



# STEM 教育视域下的 幼儿科学素养发展研究

娄小韵 著



NORTHEAST NORMAL UNIVERSITY PRESS

WWW.NEUP.COM

东北师范大学出版社

# STEM 教育视域下的 幼儿科学素养发展研究

娄小韵 著



NORTHEAST NORMAL UNIVERSITY PRESS

WWW.NNUP.COM

东北师范大学出版社

---

## 图书在版编目(CIP)数据

STEM 教育视域下的幼儿科学素养发展研究 / 娄小韵  
著. -- 长春 : 东北师范大学出版社, 2018.8  
ISBN 978-7-5681-4883-2

I. ① S… II. ① 娄… III. ① 科学实验—学前教育—  
教学参考资料 IV. ① G613.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 194885 号

---

责任编辑: 卢永康

责任校对: 田 旺

策划编辑: 王春彦

封面设计: 优盛文化

责任印制: 张允豪

---

东北师范大学出版社出版发行  
长春市净月经济开发区金宝街 118 号 (邮政编码: 130117)

销售热线: 0431-84568036

传真: 0431-84568036

网址: <http://www.nenup.com>

电子函件: [sdcbs@mail.jl.cn](mailto:sdcbs@mail.jl.cn)

定州启航印刷有限公司印装

2019 年 3 月第 1 版 2019 年 3 月第 1 次印刷

幅画尺寸: 170mm×240mm 印张: 13.75 字数: 225 千

定价: 53.00 元

---

## 前言 PREFACE

STEM教育是通过基于情境、基于工程设计、基于项目等方式将科学、技术、工程和数学四门学科进行融合的跨学科教育，具有综合性、多样性、循环性、开放性和趣味性的特点。进入21世纪，STEM教育已经在全世界引起了广泛的关注和影响。目前，国际STEM教育的发展趋势已逐渐从理论转向实践，使其更具教育实践中的可操作性。美国政府深刻认识到了这一点，不断加快推进STEM教育发展的步伐。由于STEM实践价值日益凸显，美国联邦政府各部门以及各地方教育行政机构相继出台各类STEM教育相关政策，旨在培养高质高质量的STEM人才，使其能在经济全球化的挑战中维持霸主地位。我国处在新课程改革的浪潮中，STEM教育日益引起国家、教育者和研究者的关注，STEM教育如何从理论走向实践是我国迫切需要解决的问题。

随着社会对人才需求的不断提高，以培养创新型复合人才的STEM教育正逐步在全球普及推广，多个国家都发布了本国的STEM教育发展规划，中国教育部也在其发布的《关于“十三五”期间全面深入推进教育信息化工作的指导意见（征求意见稿）》中明确提到“有效利用信息技术推进‘众创空间’建设，探索STEAM教育、创客教育等新教育模式，使学习者具有较强的信息意识与创新意识”，其中的“STEAM教育”就是STEM教育扩展版——将STEM加入A(Art艺术)。而创客教育和STEM教育有着紧密联系，STEM教育是未来教育的重要发展方向，对于中国的传统教育模式有着重要的意义。

本书主要内容包括STEM教育的概述、幼儿科学素养概述、幼儿园科学教育的制度建设、STEM教育视域下的幼儿科学课程目标及制定、STEM教育视域

下的幼儿科学课程设计与实施、STEM教育视域下的幼儿科学教学策略、STEM教育视域下的幼儿科学教学评价、STEM教育下的幼儿科学素养发展的教学活动等。

整体来看，本书理论研究科学严谨，实践内容指导性强，理论与实践结合紧密，还突出了系统性、实用性和时代性的特点。首先，本书逻辑清晰，结构完整，内容丰富。我国正经历着基础教育改革的关键期，STEM教育给我国培养创新型人才，提升全民的科学素养，应对国际竞争力带来了新的机遇。本书提出的研究方向，相信会给国内STEM教育研究注入新的血液。其次，在STEM教育的视角下研究幼儿科学素养的发展，从中发现STEM课程对学生科学知识理解和解决问题能力的提升均有帮助。STEM课程和传统探究课程相比，对提升学生科学素养的效果存在差异，且STEM课程的提升效果更好。再次，本书是在STEM教育大力发展的背景下进行的科学研究，充分体现了时代性的特点，具有较高的学术价值。

