

一个有趣的 STEM 活动实例：做弹球

文 / 袁 洋 / 江苏省南京市长江路小学

科学、技术、工程、数学之间存在着一种相互支撑、相互补充、共同发展的关系。如果了解它们，尤其是它们之间的关系，就不能独立其中任何一个部分，只有在交互中，在相互的碰撞中，才能实现深层次的学习、理解性的学习，也才能真正培养儿童各个方面的技能和认识^[1]。但在实践层面，中小学教师对于如何将数学、工程和技术融入科学课堂，还没有完整的思路和有效的教学手段。在第5期“做中学”高级研修活动期间，我在中国科协“做中学”科学教育改革实验项目教学中心（东南大学）和南京市玄武区科学教研组的指导下，开设了1节主题为“做弹球”的公开课，探索STEM教育理念在小学阶段的具体实践方法。

◎ 设计思路

➤ 为何“做弹球”

弹球自由落体后可以多次反弹并达到一定的高度，是学生常见和喜爱的玩具。皮亚杰说过：“所有智力方面的工作都要依赖于兴趣”^[2]。对学生而言，他们都渴望亲手做出喜欢的玩具。在课堂中，这样的渴望将极大地激发学生的学习兴趣并提高他们在课堂中的参与度，使他们进入“心求通而未得”的最佳状态。

本课程中制作弹球的方法是将硼砂溶液加入含聚乙烯醇的透明胶水中（注：聚乙烯醇（PVA）和硼砂可以安全触摸，但不可食用，使用时需注意），稍作搅拌，可以快速获得一种弹性物质，该弹性物质经过塑形，便可以得到弹球。从STEM教育的角度，弹球的制作过程不仅包含“物质的改变导致其特性也改变”的科学原理，高度测量和数据处理等数学方法，还包含了如何改善弹球性能、优化制作工艺等

工程技术问题。因此，这是1节整合了4大领域的典型的STEM课程。

此外，本课程符合STEM课程的特征——学习情境的生活性和真实性^[3]。学生从现实生活中寻找素材，用常见的胶水制作弹球玩具，通过动手做探究弹球配方的可行性，解决工业生产情境中如何改善产品的实际问题。这种方式使本课程具有很强的实践性，有利于学生对STEM学科的综合学习。

➤ 如何“做弹球”

确定做弹球的主题后，为了提供具有挑战性且与学习者相关的STEM学习内容，我设计了多元化的学习情境和交互式的活动流程。课堂中，我要求学生以小组为单位，各自扮演弹球工厂的角色，参与完整的做弹球过程。教学流程图见图1。

制订教学目标时，为了体现STEM课程涉及的4个维度，我并未使用小学科学课程标准中的三维目标：知识与技能、过程与方法、情感态度价值观，而是围绕本课题，站在学生的角度，分别制订了各个领域具体且有针对性的教学目标。

S（科学）：学生知道硼砂溶液和含聚乙烯醇的胶水混合可以得到一种具有黏性的弹性物质；知道原料配比不同，混合后所得产物的特性（黏性、可塑性、弹性等）不同。

T（技术）：学生知道制作弹球的工序和塑形工艺，能够制作弹球并测量其反弹高度。

E（工程）：学生能够设计方案——通过

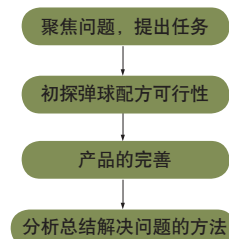


图1 做弹球的教学流程图

选择不同的原料配比等——解决如何使球弹得更高的问题。

M(数学): 学生能够确定和控制变量, 进行原料用量和比例的换算, 能够利用图表呈现数据, 并进行分析和解释。

◎ 实践情况

基于以上设计思路, 我挑选了 16 名 5 年级学生参加了本次公开课。

② 视频引入: 聚焦问题, 提出任务

本节课开始时, 我拿出 1 个弹球在手中把玩, 吸引了学生的兴趣。通过播放 1 段视频, 我将焦点转向了弹球制造工厂最近遇到的问题。该视频中, 工厂的工程师拿出了 1 封小朋友的来信, 信中提到了 1 个新的弹球配方, 他们希望得知其可行性(见图 2)。



图 2 做弹球的导入视频

“生产弹球的玩具工厂现在面临的是 1 个什么问题?” 我通过这样的提问来确认学生观看视频后是否已经了解了需要解决的问题。在引导学生对新配方的可行性进行预测之后, 我进而启发学生自己提出本节课的第 1 个任务——试做 1 个弹球来验证新配方的可行性。

笔者发现, 以弹球搭建生活与工业情境的桥梁, 以视频为呈现手段, 学生能自然地进入本课主题。

③ 试做: 初探弹球配方可行性

学生从视频中得知了制作弹球的 2 种原料, 但对如何操作是毫无头绪的。我通过询问“对于制作弹球, 你有没有什么问题?” 引导学生提出并探讨相关技术问题, 在互动讨论中明确弹球的制作流程。

