타리, 댐, 수영장, 아파트 단지, 국제 우주 정거장과 같은 우주 구조물이 있다. 하지만, 영구적 구조물이라 할지라도 결국 낡아서 떨어지거나 더 이상 쓸모없게 될 수 있다.

다른 활동영역과 같이, 자원은 건축 과정에 투입될 필요가 있는 것이다. 이러한 재료에는 도구, 기계, 재료, 정보, 에너지, 자본, 시간, 사람들이 있다. 유지는 구조물의 안전과 오래 버팀에 있어 중요한 개념이다. 인간의 활동은 건물, 도로, 다리 같은 것들을 닳게 하고 부서지게 한다. 날씨 또한 악화에 기여하며, 정기적인 유지는 구조물이 지속하기 위해 중요하다.

학생들은 구조물과 재료를 안전하게 설계하고, 사용하고, 평가할 기회를 가져야 한다. 이 과정은 그들에게 공간 관계(spatial relation)를 발달시키는 의미 있는 통로를 제공한다. 그들은 구조가 특정한 것을 하기 위해 사용되는 하위 시스템(subsystem)을 갖는다는 것을 이해해야 한다. 예를 들어, 전기 시스템은 건물을 밝히고 따뜻하게 하기 위해 사용되고, 공기 조절 시스템은 편안한 온도를 제공하기 위해 사용된다. 형태, 장식, 보호, 내구력을 만들기 위한 건축 일에 필요한 재료에는 다양한 종류가 있다. 자연적인 재료(돌, 목재)가 될 수도 있고, 가공된 재료(벽돌, 아스팔트, 콘크리트, 강철)가 될

수도 있다. 재료의 선택은 구조물의 환경적 영향력과 효율, 오늘날 중요한 우려의 논쟁에 지속적으로 영향을 미칠 수 있다.

### 기술과 공학 프로그램

유치원에서 12학년까지의 교실에서 건설된 환경 학습을 수행하기 위한 다양한 방법이 있다. 이는 장난감 집과 같은 구조물의 설계에 학생들을 참여시킴으로써 측정을 가르치는 초등학교 교육과정 내에서의 단원을 포함한다. 중간 학년의 학생들은 힘(force)에 대해 배울 수 있게 돕는, 탑의 건설과 검사와 같은 활동에 참여한다. 더하여, 교육과정 개발자는 만들어진 활동영역 내에서의 핵심 내용 표준(core disciplinary standard)을 가르칠 적절한 기회를 제공하는, 건축과 만들어진 환경에 관한 과정을 제공한다. 아래의 예에는 다른 학년 수준에서의 만들어진 환경 활동영역의 수업(lesson)이 있다. 그것들은 STEL 벤치마크, 기술과 공학적 실천, 기술과 공학적 활동영역 사이의 연계를 보여준다.

**건설된 환경에서의 유치원부터 2학년까지의 기술과 공학 활동영역:** 유치원 입학 전의 학생들은 국가 교육과정 생명과학 강의에서, 교실의 햄스터를 위해 동물 주거지를 설계하고, 만들고, 검사할 때, STEL-1A: '자연계와 인간이 만든 세계(human-made world)를 비교할 수 있어야 한다.' 를 적용한다. 학생들은 햄스터를 관찰하고, 안전, 주거지, 양육을 제공하기 위해 어떤 자연적 요인과 인간이 만든 요인이 함께 작용해야 하는지 결정해야 한다. 이는 TEP-6: 협동과 관련된다.

**건설된 환경에서의 3-5학년의 기술과 공학 활동영역:** 4학년은 역사에 근거하여 구조물의 변화에 대한 학습을 통해, STEL-5D: '사회의 기술적 시스템이나 사회 기

반시설의 변화에 영향을 주는 요인을 판단할 수 있어야 한다.' 를 적용할 것이다. 이것은 특정한 주 벤치마크(state benchmark) '문명화의 역사가 기술적 발전에 어떻게 긴밀히 연결되는지를 묘사할 수 있어야 한다.' 와 '구조물은 토대에 기반한다는 것을 이해하며 어떤 구조물은 영구적인 반면, 어떤 구조물은 일시적이라는 것을 이해해야 한다.'를 충족시킨다. 다른 시대에 만들어진 건물의 역사적 맥락에 대한 논의의 일부로서, 그러한 구조물의 특성을 규정하는 특징을 판단하고, 시대와 시간이 특징들에 어떻게 영향을 주었는지 판단하기 위해 비판적 사고 질문이 제기될 수 있다. 이는 TEP-4: 비판적 사고를 지지한다와 관련된다.

국가 교육과정에서 5학년은 물의 손실 없이 물을 근원에서 종점까지 옮기기 위한 혁신적인 구조물을 만들도록 지시를 받았을 때, STEL-8D: '기술적 직무(technical task)을 완수하도록 지시를 따를 수 있어야 한다.' 를 적용한다. 학생들은 어떻게 지하에서, 지구의 표면에서, 수중에서, 또는 우주에서 이를 완수할 수 있을지에 대해 브레인스토밍을 하기 위해 함께 일한다. 이는 TEP-2: 창의성과 관련된다.

**건설된 환경에서의 6-8학년의 기술과 공학 활동영역:** 국가 교육과정에서 7학년은 우주 구조물 과제에서 STEL-6E: '어떻게 기술의 전문화가 많은 기술적 향상의 중심에 있는지 입증할 수 있어야 한다.'를 적용할 것이다. 학생들은 우주탐사 환경 축소-모형(scale-model)을 만들고 달에 서식지를 설계하고 만든다. 지구와의 거리와 극한의 작업 조건 때문에, 학생들은 모든 목적, 재료의 접근, 어떤 전문적인 구조 건설 작업이 이루어져야 하는지 고려해야 한다. 이 과제는 TEP-1: 시스템적 사고와 관련된다.

건축과 건설의 기초와 관련된 중학교 과정에서는, 학생들은 만들어진 환경의 설계, 건설, 유지와 관련된 지속 가능성에 대한 과정(course) 벤치마크를 적용할 때, STEL-7U: '다양한 설계 해결책의 강점과 약점을 평가할 수 있어야 한다.' 를 적용한다. 학생들은 콘크리트 바닥으로 된 발사나무 집의 3/4 축적 모형을 만든다. 구조물은 변화하는 지형을 처리하고, 조경에 미치는 영향을 다룰 수 있어야 한다. 이 도전적인 과제는 12주간 계속되고, 학생들의 협력과 팀의 끈기를 요구한다. 이는 TEP-5: 긍정적 사고와 관련된다.

**건설된 환경에서의 9-12학년의 기술과 공학 활동영역:** 11학년의 건축과 건설을 배우는 학생들은 연방긴급사태 관리청(Federal Emergency Management Agency)의 긴급상황을 위한 작은 집의 설계와 건설을 통하여, 만들어진 환경을 설계하고, 계획하고, 관리하고, 짓고 유지할 때, STEL-2Y: '제품이나 서비스, 시스템이 정해진 기준을 충족시킴을 보장하기 위한 계획된 과정으로서 품질 관리(quality control)를 시행할 수 있어야 한다.' 를 적용한다. 지역구역법(local zoning law)에 따르며 중요한 주거지 필요를 안전하게 충족시키고, 효과적인 비용을 사용하는 것에 강조점을 둔다. 이 과제는 구조물이 제 시간에 정확하게 지어질 것을 보장하는 데 필요한 전문기술(expertise)의 다양한 영역의 개인들과 일하는 것을 포함한다. 이는 건축가, 기사, 기술자, 도시 계획가, 자영업자 등 많은 사람들을 포함한다. 이 과제는 TEP-8: 윤리에 대한 고려와 관련된다.

건설 시스템 과정 중의 고등학생은 건물의 열손실을 알아내고, 열손실을 최소화할 수 있는 방안을 고안하고 에너지 사용을 최적화하는 방안을 고안하기 위해, 적외선 카메라를 사용함으로써, STEL-3J: '기술적 진보(technological progress)와 다른 지식영역의 진보를 연



결시하고, 역으로도 연결시킬 수 있어야 한다. 이는 두 가지 목표: '예상치 못한 사건과 조건에 대응하기 위해 설계와 건설 과제 계획과 시간표를 분석하고, 평가하고, 조정할 수 있어야 한다.' 와 '설명서에 따라 재료를 정확하게 배치하고 건설할 수 있는 측정 기술을 적용할 수 있다.' 를 충족시킨다. 학생들은 친구들에게 자신의 발견을 보여 주면서 TEP-7: 통신의 중요성에 도입된다.

## 기술과 공학의 내용 영역 7 (TEC-7) : 의료와 건강 관련 기술

### 개요

사람들은 건강문제에 대처하고, 질병과 죽음으로부터 생명체를 보호하고, 삶의 질을 향상시키기 위해 기술적 도구, 장치, 약, 시스템을 사용한다. 새로운 기술이 발전함에 따라, 기술의 적용은 진단, 대처, 예방을 위한 건강과 관련된 다양한 제품, 장치, 서비스에 적용 또는 적용된다.



혁신은 의학 기술의 핵심이다. 그것은 환자들에게 더 나은 삶과 효율적인 건강 관리 시스템을 전달해 준다. 의학적 기적은 뉴스에서 종종 언급된다. — 팔의 재부착이나 새로운 장치나 시스템으로 인해 의학적 절차로 생명을 살리는 것이 가능해진 것. 인간의 몸이 어떻게 기능하는지에 대한 새로운 방법의 연구는 매우 빠른 속도로 도입되고 있다. 장치와 시스템은 인간의 능력을 확장하고 인간의 건강을 향상시키기 위해, 컴퓨터와 전자 통제로 확인하고, 평가하고 운영하도록 설계된다. 교정과 보철을 포함하는 보조 기술(assistive technology)은 개인의 기능이나 독립성을 유지하거나 향상시키기 위해 설계되었다. 의학적 장치는 의도된 의학적 용도로 설계되고 발전하지만, 예상치 못하거나 계획되지 않은 새로운 용도도 찾을 수 있다.

좋은 영양과 예방약의 발전은 개인이 더 나은 삶을 살도록 돕는 데 중요한 역할을 해왔다. 백신과 유전자 조작으로 생산된 약은 건강관리 제공기관이 보다 효율적이고 효과적으로 일을 하여 의료관리의 전달을 향상시키도록 개발된다. 오늘날, 원격의료와 개인 의료장치는 전문 의료기술에 더 쉽게 접근하기 위해, 설계되고 개발되었다.

의료산업에서 기술의 사용이 증가하면서, 그것이 가져올 결과를 고려하는 것이 중요하다. 제약이나 생명유지 장치와 같은 기술들은 인간 건강을 보호하고 개선시키는 것을 도와왔다. 하지만, 이러한 제품과 시스템의 사용이 사람이 생명유지 장치를 유지해야 하는 시간의 길이와 약의 부작용과 같은 의문을 키운다.

공공의료, 깨끗한 물을 마시는 것, 오수관리와 관련된 조건들은 몸과 건강에 중요하다. 많은 기술의 사용을 둘러싼 논쟁들은 서로 부딪히거나 그 사용에 영향을 받

는 사람들의 의견과 윤리와 부딪칠 것이다. 그러므로, 정확한 정보의 접근이 건전한 건강 관련 결정을 내리기 위해 필요하다.

### 기술과 공학 프로그램

유치원에서 12학년까지의 교실에서 의료와 건강 관련 기술을 수행할 수 있는 많은 방법이 있다. 기존의 기술과 공학이나 건강 관련 과정 내에서 이 활동영역을 다룰 수 있다. 새로운 기술과 조사의 발전 때문에, 관련 기술 과정 내에서의 규율 기준의 핵심을 가르치는 것이 가장 적절할 것이다. 하지만, 어떤 주와 지역의 구역에서는 독립된 건강 관련 기술 과정과 단원을 시행하고 있다. 그 과정은 기초적인 STEM, 추가 지원하는 기술과 공학 과정, 국가 조직의 프로그램을 포함해야 한다. 아래의 예는 다른 학년 수준의 의료와 건강 관련 기술 활동영역의 수업을 포함한다. 그것들은 STEL 벤치마크와 공학적 수련, 기술과 공학 활동영역의 연결을 보여준다.

**유치원부터 2학년까지의 단계. 기술과 공학 의료와 건강 관련 기술:** 1학년 학생들은 의학 장치나 보조 기술을 포함하는 미디어 클립이나 이야기 속의 보조 공학(assistive technology)이나 의학 기술의 예를 상기시킴으로써, STEL-1B: '사람들이 뭔가를 하는 것을 돕기 위해 사용하는 도구나 기술들을 설명할 수 있어야 한다.'를 적용한다. 교정과 보철을 포함하는 보조 공학은 개인의 기능이나 독립성을 유지하고 개선하기 위해 설계된다. 이는 TEP-8: 윤리에 대한 고려와 관련된다.

2학년 학생들은 건강 단원 수업에서, 과학이 어떻게 약과 백신을 발전시키는 데 사용되고 기술이 사람들에게 기여하는 방법을 제공하는지에 대해 토론함으로써,

STEL-3B: '기술과 인간 경험 사이의 연결을 이끌어낼 수 있어야 한다.' 를 적용한다. 이 토론은 많은 질병은 예방 가능하고, 백신은 필요한 사람들 모두가 항상 이용 가능한 것은 아니라는 것과 같은 생각들을 포함한다. 학생들은 교실 내에서 그들의 생각에 대해 발표를 한다. 이는 TEP-7: 통신과 관련된다.

**3-5학년 단계 기술과 공학 의료와 건강 관련 기술:** 3학년 학생들은 우주에 관한 3학년 교육과정 단원에서 우주에서의 의학 문제의 해결책을 설계할 때, STEL-2G: '시스템의 일부분이 언제, 어떻게 놓쳐지고, 계획한 대로 작동하지 않는지 분명히 보여 줄 수 있어야 한다.' 를 적용한다. 달 서식지에서 사람들 중 한 명이 아프고, 가능한 해결책이 없다. 다음 공급선이 오려면 4주가 걸려서, 우주인은 구할 수 있는 물품으로 해결책을 만들기 위해 지구에 있는 의사와 함께 일을 해야 한다. 교사의 유도로, 학생들은 이 문제를 다루기 위한 아이디어를 브레인스토밍을 한다. 이는 TEP-6: 협력과 관련된다.

5학년은 인간과 환경에 대한 단원에서 STEL-6B: '사람들이 만든 도구들과, 어떻게 음식을 만들기 위해 경작하고, 옷을 만들고, 자신들을 지킬 보호자를 만드는지 발표할 수 있어야 한다.' 를 적용할 수 있다. 토론은 초기의 물과 위생 시스템에 초점이 맞춰질 것이다. 팀에 있는 학생들은 1800년대 중반에 파리를 위해 외젠 벨그랑(Eugène Belgrand)이 설계하고, 도시의 거리 아래의 고고학적 발견에 기반한 위생 시스템에 대한 도표를 발전시킨다. 수질에 관한 활동은 과학 벤치마크 '과학적 조사가 연구의 새로운 아이디어와, 조사를 위한 새로운 방법과 수단, 또는 자료 수집을 향상시키기 위한 새로운 기술을 야기할 수 있다는 것을 이해한다.' 와 연결되고 TEP-4: 비판적 사고를 지지한다.

**6-8학년 기술과 공학 의료와 건강 관련 기술:** 6학년 학생들은 건강 관련 검사에서 적용된 수학적 능력을 보여 주는 건강 과학의 탐색(Exploration of Health Science) 과정에서 STEL-8K: '기술적 시스템에 대한 자료를 모을 수 있는 수단을 설계할 수 있어야 한다.'를 적용한다. 학생들은 친구들의 혈압, 맥박, 온도를 읽고 수집된 정보로부터 일반화를 한다. 이는 TEP-3: 만들기와 실천하기와 관련된다.

중학교 학생들은 질병 발생을 조사하는 동안 의학 탐정(medical detective)으로 행동하고 국가 교육과정 단원에서, STEL-7Q: '기술과 공학적 설계 과정을 적용할 수 있어야 한다'를 적용한다. 교사는 한 섬에 수두의 발생 문제를 제시한다. 학생들은 잠재된 원인(예를 들면, 섬의 삶의 방식, 종교적 믿음, 사회적 측면, 관광객의 영향, 섬의 거주, 건강관리예의 접근성 등)과 어떻게 그 발생을 포함할 것인지 이해하기 위해 일한다. 이 단원은 TEP-1: 시스템 사고와 관련된다.

