

基于 LEGO 的“MCIC”物理探究式教学模式的实施与评估

Evaluation and Implementation of “MCIC” Physics Inquiry Teaching Model Using LEGO

杨玲玉，经倩霞，蒋梦璐，淮瑞英，江丰光*

北京师范大学教育学部教育技术学院

*fkchiang@bnu.edu.cn

【摘要】 乐高作为 STEM 教育中的有效支撑工具，在提升物理课堂效果方面具有巨大的潜力，在 K12 教学领域有一定的应用和研究。但真正走进物理课堂的研究少，且对于教学模式的研究较为缺乏，缺乏量化的数据来证明教学的有效性。本研究在乐高 4C 教育理念的指导下，结合科学探究的步骤，提出了基于乐高的“MCIC”探究式教学模式，即激发（motivate）、构造（construct）、探究（inquire）和延续（continue）。通过量化和质性的数据分析证明，应用该模式的教学能够：（1）有效提升学生的学业成绩，促进对物理知识和概念的深层理解；（2）激发学生对知识探究的欲望；（3）激发学生的物理学习兴趣。

【关键字】 乐高；教学模式；物理；科学探究

Abstract: As the effective support tool of STEM education, LEGO has a great potential to enhance the learning effect in physical classroom, and there are some applications and researches in K12 education fields. But current studies lack relevant research on teaching mode and few studies have proved the effectiveness of LEGO applied teaching using quantitative data. In this study, we proposed a "MCIC" inquiry teaching model using LEGO on the theoretical foundation of LEGO 4C framework and scientific inquiry, the "MCIC" model including four factors, Motivate, Construct, Inquire and Continue. We applied the model and conducted an experiment in a high school in Beijing. Through qualitative and quantitative analysis of the data, we concluded that the model can: (1) effectively enhance the academic performance of students, promote the deep understanding of physical knowledge; (2) stimulate students' desire for knowledge inquiry; (3) stimulate students' interest in learning physics.

Keywords: LEGO education, teaching model, physics learning, scientific inquiry

1. 引言

2011 年，教育部颁发了《全日制义务教育物理课程标准》，总目标中明确提出了物理课程的三维目标：从知识与技能上，掌握物理基础知识和思维方法，学会分析问题和解决问题；从过程与方法上，具备初步的科学探究能力；从态度与价值观上，保持科学探究的兴趣与热情。在科学探究活动中，学生通过体验与科学工作者进行科学探究的相似过程，积极主动地获取物理知识，是掌握和理解物理概念、认识 and 解决物理问题的重要实践活动（杨祖念，2010）。物理教学需要加大对科学本质的关注，发挥学生的主观能动性（杨凤娟，2013）。在传统的物理探究教学模式下，学生对物理知识的理解和思考不够深入，科学探究技能较为缺乏，学生也感觉不到物理学习的乐趣（汪延茂，2009），上述问题普遍存在中小學科學課堂中。

STEM 教育强调跨學科之間的融合将物理知识与科学技术相结合，并运用物理知识于生活中，实践证明它能增强学生对知识的理解，提升学生的创造力，激发学生的学习动机和对问题探究欲望（范燕瑞，2012）。风靡全球的乐高也在 STEM 教育中发挥着非常重要的作用。過去已有相關研究指出乐高对于物理等学科教学是非常有帮助的，激发年轻学生们通过“做中学”的教学方式加深对抽象概念的认知。此外乐高通过将教育与生活相结合，通过与真实的三

Wu, Y.-T., Chang, M., Li, B., Chan, T.-W., Kong, S. C., Lin, H.-C.-K., Chu, H.-C., Jan, M., Lee, M.-H., Dong, Y., Tse, K. H., Wong, T. L., & Li, P. (Eds.). (2016). *Conference Proceedings of the 20th Global Chinese Conference on Computers in Education 2016*. Hong Kong: The Hong Kong Institute of Education.

