

基于有效失败理论的通用技术课程教学设计实例

An Example of General Technology Course Instructional Design Based On Productive

Failure Theory

徐瑶

广州市执信中学

2938963241@qq.com

【摘要】 失败是学习常见的现象，如果利用得当可以成为重要的学习机会。通用技术课程是中国的国家课程，通用技术新课程标准呼吁关注学生的工程思维和问题解决能力，有效失败能促进对学生工程思维和问题解决能力的培养。本文基于有效失败的理论基础开展三轮行动研究，提出了一个精心构思的教学设计，以便启动认知过程，找到一个最佳点，设计社交环境以创造一个安全的探索空间，从而从教学阶段的错误中学习。本文以有效失败理论为支撑，使用行动研究的方式进行教学设计，可为通用技术教师教学提供指导与示范。

【关键词】 有效失败；教学设计；通用技术；行动研究

Abstract: Failure is a common phenomenon in learning, which can become an important learning opportunity when properly utilized. China's New Curriculum Standard for General Technology call for attention to students' engineering thinking and problem-solving abilities, and productive failure can facilitate the cultivation of these competencies. Based on the theoretical foundation of productive failure, this paper conducts three rounds of action research and proposes a well-conceived instructional design. This design aims to activate cognitive processes, identify optimal points, and create safe exploratory spaces, thereby enabling learning from errors during instructional phases. Supported by productive failure theory and employing action research methodology for instructional design, this study provides guidance and exemplars for General Technology teachers in their pedagogical practices.

Keywords: productive failure, instructional design, general technology, action research

1. 引言

通用技术课是中国的国家课程，是高中学生必学的课程。它强调知行合一、学以致用，重点培养学生的创造能力、物化能力、图样表达能力，是一门科技与人文相统一的课程。通用技术新课程标准呼吁关注学生的工程思维和问题解决能力，然而这些核心素养的都很难靠教师的直接讲授而获得，需要学生自己生成与建构。通用技术课上积累的不断积累的问题解决经验，可提升学生的问题解决能力。

然而在教学实践中，部分教师为了赶进度而避免让学生体验失败，直接告诉学生解决方案。在学生还没实践前就提供参考方案，难以促进学生的深度思考，甚至可能让学生产生“假性清晰”的错觉，以为自己已掌握了概念，实际并没有(Bjork & Bjork, 2011)。实际上失败如果利用得当，也可以成为重要的学习机会，为学生持续学习提供动力(Yulis San Juan & Murai, 2022; Hilpp & Stevens, 2020)。

有效失败理论为通用技术教学提供了一种思路。此理论主张给学生“挖坑”，让学生适度的体验失败，以激发动机和提升问题解决能力(Loibl & Rummel, 2014)。通用技术的任务具有

复杂性和开放性的特点，这样的任务可促进深度思考。通过体验有效失败，学生在挑战中主动探究问题，在多次尝试中积累经验，从而加深对知识的理解。

那么应该如何在通用技术课堂中用好有效失败这一理论，本文提出了以下研究问题：

- (1)在通用技术课堂中，如何基于有效失败理论设计教学活动？
- (2)教师在实施过程中遇到了哪些挑战？
- (3)教师在实施过程中又是如何应对这些挑战的？

为此本研究使用行动研究法，通过三轮教学实践迭代来优化教学设计。期望总结经验教训，优化教学设计策略，为通用技术课程的教学改革提供实践参考。

2. 文献综述

2.1. 简介

有效失败理论认为失败乃成功之母，主张让学生体验适度的失败，从而激发学习动机，促进深度学习(Kapur & Manu, 2008)。但是贸然让学生体验失败，可能无法产生预期的效果，让学生体验“有效”的失败才能达到预期。“有效”是指学生安全的探索空间里接受挑战，不是难到无法完成的，也不是能轻易完成的。学生可在失败中积累经验，逐步提升解决问题的能力。

2.2. 理论优势

相对于直接呈现解决方案，让学生自己思考解决问题的方案对于学生的长远发展是有益的(Sinha & Kapur, 2021)。有效失败的体验可以调动学生先前的知识和经验。学生可以摸清自己的能力上、下限，确定自己的发展区(Metcalf, 2013)。之后就可以进行针对性的指导，以达到学生的最近发展区水平。让学生体验到失败，学习者可能会探索、挣扎，效率较低，但从长远来看，它也可能让学习更加灵活和适应性更强(Kapur & Manu, 2008)。