**9-12학년 기술과 공학 의료와 건강 관련 기술:** 10학년 학생들은 생명공학 수업에서, 짧은 오른팔을 가지고 태어난 한 학생을 위한 보조 공학과 적합한 의학적이고 과학적인 장비를 설계할 때, STEL-4T: '어떻게 기술이 인간의 건강과 능력을 바꾸는지 평가할 수 있어야 한다.'를 적용한다. 그 학생의 팔은 온전하고 잘 기능하는 관절과 짧은 팔의 끝에 4개의 작은 손가락을 가지며, 팔꿈치에서 1인치 반 정도 아래에서 끝난다. 교사는 학생들에게 판지, 빨대, 고무줄을 나누어 주어, 예방 의료 모형(preliminary medical model)을 만들도록 한다. 이 수업의 정점은 그 학생을 위해 맞춤 제작된 팔을 3D 프린팅으로 만드는 것이다. 학생의 요구에 따라, 교실은 분홍색과 반짝이는 파란색 인공팔을 뽑아낸다. 인공팔은 그녀의 오른팔을 왼팔과 같은 길이로 맞추며, 벨크

로(Velcro)로 이두박근 주변을 감싼다. 팔은 그녀가 물건을 잡거나 집어올리기 위해 팔꿈치를 구부리거나 이두박근을 늘릴 때, 100 파운드의 낚시줄을 통해 조절된다. 이 활동은 한 친구를 위한 실제 해결책을 만들기 위해, 감정이입, 사용자 중심의 설계, 시제품화에 초점을 두며 이는 TEP-5: 긍정적 사고와 관련된다.

주 교육과정의 12학년은 쉽게 접근 가능한 관 부분에 혈액 투석 장치를 설계하고 만들 때, STEL-6F: '기술적 발전이 혁신적으로 된 방법과, 기본적인 발명이나 기술적 지식의 개선 결과들을 이야기할 수 있어야 한다.'를 적용한다. 이 과제는 수학적 목표와 과학적 목표와 연결되며, INSPIRES(학생의 참여와 흥미 및 공학과 과학에서 취업을 증가시키는)라고 불리는 대학 프로그램으로써 개발되었다. 이 활동은 TEP-2: 창의성과 관련된다.

중국의 고등학교 1학년 학생은 학생들의 흥미를 고취시키고 전통문화를 지키기 위하여 "전통예술과 실용예술의 보존, 혁신(traditional and practical art reservation and innovation)"이라 불리는 선택과목을 받도록 요구된다. 중국 한의학(Traditional Chinese medicine)은 약초, 침술, 안마, 다른 치료 등 다양한 형태를 포함하는 의료 행위로 3,500년 이상을 기반으로 한다고 불려지는 의학적 치료의 한 분과이다. 중국 대학과 제휴한 고등학교는, 10학년 학생들과 함께 STEL-7Z: '인간 중심의 설계 원리를 적용할 수 있어야 한다.'를 적용한 과제를 실행한다. 한 학생은 (침술을 위한) 휴대용 자동선 탐지기를 발명하여 제네바 국제발명전시(Geneva International Invention Exhibition)에서 은상을 받았다. 다른 학생은 부분 안마기, 안마복, 중국 한약 빻는 기구(grinder)를 발명했다. 이는 TEP-3: 만들기와 실천하기와 관련된다.

## 기술과 공학의 내용 영역 8 (TEC-8) : 농업과 생명기술

### 개요

대략 14,000년 전, 농업혁명이 사람들로 하여금 난생처음 필요 이상의 음식을 생산할 수 있도록 함으로써 사회를 바꾸어 놓았다. 쟁기와 관개와 같은 다양한 농업의 도구와 실행이 생산성을 향상시켰고, 더 적은 사람들로 사회 전체를 먹여 살릴 수 있게 만들어, 몇몇 사회 구성원들이 다른 일을 할 수 있도록 해방시켰다. 더 나아가, 그 이후로 농업 기술의 진보는 그러한 기초를 유지시켜 왔다. 오늘날에는 미국 인구의 2% 이하가 직접적으로 농업에 고용되어 있는 것으로 추정된다.

농업이란 음식, 섬유, 연료, 화학 물질이나 유용한 제품을 위해 식물과 동물을 키우는 것을 말한다. 이듬해 초에 심기 위해서 성장시기의 끝에 씨를 보관해 놓는 것이 간단한 과정의 예이다. 식물의 성장을 강화하기 위해 비료를 사용하는 것과 잡초를 조절하기 위해 제초를 하는 것도 또 다른 예이다. 번식과 원하는 특성을 만들어내기 위해 식물과 동물을 재배하는 것 또한 농업 기술의 예이다. 씨를 심기 위해 흙에 선을 긋는 데 사용되는 뽕족한 막대에서부터, 드론, 자동수유장치, GPS 기반 시스템과 같은 오늘날의 가장 진보된 정밀 농업 기술까지, 농업 도구와 기계에는 혁신적인 변화의 긴 연장선이 있다. 기술은 음식의 산출과 질을 향상시켜 왔고, 또한 농부로 하여금 기후변화, 물부족과 홍수, 토양 남용과 같은 환경 안의 변화하는 상황을 조정할 수 있도록 만들어 왔다.

고전적, 현대적 생물학적 기술의 적용은 오랫동안 농업의 추진력이었다. 생물공학은 제품을 만들거나 수정하기 위해 또는 식물이나 동물을 개선하기 위해, 생명체

또는 생명체의 일부의 사용하는 것으로 정의된다. "농업과 생물학적 기술"이라는 문구는 음식의 형태를 바꾸는 것이나 건강을 개선시키는 것에서부터, 폐기물을 버리고 자료를 저장하기 위해 DNA를 사용하는 것까지 아우르는 보다 넓은 목적의 범위를 포함한다. 생물학적 과정은 살아 있는 생물을 위한 새롭고 개선된 제품과 시스템을 만들기 위해 번식, 성장, 유지, 적응, 취급, 생물학적 재료를 변형시키기 위해 바꾸는 것을 포함한다.

비록 그 문구는 현대적인 느낌이 있지만, 농업과 생명 기술은 적어도 8,000년 동안 사용되어 왔다. 기원전 4,000년쯤, 이집트인들은 빵을 만들기 위해 이스트를 사용하는 법을 배웠다. 오늘날의 과학자들은 세포와 생명조직을 조작하는데 능숙하고, 생명체의 유전 암호를 이용하고 조작할 수 있다. 농업과 생물학적 기술은 인간과 동물의 질병에 맞선 싸움을 개선하고, 인간의 건강을 증진시키며, 작물 생산의 증가를 통해 기아와 싸우고, 농약의 사용을 줄여 환경 보호에 기여한다. 새로운 제품과 서비스는 미래에 생명관련 기술의 진보로부터 계속해서 나타날 것이다.

### 기술과 공학 프로그램

유치원에서 12학년의 교실에서 농업과 다른 생물학적 기술을 수행하는 많은 방법이 있다. 환경, 농업, 천연자원(Environmental, Agriculture, and Natural Resources)의 직업 기술 교육 클러스터 과정(Career and Technical Education cluster course) 내의 단원은 이 개념들을 다룰 수 있다. 많은 초등학교들은 식물 재배와 다른 농업 활동을 교육과정에 포함시킨다. 어떤 주와 지역의 구역은 독립적인 과정과 단원을 시행한다. 이러한 과정은 기초적인 STEM, 추가 지원하는 기술과 공학 과정, 국가조직의 프로그램을 포함할 것이다. 아래

의 예는 다양한 학년 수준의 농업과 생물학적 활동영역의 수업을 포함한다. 그것들은 STEL 벤치마크, 기술과 공학의 시행과 기술과 공학의 활동영역 사이의 연결을 보여 준다.

**농업과 생명 기술에서의 유치원에서 2학년까지의 기술과 공학 활동영역** : 유치원 학생들은 농업과 생명 기술의 응용에서, STEL-2D: '일을 완수하기 위해 계획을 만들 수 있어야 한다.' 를 적용할 수 있다. 식물, 나비, 개구리의 생활주기, 식물과 씨의 성장, 서식지의 소개를 통해서, 학생들은 협동 테라리움(terrarium) 과제를 계획하고 만들 수 있다. 이는 TEP-6: 협동과 관련된다.

1학년들은, '음식을 연중 계속 이용 가능한 것으로 만들고 자원을 보존하는 것을 가능하게 하는 농업 기술을 식별할 수 있어야 한다'는 목표를 가지고 있는 수업에서, 핵심 규율인 STEL-7G: '설계에 있어서 제작에 필요한 기술을 적용할 수 있어야 한다.' 를 적용할 수 있다. 학생들은 닥터 수스(Dr.Suess)의 이야기인 로렉스(The Lorax)를 기반으로, 농업의 기계화와 저장 시스템을 설계한다. 학생들은 자료를 모으고, 그것을 분석하고, 트러플라 나무를 지키기 위한 해결책의 결과를 이야기한다. 이는 TEP-4: 비판적 사고와 관련된다.

**농업과 생명기술에서의 3-5학년 기술과 공학 활동영역** : 자연 재해에 대한 8주간의 단원을 하는 3학년 학생들은, 위험한 날씨와 극한의 조건이 사람과 동물에게 주는 영향에 대해 배움으로써, STEL-4G: '주어진 일을 완성하거나 필요를 충족시키기 위한 최고의 것을 결정하는 기술을 판단할 수 있어야 한다.' 를 적용하는 것을 배운다. 교실에서 동물의 윤리적 대우에 대한 토론이 열린다. 학생들은 동물이 추운 날씨를 견디도록 하는 수단을 설계하고 검사하는데, 이는 TEP-8: 윤리에

대한 고려와 관련된다.

초등 STEM 아카데미에서, 4학년 학생들은 작물재배를 위해 씨를 뿌리는 풍선을 사용한 기구를 설계할 때, STEL-3D: '기술과 공학과 다른 내용 영역(content area) 사이의 다양한 관계가 어떻게 존재하는지를 설명할 수 있어야 한다.' 를 적용할 것이다. 학생 팀은 낚시줄에 재배 구역을 지나도록 기압을 이용하는 체계를 설계하고 구축할 것이다. 그 기제는 씨를 목표 지역 위에 골고루 확산시켜야 한다. 과학 개념은 정보를 옮기는 패턴으로 다수의 해결책을 분석함으로써 적용되고, 수학은 거리와 시간의 간격으로 씨의 확산을 분류함으로써 사용된다. 이 STEM 교실에서, 학생들의 작업은 TEP-2: 창의성과 관련된다.

**농업과 생명기술에서의 6-8학년 기술과 공학 활동영역** : 예비 공학 과정의 8학년 학생들은, 수자원 위기 문제를 위해, STEL-4M: '창작과 기술의 사용으로 인해 발생한 폐기물을 줄이고, 재사용하고 재활용하기 위한 전략을 고안해낼 수 있어야 한다.'를 적용할 수 있다. 과제는 수경 재배 시스템을 재순환시키는 설계와 안전한 건설 또는, 물 부족을 완화하는 것을 돕도록 도시 지역에서의 사용에 초점을 두고 있다. 이는 TEP-3: 만들기와 실천하기를 충족시킨다.

조직 배양과 조직 배양 과정을 통해 기술이 환경에 미치는 영향에 대한 이해를 분명히 보여 줄 수 있다는 점을 통해, STEL\_6D: '어떻게 발명과 혁신이 진화해 왔는지 모의실험(simulation)을 하는 조사와 발전 과정에 참여할 수 있어야 한다.' 를 적용할 수 있다. 이는 폐기물의 관리와 기술이 자연재해로 인해 발생된 피해를 고치는데 사용될 수 있는 방법에 대해 학생들이 노력을 들임으로써 성취될 수 있다.

**농업과 생명 기술에서의 9-12학년의 기술과 공학 활동**

**영역** : 고등학교 1학년 학생들은 고급 응용(advanced application) 과정의 단원에서, 생태계의 상호작용과 부력의 원리를 사용하고, 물고기를 유인하는 수생 곤충의 행동을 모방하는 낚시용 미끼를 설계하고 만들기 위해, STEL-5H: '사회의 독특한 필요와 욕구로부터 발생한 기술적 혁신을 평가할 수 있어야 한다.' 를 적용할 수 있다. 이 전략은 자연모방(biomimicry)이라고 알려져 있다. 학생들은 자연환경을 관찰하고, 유사 물고기 먹이에 관한 검증 가능한 가설을 세우고, 매개변수 모델링 소프트웨어(parametric modeling software)와 추가적인 프린터를 사용한 부력 모형을 만들고, 맞춤형 미끼의 성공을 검사한다. 모든 작업은 공학 설계 포트폴리오에 기록된다. 이는 TEP-5: 긍정적 사고와 관련된다.

환경의 지속 가능성(environmental sustainability) 과정 중의 고등학생들은 물리적 시스템과 생물학적 시료의 사용을 통해 물에서 기름을 제거하는 중력을 이용한 물 정화장치(gravity-fed water cleansing unit)에 공들이면서, 깨끗하고 풍부한 물, 식품 공급, 재생 가능한 에너지의 문제해결책을 찾기 위한 과학, 수학, 기술을 사용하기 위해, STEL-1Q: '특정한 필요와 욕구를 처리하기 위한 발명과 혁신을 알리기 위한 조사를 할 수 있어야 한다.'를 적용할 수 있다. 학생들은 그들의 기구를 제출하고, 검사 결과에 기반하여 정화기의 개선을 성찰한다. 이는 TEP-7: 통신을 뒷받침한다.

부록  
A

STEL 벤치마크  
교육과정  
개발 자료

## 부록 A - STEL 벤치마크 교육과정 개발 자료

상호작용적인 STEL 웹사이트는 특별히 교사에게 유익할 세 가지 교육과정 개발 자료를 포함한다: (1) 학년군 수준에서의 벤치마크를 나열한 개요 ; (2) STEL 표준과 벤치마크를 차세대 과학 표준(NGSS), 공통 핵심 수학(CCSS-Math1) 벤치마크 및 공통 핵심 영어(CCSS-ELA) 벤치마크와 연결짓는 행렬표(crosswalk matrix); (3) 벤치마크들을 인지적, 정의적 및 심동적 영역에 배열한 동사 행렬

### 학년군에 따른 STEL 벤치마크 개요

특정 학년 수준에서 수업 계획을 하고 있는 교사와 교육과정 개발자를 위해 개요는 모든 학년군의 벤치마크를 쉽게 접근하도록 한곳에 모은 것이다. 이 자료는 STEL 자료 웹페이지에 있으며, 교사들을 위해 MS Word로 제공하고 있다. 표 A.1은 처음 세 개 표준에서 유치원-2단계 벤치마크의 개요 일부에 대한 스크린샷이다.

### STEL 벤치마크와 다른 학문 벤치마크의 비교

벤치마크 행렬표는 교사와 교육과정 개발자들이 가르치고자 하는 STEL 벤치마크를 확인할 때, 수업 계획안에 추가할 수 있는 NGSS, CCSS Math, CCSS ELA와 연계된 학술상의 벤치마크를 제공하도록 설계되어 있다. 많은 경우, 교사들은 벤치마크를 출발점으로 활용

<sup>1</sup> CCSS(Common Core State Standards)는 미국의 44개 주가 참여하는 전국 단위 표준 교과과정임

표 A.1 표준 1-3에서 유치원-2 벤치마크의 개요 사례

학년군	STEL 벤치마크
<b>STEL-1: 기술과 공학의 본질과 특성</b>	
유치원-2	1A. 자연세계와 인공세계를 비교할 수 있다.
유치원-2	1B. 사람이 일을 할 때 사용하는 도구와 기술을 설명할 수 있다.
유치원-2	1C. 만드는 것은 누구나 할 수 있다는 것을 보여 줄 수 있다.
유치원-2	1D. 과학자, 공학자, 기술자 및 기술 관련 일을 하는 사람들의 역할에 대해 토의할 수 있다.
<b>STEL-2: 기술과 공학의 핵심 개념</b>	
유치원-2	2A. 목적을 달성하기 위해, 시스템이 부품이나 구성요소와 함께 어떻게 작동하는지를 설명할 수 있다.
유치원-2	2B. 작업을 완료하기 위하여 도구를 안전하게 사용할 수 있다.
유치원-2	2C. 활용할 성질과 특성을 고려하여 재료를 선정한다는 것을 설명할 수 있다.
유치원-2	2D. 작업을 완료하기 위한 계획을 세울 수 있다.
유치원-2	2E. 팀의 구성원으로서 효과적으로 협력할 수 있다.
<b>STEL-3: 지식, 기술 및 실천의 통합</b>	
유치원-2	3A. 여러 내용 영역에 걸쳐 있는 개념과 기능을 강화시키는 기술과 공학 활동에서 개념과 기능을 적용할 수 있다.
유치원-2	3B. 기술과 인간 경험 간의 관련성을 도출할 수 있다.

할 수 있다. 예를 들면, 어떤 교사는 '기준과 제한 사항 내에서 바람직한 품질을 다룸으로써 설계를 최적화하라'는 STEL-7Y에 중점을 둘 수도 있다. 연계된 CCSS ELA 벤치마크는 '실험할 때, 측정하거나 기술적인 작업을 수행할 때, 교재에서 정의된 특별한 사례나 예외를 처리할 때, 복잡한 여러 단계의 절차를 정확하게 이행할 수 있다'(ELA-Literacy.RST.9-10.3). 교사가 말하기와 듣기에서 부가적인 ELA 벤치마크(예, SL.9-10.1.c and SL.9-10.1.d)를 선정할 경우, 수업의 마지막에 학생들을 위해 비판적 사고 토론을 계획할 수도 있다.