随着社会对人才需求的不断提高，以培养创新型复合人才的STEM教育正逐步在全球普及推广。本书在科学性和实用性的基础上，为幼儿教师在实际的教学中能够更好地结合STEM教育培养幼儿的科学素养提供了极为可靠的学习和参考资料。

由于编者水平有限，编辑整理时间仓促，如有不足或错漏之处，敬请广大读者批评指正。

编者

2018.3

第一章	STEM 教育的概述	/ 001
第一节	STEM 教育的概念	/ 001
第二节	STEM 教育的应用模式	/ 006
第三节	STEM 教育的简要历史	/ 011
第四节	STEM 教育的价值	/ 020
第二章	幼儿科学素养的概述	/ 024
第一节	幼儿科学素养的内涵	/ 024
第二节	幼儿科学素养培养的原则与方法	/ 027
第三节	家园合作培养幼儿科学素养	/ 031
第四节	幼儿教师科学素养的培养	/ 036
第三章	幼儿园科学教育的制度建设	/ 042
第一节	幼儿科学教育的教师专业标准	/ 042
第二节	幼儿科学教育实践中的教师专业成长	/ 049
第三节	幼儿园科学教育评价体系	/ 052
第四章	STEM 教育视域下的幼儿科学课程目标及制定	/ 056
第一节	幼儿科学课程目标的现状	/ 056
第二节	幼儿科学课程目标的因素分析	/ 072
第三节	幼儿科学教育活动的目标结构	/ 079
第四节	幼儿科学教育活动目标制定的依据	/ 085

第五章	STEM 教育视域下的幼儿科学课程设计与实施	/ 088
第一节	幼儿科学教育课程的内容选择	/ 088
第二节	幼儿科学教育课程的设计	/ 093
第三节	幼儿科学教育课程的实施	/ 105
第六章	STEM 教育视域下的幼儿科学教学策略	/ 110
第一节	幼儿科学教育中的误区	/ 110
第二节	科学活动中的幼儿科学教育	/ 115
第三节	文学活动中的幼儿科学教育	/ 119
第四节	艺术活动中的幼儿科学教育	/ 123
第五节	戏剧活动中的幼儿科学教育	/ 125
第七章	STEM 教育视域下的幼儿科学教学评价	/ 128
第一节	幼儿科学教育活动评价的原则	/ 129
第二节	评价幼儿科学教学活动的过程	/ 135
第三节	评价幼儿科学教学中幼儿的发展	/ 141
第四节	评价幼儿科学教学中教师的行为	/ 151
第八章	STEM 教育下的幼儿科学素养发展的教学活动	/ 159
第一节	幼儿园科学教育活动与幼儿生活的融合	/ 159
第二节	开设园本特色的科学教育活动	/ 171
第三节	幼儿科学文艺在幼儿科学教学中的应用	/ 197
第四节	“做中学”教学理论在幼儿科学素养教学中的应用	/ 207
参考文献		/ 211

# 第一章

## STEM 教育的概述

STEM 代表科学 (Science)、技术 (Technology)、工程 (Engineering)、数学 (Mathematics)。STEM 教育就是科学、技术、工程、数学的教育。在国家实力的比较中, 获得 STEM 学位的人数成为一个重要的指标。

### 第一节 STEM 教育的概念

#### 一、STEM 教育的内涵

美国国家科学委员会在 20 世纪 80 年代提出 STEM 教育的概念。STEM 是科学 (Science)、技术 (Technology)、工程 (Engineering) 和数学 (Mathematics) 四个英文首字母的缩写。科学是建立在实践基础上, 经过实践检验和严密逻辑论证的, 关于客观世界各种事物的本质及运动规律的知识体系。技术是人类为实现社会需要而创造和发展起来的手段、方法和技能的总和。数学侧重于研究现实世界的空间形式和数量关系, 是学习和研究现代科学技术必不可少的基本工具。工程是应用科学和数学产出成品的过程。STEM 综合了科学、技术、工程与数学的特点, 将知识的获取、方法与工具的利用以及创新生产的过程进行了有机统一, 以系统的、联系的思维面对文化的全球化、多元化发展。