维立体世界交互所获得的认知，比通过纸本书记获得的认知更容易和深刻(Cooper et al., 1999)。乐高与学科知识整合不仅能提升学习兴趣和课堂参与度，还能加深对知识的理解和记忆，在探究、验证假设的过程中，培养科学探究能力，理解物理学习的精髓，不再是对物理公式的死记硬背和生搬硬套，而是对现象的分析、探究、论证，这个过程是充满乐趣和挑战的(Jing, Yang, Jiang, Huai, & Chiang, 2015)。

Papert (1993) 很早就提出机器人教育在提升课堂教学效果方面有着巨大的潜力。许多教师也开始尝试探讨将乐高运用到多种学科的教学，包括数学和科学等(Wang & Rogers, 2004)。然而真正在高中物理课堂上开展的实证研究还比较少(Ford et al., 2006)，需要更多研究来证明，乐高与物理学科整合的教学模式是有效的，且能够提升学生的学习成绩等(Williams, Ma, Prejean, Ford, & Lai, 2007)。因此，本研究在4C教育理念—联系(connect)、建构(construct)、反思(contemplate)和延续(continue)—的基础上，结合物理学科的特色和科学探究的本质，提出了将乐高与物理学科进行整合的“MCIC”物理探究式教学模式，并且从量化和质性分析的角度在实践中验证了它的有效性，探讨乐高在物理学科教学中是否能够激发学生的学习动机，强化学科态度，促进学生对知识深层次认知，实现学生对自身知识、技能、情感等多方面内在意义的自主建构。

2. “MCIC”教学模式设计的理论基础

2.1. 探究式教学

1996年出版的美国《国家科学教育标准》指出，科学探究是学生们通过体验与科学家进行科学探究活动的相似过程，用以获取知识、领悟科学探究的思想和方法而进行的活动(徐学福, 2003)。我国教育部颁发了《全日制义务教育科学(7—9年级)课程标准》对科学探究下了具体的操作性定义，科学探究过程包括：提出问题、做出猜想和假设、制定计划，设计实验、获取事实与数据、检验与评估、交流与分享。

最早系统阐述探究教学思想的是美国教育家杜威，他曾经提出探究五步法(思维五步法)：联想、问题、假设、推理、验证假设。萨奇曼将科学探究过程分为四个阶段：提供问题情境、提出猜想、搜集数据、用数据验证猜想、反思探究过程(Suchman, 1962)。加涅提出了解决问题的四阶段模型：提出问题、分析问题、提出猜想、验证猜想(Gagne, 1970)。美国国家调查委员会(National Research Council, 1996)定义了科学探究技能包括以下几个方面：提出问题、计划和实施调查、用合适的工具和技术搜集数据、有逻辑地和批判性地思考证据和解释之间的关系、构建和分析可选的解释方案、讨论和论证。由此可见科学探究的一般要素包括：提出问题、做出假设、设计方案、分析、反思、交流。

2.2. 乐高4c教学理念

在皮亚杰的建构论的理论基础上，乐高教育提出了4C教学理念，即将乐高教学分为4个阶段：联系(connect)、建构(construct)、反思(contemplate)和延续(continue)。在联系阶段，呈现给学生一个真实情境下的任务或者问题，将任务或问题与学生的生活实际相结合。在构造阶段，学生根据搭建手册的要求和步骤完成初步搭建，并且根据任务需求完善搭建的作品。此过程中当个体在搭建乐高的同时，建构知识，新建构的知识能够帮助他们搭建出更复杂的乐高作品，形成良性循环；组内合作，促进协同知识建构。在反思阶段，学生被鼓励积极思考，他们所观察到的现象，他们测试的数据，他们学习到的知识和方法。在延续阶段，学生应用所学知道到一个新的情境中，或者用其他方式加深过程中对知识和方法的理解。

2.3. 构造论

构造论是Papert基于建构主义提出的。建构主义认为知识不是简单的由教师传递给学生，而是学生主动的意义建构，学生才是学习的中心，老师应该起指导和帮助的作用。构造论继

承了建构主义的观点，同样强调认知灵活性、情境认知等要素在教学中的重要性。构造论进一步提出，当学生通过亲手构建可以用于分享的成品时，有意义的学习就发生了（Papert & Harel, 1991），“做中学”是积极学习中的关键因素（Williams et al., 2007），鼓励学生亲自动手用工具创造出产品，尤其是学生在构造一些能够用于与他人分享的成品时，他们更有可能产生更多的创造性的想法（Lindh & Holgersson, 2007），学生在设计、构造、评估和修改成品的过程中，能够加深对概念和规律的深层认知（Puntambekar & Kolodner, 2005）。