표 A.2는 세 개의 STEL 벤치마크 예시와 다른 학문 영역의 대응되는 벤치마크를 비교한 것이다. 이것은 대학 교수, 주 장학관 및 교사로 구성된 두 개의 독립된 교

육자 팀이 '5'가 가장 강한 연계를 의미하는 1에서 5의 척도로 연계된 벤치마크 상대를 평가하여 결정되었다. 행렬표에 포함시킬지를 가르는 점수는 전체 평균 5.0 중 3.0으로 설정되었으며, 어떤 개별적 팀의 평균도 전체 평균에서 0.5 이상으로 나타나지 않았다. 결과적으로 STEL의 벤치마크와 관련 있는 다른 학문의 벤치마크 대응은 NGSS에서 119개, CCSS Math에서 79개 및 CCSS ELA에서 119개로 확인되었다. 학년급과 내용을 선정하기 위한 전체 목록을 얻으려면 ITEEA 웹사이트에 있는 상호작용적인 STEL 페이지를 방문하면 된다. 교사들은 수업 계획을 위한 부가적인 벤치마크를 선정하기 위해 NGSS, CCSS Math, 및 CCSS ELA의 MS Word 요약 버전을 이용할 수 있다.

표 A.2 STEL과 NGSS, CCSS Math, 및 CCSS ELA의 세 가지 상호 비교

학년군	STEL	NGSS	CCSS Math	CCSS ELA
유치원-2	STEL-1A. 자연세계와 인공세계를 비교할 수 있다.	K-2-ETS1-1. 자연세계와 또는 설계된 세계(designed world)에 대한 더 많은 정보를 찾기 위해 관찰에 기초한 질문을 할 수 있다.	K.MD.2. 어떤 대상물이 더 많은/ 더 적은 속성을 가지고 있는지 보기 위해 공통으로 측정 가능한 속성으로 두 대상을 비교하고 차이점을 기술할 수 있다.	ELA-Literacy.SL.K.3. 도움을 구하고, 정보를 얻거나 이해되지 않는 것을 명확히 하기 위해 질문하고 답할 수 있다.
6-8	STEL-5G. 경쟁 요소들 간의 신중한 타협의 필요성을 인식하는 의사결정 과정의 일부로 다양한 관점에서 상충관계를 평가할 수 있다.	ETS1.A. 공학 문제의 정의와 범위: 더 엄밀하게 설계 작업의 기준과 제한 사항이 정의될수록 설계안이 성공적일 가능성이 더 크다. 제한 사항의 시방서는 가능한 해결안을 제한할 것 같은 과학적 원리와 다른 관련 지식에 대한 고려를 포함한다.	7.SP.7. 확률 모델을 개발하여 사건의 가능성을 찾기 위해 활용할 수 있다. 모델에서의 가능성과 관찰된 빈도를 비교한다. 만일 일치되지 않으면 가능한 차이의 원인을 설명할 수 있다.	ELA-Literacy.W.8.9. 문학이나 정보문서에서 분석, 반증 및 연구를 위한 증거를 찾아낼 수 있다.
9-12	STEL-7Y. 기준과 제한사항 내에서 바람직한 품질을 다르므로써 설계를 최적화할 수 있다.	HS-ETS1-3. 가능한 사회적, 문화적 및 환경적 영향뿐만 아니라 비용, 안전, 신뢰성 및 미학을 포함하는 제한 사항의 범위를 설명하는 우선순위 기준과 상충관계에 근거하여 복잡한 실세계 문제의 해결안을 평가할 수 있다.	S-IC.2. 명시된 모형이 주어진 데이터 생성 과정(예, 시뮬레이션 활용)에서의 결과와 일치하는지를 결정할 수 있다.	ELA-Literacy.RST.9-10.3. 실험할 때, 측정하거나 기술적인 과업을 수행할 때, 교재에서 정의된 특별한 사례나 예외를 처리할 때, 복잡한 여러 단계의 절차를 정확하게 이행할 수 있다.

### 인지적, 정의적 및 심동적 영역에서 STEL 벤치마크 동사 배열

교육과정 개발자와 교사들은 종종 학생들을 인지적, 정의적 및 심동적 영역의 적절한 수준에서 가르치고 평가하는 것을 확실히 할 필요가 있다. STEL 벤치마크는 이러한 영역에서 서로 다른 수준을 목표로 하는 능동형 동사를 사용한다. 그 외에 교육과정 개발자와 교사들은

벤치마크가 사실적, 개념적, 절차적 또는 메타인지적 지식의 수준에 있는지를 알기 원한다. ITEEA의 상호작용적 STEL 웹사이트에서 제공되는 두 번째 자료는 모든 142개의 STEL 벤치마크를 위한 요인들을 확인할 것이다. 이러한 도구는 기술과 공학 차원(dimensions)과 학생 성과(outcomes)에 세 가지 학습 영역의 배정을 보장하려고 개발되었다. 이러한 관계는 표 A.3에 서술되어 있다.

표 A.3 기술과 공학의 차원과 학생 성과에 배정된 세 가지 학습 영역

영역	T & E 차원	학생 성과 (벤치마크 동사에서 정의한)
인지적	→ 알고 생각하기	→ 지식
심동적	→ 행하기	→ 기능
정의적	→ 알고 생각하고 행하기	→ 성향

표 A.2에 제공된 세 가지 사례를 위한 영역, 영역 수준 및 지식 차원은 표 A.4에 제시되어 있다. 이 정보는 쌍방향의 온라인 툴에 있는 각 벤치마크에 이용할 수 있을 것이다. 표 A.4에서 각 영역은 열로 제시되어 있고, 각 벤치마크의 적용 가능한 수준을 확인할 수 있다. 각 영역을 위한 수준은 다음과 같다.

#### 인지적 영역(Anderson & Krathwohl, 2001)

- ▶ 기억하다
- ▶ 이해하다
- ▶ 적용하다
- ▶ 분석하다
- ▶ 평가하다
- ▶ 창작하다

#### 정의적 영역(Krathwohl, Bloom, & Masia, 1964)

- ▶ 수용
- ▶ 반응
- ▶ 가치화
- ▶ 조직화
- ▶ 인격화

#### 심동적 영역(Bixler, 2011)

- ▶ 관찰
- ▶ 모방
- ▶ 연습
- ▶ 적응

#### 지식 수준

- ▶ 사실적
- ▶ 개념적
- ▶ 절차적
- ▶ 메타 인지적

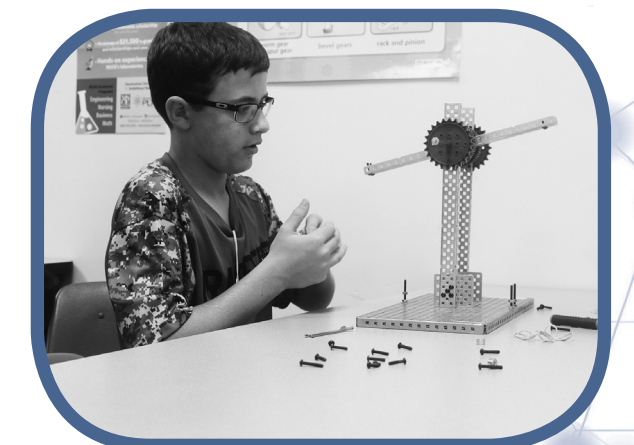


표 A.4 영역과 지식 차원(dimensions)에 배정된 벤치마크 동사

STEL 벤치마크	인지적 영역	정의적 영역	심동적 영역	지식 차원
1A. 자연세계와 인공세계를 비교할 수 있다.	분석하다		관찰	개념적
5G. 경쟁 요소들 간의 신중한 타협의 필요성을 인식하는 의사결정 과정의 일부로 다양한 관점에서 상충관계를 평가할 수 있다.	평가하다	반응		개념적
7Y. 기준과 제한 사항 내에서 바람직한 품질을 다룸으로써 설계를 최적화할 수 있다.	분석하다		적응	절차적

부록  
B

표준 개정 프로젝트의  
간략한 역사

## 부록 B - 표준 개정 프로젝트의 간략한 역사

기술 교육을 위한 표준의 최초 문서(Standards for Technological Literacy, STL)는 국제기술교육학회(ITEA, 현재 ITEEA)에 의해 2000년에 출간되었다. STL 표준은 2002년과 2007년에 약간의 개정이 있었다.

2011년과 2012년에 ITEEA는 미국공학교육학회(American Society for Engineering Education, ASEE), 미국공학원(National Academy of Engineering, NAE), 그리고 생물과학교육과정학회(Biological Sciences Curriculum Study, BSCS), 미국과학재단(National Science Foundation, NSF), 고등기술교육(Advanced Technological Education, ATE) 등으로부터 후원을 받아 개정 프로젝트를 시작하였다.

2016년 3월, ITEEA 산하의 기술공학교사협의회(Council on Technology and Engineering Teacher Education, CTETE)는 자신들만의 교육 인증과 프로그램 표준을 자체적으로 개발이 가능한지에 대한 내부 토론을 실시하였다. 이것은 CTETE의 교육프로그램인증 협의회에서 더 논의가 되었고, 이것이 STEL 개정을 위한 첫 시작이었다. 이 논의는 이후 2년 동안 이어졌다.

2018년 6월, CTETE의 In June 2018, CTETE의 집행부는 기술 교육을 위한 표준(STL)을 개정하는 특별한 프로젝트에 전념하기로 하였다. 협의회 멤버들은 2018년 가을 ITEEA의 직원들과 NSF에 펀딩 제안서를 작성하기 위한 그룹을 결성하였다. 이 펀딩은 2019년 초에 수락되었다.

## 표준 개정 프로젝트의 타임라인

2018년 여름:

- ▶ CTETE 리더십 팀은 기존의 STL과 관련된 피드백을 받기 위해 ITEEA 회원을 대상으로 한 초기 설문지를 개발함.

2018년 가을:

- ▶ CTETE와 ITEEA 사이에 협동 계획 조직이 구성되었음.
- ▶ 8명의 STL 수정 프로젝트 리더들이 선출되었음.
- ▶ 검토자를 선발하기 위한 자격 기준과 지원서를 받기 위한 프로세스가 만들어졌음.
- ▶ ITEEA 홈페이지에 STL 개정 프로젝트 페이지가 만들어졌음.
- ▶ 미국과학재단(NSF)의 ATE 에 기금을 신청
- ▶ 약 6,000명의 ITEEA 회원과 관련자에게 설문지를 배포
- ▶ 21세기 리더십 회원들에게 프로젝트를 발표

2019년 봄:

- ▶ 설문 결과를 분석하여 기술과 공학 교사(Technology and Engineering Teacher) 저널에 발표
- ▶ NSF ATE 그랜트가 수락됨 (NSF ATE Grant #1904261)
- ▶ 2019년 ITEEA 학회(Kansas City, MO)에서 STEL 수정 리더십 팀이 협동 계획 팀으로부터 인계받음.
- ▶ 델파이 과정을 거쳐 30명의 검토팀을 선정
- ▶ 리더십 팀에 의해 “배경과 이론적 근거” 문서가 개발됨. 이 문서는 소양, 표준 갯수의 축소, 프로젝트의 미션과 비전, 그리고 수정 문서의 형식 등을 포함함.

2019년 여름:

- ▶ “기술적 소양을 위한 표준: 배경과 이론적 배경, 그

리고 구조(Standards for Technological Literacy Revision Project: Background, Rationale, and Structure)가 출간되었고, 30명의 검토팀 멤버를 대상으로 설문문을 시작

- ▶ 8월 4-8일: 수정 프로젝트 팀이 집필 워크숍을 친세깃 힐(Chinsegut Hill, Brooksville, Florida)에서 개최
- ▶ 친세깃에서 집필 팀이 8개의 표준과 내용영역에 대한 초안을 작성

2019년 가을:

- ▶ 친세깃에서의 작업을 바탕으로 리더십 팀이 표준과 내용영역의 초안을 수립
- ▶ “기술과 공학 소양을 위한 표준: STEM 교육 안에서 기술과 공학의 역할을 정하는 것”이라는 제목의 초안이 완성됨.
- ▶ 첫 번째 전체 초안을 30명의 친세깃 검토팀에게 검토와 피드백을 받기 위해 보내짐.
- ▶ 친세깃 검토팀의 피드백을 바탕으로 문서의 수정이 이루어짐.
- ▶ 2019년 11월 19일에 2차 초안 문서가 65명의 2차 리뷰어들에게 보내짐.

2020년 봄:

- ▶ 2차 검토팀의 피드백을 바탕으로 3차 초안이 완성됨.
- ▶ ITEEA 회원과 관련자들로부터 피드백을 받기 위해 전체 문서를 ITEEA의 홈페이지를 통해 공개
- ▶ 2020년 2월 기술과 공학적 소양을 위한 표준의 집행부 요약본이 출시됨.

2020년 여름:

- ▶ 2020년 초여름 STEL의 최종본이 출시됨.
- ▶ 쌍방향 상호작용이 가능한 STEL 홈페이지 개발이 착수됨.



부록

C

참고 문헌

- Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET). (2016). Criteria for accrediting engineering programs, 2016–2017. <https://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/criteria-for-accrediting-engineering-programs-2016-2017/>
- Advance CTE, Association of State Supervisors of Math, Council of State Science Supervisors, and International Technology and Engineering Educators Association. (2018). STEM<sup>4</sup>: The power of collaboration for change. <https://careertech.org/resource/STEM4-power-collaboration-change>
- Alismail, H., & McGuire, P. (2015) 21<sup>st</sup> Century standards and curriculum: Current research and practice. *Journal of Education and Practice*, 6(6), 150–155.
- American Association for the Advancement of Science. (1989). *Science for all Americans*. Oxford University Press.
- American Association for the Advancement of Science and National Science Teachers Association. (2007). *Atlas of science literacy: Project 2061*. Washington, DC: Author. <http://www.project2061.org/publications/staa/>
- Anderson, L.W. (Ed.), Krathwohl, D.R. (Ed.), Airasian, P.W., Cruikshank, K.A, Mayer, R.E., Pintrich, P.R., Raths, J., & Wittrock, M.C. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York, NY: Longman.

- Antink-Meyer, A., & Brown, R. (2019). Nature of engineering knowledge: An articulation for science learners with nature of science understandings. *Science & Education(online)*. <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00038-0>
- Antonenko, P., Jahanzad, F., & Greenwood, C. (2014). Fostering collaborative problem solving and 21st century skills using the DEEPER sca olding framework. *Journal of College Science Teaching*, 43(6), 79–88.
- Asunda, P. (2012). Standards for technological literacy and STEM education delivery through career and technical education programs *Journal of Technology Education*, 23(2), 44–60.
- Asunda, P., & Weitlauf, J. (2018) STEM habits of mind: Supporting and enhancing a PBL design challenge—Integrating STEM instruction approach. *Technology and Engineering Teacher*, 78(3), 34–38.
- Balaji, U. (2017). A new approach to teaching robotics to high school students. *Technology and Engineering Teacher(online)*. [https://www.iteea.org/TETe\\_MayJune2017.aspx](https://www.iteea.org/TETe_MayJune2017.aspx).
- Banks, F., & Barlex, D. (2014). *Teaching STEM in the secondary school: Helping teachers meet the challenge*. London, UK: Routledge
- Barton, P. (2010). National education standards: To be or not to be? *Educational Leadership*, 67(7), 22–29.

- Benjamin, S., & Schwartz, W.(1994) When less is more: A devil's advocate position on standards. *English Journal* 94(7).
- Bitter, G., & Thomas, L. (1997). National educational technology standards: Developing new learning environments for today's classrooms. *NASSP Bulletin*, 81(592), 52.
- Bixler, B. (2011). The ABCDs of writing instructional objectives. <https://creativecommons.org/>
- Buckler, C., Koperski, K., & Loveland, T. (2018). Is computer science compatible with technological literacy? *Technology and Engineering Teacher*, 77(4), 15–20.
- Buelin, J., Daugherty, M., Hoepfl, M., Holter, C., Kelley, T., Loveland, T., Moye, J., & Sumner, A. (2019). *ITEEA standards for technological literacy revision project: Background, rationale, and structure*. Reston, VA: International Technology and Engineering Educators Association. <https://www.iteea.org/File.aspx?id=151454&v=e868d0d8>
- Bush, S., & Cook, K. (2019) *Step into STEAM: Your standards-based action plan for deepening mathematics and science learning, Grades 5–8*. Thousand Oaks, CA: Corwin & Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Bybee, R. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30–35.