课前, 我预计的理想情况是, 学生按顺序提出以下 3 个方面的问题: ①原料的用量; ②制作的步骤; ③塑形的办法。但在课堂中, 学生的

提问是无序的。一名学生首先提出了“如何做成球的样子?” 我随之引导该学生: “你提了一个很好的技术问题, 不过加工球的形状之前, 我们是不是还有其他的步骤? 还能给我们一些建议吗?” 通过这样的方式, 学生最后都能按照确定变量—原料用量—制球步骤—塑形方法的逻辑顺序进行思考, 并明确了弹球的制作流程: 量取(见图 3)—混合—搅拌(见图 4)—捞取—压实—揉搓(见图 5)—摇圆(工具如图 6 所示)。

在原料的用量方面, 对于 5 年级学生来说, 研究多重变量的问题是较为困难的。由于胶水的体积直接影响到弹球的大小, 为了便于探究和减少球的尺寸对结果的影响, 胶水的用量最好是固定的。因此, 我组织学生进行了讨论, 让他们确定了胶水的用量, 固定为 10 毫升。这样, 在每次实验中, 各个小组只需要商量决定硼砂溶液的加入量。

在巡视中, 我发现有些小组制作的弹球不够圆, 导致球的反弹方向不垂直于桌面。因此, 我挑选了制作效果较好的 1 组学生向全班分享他们的制作要领, 并在测试装置中演示如何测量弹球第 1 次反弹的高度(见图 7)。在演示中,



图 3 量取硼砂溶液



图 4 搅拌



图 5 揉搓塑形

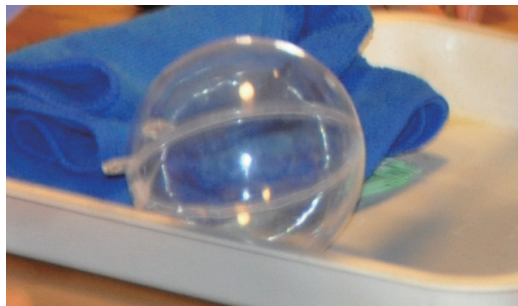


图6 摇圆工序中所使用的中空塑料球

该小组遇到了球反弹时撞到测试装置内壁和球开裂的情况，我借此引导学生探讨了提高测量结果科学性的方法。通过讨论，学生最终了解到，要获得准确、科学的弹球反弹高度数据，不仅要遵循测量过程的公平性原则，还需要小组成员相互配合，多次测量求平均值，并剔除某些无效数据。以上交流和互动保证了每个组最终所得数据的准确性。



图7 测量弹球的第1次反弹高度

➤ 改进：产品的完善

“如果你们去买弹球，想买什么样的？”多数学生回答想买能弹得更高的球。通过询问这样的问题，能够自然地将学生引入优化弹球配方、完善产品的环节。学生不再满足于做1个弹球，而对如何完善弹球的性能产生了极大的兴趣。本环节中，我与学生进行了如下约定：每个小组在记录上1组测试结果，并确定下1组硼砂溶液用量之后，才能领取1份10毫升的胶水进行后续实验。这种约定一方面能够确保学生每次制定的用量都基于对前几次数据的分析；另一方面，使学生能够及时归纳出数据的大致规律。我欣喜地发现，学生对此任务乐此不疲，看到自己不断调整的方案使弹球的性能逐渐发生改变，他们都获得了巨大的成就感。

➤ 深化和延续：分析总结解决问题的方法

给学生时间去交流他们的想法和观察，是本节课的基本元素。“观察一下各个组硼砂溶液的加入量，大家有什么发现？”制作过程结束后，我首先从全班的角度引导学生分析数据。学生通过讨论发现：①各个组硼砂溶液的加入量均不大，在40毫升以内；②原料用量相同的情况下，不同小组制作的弹球反弹高度存在差异。对于后者，学生非常感兴趣。“因为我们搅拌得不一样快！”“因为我们搓球搓得比他们久！”“我们的球更圆！”学生们纷纷发表他们的看法，仿佛在开展一场辩论。

接着，从每个组的角度，我继续引导学生根据他们的记录单回顾各自的思维过程。我注意到第3组前面2次的硼砂溶液用量差别很大，随之让他们分享了改进过程中的想法。该组的1名学生说道：“我们做完20毫升的实验后，发现弹跳高度不够高，觉得肯定是硼砂溶液加多了，想试试硼砂溶液减少之后会怎么样，结果还是弹得不高，只能又增加硼砂溶液，发现弹球高度提高了，所以又稍微增加了一点硼砂溶液的用量”。其他组（如第4组）有类似考虑的学生表示了赞同。

以上分析数据的过程一方面能够增强学生对数据的敏感度，另一方面能够培养学生的问题求解能力、决策力和批判性思维能力等高阶思维^[4]。此外，在学生分享的收获与思考中，我很欣喜地看到有一部分学生提到了弹球静置时间对反弹高度的影响。这意味着，学生对弹球性能的持久性和稳定性有了初步的关注。基于学生的以上反馈，我鼓励他们抓住这些线索，在课后进行进一步的研究，以获得对影响弹球性能因素的更完整的认识。