STEM 教育就是科学、技术、工程、数学的教育, 但现实问题往往无法单凭 STEM 中的某一门学科知识来解决, 必须依靠多学科的协同, 因此 STEM 教育是如何综合运用 STEM 知识解决现实问题的能力的教育, 也就是 STEM 素养

教育。STEM 教育是 STEM 理念在教育中的反映，是付诸教育实践的一种思考。STEM 教育在美国受到极大关注离不开美国对其国际竞争力下降的反思，对美国学生在国际数学、科学中表现欠佳的审视。它是对科学、技术、工程、数学间关联性的强调，是对学校技术教育、工程教育的重视，旨在促进学生形成科学、技术、工程与数学的综合素养。

STEM 教育是科学、技术、工程与数学四门学科之间系统的融合，强调跨学科之间的联系，通过基于真实情境、工程设计、项目等方式的教学，促进学生探究性学习方式的形成以及综合素养的提升。综合素养包括科学素养、技术素养、工程素养和数学素养。科学素养是能够运用科学知识和流程（物理、化学、生物科学和地球、空间科学）理解并参与影响生命与健康、地球与环境、技术等有关决策。技术素养是指学生具有使用、管理、理解与评价技术的能力，不仅要了解如何使用技术、技术的发展过程，还要用批判性思维分析技术对世界发展的影响，学会创造性地解决问题。工程素养是指能够系统地、创造性地整合数学和科学知识，理解工程设计并开发造福人类的方法。数学素养是指识别、表述、理解和从事数学的能力，能够应用数学分析、判断和解决生活中的问题。综合素养囊括了四门学科，是一个跨学科交叉的研究领域，是把学生学习到的零碎知识与机械过程转变成一个探究世界相互联系的不同侧面的过程。

STEM 教育的目标就是提升学习者的 STEM 素养，但对于 STEM 教育的定义，学术界存在着三种理解：第一种认为 STEM 教育是一门后设课程，即学习者在学习 STEM 相关的独立课程之外再学习一门如何综合运用 STEM 知识的独立课程；第二种认为 STEM 教育是一门有机整合 STEM 知识的独立课程，由它代替传统 STEM 所涉及的课程，培养学习者综合运用各专业知识的能力；第三种则将 STEM 教育视为一种教学策略，其核心目标是通过灵活应用探究性学习、基于项目的学习和基于设计的学习等学习方式，来培养学习者综合利用 STEM 知识解决现实问题的能力。

本书的 STEM 教育将采用第三种观点，从学习方式和学习目标出发来阐述 STEM 教育可以更好地为课程教师指明 STEM 教育的方向。基于此定义，本书认为 STEM 独立学科的学习也可以是 STEM 教育，其关键在于学习者如何学习知识和运用知识，如通过学习者自主的实验设计来验证牛顿三大定律便属

于 STEM 教育，利用数学知识来合理安排职工工资和社保也属于 STEM 教育。STEM 教育对于中国来说具有重要意义，中国从来不缺乏 STEM 所包含的各独立学科知识的学习，但由于不注重知识的理解和应用，学习者的 STEM 素养并不高，这一点必须通过加强 STEM 教育来提升。

## 二、STEM 教育的特点

STEM 教育的提出、内涵丰富离不开系统论的审视，其在教育中的实践体现了与后现代课程观的密切联系，具体表现为综合性、开放性与动态性、回归性、实践性、丰富性、循环性。

### （一）综合性

“2061 计划”不仅视基础的自然科学与社会科学为科学，还把基础与实用的数学、工程与技术等相互交叉的学科作为科学，即提出了系统化、整体化的科学观。STEM 教育正是基于这种整体化、系统化科学观在教育事业中的延伸与发展而得以提出，它将科学教育与技术教育、工程教育、数学教育联系起来，以整体、联系的思维解决各种现实问题，因而呈现了综合性。STEM 教育的综合性表现在教育目标上，希望学生能够通过 STEM 教育，学习综合利用科学、技术、工程和数学四方面的知识技能，从而具有逻辑思维和技术能力；能够创新设计并独立进行调查研究，有效解决问题，并架起学校与 STEM 工作场所之间的桥梁。这种综合性的目标关注了学科、学生、社会间的相互联系，强调了学生发展、社会责任的整合等。