- Carr, R., Bennett, L., & Strobel, J. (2012). Engineering in the K–12 STEM standards of the 50 U S states: An analysis of presence and extent. *Journal of Engineering Education*, 101(3), 539–564.
- Cencelj, Z., Abersek, M., Bersek, B., & Flogie, A. (2019). Role and meaning of functional science, technological and engineering literacy in problem–based learning. *Journal of Baltic Science Education*, 18(1), 132–146. <https://doi.org/10.33225/jbse/19.18.132>
- Change the Equation (CTEq). (2016). Vital signs: Reports on the condition of STEM learning in the U.S. Retrieved January 16, 2017, from [https://www.ecs.org/wp-content/uploads/TEL-Report\\_0.pdf](https://www.ecs.org/wp-content/uploads/TEL-Report_0.pdf)
- Common Core State Standards Initiative. (2019). Standards for mathematical practice. <http://www.corestandards.org/Math/Practice/>.
- Computing at School. (2015). Computational thinking: A guide for teachers. London, UK: Author.
- Cook, K., & Bush, S. (2018). Design thinking in integrated STEAM learning: Surveying the landscape and exploring exemplars in elementary grades. *School Science and Mathematics*, 118(3–4), 93–103. doi:10.1111/ssm.12268
- Cummins, P., Yamashita, T., Millar, R., & Sahoo, S. (2019). Problem–solving skills of the U.S. workforce and preparedness for job automation. *Adult Learning*, 30(3), 111–120.
- Darche, S., & Stam, B. (2012). College and career readiness: What do we mean? *Techniques*, 87(3), 20–25.
- Daugherty, M. (2009). The T and E in STEM education. *The Overlooked STEM Imperatives: Technology and Engineering*, International Technology Education Association (pp. 18–25). Reston, VA: ITEEA
- Denson, C., Buelin, J., Lammi, M., & D’Amico, S. (2015). Developing instrumentation for assessing creativity in engineering design. *Journal of Technology Education*, 27(1), 23–40.
- Di Paolantonio, M. (2016). The cruel optimism of education and education’s implication with “passing–on.” *Journal of Philosophy of Education*, 50(2), 147–159.
- Dugger, W. (2000). How to communicate to others about the standards. *The Technology Teacher*, 60(3), 9–12.
- Dugger, W. (2016). The Legacy Project. *Technology and Engineering Teacher*, 76(2), 36–39.
- Dugger, W., & Moye, J. (2018). Standards for technological literacy: Past, present, and future *Technology and Engineering Teacher*, 77(7), 8–12.
- EDDirect. (2015). Ethics in education. Retrieved October 11, 2019, from <http://www.eddirect.com/resources/education/ethics-in-education>
- Erbil, L., & Dogan, F. (2012). Collaboration within student design teams participating in architectural design competitions. *Design and Technology Education*, 17(3), 70–77.
- Ernst, J., & Clark, A. (2007). Scientific and technical visualization in technology education. *The Technology Teacher*, 66(8), 16–20.
- Ernst, J., & Moye, J. (2013.) Social adjustment of at–risk technology education students. *Journal of Technology Education*, 24(2). pp 2–13.
- Estapa, A., Hutchinson, A., & Nadolny, L. (2018). Recommendations to support computational thinking in the elementary classroom. *Technology and Engineering Teacher*, 77(4), 25–29.
- Fleming, R. (1989). Literacy for a technological age *Science Education*, 73(4), 391–404.
- Foster, P. (2005). Technology in the standards of other school subjects. *The Technology Teacher*, 65(3), 17–21.
- Fourez, G. (1997). Scientific and technological literacy as a social practice. *Social Studies of Science*, 27, 903–936.
- France, B. (2015). Technological literacy: A realisable goal or a chimera? *ACE Papers*, Issue 5: Issues in Educational Professional Development, Paper 3. Auckland, New Zealand: University of Auckland. <https://researchspace.auckland.ac.nz/handle/2292/25056>
- Friedman, T. (2005). *The world is at: A brief history of the twenty–rst century*. New York, NY: Farrar, Straus and McKinsey .
- Gagel, C. (1997). Literacy and technology: Reflections and insights for technological literacy. *Journal of Industrial Teacher Education*, 34(3), 6–34.
- Gandal, M. (1995) Why we need academic standards. *Educational Leadership*, 53(1), 84–86. <http://www.ascd.org/publications/educational-leadership/sept95/vol53/num01/-Why-We-Need-Academic-Standards.aspx>
- Grubbs, M., Strimel, G., & Huffman, T. (2018) . Engineering education: A clear content base for standards. *Technology and Engineering Teacher*, 77(7), 32–38.
- Haag, S., & Megowan, C. (2015). Next Generation Science Standards: A national mixed–methods study on teacher readiness. *School Science and Mathematics*, 115(8), 416–426.
- Hacker, M. (2018). Integrating computational thinking into technology and engineering education. *Technology and Engineering Teacher*, 77(4), 8–14.
- Hacker, M., Crismond, D., Hecht, D., & Lomask, M. (2017). Engineering for all: A middle school program to introduce students to engineering as a potential social good. *Technology and Engineering Teacher*, 77(3), 8–14.

- Hailey, C., Erikson, T., Becker, K., & Thomas, T. (2005). National center for engineering and technology education. *The Technology Teacher*, 64(5), 23–26.
- Hall, G. (2011). Curriculum, instruction, and assessment for creativity and design. In S. Warner and P. Gemmill (Eds.), *Creativity and design in technology & engineering education*(pp. 262–289). Reston, VA: Council on Technology Teacher Education.
- Henriksen, D., Henderson, M., Creely, E., Ceretkova, S., Cernochova, M., Sendova, E., Sointu, E., & Tienken, C. (2018). Creativity and technology in education: An international perspective. *Technology, Knowledge and Learning*, 23, (409–424). <https://doi.org/10.1007/s10758-018-9380-1>
- Heroman, C. (2017). Making and tinkering with STEM: Solving design challenges with young children. Washington, DC: National Association for the Education of Young Children.
- Heywood, J. (2017). Why technological literacy and for whom? In Heywood et al. (2017). *Philosophical and educational perspectives on engineering and technological literacy*, IV (pp 2–9). Iowa State University [https://lib.dr.iastate.edu/ece\\_books/4/](https://lib.dr.iastate.edu/ece_books/4/)
- Hoepfl, M. (2003). Concept learning in technology education In K. R. Helgeson and A. E. Schwaller (Eds.), *Selecting instructional strategies for technology education* (pp. 47–64). CTETE 52<sup>nd</sup> Yearbook. New York, NY: Glencoe McGraw-Hill
- Hoepfl, M. (2016). Research on teaching and learning in technology and engineering education and related subjects. In M. Hoepfl (Ed.), *Exemplary teaching practices in technology and engineering education*. CTETE 61<sup>st</sup> Yearbook. Reston, VA: Council on Technology and Engineering Teacher Education.
- Ingerman, A., & Collier-Reed, B. (2011). Technological literacy reconsidered: A model for enactment. *International Journal of Technology and Design Education*, 21, 137–148 doi: 10.1007/s10798-009-9108-6
- Institute of Education Sciences/National Center for Education Statistics. (2019). *Technology and engineering literacy*. Retrieved May 8, 2019, from <https://nces.ed.gov/nationsreportcard/tel/>
- International Society for Technology in Education. (2014). *ISTE standards* Retrieved October 24, 2018, from <https://www.iste.org/standards>
- International Technology Education Association. (1996). *Technology for all Americans: A rationale and structure for the study of technology*. Reston, VA: Author.
- International Technology Education Association (ITEA/ITEEA) (2000/2002/2007). *Standards for technological literacy: Content for the study of technology*. Reston, VA: Author.
- International Technology Education Association. (2003). *Advancing excellence in technological literacy: Student assessment, professional development, and program standards*. Reston, VA: Autho.
- Iversen, E. (2015). K–12 learning by engineering design. *Start Engineering*. <http://start-engineering.com/start-engineering-now/2015/11/3/k-12-learning-by-engineering-design>
- Jackson, A., Mentzer, N., & Kramer-Bottiglio, R. (2020). Soft robotics as emerging technologies: Preparing students for future work through soft robot design experiences. *Technology and Engineering Teacher*, 79(6), 8–14.
- Kelley, T. (2010). Optimization, an important stage of engineering design *The Technology Teacher*, 69(5) 18–23.
- Kelley, T. (2015). Annual NSF report for science learning through engineering design. Unpublished manuscript, Purdue University, West Lafayette, IN.
- Kelley, T., & Knowles, J. (2016) A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(11). doi 10.1186/s40594-016-0046-z
- Koehler, C., Faraclas, E., Giblin, D., Moss, D., & Kazerounian, K. (2013). The Nexus between science literacy & technical literacy: A state-by-state analysis of engineering content in state science standards *Journal of STEM Education*, 14(3), 5–12.
- Krathwohl, D. R., Bloom, B. S., and Masia, B. B. (1964). *Taxonomy of educational objectives, Book II. A ective domain*. New York, NY David McKay Company, Inc.
- Krupczak, J., Pearson, G., & Ollis, D. (2006, June). Assessing technological literacy in the United States. Paper presented at 2006 Annual Conference & Exposition, Chicago, Illinois <https://peer.asee.org/396>
- Krupczak, J., Blake, J., Disney, K, Hilgarth, C., Libros, R., Mina, M., & Walk, S. (2016). De ning engineering and technological literacy. In *Philosophical and educational perspectives on engineering and technological literacy*, III (pp 8–14). Iowa State University. [https://lib.dr.iastate.edu/ece\\_books/3/](https://lib.dr.iastate.edu/ece_books/3/)
- Land, R. (2012). Engineering technologists are engineers. *Journal of Engineering Technology*. 1(5), 32–39.
- Lederman, N., Lederman, J., & Antink, A. (2013). Nature of science and scienti c inquiry as contexts for the learning of science and achievement of scienti c literacy. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 1(3), 138–147.
- Levin, H. (2015). The importance of adaptability for the 21st century Society, 52(2), 136– 141.
- Loepp, F. (2004). Standards: Mathematics and science compared to technological literacy. *The Journal of Technology Studies*, 30(1/2), 2–10.

- Loewus, L. (2016, February 23). Eight things to know about the Next Generation Science Standards [Education Week blog post]. [http://blogs.edweek.org/edweek/curriculum/2016/02/next\\_generation\\_science\\_standards\\_8\\_things\\_to\\_know.html](http://blogs.edweek.org/edweek/curriculum/2016/02/next_generation_science_standards_8_things_to_know.html)
- Love, T. (2017). Perceptions of teaching safer engineering practices: Comparing the influence of professional development delivered by technology and engineering, and science educators. *Science Educator*, 26(1), 1–11.
- Love, T., & Wells, J. (2018). Examining correlations between the preparation experiences of U. S. technology and engineering educators and their teaching of science content and practices. *International Journal of Technology and Design Education*, 28(2), 395–416.
- Loveland, T. (2017). Teaching personal skills in technology and engineering: Is it our job? *Technology and Engineering Teacher*, 76(7), 15–19
- Loveland, T. (2019). Standards for technological literacy revision survey: Preliminary results *Technology and Engineering Teacher* (electronic version), 78(8) <https://www.iteea.org/TETMayJune19STL.aspx>
- Loveland, T., & Love, T. (2017). Technological literacy: The proper focus to educate all students *The Technology and Engineering Teacher*, 76(4), 13–17.
- Lucas, B., & Hanson, J. (2016). Thinking like an engineer: Using engineering habits of mind and signature pedagogies to redesign engineering education. *International Journal of Engineering Pedagogy*, 6(2), 4–14.
- Marshall, B. (2011). English in the national curriculum: A simple redraft or a major rewrite? *The Curriculum Journal*, 22(2), 187–199.
- Massel, D. (1994). Three challenges for national content standards. *Education & Urban Society*, 26(2), 185
- McGuinn, P. (2015). Complicated politics to the core *Phi Delta Kappan*, 97(1), 14–19.
- Mitchell, T. (2017). Examining the relationship between technology & engineering instruction and technology & engineering literacy in K–8 education [Doctoral dissertation, Duquesne University] <https://dsc.duq.edu/etd/179>
- Moye, J., Dugger, W., & Starkweather, K. (2016). Learning better by doing study: Third-year results. *Technology and Engineering Teacher*, 76(1), 18–25.
- Moye, J., Dugger, W., & Starkweather, K. (2017). Learn better by doing study: Fourth-year results. *Technology and Engineering Teacher*, 77(3), 32–38.
- Moye, J., Dugger, W., & Starkweather, K. (2018). Learn better by doing Reston, VA: ITEEA [https://www.iteea.org/Activities/2142/Learning\\_Better\\_by\\_Doing\\_Project.aspx](https://www.iteea.org/Activities/2142/Learning_Better_by_Doing_Project.aspx)
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2016). *Science literacy: Concepts, contexts, and consequences*. Washington, DC: The National Academies Press doi:10.17226/23595
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2017). *Communicating science effectively: A research agenda*. Washington, DC: The National Academies Press. doi: 10.17226/23674
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2018). *How people learn II: Learners, contexts, and cultures* Washington, DC: The National Academies Press. doi: <https://doi.org/10.17226/24783>.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2019). *Science and engineering for grades 6–12: Investigation and design at the center*. Washington, DC: The National Academies Press. doi: <https://doi.org/10.17226/25216>.
- National Academy of Engineering [NAE]. (2010). *Standards for K–12 engineering education?* Washington, DC: The National Academies Press .
- National Academy of Engineering. (2019a). *NAE grand challenges for engineering*. Retrieved May 28, 2019, from <http://www.engineeringchallenges.org/>
- National Academy of Engineering (2019b). *Engineering habits of mind*. <https://www.linkengineering.org/Explore/what-is-engineering/5808.aspx>
- National Academy of Engineering. (2009). *The status and nature of K–12 engineering in the United States*. <https://www.nae.edu/16161/The-Status-and-Nature-of-K12-Engineering-Education-in-the-United-States>.
- National Academy of Engineering and National Research Council. (2002). *Engineering in K–12 education: Understanding the status and improving the prospects*. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Academy of Engineering and National Research Council. (2009). *Technically speaking: Why all Americans need to know about technology*. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Academy of Sciences. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Academy of Sciences. (2009). *Engineering in K–12 education: Understanding the status and improving the prospects—Executive summary*. Washington, DC: The National Academies Press. [https://www.nsf.gov/attachments/117803/public/1b--Eng\\_in\\_K-12\\_Ed.pdf](https://www.nsf.gov/attachments/117803/public/1b--Eng_in_K-12_Ed.pdf)
- National Academy of Sciences. (2018). *National science education standards: An overview*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://www.nap.edu/read/4962/chapter/2>

- National Center for Education Statistics. (2014). National assessment of educational progress: Technology and engineering literacy (NAEP-TEL). Washington, DC: U. S. Department of Education.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). Principles and standards for school mathematics. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics
- National curriculum in England: Design and technology programmes of study. (2013) UK Department of Education. Retrieved August 1, 2019, from <https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-design-and-technology-programmes-of-study>
- National Education Association. (2019). An educator's guide to the "four Cs": Preparing 21st century students for a global society. <http://www.nea.org/tools/52217.htm>
- National Governors Association. (2007). Innovation America: Building a science, technology, engineering, and math agenda. Washington, DC: Author.
- National Governors Association Center for Best Practices and Council of Chief State School Officers. (2010). Common core state standards. Washington DC: Authors
- National Research Council. (1996). National science education standards. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/4962>
- National Research Council. (2002). Investigating the influence of standards: A framework for research in mathematics, science, and technology education. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council. (2010). Standards for K-12 engineering education? Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/12990>.
- National Research Council. (2012). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Science Teachers Association. (2016). NSTA position statement: The Next Generation Science Standards. <https://www.nsta.org/about/positions/ngss.aspx>
- NGSS Lead States. (2013a). How to read the Next Generation Science Standards. [https://www.nsf.gov/attachments/117803/public/1b--Eng\\_in\\_K-12\\_Ed.pdf](https://www.nsf.gov/attachments/117803/public/1b--Eng_in_K-12_Ed.pdf)
- NGSS Lead States. (2013b). Next generation science standards: For states, by states. Washington, DC: The National Academies Press <https://www.nextgenscience.org/>.
- NGSS Lead States. (2013c). The next generation science standards: Appendix I-Engineering design in the NGSS. Washington, DC: The National Academies Press.
- NGSS Lead States. (2019). Three-dimensional learning. <https://www.nextgenscience.org/three-dimensions>
- Nia, M., & de Vries, M. (2016). "Standards" on the bench: Do standards for technological literacy render an adequate image of technology? *Journal of Technology and Science Education*, 6(1), 5-18.
- Nordstrom, K., & Korpelainen, P. (2011). Creativity and inspiration for problem solving in engineering education. *Teaching in Higher Education*, 16(4), 439-450.
- O'Neil, J. (1995). On using the standards: A conversation with Ramsay Selden. *Educational Leadership*, 52(6), 12.
- Pardamean, B. (2012). Measuring change in critical thinking skills of dental students educated in PBL curriculum. *Journal of Dental Education*, 76(4), 443-453
- Partnership for 21st Century Learning. (2019). Framework and resources. Retrieved July 28, 2019, from <http://www.battelleforkids.org/networks/p21/frameworks-resources>.
- Phi Delta Kappa International. (2017). Academic achievement isn't the only mission. 49th PDK/Gallup Poll of the Public's Attitudes Toward the Public Schools. [http://pdkpoll.org/assets/downloads/PDKnational\\_poll\\_2017.pdf](http://pdkpoll.org/assets/downloads/PDKnational_poll_2017.pdf)
- Popham, W. (2006). Content standards: The unindicted co-conspirator. *Educational Leadership*, 64(1), 87-88.
- Prier, D., Mann, M., Oluseyi, H., & Hite, R. (2018, November) Life skills students in the STEM classroom: Robotics as effective project-based learning. *Technology and Engineering Teacher* (electronic version). <https://www.iteea.org/File.aspx?id=141655&v=57634d55>
- Pursuit of Happiness, Inc. (2018). Mindfulness and positive thinking. <https://www.pursuit-of-happiness.org/science-of-happiness/positive-thinking/#>
- Reed, P. (2017) Technology education standards in the United States: History and rationale. In M. de Vries (Ed.). *Handbook of Technology Education* (pp. 235-250). Springer International Handbooks of Education
- Reed, P. (2018). Reflections on STEM, standards, and disciplinary focus. *Technology and Engineering Teacher*, 77(7), 16-20.
- Reeves, D. (2000). Standards are not enough: Essential transformations for school success *NASSP Bulletin*, 84(620), 5.
- Reimers, J., Farmer, C., & Klein-Gardner, S. (2015). An introduction to the standards for preparation and professional development for teachers of engineering. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 5(1), 40-60.