2.3. 契合性

有效失败理论与通用技术课程高度契合，与通用技术课内容适配、目标一致，可在通用课程中发挥价值。因此可利用该理论进行教学设计，让失败成为学习的契机，提升教学效果。

该理论与通用技术课内容适配。本来通用技术课的任务就复杂、开放、无唯一解，需要学生自主去探索、灵活处理问题。该理论提供了理想的应用环境，设置难度适宜的挑战来提升解决复杂问题的能力(Gomoll et al., 2018)。并且经历有效失败后，学生会在多次尝试中积累经验，学会多角度思考问题，因此需要灵活的运用不同策略来解决问题。

该理论与通用技术课目标一致。通用技术课希望培养学生的工程思维、团队合作和问题解决能力，强调在实践中生成和构建知识。该理论设置有价值困境，激发学生探究的欲望，促进深度学习(Bjork & Bjork, 2011)。此外，在解决问题时同伴的沟通与交流也能促进协作能力的提升。因此两者的目标是高度一致。

3. 基于有效失败理论的教学设计原则与方法

3.1. 教学设计方法

该理论分为两个阶段。有效失败使用“先试后学”的方式，让学生充分探索后，明确自己的薄弱点后再给予针对性的指导(Amp & Bielaczycsupa Sup, 2012)。

第一阶段：提供生成和探索多种求解方法的机会。这一阶段的关键是找到有效失败的最佳点，激发挑战欲，提高解决问题的参与度。同时，注重学生的小组合作，鼓励他们分享、批评、解释和评估彼此的工作。

第二阶段：提供参考方案，引导学生比较失败或次优方案与参考方案的优劣。重点是引发全班讨论，了解各种解决方案的可用性和限制，以及将学生生成的方案与参考方案进行比较和对比。

3.2. 教学设计原则

(1)难度适宜原则：难度处于最佳的点，可激发学生的挑战欲，但是又不至于难到让学生无从下手，失去信心。

(2)安全探索原则：设置宽松的环境，让充分探索与体验，不必害怕失败。失败是学习过程中的一部分，而不是终点。鼓励大胆尝试，在失败中吸取经验。

(3)不予置评原则：在学生探索解决方案时，教师不需要评价学生的方案是否正确。重点在于提出方案，以及理解方案的适用条件与范围。

4. 基于有效失败理论的教学设计实例

本节课在有效失败的教学理论下进行教学设计，围绕“了解流程——研发问候信息板”项目展开学习。核心任务是学生在点阵屏上绘制动画，表达向家人、朋友等表达自己心中的问候。例如在信息板上显示生日快乐、欢迎光临等文字或图像。其原理是绘制多幅不同的画面，再在两幅画面之间增加延时，形成连续变化的动画效果。本课旨在激发学生积极的创造意向、兴趣以及培养良好的创造性思维品质。

4.1. 学习者分析

高二学生具备基本的程序设计编写能力，但是学生不熟悉本课编程软件程序（米思齐）的程序编辑，所以这节课需要从教授学生如何上传程序开始，逐步讲解具体的编程方法。学生上传程序的任务可以让学生体验到有效失败，这个任务不是那么容易，但又不会难到让学生不知所措。

4.2. 学习目标

(1)理解流程的含义，了解流程的基本组成，理解流程的环节和时序的含义（**工程思维**）

(2)能够识读和绘制简单的流程图，通过观测分析、总结出流程。能深入理解点阵屏的使用方法，运用流程图指导软件编程（**工程思维**）

(3)能绘制流程图，了解流程设计的基本步骤并指导项目的执行（**图样表达**）

(4)能进行点阵屏的创新性方案构思，挖掘问候信息板的应用场景（**创新设计、物化能力**）

本课的学习重点与难点是理解流程的重要性，因此需要让学生亲身去体验梳理流程会对工程实践产生重要影响。因此设置了有效失败的最佳点，仅提供上传程序的微课视频让学生自己去摸索如何上传程序。学生在这个过程中将体验有效失败（无法成功上传程序），只有经过自己梳理清楚微课中上传程序的流程，一步一步排除错误才能成功解决问题。因而达到本课的目标让学生感悟到流程的重要性。