STEM 教育的综合性反映到具体实践中，不仅表现为课程内容的综合，如工程课程内容中综合了数学、科学、技术知识的应用，而且表现为课程教学方式的多元，既可以是基于问题解决的模式，也可以是基于项目的模式。STEM 课程的评价也朝着综合性、系统性的方向发展。由于美国是个地方分权制的国家，各地区的课程有着不同的标准与版本。STEM 教育及课程的评价也试图以共享标准为基础设计清晰的、高质量的评价系统，反映学生是否达到了标准。评价内容的改革要求既要衡量学生理解、应用核心概念和原则的能力，还要考核学生进入大学和从事未来职业所需的高水平的推理能力、解决问题的能力以及科技创新能力。评价种类上，除了直接指向通用标准的州评估，还提倡增加对 NAEP、TIMSS、PISA 这种发达国家及国际评估的次数。

STEM 的综合性也表现教育在课程资源方面，它是一个有机的、良好运行的整体模式，其资金资助来自许多不同的联邦机构，支持 STEM 教育发展的力量还包括非政府组织及科学家等 STEM 专业社群。这种多元合作形成的综合系统增加了 STEM 教育的实践性和可行性，并有助于增进家长、学校校长、州和地区长官、公共领导对 STEM 学科的了解和掌握，推动 STEM 教育的实施和发展。

### （二）开放性与动态性

STEM 教育在课程内容、课程实施及评价中表现的综合性，凸显了其开放性与动态性。区别于机械认识论视知识为客观存在，STEM 教育认为知识是不断更新的，是动态与发展的。STEM 教育不仅包括科学、技术、工程与数学领域内的知识，而且包括科学的社会应用、技术与工程中的科学及数学原理等维度，即 STEM 教育从开放的知识观角度反思了传统教育的弊端，弱化了对知识的记忆，重视了概念理解及应用。对概念的深层理解有助于学生灵活应用已有知识，并在与现实生活世界的接触中随时拓展和完善自己的知识体系。

STEM 教育在课程内容、实施方面表现的动态性离不开 STEM 教育系统的开放性及各要素间的动态关系。在以 STEM 教育为重点的学校里，不仅课程内容关注了 STEM 各领域的最新研究成果，而且其教学场所不再局限于课堂和学校，这种转变与尝试使学生有了更多接触 STEM 职业场所的机会，并获得将科学探究转化为实践以及进行科学创新的机会，从而彰显了 STEM 课程实施方式的开放性与动态性——转变了教师讲解、学生接受的传统课程实施模式，建立了学习者、教育者与所处情境对话、交流的平台，促进学生内在知识体系的创新生成。教学过程伴随着问题的解决与探究活动的开展、开放的课程实施方式及动态的课程内容，不仅有助于学生认知能力的提升，而且有助于培养学生敏锐的科学思维习惯和高效解决现实生活问题的能力。

### （三）回归性

美国总统科技顾问委员会认为，学生在 STEM 领域成就上表现出的性别差异并非源于天赋问题而是源于学生的兴趣，在国际科学与数学测试中美国学生整体表现欠佳的内在原因是缺乏对 STEM 领域的兴趣。这一观点实质上体现了课程理念中学生观的转变，从学习兴趣的归因来传达学生是学习主体的观念。后现代课程观的提出者之一多尔认为课程要具有回归性、可反思的价值和余地，这种课程没有固定的起点和终点，但它能够使每个人通过与环境、他人、

文化的反思性相互作用形成自我感。STEM 教育的提出及课程实施实践中逐渐凸显反思的价值，在 STEM 课程内容的选择上致力于给学生提供感兴趣的个人经验和与 STEM 有关的内容；在课程实施中，突出学生的学习主体地位，关注学生主动参与学习的过程，激发学生对于 STEM 领域学科的学习动机。STEM 教育对学习主体的关注，表现在对教育公平问题的强调方面，还表现在 2010 年美国科技顾问委员会报告给联邦政府的两个目标中，强调所有学生（包括女生和少数民族学生）能熟练掌握 STEM 领域知识。