- Royal Academy of Engineering. (2014). Thinking like an engineer: Implications for the education system. Winchester, UK: Centre for Real-World Learning. <https://www.raeng.org.uk/publications/reports/thinking-like-an-engineer-implications-full-report>
- Saavedra, A., & Opfer, V. (2012). Learning 21st-century skills requires 21st-century teaching. *Phi Delta Kappan*, 94(2), 8–13.
- Sanders, M. (2009). Integrative STEM: Primer. *The Technology Teacher*, 68(4), 20–26
- Snyder, J., & Hales, J. (1981). Jackson's Mill industrial arts curriculum theory. Charleston, WV: West Virginia Department of Education.
- Stohlmann, M., Moore, T. J., & Roehrig, G. H. (2012). Considerations for teaching integrated STEM education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 2(1), Article 4. <https://doi.org/10.5703/1288284314653>
- Strimel, G., Grubbs, M., & Wells, J. (2017). Engineering education: A clear decision. *Technology and Engineering Teacher*, 76(4), 18–24.
- Suhor, C. (1994). National standards in English: What are they? Where does NCTE stand? *English Journal*, 83(7), 25.
- Sung, W. (2018). Fostering computational thinking in technology and engineering education: An unplugged hands-on engineering design approach. *Technology and Engineering Teacher*, 78(5), 8–13.
- Tang, K., & Williams, P. (2019). STEM literacy or literacies? Examining the empirical basis of these constructs. *Review of Education*, 7(3), 675–697. <https://doi.org/10.1002/rev3.3162>
- Technology Student Association (TSA). (n.d.) High school competitions. <https://tsaweb.org/competitions-programs/tsa/high-school-competitions>
- Temes, G. (2019). Thoughts on engineering creativity [Point of view] *Proceedings of the IEEE*, (7), 1223.
- Todd, R. (1991). The natures and challenges of technological literacy. In M. Dyrenfurth and M Kozak (Eds.), *Technological literacy*, 40<sup>th</sup> yearbook of the Council for Technology Teacher Education (pp. 10– 27). Peoria, IL: Glencoe.
- Tsupros, N , Kohler, R , & Hallinen, J. (2009). STEM education in southwestern Pennsylvania: Report of a project to identify the missing components. Pittsburgh, PA: Carnegie Mellon University and Intermediate Unit 1 Center for STEM Education <https://www.cmu.edu/gelfand/documents/stem-survey-report-cmu-iu1.pdf>
- Ujifusa, A. (2014). As states drop common core, replacement hurdles loom *Education Week*, 33(36), 27
- United Nations. (2019). Sustainable development goals. Retrieved September 9, 2019, from <https://sustainabledevelopment.un.org/#>
- Warner, S. (2000). The effects on students' personality preferences from participating in Odyssey of the Mind [unpublished doctoral dissertation] West Virginia University.
- Watts, E , Levit, G , & Hossfeld, U. (2016). Science standards: The foundation of evolution education in the United States *Perspectives in Science*, 10, 59–65.
- Wells, A. (2013). The importance of design thinking for technological literacy: A phenomenological perspective. *International Journal of Technology & Design Education*, 23(3), 623–636.
- Wells, J. (2016). I-STEM ed exemplar: Implementation of the PIRPOSAL model. *Technology and Engineering Teacher*, 76(2), 16–23.
- White, A., & Rizzo, J. (2008). World-class standards: Setting the new cornerstone for American education. James B. Hunt Jr. Institute for Educational Leadership and Policy, 2, 1–8.
- Wiggins, G. (2011). A diploma worth having *Educational Leadership*, 68(6), 28–33
- Wiggins, G., McTighe, J., Kiernan, L., Frost, F., & Association for Supervision and Curriculum Development. (1998). *Understanding by design*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Williams, P. J. (2009). Technological literacy: A multiliteracies approach for democracy. *International Journal of Technology and Design Education*, 19, 237–254. doi: 10.1007/s10798-007-9046-0
- Williams, A., Cowdroy, R., & Wallis, L. (2012). Design In P. J. Williams (Ed.), *International technology education series: Technology education for teachers* (pp. 93–114). Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers.
- Wrigley, C., & Straker, K. (2017). Design thinking pedagogy: The educational design ladder *Innovations in Education and Teaching International*, 54(4), 374–385.
- Yatt, B., & McCade, J. (2011). Designing creativity and design In S Warner and P. Gemmill (Eds.), *Creativity and design in technology & engineering education* (pp. 32–68). Reston, VA: Council on Technology Teacher Education.
- Zollman, A. (2012). Learning for STEM literacy: STEM literacy for learning first. *School Science and Mathematics*, 112(1), 12–19.

부록  
D

감사의 말



## 부록 D - 감사의 말

### CTETE Board of Directors 2018–2019

Marie Hoepfl, Appalachian State University, Past President

Charles McLaughlin, DTE, Rhode Island College, President

Scott Warner, Millersville University of Pennsylvania, Vice President

Thomas Loveland, DTE, University of Maryland Eastern Shore, Secretary

Vinson Carter, University of Arkansas, Treasurer

### ITEEA Board of Directors 2018–2019

Yvonne Spicer, DTE, President

Ed Reeve, DTE, Past President

Michael Sandell, DTE, President–Elect

Debra Shapiro, DTE, Director, Region I

Abbi Richcreek, Director, Region II

Kurt Helgeson, Director, Region III

Gary Stewardson, Director, Region IV

Mark Crenshaw, DTE, Director, ITEEA–CSL Marie Hoepfl, Director, CTETE

Scott Greenhalgh, Director, TEECA

Charlotte Holter, ITEEA–CC

Steven Barbato, DTE, Executive Director, ITEEA

### Standards Revision Planning Team 2018

Thomas Loveland, DTE, University of Maryland Eastern Shore

Marie Hoepfl, Appalachian State University Steven Barbato, DTE, Executive Director, ITEEA Johnny Moye, DTE, ITEEA Senior Fellow

Katie de la Paz, Communications Director, ITEEA

### Standards Revision Leadership Team 2018–2020

Thomas Loveland, DTE, University of Maryland Eastern Shore

Marie Hoepfl, Appalachian State University

Todd Kelley, DTE, Purdue University

Michael Daugherty, University of Arkansas

Charlotte Holter, ITEEA Elementary STEM Council

Johnny Moye, DTE, ITEEA Senior Fellow

Jennifer Buelin, Director, ITEEA STEM Center for Teaching and Learning (2018–2019)

Anna Sumner, DTE, former ITEEA President

Philip A Reed, DTE, Old Dominion University (2019–2020)

Steven Barbato, DTE, Executive Director, ITEEA

### Chinsegut Writer/Reviewers

Scott Bartholomew, Purdue University

Susan Bastion, Cisco Systems

Bradley Bowen, Virginia Tech, ASEE Representative

Sharon Brusic, Millersville University

Vinson Carter, University of Arkansas

Michael Cermak, Rockford Public Schools

Cameron Denson, North Carolina State University

Brandon Hamby, Stihl, Inc

Nancye Hart, DTE, ITEEA STEM Center for Teaching and Learning

Andrew Hughes, California State University–San Bernardino

Scott Jewell, Ipswich Middle School (MA) Rachel Kane, West Harford Schools (CT)

Taylor Kidd, Community College of Baltimore County

Geoff Knowles, Ivy Tech Community College

Kenyatta Lewis–White, Prince George’s County Public Schools (MD)

Jocelyn Long, Downingtown STEM Academy (PA)

Tyler Love, Penn State University

Chris Merrill, DTE, Illinois State University

Derrick Nero, University of Nebraska Omaha

Steve Parrott, DTE, Illinois State Department of Education

Philip A. Reed, DTE, Old Dominion University

Thomas Roberts, Bowling Green State University

Robi Robichaud, World Resources Institute

Steve Shumway, Brigham Young University

Julie Sicks–Panus, Plymouth Elementary School (NH)

Thomas Siller, Colorado State University

Patricia Simmons, NSTA Special Initiatives

Scott Warner, Millersville University of Pennsylvania

Trena Wilkerson, Baylor University, NCTM Representative

P. John Williams, Curtin University, Perth, Australia

### Second Round Reviewers

David Barlex, University of Exeter (UK)

Lynn Basham, DTE, Virginia Department of Education

Thomas P. Bell, DTE, Millersville University of Pennsylvania

James Boe, DTE, Valley City State University

Kimberly Bradshaw, Principal, Green Valley Elementary (VA)

Janice Cabahug, Technology Student Association

Aaron Clark, DTE, North Carolina State University

Michael DeMiranda, Texas A & M University

Marc J de Vries, Delft University of Technology (The Netherlands)

Michele Dischino, Central Connecticut State University

Dustin Driever, Kennedy Elementary (NE)

Don Fischer, North Dakota Department of Career and Technical Education

John Flanagan, President, Goodheart–Willcox Company, Inc

Patrick Foster, Central Connecticut State University

Robert Gray, DTE, University of Maryland Eastern Shore, Retired

Clark Greene, Bu alo State University

Jianjun Gu, Nanjing Normal University (China)

Michael Hacker, DTE, Hofstra University

William Havice, DTE, Clemson University

James Hemming, Dundalk High School (MD)

Roger Hill, University of Georgia

Brent Hollers, Sequoyah High School (GA)

Brandt Hutzel, Pennsylvania Department of Education

Virginia R Jones, DTE, Patrick Henry Community College

Gregory Kane, DTE, Central Connecticut State University

Thelma Kastl, West Wilkes Middle School (NC)

Daniel P. Kelly, Texas Tech University

Andrew Klenke, DTE, Pittsburg State University (KS)

Len Litowitz, DTE, Millersville University

Doug Livingston, Utah State Board of Education

Samantha Moorzitz, Monmouth County Vocational School District (NJ)

Steve O'Brien, The College of New Jersey

Paul E Post, The Ohio State University

Philip A. Reed, DTE, Old Dominion University

Edward Reeve, DTE, Utah State University

Abbi Richcreek, Warsaw Community Schools (IN)

John Ritz, DTE, Old Dominion University, Retired

Trevor Robinson, Utah State University

Mary Annette Rose, Ball State University

David Rouch, DTE, Ohio Northern University

Michael Sandell, DTE, Chisago Lakes Schools (MN)

Tom Shown, North Carolina Department of Public Instruction, Retired

Kendall Starkweather, DTE, ITEEA Executive Director, Retired

Torben Steeg, Manchester Metropolitan University (UK)

Gary Stewardson, Utah State University

Vanessa Stratton, Project Lead The Way

Greg Strimel, Purdue University

Jerianne Taylor, DTE, Appalachian State University

Ron Todd, ITEEA Ambassador

David White, DTE, Florida A & M University

Geo Wright, DTE, Brigham Young University

Luke Yount, Millersville University

### ITEEA Board of Directors 2019–2020

Michael Sandell, DTE, President

Yvonne Spicer, DTE, Past President

Philip A Reed, DTE, President–Elect

Scott Nichols, Director, Region I

Abbi Richcreek, Director, Region II

Michael Sundblad Director, Region III

Gary Stewardson, Director, Region IV

Don Fischer, Director, ITEEA–CSL

Charles McLaughlin, DTE, Director, CTETE

Trevor Robinson, Director, TEECA

Charlotte Holter, ITEEA–CC

Steven Barbato, DTE, Executive Director, ITEEA

### STEL Benchmark Crosswalk Matrix Development

Daniel Staab, Graduate Student, University of Maryland Eastern Shore

Kurt Salisbury, Baylor University, Consultant

Melissa Donham, Baylor University, Consultant

Whitney Richardson White, North Carolina State University, Consultant

Sarah Quallen, University of Idaho, Consultant

Tyler Love, Penn State University, Reviewer

Vinson Carter, University of Arkansas, Reviewer

Don Fischer, North Dakota Department of Career and Technical Education, Reviewer

Stephanie Holmquist–Johnson, STEM Education Consultant, Reviewer

Matt Timmons, Baltimore Polytechnic Institute, Reviewer

Julie Sicks–Panus, Plymouth Elementary School, Reviewer

### STEL Verb Matrix Development

Tom Shown, North Carolina Department of Public Instruction, Retired

Philip A Reed, DTE, Old Dominion University

### Third Round Reviewers

Christopher Awampato, State College Area High School (PA)

Lynn Basham, DTE, Virginia Department of Education

Anthony Bodnar, Trinity Catholic High School (MO)

Jairo Botero, Bogota, Columbia

Wayne Bowring, St Mary's International School (Tokyo, Japan)

Frank Caccavale, Roxbury High School (NJ)

Craig Clark, DTE, West Harford, CT

David Curry, Admiral Richard E Byrd Middle School (VA)

Noel Devine, Wheeler Middle/High School (CT)

Bangping Ding, Capital Normal University (Beijing, China)

Jason Donaldson, State College Area High School (PA)

Keith Doucette Sr , East Greenwich High School (RI)

Barbara Dunham, Bessemer City Middle School (AL)

Antonios Ekatomatis, Northwest High School (MD)

Don Fischer, North Dakota Department of Career and Technical Education

Martin Fislake, University of Koblenz (Germany)

Melvin Gill, Fort Meade High School (MD)

Charles Goodwin, DTE, Endicott, NY



Michael Hacker, DTE, Hofstra University Center for STEM Research

Mark Harrell, Kentucky Department of Education

William Havice, DTE, Clemson University

William Haynie, North Carolina State University, Emeritus

Megan Hislop, Sage Park Middle School (CT)

John Howe, North Carolina State University

Brandt Hutzel, Pennsylvania Department of Education

Endogan Kaya, University of Nevada Las Vegas

Thomas Kubicki, DTE, SUNY Oswego, Retired

Kyle Kutz, Westlake High School (OH)

Hyuksoo Kwon, Kongju National University (Gongju, Republic of Korea)

Lung-Sheng Lee, Central Taiwan University of Science and Technology

Marcos Martinez, University of Puerto Rico (San Lorenzo, Puerto Rico)

Star Matteson, G Ray Bodley High School (NY)

Edward McGrath, Red Clay Consolidated School District (DE)

Nancy McIntyre, Robotics Education & Competition Foundation

Christos Papadopoulos, Hillsborough High School (NJ)

Nicole Penn, Kiser Middle School (NC)

Patrick Pudlo, East Chapel Hill High School (NC)

Matthew Putnam, West eld High School (IN)

Aki Rasinen, University of Jyväskylä (Finland), Emeritus

Philip A. Reed, DTE, Old Dominion University

Abbi Richcreek, Warsaw Community Schools (IN)

David Rouch, DTE, Ohio Northern University

David Sander, Wake Forest High School (NC)

Doug Scott, Hopkinton High School (MA)

Robin Schuberth, Olathe Design Academy (KS)

Laura Schisler, Missouri Southern State University

Richard Seymour, Ball State University

Harry Shealey, DTE, University of Maryland Eastern Shore

Korbin Shoemaker, Frederick County Public Schools (MD)

Julie Sicks-Panus, Plymouth Elementary School (NH)

Henry Strada, Louis M Klein Middle School, Retired

Kevin Sutton, North Carolina State University

Joanne Trombley, DTE, J R Fugett Middle School (PA)

Robert Tufte, DTE, Cheektowaga Central School District (NY), Retired

Ken Volk, Pawleys Island, SC, Retired

P. John Williams, Curtin University (Perth, Australia)

Rob Zigler, Jackson, MI

Note about the DTE designation above: ITEEA created the Distinguished Technology and Engineering Professional (DTE) program to provide a means for recognizing outstanding performance and professional accomplishments in the field of technology and engineering education. As one of the highest honors for professional achievement in technology and engineering education, the DTE designation recognizes the attainments of technology and engineering educators.



부록  
E

용어  
(Glossary)

## 부록 E - 용어(Glossary)

NOTE: 용어집에 정의된 용어들은 기술과 공학적 소양을 위한 표준에 한정한다. 이들 용어들은 다른 문맥에서 보다 넓은 의미로 사용될 수 있다.