4.3. 学习资源

学习空间为计算机室，具备以下资源：硬件上有计算机、MixGo CE（图1）、USB线。资源上有Mixly米思齐编程软件、实验报告、检索图、程序教程视频。

本课的主要教学设备为MixGo CE。它是一块集成式主控板，可在国产的图形化编程软件Mixly上编程，主控芯片为ESP32-S2，基于MicroPython，支持WiFi。板载了多种传感器、执行器。本课主要使用16*8蓝色LED显示点阵。

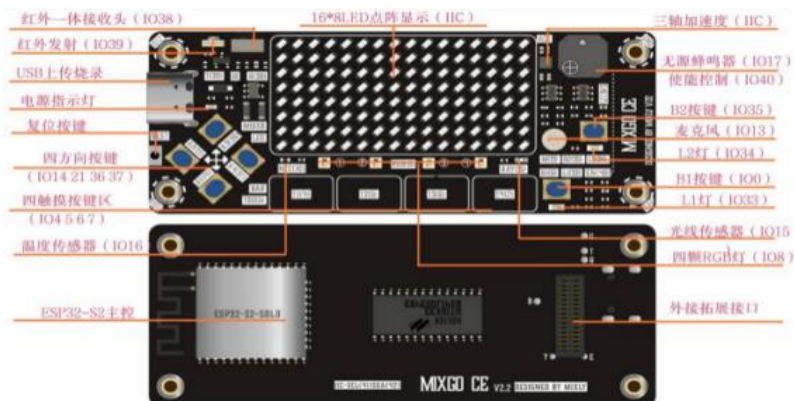


图 1. MixGo CE

4.4. 基于有效失败理论的教学过程

在第一阶段，让学生生成和探究。学生在上传程序到主控板时会经历有效失败，可能因为种种原因无法上传成功，此时学生会深入思考，积极想办法解决问题。

第二阶段的总体设计目标是提供参考方案，引导学生比较失败或次优方案与参考方案的优劣。学生通过梳理出上传程序的流程，一步一步排查问题，找到出错的环节并改正，最终上传成功。学生体验到有效失败（无法上传成功），经过自己梳理流程，成功解决问题，让学生感悟到流程的重要性。通过亲身的体验生成对流程重要性的理解。

5. 行动研究的实施与循环改进

5.1. 研究设计

研究目标：基于有效失败理论进行教学设计，通过在不同班级开展三轮教学实践，逐步优化教学设计。

教学安排：第一轮在高二 5 班，第二轮在高二 6 班，第三轮在高二 4 班。

研究方法：使用行动研究法，通过计划、实施、反思、改进的循环过程来解决问题，即优化教学设计。使用课堂观察、教师反思等方法，描述和分析教学设计的实施过程、学生的体验和教学调整策略。

5.2. 第一轮教学实施

计划：学生先观看微课教程，自主上传给程序，教师不提供认知支持。接着学生在流程图软件 Xmind 上画出上传程序的流程图。应用流程图，排查错误，完成程序的上传。并且学习更复杂的程序设计，进行创造性的设计。最后分享展示自己的问候信息板，学生的作品展示如图 2 所示。

实施：本轮按照教学计划开展在高二 5 班开启 1 课时的教学。



图 2. 学生作品展示

观察：由于四人小组只有一个设备，一些同学因为没有使用主控板的机会而走神。

反思：在教学实践中学生由于器材数量问题无法充分的参与，并且小组的合作与分工并不合理。

下一轮迭代依据：根据有效失败的理论，需要学生充分参与解决问题，并且注重学生的小组合作。因此，在下一轮的实践决定给学生的四人小组分工，给定职责，调动每个人的积极性。同时为了增加情境性，将研发任务以角色扮演的方式进行，让学生扮演产品经理和工程师合作完成研发。

5.3. 第二轮教学实施

计划：第一论与第二轮的教学实施内容的对比图如表 1 所示，情景引入方面，新增角色扮演的方式，进行小组合作。四人小组，安排工程师负责程序上传，产品经理负责绘制流程图，指导上传。并且在教学过程中贯彻情境设置，后面的提问都以产品经理和工程师的视角来提问。