◎ 反思

本课中，我通过教学设计来实践STEM教育理念，但在实践过程中，还发现了许多不足之处。

➤ 受内容难度和课堂时间的限制，本活动的开放性不够。活动过程以教师引导为主，对学生自主探究能力的培养没有体现，如没有让学生自主探究做弹球的流程。今后可以给学生1周或更多的时间在家中完成类似的实验。

➤ 本活动的研究内容主要围绕弹球原料的配

比, 拓展性不够。实验过程中, 学生萌生的很多想法没有机会实践, 如没有让学生探究弹球性能与时间的关系, 添加色素制作各种颜色的弹球等。

☞ 小学科学课程对学生工程技术素养的关注不够。在实践中, 主要体现在我校学生在解决问题能力和动手能力方面的欠缺上, 如部分学生对制作弹球过程中使用的工具和仪器感到陌生, 甚至无从下手。今后要注重开发更丰富的 STEM 课程, 培养学生的综合素养。

◎ 总结

按照教学设计, 本课中我不仅完成了预设的教学目标, 还充分体现了 STEM 教育理念。

☞ S (科学)

做弹球活动中涉及的科学原理为: 硼砂与主体成分为聚乙烯醇 (PVA) 的透明胶水发生化学反应, 使聚乙烯醇分子发生交联 (反应式), 形成具有弹性的黏土状聚合物。硼砂和胶水的配比不同, 得到的交联聚合物的交联度 (紧密度) 也不同, 随之呈现不同的性状, 如不同的可塑性、弹性等。

从学生的角度, 要在小学阶段理解微观分子结构和化学反应较为困难, 但学生能够建立弹球性能与原料配比之间的关系。

从科学的角度, 科学的目标就是找到与一系列现象相关的单一、连贯并且综合的理论, 不管其是否可以直接应用于实践, 形成解释本身就是一种成功。学生按照教学设计中的 4 个环节, 最后对“相同原料配比的弹球反弹高度不同”这一现象形成了自己的解释。

☞ T (技术)

在活动中, 每个小组都扮演了独立的弹球制作工厂的角色。从工厂生产的角度, 每个步骤都是技术的体现。学生在制作弹球前面临这些问题: 已知的 2 种物料用量各为多少? 要用到哪些工具? 先做哪一步? 对以上问题的思考能够培养学生的技术素养。

☞ E (工程)

利用精心设计的工业情境——“来自玩具工厂 Dr. Lee 的 1 封任务信”, 联系生活, 以学生熟悉的弹球为纽带, 让他们解决的第 1 个问题是“玩具工厂收到的弹球新配方是否可行”的实际问题, 随后的第 2 个问题是“能不能做

出弹得更高的弹球产品”。这种进阶式的问题体现了工程学中从明确问题到制订方案, 最后测试和优化改进的系统性步骤。

☞ M (数学)

STEM 教育理念中, 数学素养指学生在发现、表达、解释和解决多种情境下的数学问题时进行分析、推断和有效交流思想的能力。做弹球活动中数学作为一种辅助工具, 体现在学生记录测试数据、求平均值, 以及分析数据、制订新配比等过程中。不仅培养了学生的数学素养, 还加深了学生对科学概念和科学探究的理解, 促进了工程问题的解决。

来自瑞典斯德哥尔摩大学的 Hans Persson 教授在观摩了本次公开课之后, 认为本节课遵循了小学 STEM 教学的基本原则——解决真实的、有意义的问题。因此, 动手做活动和情境只是 STEM 课堂的载体, 真实、有意义且贴近学生日常生活的问题才能真正帮助学生在 STEM 课堂中取得更多的收获。并且, STEM 不同领域间的融合绝不是知识点的堆叠, 而是要充分发挥交叉学科的优势, 取一方之长, 借他方之力, 使科学、技术、工程和数学互为补充和促进, STEM 课堂才能持续焕发生机。

◎ 致谢

在本案例的整个实践过程中, 我得到了很多教师的支持和帮助。东南大学自动化学院李俊杨老师专门拍摄了引入视频; 嘉兴市实验小学的吴建伟老师及我校的张健、张华老师帮我寻找合适的材料; 市教研员徐燕老师、区教研员冯凌老师、区少年宫徐燕老师、中央路小学单道华老师和东南大学叶兆宁老师多次听课、帮我磨课, 给了我非常多好的建议。在此, 谨向给予过我指导、帮助的教师们表达深深的谢意。

参考文献

- [1] 叶兆宁. 融合: 实现 STEM 教育的有效策略. 中国科技教育, 2013
- [2] 皮亚杰. 教育科学与儿童心理学. 文化教育出版社, 1981
- [3] 李谦, 赵中建. 美国中小学实施 STEM 教育个案研究. 外国中小学教育, 2014
- [4] 赵中建. 向国际寻求最优的创新素养培育方式. 上海教育, 2012