### A

**Aesthetics(심미성)** - 어떤 대상의 특성을 고려하거나 예술적 평가에 사용되는 원리; 사람이 어떤 대상이 얼마나 매력적인지에 대해 인지하거나 평가하는 것

**Agricultural and biological technologies(농업과 생물학적 기술)** - 넓은 의미의 음식을 생산하는 것과 생물학적 과정과 관련된 기술에 광범위하게 적용되는 용어. 예를 들어 식품의 성장, 에너지나 토양을 활용하기 위한 분해와 이용과정, 생명기술을 이용해 새로운 유기체를 생성하거나 수정하는 것 등을 포함

**Agriculture(농업)** - 음식, 사료, 섬유, 연료 및 다른 유용한 제품을 만들기 위해 식물과 동물을 기르는 것

**Agroforestry(농림업)** - 서식지를 향상시키고 인간과 동물의 접근성을 향상시키는 것. 식물로부터 생산성을 향상시키기 위해 음식, 작물, 나무 등을 통한 생산을 관리하고 체계적으로 나무, 숲, 작물, 유목 등을 체계적으로 설계하는 것

**Alternative energy(대체에너지)** - 자연 및 인공적 과정을 통해 얻어진 재생 가능한 원료, 에너지 자원, 또는 이들의 결과로서 현실적으로 고갈되지 않는 것으로 여겨지는 것. 태양, 바람, 지역, 조력, 그리고 바이오 매스를 포함(재생 에너지라 불리는 것들)

**Alternative fuel(대체연료)** - 가솔린과 디젤을 제외한 수송에 사용되는 연료들. 천연가스, 메탄올, 에탄올, 수소 등을 포함

**Appropriate technology(적정기술)** - 일반적으로 주어진 환경에서 자원을 적게 사용할 목적을 달성하기 위한 간단한 수준의 기술을 의미. 적정기술은 종종 작은 규모로 지역의 전문가들을 활용하여 만들어짐.

**Articulation(학년 연계)** - 유치원부터 고등학교까지 순차적으로 계획된 교육과정과 코스들

**Artifact(인공물)** - 인간이 만들어낸 산출물

**Artificial ecosystem(인공 생태계)** - 인간이 만들어낸 환경 또는 시스템들로서 자연 환경과 동일한 기능을 제공하거나 복제품으로 제작된 것

**Artificial intelligence(AI)(인공지능)** - 일반적으로 컴퓨터 기반의 시스템들로서 인간과 유사한 지식과 기술을 갖춘 장치나 시스템들(기계 지능이라고도 알려짐)

**Assessment(평가)** - (1) 기술의 위험과 이득을 분석하기 위한 측정 기술. 기술로 인해 예상되는 장점과 단점을 고려하며, 부정적 결과를 최소화하고 의도된 긍정적 결과를 얻기 위한 최고의 행위를 결정하는 것 (2) 특정 영역에서 학생들의 지식이나 등을 측정하기 위해 기술 활동, 포트폴리오, 문서 작성, 시험 등을 치루는 것. 평가를 위한 정보는 교사와 학생들의 수행, 행동, 교실 분위기 등을 통해 수집됨.

**Automation(자동화)** - 인간이 작동시키지 않아도 사전에 프로그램된 시스템에 의해 수행되거나 조절되는 장치나 과정

### B

**Batch production(일괄 생산)** - 최종 생산물을 얻기 위해 보다 효율적인 생산 과정을 갖추어 제품의 부분이나 부품 등을 대량으로 생산하는 것

**Benchmark(벤치마크)** - (1) 내용 표준을 달성하기 위해 학생들이 알아야 하거나 할 수 있어야 하는 것들을 유치원부터 고등학교에 이르기까지 다양한 학년에 따라 발달 단계에 맞게 작성된 문장 (2) 어떤 것들의 평가나 판단을 위한 준거

**Biodegradable(생물 분해성)** - 자연의 생물학적 과정을 통해 물리적 또는 생물학적으로 분해하는 물질의 능력 예) 박테리아나 곰팡이에 의한 소화

**Bioengineering(생명공학)** - 생물역학, 생물재료, 바이오 센서 등과 같이 생물학적이고 의학적 시스템에 사용되는 공학. 생명공학은 우리 몸의 잘못된 부분이나 부족한 것들을 보충하거나 돕기 위해 개발된 바이오 의료 공학을 포함함.

**Biological processes(생물학적 과정)** - 살아 있는 유기체로부터 얻어지거나 유기체의 특성을 이용하는 과정

**Biomimicry(생체 모방)** - 생물학적 유기체과 처리 과정들 안에서 설계된 재료, 구조, 생태계 등의 디자인과 제품들

**Biotechnology(생명기술)** - 산출물을 만들어내거나 수정하고, 식물체나 동물의 기능을 개선하거나, 특정 목적을 위해 미생물을 개발하기 위한 유기체의 일부 또는 살아 있는 유기물들을 이용한 모든 기술

**Brainstorming(브레인스토밍)** - 안내된 활동을 하지만 제한이 없는 토론을 통해 한 그룹의 모든 멤버들이 동시에 아이디어를 산출해내는 의견 공유 방식의 문제해결 방법

**Bronze Age(청동기 시대)** - 석기 시대 이후 다음에 나타난 인간 문화 발달의 한 수준. 청동 도구나 무기를

사용하는 것이 특징이며 철기 시대의 등장과 함께 막을 내림. 약 BC 3,000년에서 1,100년 경으로 추정

**Built environment(만들어진 환경)** - 사람들이 생활을 하고, 일을 하고, 즐기기 위해 인간이 만든 구조나 설비 등의 환경을 의미. 빌딩, 도로, 다리, 기반시설, 도시, 공간 등을 포함. 개별적인 구조물이나 건설보다 큰 의미로 사용됨. 시민들을 위한 건강하고 유용하며, 지속가능한 환경을 위해 만들어진 것들을 의미

**By-product(부산물)** - 어떤 것을 만들어내는 과정에서 생산된 산출물. 부산물 또는 부작용

## C

**CAD(computer-aided design or computer aided drafting)(컴퓨터를 이용한 설계 또는 컴퓨터 제도)** - (1) 부품, 회로, 건설, 또는 다른 시스템이나 인공물 등을 만들어내는 과정을 돕기 위해 컴퓨터를 사용하는 것 (2) 기술적 제도를 생산, 저장, 열람, 수정, 계획 그리고 통신을 위해 컴퓨터를 이용하는 것

**Capital(자본)** - 기술적 시스템에서 하나의 기초적 자원. 다른 제품의 생산을 위한 제품이나 자원 등이 축적된 것

**Career and Technical Education(진로 직업 교육)** - (1) 개인이 특정 진로나 직업을 얻도록 하기 위해 교육 기관에서 제공되는 훈련 과정 (2) 일과 삶을 위한 교육과 기술을 제공하는 교육 훈련들의 집합(농업 교육, 기업 교육, 가정 교육, 의료 교육, 마케팅 교육, 기술 교육, 그리고 상업 및 산업 교육)

**Chemical technology(화학적 기술)** - 화학적 물질, 요소, 성분 등을 수정, 변형, 생산하는 모든 기술적 과정

**Citizenship(시민성)** - 공동사회의 일원이 되는 것. 지역이나 지구적 사회의 일원으로서 효과적으로 참여하기 위한 개인의 의사소통 능력, 비판적 사고력, 협동성 등을 사용하는 것

**Civic-mindedness(시민 의식)** - 자신이 속한 공동 사회 또는 인류 전체의 이익을 위하거나, 이를 고려하는 개인의 특성. 공공 의식

**Closed-loop system(닫힌 루프 시스템)** - 시스템의 입력과 과정을 제어하기 위해 출력으로부터의 되먹임(feedback)을 이용하는 시스템

**Cognitive knowledge(인지적 지식)** - 어떤 대상의 기초적 의미를 이해하는 이상의 무엇인가를 알아차리는 정도의 지식. 규칙, 과정, 개념, 원리, 법, 이론 등을 활용하는 능력을 포함

**Collaboration(협업)** - 모든 멤버들의 의견이나 행동이 존중되는 팀의 일원으로 활동하기 위해 필요한 사고방식, 의지, 또는 능력

**Combining(결합)** - 잠금, 코팅, 접착, 또는 화학적 변형과 같은 하나 또는 그 이상의 재료를 합치는 것

**Communication(통신)** - (1) 상징, 손짓, 행동, 말, 글, 신호 등을 통해 정보를 성공적으로 전송하는 것 (2) 사용자들에게 필요하고 그들이 원하는 기술의 이해를 구하는 것. 제품의 설계 과정의 결정들을 설명하고 개발시키기 위한 수단

**Communication system(통신 시스템)** - 정보의 교환이 가능하도록 송신자와 수신자 사이를 연결해 주는 한 형태의 시스템

**Complex system(복합 시스템)** - 예측 불가능한 산출물을 생산하는 한 과정에서 개별 부품들이 서로서로 연결되고 엮이고, 상호작용하도록 구성된 시스템

**Component(요소)** - 전체의 한 부분으로 한 시스템에서 떨어져 나오거나 붙여질 수 있는 요소

**Computational thinking(컴퓨팅 사고)** - 자료를 조직하고 분석하는 활동이 수반되는 문제를 해결하기 위한 시스템적인 접근. 자료를 생산하기 위해 시뮬레이션과 모델을 사용하는 것. 해결책을 효과적으로 찾기 위해 알고리즘을 생각하는 사고를 하는 접근법

**Concept(개념)** - 물체, 상태, 과정을 설명하거나 구분하기 위해 사용되는 생각이나 사고

**Conservation(보존)** - 천연자원을 현명하게 사용하고 자연을 보존하고 보호하는 것

**Constraint(제한 사항)** - 설계 과정에서의 제한 사항들. 시간, 비용, 장소, 재료, 그리고 인적 능력 등을 포함

**Construction(건설)** - 건설이나 설치하는 체계적인 행위 또는 과정. 또는 빌딩, 도로, 구조물들을 건설하는 것

**Content standards(내용 표준)** - 하나의 학문 안에서 반드시 전달되어야 하는 필수적인 지식, 기능, 성향을 파악한 기준들. 이상적으로 표준들은 학문 분야의 변화와 함께 유지될 수 있도록 충분히 유연하고 열려 있어야 함.

**Contexts(활동 영역(내용, 영역, 맥락))** - 표준에 정의된 핵심적인 내용 지식과 실천들의 적용에 초점을 맞춘 기술적 활동 영역. 맥락들은 기술과 공학적 활동이 일어나는 설정을 제공

**Control system(제어 시스템)** - 화학, 전기, 전자, 기계적 요소들의 조합으로 시스템을 관리하거나 명령하는 것. 흔히 사전에 계획된 설정들을 수행함.

**Convention(관습)** - 폭넓게 받아들여지고 사용됨으로써 확립된 기술, 실천, 절차들

**Convergent thinking(수렴적 사고)** - 어떤 문제에 대해 최선의 해결책을 찾기 위한 여러 대안들을 분석하는데 사용되는 일련의 과정이 포함된 비판적 사고의 한 형태. 설계 과정의 다양한 단계에서 사용됨.

**Creative thinking(창의적 사고)** - 질문, 추론, 판단 등을 통해 독창적인 아이디어를 만들어내는 능력

**Creativity(창의성)** - 설계 목표 등을 포함한 다양한 목표를 달성하기 위해 탐구, 상상력, 혁신적 사고, 물리적 기술 등을 사용하는 것

**Criterion/Criteria(준거)** - 제품이나 시스템에서 의도된 특징이나 요소 등의 세부 사항들

**Critical thinking(비판적 사고)** - 정보를 획득하고, 분석하고 평가할 수 있는 능력. 논리적 추론 기술을 사용해 정답이나 결론을 도출하는 능력

**Culture(문화)** - 어떤 사회적, 윤리적 집단에서 대다수의 행동을 지배하는 믿음, 전통, 습관, 또는 가치

**Custom production(맞춤형 생산)** - 특정 개인의 필요와 요구를 충족시키기 위해 제품을 설계 및 제작하는 제조의 한 형태

## D

**Data(자료)** - 결론을 도출하기 위해 사용되는 사실이나 도표 등

**Data processing system(자료 처리 시스템)** – 특정 계산 업무를 수행하기 위해 설계된 컴퓨터 하드웨어와 소프트웨어의 묶음

**Decision making(의사결정)** – 개인이나 집단의 의도를 달성하기 위한 가능한 행위들을 평가하고 선택하는 행위. 추론, 계획, 판단 등이 동반되는 인지적 과정

**Decode(복호화)** – 부호화된 메시지를 이해될 수 있는 원래의 언어로 변환하는 것

**Design(설계)** – 인간의 필요와 욕구 문제를 충족하거나 해결하기 위해 자원을 변형하여 제품이나 시스템을 만들기 위한 순환적인 의사결정과 제작 과정을 계획하는 것

**Design brief(설계 개요)** – 어떤 해결책을 찾기 위해 문제를 찾고, 기준과 제약 사항들을 계획하는 문서. 설계 개요는 문제를 접근하기 전에 모든 관점들을 고려하는 것을 격려하기 위해 사용됨.

**Design principles(설계 원리)** – 심미적으로 매력적인 디자인을 만들기 위해 디자인 과정에서 적용되는 시각적 요소, 리듬, 균형, 비율, 다양성, 강조, 조화 등을 포함

**Design process(설계 과정)** – 어떤 문제나 필요 등에 대한 가능한 해결책을 개발하기 위해 정의된 척도나 제약 사항 등을 이용하는 체계적인 문제해결 전략. 여러 해결책을 하나의 선택으로 줄이는 것을 포함

**Design proposal(설계 제안)** – 어떤 문제에 대한 해결책에 관한 행동을 계획한 문서

**Develop(개발)** – 하나의 연속적인 상태나 그 다음을 준비하기 위한 단계나 과정으로서 어떤 것의 형태를 변

환하는 것. 품질을 향상시키고 제품의 과정이나 결과를 개선하는 변화가 수반됨.

**Developmentally appropriate(발달적 적절성)** – 각각 다른 성장 단계에서 일어나는 인지적, 신체적 활동, 정서적 성장, 사회적 적응의 영역 안에서 학생들의 요구에 맞도록 의도된 교육적 프로그램이나 교육방법

**Dispositions(성향)** – 한 학문 안에서 전문적 실천과 관련이 있는 특징, 가치, 사고 습관

**Divergent thinking(확산적 사고)** – 한 형태의 창의적 사고로서 어떤 문제에 대해 아이디어를 산출하고 접근하기 위해 가능한 여러 해결책을 탐구하는 것. 특히 설계와 문제 해결의 아이디어 발산 과정에서 사용됨

**Doing(실천/실행 하기)** – 만들기와 실천을 참조

**Drawing제도/그리기/드로잉()** – 그림, 계획, 스케치 등을 선들을 통해 과정이나 윤곽을 드러내는 작업. 그리기는 아이디어를 공유할 때 사용되고 제품의 설계를 안내하는 역할을 함.

**Durable goods(내구재)** – 오랫동안 사용할 수 있도록 설계된 제품(가전, 자동차, 스포츠 용품 등)

## E

**Educational technology(교육 공학)** – 교수학습과정을 향상시키기 위한 기술이나 멀티미디어 시청각 도구를 사용하는 것

**Emergent(출현)** – (1) 어떤 것에 대한 결과로서 나타남 (2) 어떤 것이 되기 위한 과정

**Encode(부호화)** – 상장을 하나의 메시지로 변하는 것 또는 통신 시스템에 의해 전송되는 하나의 형태

**Energy(에너지)** – 일을 할 수 있는 능력. 에너지는 기술적 시스템 안에서 기본적인 자원과 투입으로 사용됨.

**Engineer(공학자)** – 문제를 실용적으로 해결하기 위해 기술적, 수학적, 과학적 지식을 사용하거나 사용할 수 있도록 훈련된 사람

**Engineering(공학)** – 일정한 준거에 따라 정의된 필요를 충족시키기 위해 기술을 개발하고 최적화하기 위해 과학적 원리와 수학적 추론을 사용하는 것

**Engineering, noun(공학(명사))** – 공학 분야의 진로를 준비하기 위해 필요한 학문 분야. 주로 대문자 E는 공학을 의미함. 공학과 공학의 세부 내용을 나타내기 위해 사용됨.

**Engineering, verb(공학(동사))** – 기술적 시스템과 제품의 개발 과정에서 공학적 사고성향과 설계를 사용하는 것. 기술과 공학적 소양을 위한 표준 문서에서 소문자 e로서 공학의 이러한 특징을 나타내기 위해 사용됨.

**Engineering literacy(공학적 소양)** – 만드는 과정을 이해하거나 기술적인 인공물과 제품을 설계할 수 있는 능력

**Engineering design(공학 설계)** – 설계나 제조와 같은 실용적인 말단의 것들과 효율적인 구조물, 기계, 과정, 시스템들의 효과적인 운용을 위해 사용되는 체계적이고 창의적인 과학적, 수학적 원리들의 적용

**Ergonomics(인간공학)** – 인간 요소가 고려된 설계를 연구하는 학문. 또는 사람들과 물건이 안전하고 효과적으로 상호작용하기 위해 제품, 기계, 공간을 구성하고 설계하는 방법

**Ethics(윤리)** – 사람들의 마음을 지배하는 윤리적인 원

칙 또는 행동을 유발하는 원리들; 기술과 공학교육에서 윤리적 실천에 바탕을 둔 의사결정시 윤리를 고려해야 하며, 이는 기술의 사용 또는 발전과 관련 있음.