3. “MCIC”教学模式的提出

在乐高4C教育理念的指导下，结合科学探究的步骤，本研究团队重点对于4C中的connect建构、contemplate反思两个阶段进行了重新设计，提出了“MCIC”教学模式——激发（motivate）、构造（construct）、探究（inquire）、延续（continue）。在motivate阶段除了联系生活实际之外，还进一步注重通过创设情境激发学生兴趣与动机，在inquire阶段提供一定的脚手架让学生能够科学地进行探究学习。经过与三位高中物理老师、一位学习科学的专家进行研讨，多次迭代修改，形成了最终的教学模式，如图1所示。

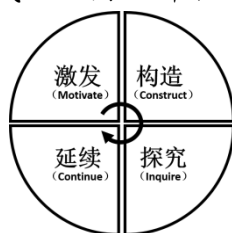


图3 “MCIC”探究式教学模式

在激发（motivate）阶段，通过激活学生已有的认知与新的认知建立联系，激发学生的学习动机和探索新知的兴趣。首先教师需要为学生提供一个探究情境，该情境具有以下特点：（1）能够激发学生对新知的探索欲望；（2）基于已有的知识基础而设计的探究任务；（3）具有一定的挑战性，但要在最近发展区的范围内。（3）学生扮演真实的探究者的角色。其次，教师要积极鼓励各个组内进行头脑风暴，围绕该问题情境展开讨论，尝试提出探究问题。

在构建（construct）阶段，教师为每个小组提供搭建手册作为脚手架，强调每个组员要在搭建过程中承担平等的角色，相互配合与支持，完成初步的搭建过程。

在探究（inquire）阶段，教师为每个小组提供学习单，作为学生探究过程的脚手架，在整个探究过程中，学生需要在老师的引导下，在发挥主观能动性的前提下，完成个体知识建构和协同知识建构两方面的内容。具体探究过程如下：（1）明确探究问题。问题需由小组同学自行提出，并且与激发阶段提供的探究任务紧密联系。（2）提出假设。学生根据自己的生活经验和已有的知识提出猜想。（3）制定研究计划。组内讨论制定一个可行的实施方案来验证假设，方案的内容包括如何调整或更改乐高装置来完成探究过程，例如探究轮子的质量和直径对汽车跑的快慢的影响，则需要通过探究不同的质量和直径的轮子组合，来进行数据的采集和记录。（4）实施研究计划。小组协同实施乐高装置的改装，观察物理现象搜集数据。（5）分析得出结论。整理搜集到的数据，归纳总结物理规律，或者尝试用物理规律解释观察到的现象，并且对过程中涉及到的物理概念和知识进行归纳总结，通过比较、分析、归纳等方法得出结论。（6）反思。各小组回顾性地思考整个研究过程，分析结论的可靠性，总结在探究过程中遇到的问题，反思在合作过程中的表现，是否感受到探究过程的严谨和乐趣等。

（7）分享。各小组将探究问题、探究过程和探究结果和小组反思在全班范围内汇报，各小组探究的问题极有可能大不相同，教师在此时应当推动各小组之间进行讨论甚至辩论，在交流共享的氛围中达成知识的协同建构。最后教师进行总结，为同学们梳理过程中涉及到的物理知识和规律，启发同学们建立物理现象和物理知识之间的联系，构建起完整的物理知识体系。

在延续 (continue) 阶段, 各小组结合自身的探究和其它小组的探究过程和结论, 可进一步增加或者调整自己的探究方案, 对探究任务进行更深入的思考和分析。此外, 教师在此阶段还应当鼓励学生迁移应用所学知识。

4. “MCIC”探究式教学模式的实施流程

4.1. 研究对象

研究对象为北京某所高中一年级 20 名学生, 其中 8 名女生, 12 名男生。约 80% 学生有乐高基础 (之前玩过乐高), 具备较强的动手能力。

4.2. 研究准备

在研究开展之前, 通过访谈该班的物理老师了解到, 在传统教学模式下, 学生学习兴趣不够, 普遍对于物理中转动动能、角/线速度等知识点, 缺乏真实的学习体验, 大部分学生只是知道公式, 而对其中的关系缺乏深刻的认识。因此, 老师希望能够探究式教学方法, 帮助学生加深对物理知识的理解。因此, 本研究将“MCIC”教学模式在实践中进行应用, 选取“转动动能”知识点进行教学设计, 探究该教学模式的实施效果, 是否能够提高学生的物理学习兴趣, 培养他们的探究能力, 加深对物理知识的掌握与迁移。