#### （四）实践性

首先，STEM 教育的实践性体现在 STEM 教育提出本身，尤其是将技术、工程学科置于与科学、数学教育同等重要的地位，这是对过程与实践的凸显，工程学里涉及的工程设计和工程思维习惯将直接影响学生的问题解决能力和创新能力。其次，STEM 教育的实践性还体现在具体的课程实施中：一方面，有效的课程组织和精良的硬件设施促进了从知识向实践关注的转变，如一些学校已经开始将微观装配实验室整合进具体的课程中；另一方面，课程强调以活动为基础、基于问题解决的学习、获得实践的课堂体验。STEM 教育通过实践性的课程建立起了师生交往的平台，使学生从平等对话的交往经验中自由地获得知识、激发创造的灵感。

#### （五）丰富性

丰富性包括了课程的深度、意义的层次、多种可能性或多重解释。STEM 教育的丰富性表现于其教育目标的不同层次，促进不同的学生获得不同水平的 STEM 素养，在要求所有学生熟练掌握 STEM 学科知识的同时，给在 STEM 学科表现优秀的学生提供机遇与挑战，促进其在 STEM 领域获得杰出成就。正是对多维目标的追求，使 STEM 课程内容体现了丰富性的特点，如针对在 STEM 领域表现欠佳的学生，给其提供与生活相关的食物、衣物、药品等 STEM 领域知识；对于在 STEM 学科表现优秀的学生，开展顶层课程，如“工程之路”，促进其科学思维方式的养成。还可以设置竞赛、实验室实验、实地考察等课外活动及 STEM 的服务培训活动，以使 STEM 类课程与学生经验融合，同时促进学生学习参与度的提升。综合性的 STEM 教育将科学、技术、工程和数学四门课程联系起来，需要综合考虑原有课程的特点，在课程设置上需要从多角度来解释综合化课程的丰富性，使学生通过多样化的课程形式获得多种可能的自我发展。

### （六）循环性

随着 STEM 教育的发展，基于工程设计的课程逐渐受到重视。通过工程设计来学习科学课程，体现科学与工程融合。工程设计本身就是多重的、迭代的、循环的，STEM 课程单元的循环性主要体现在建模前循环、解决问题循环以及每个背景活动中的循环。

学生在工程建模挑战开始之前返回到本单元最初的“提出问题”活动中提到的问题，确定这些问题该如何回答。如果学生对已经涵盖的背景经验存在疑惑，那么重温一节或多节课程可能是有必要的。教师在这个环节可以多次向学生提出有关设计挑战的知识、材料和细节问题，并将这些问题添加到学生设计的评价列表中，有助于学生熟悉工程流程，较容易解决问题。在解决问题的实验探究中，学生需要对记录的实验数据进行整理和检测。在检测数据环节中，学生可以对部分数据提出疑问，也可以根据数据对自己的设计进行修复和提优，直到满足构建模型的标准。在每一个活动前后都可以进行问题重述和重新设计，不断获得新体验，对核心概念形成新的理解并优化设计和解决方案。

学生在工程循环过程中，不断地发现问题、修复并提优设计，寻找解决问题的最佳方法，让学生真正意义上进行探究性学习，将科学知识转化为科学探究能力，从而培养学生的探究和创新思维。这个教学和学习过程不仅符合 STEM 的教育目标，也体现 21 世纪所提倡的 21 世纪技能。

## 第二节 STEM 教育的应用模式

STEM 教育作为一种教学策略，在实际应用时必须以解决现实中的实际问题为目标，以 STEM 知识的综合运用为手段。根据具体目标的不同，本节把 STEM 教育分成验证型、探究型、制造型和创造型四种不同的应用模式。验证型 STEM 教育应用的目标是让学习者通过综合运用 STEM 知识验证已经明确的结果，其核心是学习者的验证过程和方法而非结果；探究型 STEM 教育应用的目标是让学习者通过综合运用 STEM 知识去发现并解释学习者未知的现象，其核心是学习者的探究过程及结果；制造型 STEM 教育应用的目标是让学习者通过综合运用 STEM

知识去完成一个已有形态物品的生产和改良，其核心是学习者的工程实践能力的培养；创造型 STEM 教育应用的目标是让学习者通过 STEM 知识的综合运用去完成一个创新物品的设计和制造，其核心是创新的设计。