**Ethical(윤리성)** – 일련의 원칙이나 전문적인 기준을 받아들임으로써 성립된 규범들을 따르는 것

**Evaluation(평가)** – (1) 하나의 디자인이 요구 사항을 얼마나 잘 만족하는지 판단하고 개선 사항을 전달하게 위해 정보와 자료를 수집 및 처리하는 과정 (2) 공식적 또는 비공식적 테스트와 기술들을 사용해 학생의 성취, 성장, 수행을 평가하기 위한 과정

**Experimentation(실험)** – (1) 제한된 시험과 조사를 수행하는 것 (2) 새로운 과정, 아이디어, 행동 등을 시도해 보는 것

## F

**Feedback(되먹임)** – 산출을 수정하기 위하여 과정이나 투입을 조절하거나 제어하려고 시스템의 산출이나 과정에서 얻은 정보의 전부나 일부를 활용하는 것

**Forecast(예측)** – 이용 가능한 정보를 조사하고 분석하여 얻어지며, 주로 확률로 미래 추세에 대해 진술한 것. 예측은 또한 대체로 가능한 관련 자료에 대한 연구와 분석의 결과로서 어떤 일이 어떻게 전개될 것인지에 대한 예견임.

**Foundational literacies(기초적 소양)** – 산술 능력, 텍스트 문해력, 시각적 문해력 및 그래프와 도표의 이해; 이것은 특정 내용 영역의 지식과 관련 있는 '학문적 문해력'에 더 중점을 두는 것과는 다름.

## G

**Grade level/Grade band(학년 수준/학년군)** - 아동의 교육 발달 단계; 학교에서 일반적으로 용인되는 다른 학년들의 그룹 분류(예, 유치원-2, 3-5, 6-8 및 9-12)

**Guidance system(안내 시스템)** - 내장된 설비와 제어로 차량의 경로를 안내하기 위해 정보를 제공하는 시스템

## H

**Human factors engineering(인간공학)** - “인간공학(Ergonomics)” 참조

**Human wants and needs(인간의 욕구와 필요)** - 인간 욕구(wants)는 갈망하거나 소망하는 것과 관련이 있고, 인간 필요(needs)는 생존을 위해 요구되는 것과 관련이 있음.

**Hydroponics(수경재배)** - 흙을 사용하지 않고 물이나 때로는 양액을 포함하는 모래와 같은 불활성 매체에서 식물을 재배하는 기법

## I

**Ideation(아이디어 내기)** - 흔히 발산적(확산적) 사고와 관련 있는 브레인스토밍, 스케치, 유추의 활용 등과 같은 디자인/설계 사고 전략을 활용하여 다양한 아이디어를 생성하는 과정임.

**Impact(영향)** - 어떤 사물의 효과나 작용이 다른 것에 미치는 것. 어떤 기술 시스템의 활용에서 그 영향이 예상되는 것도 있고, 되지 않는 것도 있음.

**Industrial Revolution(산업혁명)** - 1750년경 영국에서

일어난 창의적인 활동 기간. 이 기간 동안의 산업과 기술적 변화는 이전에 수작업으로 이루어졌던 많은 것이 기계화된 기계로 대체함. 산업혁명은 생산품이 제조되는 방식뿐만 아니라 다양한 사회적 변화를 이끌었음.

**Information(정보)** - 기술 시스템에 의해 활용되는 기본적인 자원들 중 하나로 일관되고 의미 있는 방식으로 조직되고 소통되어 온 자료와 사실

**Information Age(정보화 시대)** - 1950년대에 시작하여 정보의 수집, 처리, 분류, 저장 및 검색이 사회 활동의 중심이 되는 기간. 정보화 시대는 정보를 빠른 속도로 광범위하게 교환하기 위한 전자적 수단인 인터넷의 발달에 영향을 받음.

**Information system(정보 시스템)** - 정보를 받고 전달하기 위해 사용되는 구성 요소들의 배열. 보통 교환 및 저장 장치가 중요 부분인 정보 시스템은 인공위성, 광섬유, 케이블 및 전화선과 같은 다른 유형의 전송체(carriers)를 활용할 수도 있음.

**Infrastructure(사회 기반시설)** - (1) 시스템이나 조직의 기본적인 체계나 기능 (2) 한 나라 또는 지역사회의 주민을 지원하는 수송과 공익사업을 포함한 기본적인 물리적 시스템

**Innovation(혁신)** - 현존하는 기술적 산출물, 시스템 또는 어떤 것을 하는 방법의 개선

**Inorganic(무기물의)** - 생명체의 특징, 구조 및 성분의 결여; 무생물의

**input(투입)** - 자원과 같이 결과를 얻기 위해 시스템에 넣는 것

**In-service(현직의)** - (1) 상근 직원 (2) 현 전문직 중

사자가 해당 분야의 최신 발달에 정통함을 유지하도록 계획된 워크샵과 강연

**Instructional technology(수업 공학)** - 교수학습 과정을 향상시키기 위해 컴퓨터, 멀티 미디어 및 다른 기술적 도구를 활용. 때로는 교육 공학(educational technology)이라고도 함.

**Integration(통합)** - 모든 부분을 전체로 모으는 과정

**Intelligence(지능)** - 지식을 습득하는 능력과 사고력의 숙련된 활용; 이해 능력

**Intelligent transportation system(지능형 수송 시스템)** - 정보 기술과 전자제어 및 자동화에서의 발달이 교통 제어, 고속도로와 사건 관리, 비상 대응 및 다른 기능을 제공할 시스템에 융합되는 전체 수송 시스템의 진화

**Interdisciplinary instruction(학제간 수업)** - 학생들이 다학문 영역이나 학제(disciplines)의 맥락에서 어떤 주제나 그것의 관련 이슈를 공부하는 교육적 접근. STEM, STEAM 및 관련된 변형들의 약어는 이러한 접근을 나타냄.

**Intermodalism(연계 수송)** - 하나 이상의 수송 유형(방식)의 활용

**Invention(발명)** - 연구와 실험에 의해 생성된 기존에 존재하지 않았던 새로운 제품, 시스템 또는 과정

**Iron Age(철기 시대)** - 서아시아와 이집트에서 기원전 1,000년경 청동기 시대 이후 시작된 산업에서 철의 용해와 그것의 활용으로 특징지어지는 인류 문화기

**Irradiation(방사선 치료/처치)** - X선이나 방사선원에, 방

사성 이리듬(seeds)과 같은 전리 방사선을 활용한 치료

**Irrigation system(관개 시스템)** - 물을 인공적으로 배분하기 위한 배수로, 배관이나 용수(streams)를 활용하는 시스템

**Iterative(반복적)** - 보통 어떤 조건이 만족스러울 때까지 절차나 과정을 반복하는 것을 표현함. 설계에서 반복은 개선된 설계 산출물을 얻기 위해 과정에서 단계를 다시 논의하는 것을 의미함.

## K

**Key idea(핵심 개념)** - 지속적으로 영향을 미치고 모든 학생들이 배우는 데 중요하다고 널리 인식되는 개념이나 아이디어

**Kinesthetic (psychomotor) learning(심동적 학습)** - 체험 환경(hands-on environment)에서 신체의 다양한 부위를 사용해야 하는 신체 활동을 통해 학습이 이루어지는 교육 활동(일명 촉각 학습)

**Kinetic energy(운동 에너지)** - 움직임의 결과로 신체가 소유하고 있는 에너지

**Knowledge(지식)** - (1) 인류가 획득한 진리, 정보, 원리의 본체(body) (2) 사용할 수 있는 해석된 정보

## L

**Laboratory-classroom(실험 실습실)** - 기술과 공학 연구가 이루어지는 학교의 공식적인 환경. 초등학교에서 이 환경은 일반 교실임. 중학교와 고등학교에서는 실습 활동과 모둠 교육(group instruction)을 위한 별도의 실험실 환경을 구성할 수 있음.

**Logistics(물류)** – 물리적 및 정보 흐름의 관리는 공급 지점에서 시작하여 소비 지점에서 끝남.

## M

**Making and Doing(만들기와 실천하기)** – 무언가를 만드는 행위; 설계, 제작/구축, 생산 및 평가를 포함하는 기술 문제 해결의 촉각적이고 실질적인 구성 요소. 기술 및 공학 교육 교수 전달의 중심적인 개념

**Maintenance(유지)** – 무언가를 적절한 상태로 유지하기 위해 필요로 하는 일(작업)

**Management(관리)** – 생산 프로세스(공정)를 제어하고 효율적이고 효과적으로 운영되도록 보장하는 행위. 제품 또는 시스템의 설계, 개발, 생산 및 마케팅을 지시하는 데도 사용

**Manufacturing(제조)** – 원료를 완제품으로 바꾸는 과정

**Manufacturing system(제조 시스템)** – 최종 사용자를 위한 제품을 만들기 위해 제조 프로세스(공정)에서 사용되는 시스템 또는 시스템 그룹

**Marketing(마케팅)** – 판매용 제품 또는 서비스를 제공하는 행위 또는 프로세스(과정)

**Mass production(대량 생산)** – 기계, 표준화된 설계 및 부품, 종종 조립 라인을 통해 대량으로 제품을 제조함.

**Material(재료)** – 물리적 제품의 구성으로 들어가는 유형 물질(물리적, 화학적, 생물학적 또는 복합적). 기술 시스템에서 사용되는 기본 자원 중 하나임.

**Material conversion and processing(재료의 변환**

**및 가공(처리))** – 물리적 제품의 생산

**Mathematician(수학자)** – 수학 전문가 또는 학생

**Mathematics(수학)** – 패턴과 질서에 대한 과학과 측정, 특성 및 수량의 관계에 대한 연구. 숫자와 기호를 사용함.

**Measurement(측정)** – 치수를 표시, 할당, 배치 또는 설정하기 위해 표준과 비교하여 치수, 수량 또는 용량을 사용하는 프로세스

**Medical and health-related technology(의료와 건강(보건) 관련 기술)** – 의료 기기, 영상 시스템 및 기타 도구와 같은 기술의 사용 및 발전을 통한 의학 연구. 관련 용어에는 생물 의학 공학 및 의료 혁신 등이 있음.

**Medicine(의학)** – 질병 및 기타 신체 또는 정신 손상을 진단, 치료 또는 예방하는 과학

**Middle age(중세 시대)** – 고대와 르네상스 사이의 유럽 역사의 기간으로, 종종 A.D. 476~1,453년으로 거슬러 올라감.

**Model(모형)** – 프로세스 또는 디자인의 세부적인 시각적, 수학적 또는 3차원적 표현으로, 대개 원본보다 작음. 모델을 사용하여 아이디어를 테스트하고, 디자인을 변경하고, 유사한 실제 프로세스에 어떤 일이 일어날지 자세히 알아볼 수 있음.

**Module(모듈)** – 독립적인 교육 단위

**Multimedia(멀티미디어)** – 다양한 형식(예: 비디오, 오디오 및 데이터)을 통해 혼합되고 전송되는 정보

## N

**Natural material(천연자원)** – 나무, 돌, 가스 및 점토와 같이 자연에서 발견되는 물질

**Nonbiodegradable(비생분해성)** – 물질이 분해(분해)되지 않기 때문에 그 형태를 오랜 기간 동안 유지할 수 없음.

**Nondurable goods(소비재)** – 종이 제품과 같이 지속되지 않고 계속적으로 소비되는 품목

**Nonrenewable(재생 불가능한)** – 대체할 수 없는 프로세스, 사물 또는 자원

**Nuclear power(원자력)** – 동력, 그 근원은 핵분열 또는 핵융합임.

## O

**Obsolescence(노후화)** – 같은 목표를 달성하는 개선 또는 우수한 방법의 개발로 인해 제품 또는 시스템의 유용성 손실

**Open-loop system(열린/개방형 루프 시스템)** – 제어 목적으로 출력을 입력과 비교할 수 있는 수단이 없는 제어 시스템. 열린 루프 시스템을 제어하려면 종종 사람의 개입이 필요함.

**Optimism(긍정적 사고)** – 기술이 개선될 수 있다는 믿음과 실험, 모델링 및 적응을 통해 설계 과제에 대한 더 나은 해결책을 찾으려는 노력. 또한 그것은 모든 도전에서 기회를 찾을 수 있다는 긍정적인 시각을 반영

**Optimization(최적화)** – (1) 주어진 기준 및 제약 내에서 설계나 시스템을 가능한 한 효과적 또는 기능적으로 만드는 데 사용되는 행위, 프로세스 또는 방법론 (2) 문제에 대한 가장 효과적인 해결책을 찾고 가장 적은 자원을 사용하여 최상의 제품을 만드는 공학 실천

**Output(산출)** – 모든 시스템 작동의 결과

## P

**Plan(계획)** – 과정을 완료하거나 목표를 달성하기 위하여 미리 작업해야 할 일련의 단계, 과정이나 프로그램

**Portfolio(포트폴리오)** – 연구의 결과에 따르거나, 성공적이든 성공적이지 못한 아이디어, 과정과 수집된 자료 등을 포함하는 학생의 체계적이고 구성된 작품 모음집

**Potential energy(위치 에너지)** – 입자, 물체, 또는 시스템의 그 자체의 위치나 구조에 의해 결정되는 에너지

**Power(동력)** – (1) 주어진 시간 동안에 수행된 일의 양; 완료된 일이나 변환된 에너지의 비율 (2) 물리적 시스템이나 작동된 기계에 의한 동력이나 에너지원

**Power standards(동력 표준)** – 동력과 관련된 내용 표준으로, 영속적이고, 다른 표준의 넓은 스펙트럼에 걸쳐 적용 가능하며, 다음 수준의 교육을 달성하는 데 필요한 내용 표준

**Power system(동력 체계)** – 에너지 자원을 동력으로 변환하는 기술적 시스템

**Practice(실천)** – 기술과 공학을 아는 것, 사고하는 것, 그리고 활동하는 것의 세 가지 차원을 포함할 때 사용하는 행동

**Preservice(예비교사 과정)** – 교사로 일하기 위해 준비하는 과정의 학부 또는 대학원 과정

**Problem-based learning(문제중심학습)** – 학습자가 개방형 문제를 해결하는 경험을 통하여 과제에 대한 학습을 하도록 하는 학습자 중심 교수 접근법

**Problem solving(문제해결)** – 문제를 해결하거나, 문



제해결을 위해 필요한 것을 충족시키기 위하여 문제를 이해하는 것, 계획을 수립하는 것, 계획을 실행하는 것, 그리고 계획을 평가하는 과정

**Procedural knowledge(절차적 지식)** - 무엇인가를 수행하는 방법에 대해 아는 것

**Process(과정)** - (1) 제품이나 시스템을 창작, 발명, 설계, 변형, 생산, 제어, 유지 및 사용에 활용되는 인간의 활동 (2) 산출물을 생산하기 위하여 자원들을 결합하는 체계적인 일련의 행위

**Produce(생산)** - 인간이 만든 제품을 창작, 개발, 제조 또는 건설(구성)하는 것

**Product(제품)** - 인간 또는 기계적 작업, 생물학적 과정이나 화학적 과정을 통해 생산되는 유형의 인공물

**Product lifecycle(제품 수명 주기)** - 컨셉부터 창작, 사용의 중단까지 제품이 거치는 단계들

**Production system(생산 시스템)** - 제조(예: 조립 라인) 또는 건설(예: 현장의 건물)과 같이 제품을 만드는 기술 시스템을 만드는 기술 시스템

**Project-based learning(PBL)(프로젝트 중심 학습)** - 학생들이 실생활의 문제에 초점을 두고 실용적인 대안을 고안하도록 하는, 실천을 통한 학습을 포함하는 교수학습 방법

**Propulsion system(추진 시스템)** - 차량의 이동을 위하여 에너지를 제공하고, 변환 및 전달하는 시스템

**Prototype(프로토타입(원형))** - 실제 관찰이나 및 필요한 조정을 통해 설계 개념을 평가하는 데 사용되는 실물 크기의 작업 모델

**Psychomotor (kinesthetic) learning(심동적 학습)** - “운동 감각 학습” 참조

## Q

**Quality control(품질관리)** - 제품 또는 프로세스에서 요구되는 품질 유지 시스템. 품질관리는 프로세스의 추가 개선을 위하여 측정된 결함에 대한 정보의 피드백을 요구함.

## R

**Receiver(수신자(부))** - 한 채널에서 신호나 메시지를 선택하거나 받아들이고, 그것을 인식 가능한 형태로 변환하는 통신 시스템의 일부분

**Recycle(재활용)** - 새 제품을 만들기 위해 오래된 재료를 재활용하거나 재사용하는 것

**Renaissance(르네상스)** - 14세기 이탈리아에서 시작하여 17세기까지 지속된 유럽의 과도기적 운동을 말함. 예술과 문학을 꽃피웠으며, 현대 과학의 시작점이 됨.

**Renewable(재생가능)** - 태양 에너지 또는 장작과 같이 소진되지 않거나 자연 생태적 순환이나 건전한 관리 실행에 의해 대체가 가능한 상품이나 자원을 의미함.

**Requirements(요구사항)** - 제품 또는 시스템 개발에 적용되는 매개 변수. 요구사항에는 안전 요구사항, 아이디어 개발을 제한하는 물리적 법칙, 사용 가능한 자원, 문화적 또는 사회적 규범, 기능적 기준 및 제약 등이 포함될 수 있음.