表 1. 第一轮与第二轮教学内容对比

环节	第一轮（上课班级：高二 5 班）	第二轮（上课班级：高二 6 班）
情景引入	【角色扮演】今天我们将进行非常有挑战性的任务，研发问候信息板。	【角色扮演】今天我们将进行非常有挑战性的任务，化身为 项目经理 和 工程师 研发问候信息板，请宣读岗位职责。
研发阶段 1 （体验有效失败）	【发布任务】观看教程，请在 Xmind 软件上绘制上传程序的流程图。并进行程序的上传（ 体验有效失败 ）。	【发布任务】观看教程， 产品经理 在 Xmind 软件上绘制上传程序的流程图。 工程师 在 产品经理 指导下进行程序的上传（ 体验有效失败 ）。
研发阶段 2	【发布任务】画问候信息板的流程图	【发布任务】 产品经理 画问候信息板的流程图
研发阶段 3		【设备轮换】组内轮流使用主控板。
分享交流	【邀请】邀请同学展示创新性功能，请谈一谈信息板的应用场景与研发流程。	【邀请】邀请同学展示创新性功能，请 产品经理 介绍谈一谈信息板的应用场景与研发流程。

实施：第二轮教学实施吸取上一轮经验，在高二 6 班开启 1 课时的教学。

观察：

- (1)使用 Xmind 流程图软件时耗时过多。
- (2)实践中发现缺少了学生分享成功上传程序的环节。

反思：

- (1)使用 Xmind 流程图软件增加了学生的负荷，影响课程进度。
- (2)学生如果能成功上传程序，说明他已经梳理过流程，成功解决了问题，学生已感悟到流程的重要性，并且通过亲身的体验生成对流程重要性的理解。

下一轮迭代依据：

(1)根据有效失败的理论，需要为学生提供生成和探索多种表示和求解方法的机会。因此，决定在新一轮教学中采用纸质形式画流程图（图 2），提高绘制流程图的效率。增加探索多种解决方案的机会即设计问候信息板的时间。

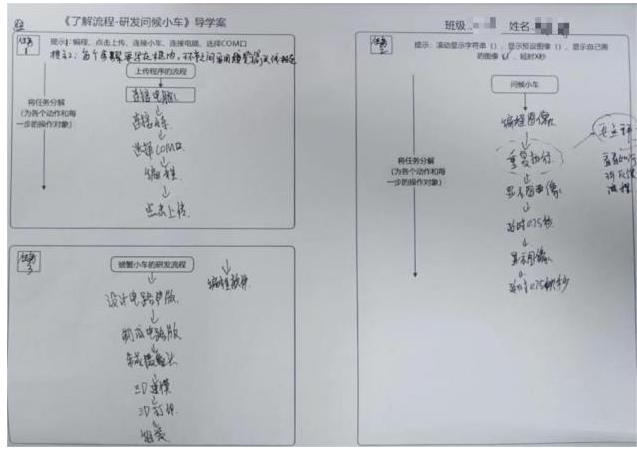


图 3. 导学案

(2)根据有效失败的理论，需要设计社交环境让学生充分分享。实践中发现缺少了学生分享成功上传程序的环。因此依据有效失败的理论，决定在新一轮教学中增加了一个环节，即谈谈了解流程对率先完成的帮助。让学生在安全的探索空间下，发表自己的理解与看法。

5.4. 第三轮教学实施

计划：教学实施过程如表 2 所示，情景引入方面，新增效果演示，屏幕演示问候信息板的实际效果。在研发阶段 1（体验失败）中将发布任务改为观看教程，产品经理在导学案上绘制上传程序绘制流程图，提高学生绘制流程图的效率，增加生成和探索多种解决方案的机会即设计问候信息板的时间。在提问中增加请学生谈一谈了解流程对你率先完成的帮助。

表 2. 第二轮与第三轮教学过程对比

环节	第二轮（上课班级：高二 6 班）	第三轮（上课班级：高二 4 班）
情景引入		【效果演示】屏幕演示问候信息板的实际效果。
研发阶段 1（体验有效失败）	【发布任务】观看教程，产品经理在 Xmind 软件上绘制上传程序的绘制流程图。	【发布任务】观看教程，产品经理在导学案上绘制上传程序绘制流程图。 【提问】谈一谈了解流程对你率先完成的帮助。
研发阶段 2		
研发阶段 3		
分享交流		

行动：第三教学实施吸取上一轮经验，在高二 4 班开启 1 课时的教学。

观察：设备轮换使得每个学生有使用主控板的机会，增强了学生的参与感。角色扮演使得学生积极投入任务，激发热烈的讨论，班级的氛围活跃。在纸质导学案上绘制流程图，效率显著提高。