根据教师在 STEM 教育应用中给定的限定不同，各个模式又可以分为支架式和开放式。所谓支架式就是由教师给定框架，包括目标和实现方式，然后由学习者在此基础上实施；而开放式则更多地由学习者自行提出目标并自行完成任务，需要学习者更多的主观能动性。当然，支架式和开放式之间并无明确的界限，教师在应用过程中可以根据学习者的不同、目标的不同灵活把握。另外，考虑到 STEM 教育应用的项目学习属性，下面的各类应用都以小组协作的方式展开。

### 一、验证型 STEM 教育应用

验证型 STEM 教育应用的目标是学习者完成对已知结果的验证，如定律或现象，但这些定律或现象并不是此类应用的重点，怎样通过 STEM 知识的综合运用来验证这些结果并达到加深理解、领悟科学才是其关键，验证型 STEM 教育应用的基本步骤如下。

(1) 明确问题。验证型 STEM 教育应用的目标是完成对已知结果的验证，该结果既可以由老师给定，也可以由学习者提出，同时该结果既可以是某种现象，也可以是某条定律。

(2) 设计方案。设计方案首先必须确定要验证的现象，因为定律也必须通过现象来验证，然后再根据现象设计合适的验证方案，其核心是实现现象的可观察或可记录性。

(3) 评估方案。考虑到方案实施的代价，实施方案必须经过师生协同评估。评估的重点包括现象和定律之间的充分性（验证定律）和方案的可行性（包括安全、成本、作用等内容）。

(4) 实施方案。在完成方案的可行性评估之后，学习者可以开始验证计划，本步骤的重点是现象的观察和记录，如果遇到无法解决的状况一定要重新回到步骤（2）进行新的设计。

(5) 分析数据。通过对观察得到的数据和现象进行分析，并结合必要的现象和定律之间的充分性得出本次验证的结果。如果无法验证，分析可能存在的原因，并回到步骤（2）进行新的设计和实施。

(6) 分享反思。反思本验证方案的有效性和可改进性,并分享自己的验证过程,总结本次验证需要掌握的技能。

## 二、探究型 STEM 教育应用

探究型 STEM 教育应用的目标是去发现并解释学习者未知的现象,无论是探究过程还是解释现象都将综合运用 STEM 知识,从而培养学习者的科学探究精神和能力。探究型 STEM 教育应用的本质是探究型学习在 STEM 教育中的特定应用,其基本步骤如下。

(1) 发现问题。探究型 STEM 教育应用需要学习者自己去寻找需要探究的问题,根据教师限定条件的多少,学习者发现的问题具有一定的指向性,但绝对不能是限定的,发现问题的能力也是 STEM 素养的重要组成部分。

(2) 收集证据。收集证据是探究型 STEM 教育应用的最重要环节,根据探究问题的类型,证据收集过程可以分为三大类:第一类是直接观察类,此类过程学习者无须借助任何设备直接靠人体自身感知即可;第二类是仪器记录类,此类过程学习者需要借助现有的仪器或设计新的仪器来记录数据,发现规律;第三类则是设计交互类,此类过程学习者需要设计专门的交互方案,通过不断交互完成环境的准备、问题现象的触发和对应数据的收集工作。和验证型 STEM 教育应用类似,探究型 STEM 教育应用的收集证据过程也可以细化成设计方案、评估方案和实施方案三个阶段。

(3) 分析数据。对于探究型 STEM 教育应用来说,数据分析的过程要比验证型复杂得多,验证型的数据分析结果是确定的,而探究型则是未知的。数据分析可以采用结论推导的方法,也可以采用猜想验证的方法,数据分析的成果是可以描述的现象或规律。

(4) 解释结论。考虑到证据收集和数据分析的复杂性和不确定性,学习者必须从理论的角度来解释观察到的现象和规律,否则极有可能得到错误的结论。考虑到解释结论有可能超出学习者的能力,相互协作和教师支持是必需的。

(5) 分享反思。当学习者完成了问题的发现和探究以后,学习者首先需要反思本探究问题的可渗入性及可迁移性,培养更好的问题发现能力;接着归纳整个证据收集过程和数据分析过程的方法,并考虑必要的改进;然后完成相关方法和结论的发布分享。

### 三、制造型 STEM 教育应用

制造型 STEM 教育应用的目标是让学习者通过 STEM 知识的综合运用去完成一个已有形态物品的生产和改良，其核心是学习者的工程实践能力的培养。考虑到学习者必然经历一个从模仿到改进的过程，制造型 STEM 教育应用的基本步骤如下。