**Research and development(R&D)(연구 개발)** - 제품, 프로세스 및 서비스에 대한 새로운 접근 방식의 발견을 위하여 과학적이고 공학적인 지식을 실제적으로

적용하는 것과 시장의 요구를 충족시키기 위하여 제품, 과정, 서비스를 새롭게 하거나 개선하기 위하여 과학적이고 공학적인 지식을 적용하는 것

**Resource(자원)** - 작업을 완료하는 데 필요한 것. 기술 시스템에서 기본 기술 자원은 에너지, 자본, 정보, 기계 및 도구, 재료, 사람 및 시간 등임.

**Robotics(로보틱스)** - 자동적으로 작업을 수행할 수 있거나 다양한 수준으로 인간이 직접 제어하여 작업할 수 있는 기계 장치들

## S

**Sanitation(위생)** - 배수, 상하수 처리, 폐기물 제거와 같은 기본적인 공중보건 문제를 해결하기 위한 방법의 설계 및 실행

**Scale(척도)** - 똑같은 크기의 또는 더 큰 또는 더 작은 프로토타입이나 설계 아이디어 모형 개발에 사용되는 두 차원 세트 간의 비율

**Schematic(개략도(도식))** - 화학, 전기 또는 기계 시스템의 도면 또는 도표

**Science(과학)** - 관찰, 식별, 설명, 실험 조사 및 이론적 설명을 통한 자연 세계의 연구

**Scientific inquiry(과학적 탐구)** - 과학의 방법론을 사용한 질문과 면밀한 검사의 사용

**Scientific literacy(과학적 소양)** - 과학의 사업과 실무에 어느 정도의 친숙함을 가짐.

**Scientist(과학자)** - 과학 및 과학적 탐구 분야의 전문가나 학생

**Service(서비스)** - 판매자, 제조업자, 소유자, 계약자에 의해 이루어지는 설치, 유지, 수리 및 완성

**Side effect(부작용)** - 주변 효과 또는 보조 효과, 특히 바람직하지 않은 보조 효과를 말함. 일부 부작용은 새로운 개발의 중심적인 기초가 됨.

**Sketch(스케치)** - 과정이나 장면의 주요 특징을 나타내는 대략적인 형태의 거친 그림이며, 종종 예비 연구로 수행됨.

**Society(사회)** - 공통의 전통, 제도, 집단 활동 및 관심사를 가진 공동체, 국가 또는 광범위한 사람들의 그룹

**Solution(해결책(방안))** - 문제를 해결하기 위한 방법 또는 프로세스(과정)

**Standards for Technological and Engineering Literacy(기술 공학적 소양 표준)** - 학생이 기술 및 공학적 지식을 갖추기 위해 가져야 하는 지식(학생이 알아야 하는 것), 기능(학생이 할 수 있어야 하는 것) 및 성향(학생의 신념 또는 가치)을 명시한 서면 진술

**Standardization(표준화)** - (1) 하나의 기준과 비교하여 확인하거나 조정하는 행위 (2) 과정이나 제품의 구조 또는 성능에 대하여 일관된 기대치를 제시하기 위한 공통의 요구사항 개발

**STEM(스텝)** - 과학, 기술, 공학 및 수학의 학문 분야와 관련 내용, 실천 및 응용을 함께 묶어서 사용되는 용어

**STEM literacy(스텝 소양(리터러시))** - STEM 소양(리터러시)은 부분을 합친 것 이상임. STEM 리터러시는 독립적인 학문 분야가 제공하지 않는 개념, 과정 및 사고방식을 통합하고 적용함으로써 향상된 결과를 달성하는 방법에 대한 이해

**Stone Age(석기 시대)** - 석기를 사용하는 것을 특징으로 하는 최초의 선사 인류 문화 시대

**Structure(구조)** - (1) 특정 방식으로 지어지거나, 건설되거나 구성된 부품 또는 구성 요소의 배열 (2) 건축 또는 건설된 것(예 : 다리, 집 또는 댐) (3) 어떤 것을 위한 조직, 배열, 또는 체계적인 프레임을 제공하는 행위

**Subsystem(하위 시스템)** - 시스템의 한 부분으로, 그 자체로 하나의 시스템의 특징을 가짐.

**Support system(지원 시스템)** - 인력 네트워크 또는 운송 시스템과 같이 시스템의 안전하고 효율적인 운영을 위해 생명, 법률, 운영, 유지 보수 및 경제적 지원을 제공하는 도구

**Suspension system(현가 시스템)** - 차량의 나머지 부분(예 : 바퀴 및 축)에서 전달되는 충격으로부터 차량의 실내를 차단하는 스프링 및 기타 장치 시스템

**Sustainability(지속 가능성)** - (1) 자원이 고갈되거나 영구적으로 손상되지 않도록 자원을 수확하거나 사용하는 방법 또는 관련 방법 (2) 미래에 동일한 활동을 지원하는데 필요한 환경 조건(예 : 토양 조건, 수질, 기후)에 악영향을 주지 않으면서도 장기적으로 지속할 수 있는 인간 활동과 관련된 것

**Symbol(기호(상징))** - 작업, 수량, 요소, 관계 또는 품질을 나타내는 데 사용되거나 지시 또는 안전에 대한 경고에 사용되는 임의 또는 일반적인 기호

**Synthetic material(합성 재료)** - 유리, 콘크리트, 플라스틱과 같이 자연에서 찾을 수 없는 재료

**System(시스템)** - 목표를 달성하기 위해 요소나 부분이 상호작용, 상호관련, 또는 상호의존하여 작동하는 그룹

**Systems thinking(시스템 사고)** - (1) 각 부분이나 구성 요소와 구별하기 위하여 문제 전반과 전체를 보는 기술. 시스템 사고는 시스템의 사회적 및 기술적 특성을 포함하여 시스템에 영향을 주고받는 모든 변수를 고려함 (2) 모든 기술이 상호연결된 구성 요소를 포함하는 것과 이러한 기술들이 작동하는 환경과 상호작용한다는 것을 이해하는 것. 또한, 입력과 프로세스, 출력 및 피드백으로 구성된 시스템 모형을 이해하는 것을 포함

**T**

**Technological design(기술적 설계)** - 제품 또는 프로세스를 개발하거나 문제를 해결하기 위하여 설계과정을 적용하는 것으로 최근에는 공학 설계의 적용을 의미함. 기술적 설계는 공학 설계를 포함하는 광범위한 용어이며, 산업 디자인, 그래픽 디자인, 사용자 경험 디자인, 건축 설계 및 다른 디자인 분야를 포함

**Technological and engineering contexts(기술 공학 적 내용 영역)** - 핵심적 표준, 벤치마크, 그리고 적용할 수 있는 실천들을 보여 주는 내용 영역. STEL에는 전자 계산, 자동화, 인공 지능 및 로봇, 제조, 수송 및 물류, 에너지와 동력, 정보와 통신, 건설 환경, 의료 및 건강 관련 기술, 농업 및 생명기술을 포함

**Technological and engineering literacy(기술 공학 적 소양)** - 시간이 지남에 따라 점점 더 정교해지는 방식으로 인간이 설계한 환경을 이해, 사용, 창작 및 평가하는 능력

**Technological and engineering practices(기술 공학 적 실천)** - 기술 공학 교육 프로그램에서 학생들이 보이는 행동과 개인적 자질. STEL의 맥락에서 이러한

실천은 시스템 사고, 창의성, 만들기 및 활동, 비판적 사고, 긍정적 사고, 협력, 의사소통 및 윤리에 대한 관심이 해당됨.

**Technological literacy(기술적 소양)** - 기술 및 공학적 활동의 산물인 인간 설계 시스템과 인공물을 이해, 사용, 생성 및 평가하는 능력

**Technological studies(기술학)** - “기술 교육” 참조

**Technologist(기술자)** - 특정 기술 분야의 전문가 또는 특정 기술 분야를 전공하는 학생

**Technology(기술)** - (1) 인간이 설계한 제품, 시스템 및 프로세스를 통해 필요와 욕구를 충족시키기 위하여 자연 환경을 수정하는 것 (2) 이러한 수정으로 인해 발생하는 도구, 기계 또는 시스템에 대한 광범위한 참조

**Technology and engineering education(기술 공학 교육)** - 기술, 공학, 그리고 사회 간의 상호작용을 보고 광범위한 지식과 능력을 개발하는 것을 목적으로 둔, 공학적(인간이 설계한) 세상에 대한 결합된 학문 연구로 현재와 새로운 기술을 사용, 생성 및 평가할 수 있음.

**Technology education(기술 교육)** - 인간이 디자인 한 세상에 대한 학문 연구로 학생들이 문제를 해결하고 인간의 능력을 확장하기 위하여 필요한 기술적 과정과 지식(예, 설계와 기술, 기술학)에 대해 배우는 기회 제공

**Technology transfer(기술 이전)** - 연방(정부)의 연구 개발자금으로 개발된 제품, 시스템, 지식 또는 기술(스킬)이 공익 및 사적 요구에 맞추기 위하여 상업적 제품으로 전환되는 과정

**Telemedicine(원격 의료)** - 환자를 조사, 모니터링 및

관리하는 것과 환자나 관련 정보의 위치와 관련 없이 전문가의 조언과 환자 정보에 접근하는 것이 허락된 시스템을 이용하여 환자와 직원을 교육하는 것을 말함. 원격 의료의 세 가지 주요 차원은 의료 서비스, 통신 및 의료 컴퓨터 기술임.

**Thematic unit(주제 단위)** - 주제와 관련된 특정 자료, 활동 및 학습 에피소드를 중심으로 교실 수업을 구성하는 강의 프리젠테이션 세트. 주제 단위는 여러 학과(과목)의 내용 영역을 통합 할 수 있음.

**Tinkering(팅커링)** - 특별히 수리하거나 개선하려고 시도하는 것으로, 미숙하거나 탐구적인 방식으로 어떤 것을 조금 변화시키는 것

**Tool(도구)** - 사람이 작업을 완성하는 데 사용하는 장치

**Trade-off(상충관계)** - 하나의 것을 다른 것으로 바꾸는 것; 특히, 더 바람직한 것을 위하여 다른 이익이나 혜택을 포기하는 것

**Transdisciplinary(초학문적)** - 다양한 학문에서 파생된 교육 또는 연구 실행. ‘학제간’ 및 ‘다학제’라는 용어와 혼용되는 경우가 많지만, 이 맥락에서 ‘초학문’은 새롭고 전체적인 이해와 방안을 창출하기 위해 학문의 경계를 초월하는 접근 방식을 의미함.

**Transmit(전송)** - 근원에서 목적지로 코딩되었거나 코딩되지 않은 메시지를 보내거나 전달하는 것

**Transportation(수송)** - 승객이나 물품을 한곳에서 다른 곳으로 이동하거나 배송하는 과정

**Transportation System(수송 시스템)** - 상품이나 승객을 한 장소에서 다른 장소로 수송하는 데 필요한 모

든 요소를 제공하는 구성 요소 또는 인프라의 배열

**Trend Analysis(트렌드(경향) 분석)** - 시간이 지남에 따라 변화하는 제품 또는 시스템의 구성 요소와 개발되는 방식에 대한 비교 연구

**Trial and error(시행착오)** - 오류가 줄어들거나 최소화될 때까지 많은 해결책을 시도하는 문제해결 방법(참조 : 퉁커링)

**Troubleshoot(고장 처리 문제해결)** - 기술적 제품이나 시스템과 관련된 문제의 원인을 찾는 것

## U

**Universal design(보편적 설계)** - 나이, 크기 또는 능력에 관계 없이 사람들이 접근할 수 있는 제품 또는 시스템을 만드는 프로세스

## V

**Virtual(가상의)** - 비록 실제 사실은 아니지만, 본질적 또는 효과적으로 현실을 표현하는 방식으로 실물을 보여 주는 것

## W

**폐기물(Waste)** - 쓸모없는 것으로 인식되어 소비, 저장 또는 버려져야 하는 폐물 또는 부산물

**일(Work)** - (1) 하나의 물리적 시스템에서 다른 물리적 시스템으로 에너지를 전달하는 것으로, 힘과 그 힘의 방향으로 움직이는 거리의 곱으로 표현됨 (2) 목표와 결과를 달성하기 위하여 행해지는 신체적 또는 정신적 활동으로 특히 개인의 직업이나 전문적 수행과 관련됨.



국제기술공학교육자학회(International Technology and Engineering Educators Association, ITEEA)는 기술, 혁신, 디자인, 그리고 공학교육을 위해 설립된 교육 연구 단체입니다. ITEEA는 전 세계 45개 이상의 국가에서 약 35,000명의 기술 교육자들을 대표하는 단체로서, 기술과 공학교육을 담당하는 교육자들의 전문성 향상을 통해 기술과 공학적 소양의 향상을 목표로 하고 있습니다. ITEEA의 주요 활동으로는 리더십, 전문성 개발, 출판, 학회 등이 있으며, 전 세계 멤버들 간의 네트워크 활성화를 위해 다양한 온오프라인 모임을 개최하고 있습니다.

### ITEEA

International Technology and Engineering Educators Association

전화 : +1 (703) 860-2100

이메일 : iteea@iteea.org

홈페이지 : www.iteea.org

### 역자 소개

#### 최유현

충남대학교 교수  
서울대학교 대학원 교육학박사  
기술교육, 문제해결, 디자인씽킹

#### 김지숙

공주교육대학교 교수  
아이오와 주립대학교 대학원 교육학 박사  
기술교육, 실과교육, 발명교육

#### 성익석

뉴욕시립기술대 교수  
퍼듀대학교 대학원 교육학 박사  
기술공학교육, 컴퓨터 기반 공학교육, 공학적 문제해결

#### 임윤진

한국교육과정평가원 부연구위원  
충남대학교 대학원 교육학 박사 기술교육 전공  
기술교육, 교육과정, 공학교육, 기술적 문제해결

#### 이은상

공주대학교 교수  
충남대학교 대학원 교육학 박사  
기술교육, 발명교육, 저비용 마이크로컨트롤러 적용 교육

### 검토진 소개

권혁수(공주대학교)  
김기수(충남대학교)  
김성일(세한대학교)  
김지민(한국교원대학교)  
김진수(한국교원대학교)

김태훈(충남대학교)  
김희필(제주대학교)  
문대영(부산교육대학교)  
이경택(한국교원대학교)

이광재(일산동중학교)  
이동원(부산교육대학교)  
이춘식(경인교육대학교)  
진의남(세한대학교)



**기술과 공학적 소양을 위한 표준**  
STEM 교육에서 기술과 공학의 역할

초판 1쇄 인쇄 2021년 5월 17일  
초판 1쇄 발행 2021년 5월 20일

지 은 이 ITEEA  
옮 기 이 최유현, 김지숙, 성의석, 임윤진, 이은상  
펴 낸 이 박미경

펴 낸 곳 마루비  
등 록 제 2016-000014호  
주 소 서울특별시 마포구 대흥로4길 38, 2층  
전 화 02-749-0194  
팩 스 02-6971-9759  
이 메 일 marubebooks@naver.com  
홈페이지 www.marubedu.co.kr

© 마루비 2021. printed in korea

ISBN 979-11-973408-3-3 93500

이 책은 저작권법에 따라 보호받는 저작물이므로 무단전제와 무단복제를 금합니다.

잘못된 책은 바꿔드립니다.  
책값은 뒤표지에 있습니다.

## 역자 소개

### 최유현

충남대학교 교수  
서울대학교 대학원 교육학박사  
기술교육, 문제해결, 디자인씽킹

### 김지숙

공주교육대학교 교수  
아이오와 주립대학교 대학원 교육학 박사  
기술교육, 실과교육, 발명교육

### 성의석

뉴욕시립기술대 교수  
퍼듀대학교 대학원 교육학 박사  
기술공학교육, 컴퓨터 기반 공학교육, 공학적 문제해결

### 임윤진

한국교육과정평가원 부연구위원  
충남대학교 대학원 교육학 박사 기술교육 전공  
기술교육, 교육과정, 공학교육, 기술적 문제해결

### 이은상

공주대학교 교수  
충남대학교 대학원 교육학 박사  
기술교육, 발명교육, 저비용 마이크로컨트롤러 적용 교육

## 검토진 소개

권혁수(공주대학교)

김기수(충남대학교)

김성일(세한대학교)

김지민(한국교원대학교)

김진수(한국교원대학교)

김태훈(충남대학교)

김희필(제주대학교)

문대영(부산교육대학교)

이경택(한국교원대학교)

이광재(일산동중학교)

이동원(부산교육대학교)

이춘식(경인교육대학교)

진의남(세한대학교)



기술과 공학적 소양을  
위한 표준

STEM 교육에서 기술과 공학의 역할



값 18,000원



9 3500

9 791197 340833

ISBN 979-11-973408-3-3