反思：通过三轮行动研究，逐步优化了基于有效失败理论的教学设计，验证了其在通用技术课程中的适用性和有效性。在第三轮教学实施中，通过设备轮换、角色扮演、屏幕演示等策略，显著增强了学生的参与感和课堂互动性。

5.5. 三轮迭代后的教学过程

经过三轮迭代后，教学过程如表 3，分为四个环节

(1)情境引入，让学生角色扮演。学生化身为项目经理和工程师。接受发布的科研任务——研发问候信息板，接着分工完成本次的项目式学习任务。

(2)实验探究（有效失败），首先了解流程图的概念及绘制方法；其次让学生亲身体验上传程序的过程（体验有效失败的过程），接着给出标准解决方案（在流程图指导下可更顺利完成程序的上传）；最后学习点阵屏的使用方法，通过流程图指导程序的编写。

(3)创新设计，请学生进行创新方案的设计。

(4)分享总结，请学生分享演示研发问候信息板的效果，介绍研发思路与使用场景。

表 3. 最终教学过程

环节	教师活动	学生活动	设计意图
情景引入	【引出任务】把大象放进冰箱需要几步？ 【教师提问】表示流程的方法 【教师讲解】流程的定义、概念 【效果演示】屏幕演示问候信息板的实际效果。 【角色扮演】今天我们将为项目经理和工程师研发问候信息板，请宣读岗位职责。	【思考回答】思考老师的提问并回答。 【思考回答】思考老师的提问并回答。 【倾听、回答、思考】倾听，观察屏幕。 【思考并宣读】岗位职责，工程师负责程序编写和修改；项目经理负责导学案填写和审查程序。	设计情境，吸引学生的学习兴趣，提出设问，引起学生思考，引出新课内容。
研发阶段 1 体验有效失败	【编程示范】教师演示程序编写以及代码的上传、下载。 【发布任务】观看教程，产品经理绘制上传程序在导学案上绘制流程图。工程师在产品经理指导下进行程序的上传（体验有效失败）。 【提问】谈一谈了解流程对你率先完成的帮助	【编程】完成上传程序。 【思考、绘制、编程、展示】学生思考、绘制流程图、进行编程并展示作品。 【思考回答】思考老师的提问并回答。	学生理解流程图的绘制方法。通过探究了解流程图可指导程序的上传，更有效率的解决问题。经过自己梳理流程，成功解决问题，让学生感悟到流程的重要性。通过亲身的体验生成对流程重要性的理解。
研发阶段 2	【编程示范】演示主控板点阵屏的使用。 【流程图示范】给出流程图的绘制案例。 【发布任务】产品经理画问候信息板的流程图	【倾听、回答、思考】倾听，观察屏幕。 【思考、绘制】产品经理画问候信息板的流程图	学生通过绘制点阵屏的流程图，掌握流程图的绘制方法，加深对项目的理解。

研发阶段3创意设计	【发布任务】按流程图发问候信息板，用信息板表达问候。 【巡查】在课堂中巡查，进行个别指导，对出现较多问题的环节进行答疑和反馈。	【倾听、回答、思考】倾听，观察屏幕。 【编程】学生通过动手编程，完成了问候信息板的功能。 【设备 轮换】组内轮流使用主控板。	实现问候信息板任务，体验成果分享和创造过程的快乐，提高了工程思维和创新设计能力。设备互换可保每位同学都能体验到。
分享交流	【邀请】邀请同学展示创新性功能，请产品经理介绍谈一谈信息板的应用场景与研发流程。	【演示回答】学生演示问候信息板的效果，讲解功能、应用场景分析，进行利弊分析。也注意倾听，思考可以改进或者比他更优化的地方。	进行相应的创意设计和作品制作，体验创造实践的快乐，形成勇于创新的行为习惯。
总结	【提问】本节课学到了那些知识？思考了那些问题、对技术的不一样的看法。 【总结】总结本节课的学到的知识、技能。升华主题，强调学以致用，把技术应用于解决生活中的问题。	【回答】思考并回答本节课学习的知识，分享自己的看法和观点。	培养合作精神，增强使用技术的自信心和责任心，培养良好的批判性思维和创造性思维等思维品质。