(1) 情境引入。制造型 STEM 教育应用的目标是让学习者完成一个具有实际应用价值的物品生产，并在生产过程中培养学习者的 STEM 综合能力，所以对于制造型 STEM 教育应用来说，情境引入有两方面价值：一方面是理解将要完成的物品的应用价值，激发学习者的参与热情；另一方面则是通过情境的介绍让学习者更好地领悟物品的应用场合，激发学习者的改进热情。

(2) 设备培训。此处所指的设备包括工具、零件和材料。制造型 STEM 教育应用目标的完成离不开设备的支持，为了让学习者更好、更安全地使用设备，专业的培训是必要的。但需要注意的是，这里的设备培训并不是把所有设备的使用全部讲一遍，而是只针对本次将会用到的功能做一个简单介绍，重点强调设备使用的安全规则让学习者在后面的模仿中深入学习。

(3) 模仿制造。模仿制造环节的关键是让学习者尽快地完成制造，感受制造带来的快乐，所以教师在这个环节只需要描述怎么做，不需要讲解其中的原理和知识要求，学习者跟着模仿，无须深入思考，从而尽快达成目标。

(4) 知识讲解。当学习者完成了既定的制造目标后，自然就会从欣赏作品过渡到思考原理，这时候教师再开始知识点的讲解，包括工作原理、加工要点、设计理念等内容，这样会起到更好的效果。

(5) 协同改进。模仿的目的是为了更好地改进，当学习者了解了自己所完成作品的工作原理和应用情境后，就有可能激发学习者的创新意愿，通过小组之间的协作对原有设计进行合理改进，制造出更有价值的作品。

(6) 分享反思。当学习者完成了改进后的作品以后，需要总结此次制造项目掌握的技能、设计思路以及改进方式，并通过与不同学习者分享交流，享受制造的乐趣，提升参与制造的热情。

#### 四、创造型 STEM 教育应用

创造型 STEM 教育应用的目标是让学习者通过 STEM 知识的综合运用去完成一个创新物品的设计和制造，其核心是创新性的实现，是基于设计的学习在 STEM 教育中的特定应用。当然，在实际的应用中，创新物品的方向是有指向性的，否则学习者会出现因选择太多无从入手的情况。从基于设计的学习模式出发，创造型 STEM 教育应用的基本步骤如下。

(1) 情境引入。创造型 STEM 教育应用的目标是完成一个创新物品的设计和制造，虽然非物化作品的设计也在创新这列，但考虑到成果验证的方便性，STEM 教育中的创新以物化成果为主。创新来自于生活中的问题，所以教师需要引入极具吸引力的情境，激发学习者从中寻找需求并明确创造方向。

(2) 创新引导。当学习者有了明确的目标以后，教师需要从两方面对学习者的创新进行引导，一方面是创新的方向，教师需要根据学习者确定的创新目标提供可行的创新方向和思路指导，具体的创造行为由学习者完成；另一方面则是创新的可行性，教师需要对学习者的创新目标进行可行性分析，防止学习者设定一个在当前条件下无法实现的创新目标。

(3) 协同设计。当学习者有了切实可行的创新目标以后，就可以采用小组协作的方式，让每个成员从自己的专业背景出发，完成作品的结构、机械、电子、传动、外观、动力、人机交互等方面的设计，并进行必要的评估。设计—评估—再设计是一个迭代过程，直到得到一个大家都认可的设计方案为止。

(4) 制造验证。有了详细的设计方案以后，学习者就可以开始进行作品的实际制造过程，考虑到设计和制造之间的差异性，一旦在制造过程中出现无法解决的问题，学习者必须回到步骤(3)进行设计的修改。

(5) 应用改进。当完成创新作品的制造以后，学习者就可以把它放到现实的环境中进行有效性的验证，包括自身功能和用户体验两方面，并形成改进意见，必要时重新回到步骤(3)开始新一轮的设计过程。

(6) 分享反思。当学习者完成自己认可的创新作品以后，教师需要鼓励学习者进行必要的产品文稿设计和展示、包装，并进行充分的作品分享，通过分享让学习者喜欢上创新，同时通过分享中的观众交互，反思作品应该怎样进一步改进。