6. 结论与展望

6.1. 研究结论

本研究通过行动研究方式，在通用技术课堂中应用有效失败理论进行教学设计，旨在总结经验，优化教学设计，以促进学生发展。围绕以下三个研究问题，得出以下结论。

(1)如何基于有效失败理论进行教学设计？

首先基于有效失败理论的教学设计应关注任务的挑战性。设计一两个“小陷阱”，部分学生无法一次性就成功解决问题，从而激发兴趣和探索欲。其次要重视反思，必须引导学生在失败后总结经验教训，调整学习策略。最后应该“先试后学”，让学生充分探究后，了解自身的知识漏洞后再给予针对性的指导。

当学生遇到困境时，会深入思考、反思问题，从而加深对相关概念的理解(Glogger-Frey et al., 2015)。例如，在本课中，部分学生在上传程序时失败了，教师并不马上给予指导，而是等学生探究完了再指导。这一有效失败的经历促使其主动梳理流程，仔细排查可能出现的错误。在这个过程中学生们不仅成功解决了问题，还自主生成了对流程重要性的理解，真切地感悟到遵循流程在解决问题中的关键作用。

(2)教师在实施过程中遇到哪些挑战？

在三轮的行动研究中发现了这些挑战。首先是时间安排问题，让学生充分探索意味着需要花费更多时间，应该如何安排时间是个挑战。其次是学生参与度问题，如果学生无法参与到活动中来，教学效果将大打折扣。最后如果学生对任务缺乏兴趣或动力，他们的投入度会很低，这将影响学习效果。

(3)遇到挑战的应对策略是什么？

对于时间问题的策略是优先保证探索时间，要给予充分的时间探索。可砍掉那些耗时长但对学习目标无益的环节。例如本课发现打字耗时长，就使用纸质表替换了电子表。对于投入度问题，可使用合理分工的方式来确保每个学生都有明确的责任，根据学生的兴趣和能力分配不同的任务，让每个学生都能在自己擅长的领域发挥作用。对于参与度问题，通过定期轮换角色，激发学生的积极性和参与感。例如本课就通过角色扮演的方式进行分工，并定期轮换角色，激发学生的积极性和参与感。

6.2. 未来展望

未来研究将基于有效失败理论，量化评估其对通用技术教学中学生学习效果的长期影响，通过长期跟踪分析学业成绩、问题解决能力和创新思维等指标。同时，关注教师在持续实践中的专业成长，为教学改革提供更全面的实证支持。

总之，期望更多的通用技术教师可以在自己的课堂上运用有效失败，让失败成为重要的学习机会。设一两个“小陷阱”，一些学生可能会无法一次性就成功解决问题，会“踩坑”，会“撞南墙”，会“碰壁”。这会促使学生深度思考，让学生自己生成对学习内容的理解，亲身去体验。这不是在浪费时间，学生只有亲自去尝试后才知道原来我这个地方不懂，需要重点学习，原来应该这样做，原来这样做更好。让学生体验到有效失败，学习者可能会学得更深入、透彻，解决相似的问题时的可迁移性和灵活性更高。

参考文献

- Amp, M. K. S. S., & Bielaczycsupa Sup, K. (2012). Designing for Productive Failure. *Journal of the Learning Sciences*, 21(1), 45-83.
- Bjork, E. L., & Bjork, R. A. (2011). Making things hard on yourself, but in a good way: Creating desirable difficulties to enhance learning.
- Glogger-Frey, I., Fleischer, C., Grüny, L., Kappich, J., & Renkl, A. (2015). Inventing a solution and studying a worked solution prepare differently for learning from direct instruction. *Learning & Instruction*, 39, 72-87.
- Gomoll, A., Tolar, E., Hmelo-Silver, C. E., & Šabanović, S. (2018). Designing Human-centered Robots: The Role of Constructive Failure. *Thinking Skills & Creativity*
- Hilpp, J., & Stevens, R. (2020). "Failure is just another try": Re-framing failure in school through the FUSE studio approach. *Elsevier BV*
- Kapur, & Manu. (2008). Productive Failure. *Cognition & Instruction*, 26(3), 379-424.
- Loibl, K., & Rummel, N. (2014). Knowing what you don't know makes failure productive. *Learning and Instruction*, 34, 74-85.
- Metcalf, J. (2013). Desirable Difficulties and Studying in the Region of Proximal Learning
- Yulis San Juan, A., & Murai, Y. (2022). Turning frustration into learning opportunities during maker activities: A review of literature: Frustration in Makerspaces. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 33, 100519.