4.3. 研究工具

4.3.1. 前后测试卷

试卷是由一位高一物理老师出题, 由专家组进行修订, 专家组包括两名物理老师与一位学习科学领域的教授。测试包括三道题目, 包括一道常规物理解答题与两道开放型问答题, 主要针对本次教学活动设计中重点关注, 希望同学们在此次活动中进一步掌握的“角/线速度”、“转动动能”及“能量转换”知识点。学生进行前后测, 由两位物理老师按照同样的评分规则进行打分, 取平均分作为学生的最终成绩。

4.3.2. 访谈提纲

为了更加深入了解学生在探究式乐高活动中的学习过程及乐高使用态度等, 活动之后我们随机抽取了四位同学进行访谈, 访谈提纲摘要如下: (1) 在乐高活动中学到了什么物理知识? (2) 此次探究活动与以往的物理课堂有什么区别? (3) 未来是否希望老师开展乐高教学探究活动? 此外, 分析乐高教学设计的有效性, 我们对教师进行了深入的访谈, 教师访谈提纲摘要如下: (1) 对本堂课的教学设计和教学效果有什么见解? (2) 活动是否促进了学生对物理知识的深层认知? (3) 此种教学模式有什么优势和不足?

4.4. 教学设计与实施

结合“MCIC”教学模式, 本研究团队多次与 2 位学科物理教师进行探讨, 对教学设计进行了修正, 最终形成了乐高与物理学科整合的教学活动。教学目标如下: (1) 在知识与技能方面, 加深学生对转动动能及其影响因素、能量守恒、角速度和线速度的认知。(2) 在过程与方法方面, 初步感知科学探究技能的思想与方法。(3) 在情感、态度和价值观方面, 通过“做中学”的方式, 提升学生对物理学习的兴趣和动机。此次教学活动持续时间为 120 分钟, 将全班分为 5 个小组开展探究活动, 由该班物理老师进行教学, 3 名助教进行观察和指导。

教学过程的四个阶段如下: (1) 激发阶段, 教师提供问题情境: “你和小黑各有一辆短程加速赛车, 现在你们决定来一场比赛, 你决定改装自己的小车, 让它能够跑得最远”, 请同学们根据此情境自行提出需要研究的关键问题。(2) 构造阶段, 学生首先按照搭建手册搭建好基本的短程加速赛车模型, 但同学们发现这样的赛车并不能跑很远。(3) 探究阶段, 学生需要根据学习单完成探究过程, 包括明确探究问题、提出猜想、制定计划、实施计划、分析、反思、分享。不同的小组可能因为兴趣点不同, 探究不同的问题, 例如, 探究轮子的质量和大小与转动动能的关系, 齿轮加速系统 (角/线速度) 与转动动能的关系, 汽车在静止加速和

远程赛跑过程中的能量损耗的影响因素等，各组根据自己的研究问题提出假设，改装小车并操作获取数据，分析实验数据得出结论，将物理知识与实验现象结合起来，反思实验现象背后的物理原理，最终在全班范围内分享，达到知识的协同建构和深层理解，最后教师对活动过程中涉及到的物理知识进行总结、提炼和升华。(4) 延续阶段。教师对各组的探究过程进行评价和总结，重点在于引导全班同学对过程中建构的物理知识进行反思、迁移应用。最终，各小组综合全班同学的探究结论，再对小车进行改装，并进行比赛。

在整个探究活动中，3 名助教和 1 名物理教师承担着非常重要的角色，3 名助教各负责 1-2 个组，并时刻将学生的探究进度向物理教师反馈，物理教师把控整体进度。助教们重点关注学生们的探究进程并给与指导，并且启发同学们在探究过程中对物理原理进行深入的思考和分析。我们对每个小组持续 120 分钟的课堂活动进行全程录像，此外，研究者对同学们在课堂中的表现也进行了观察和记录。

5. “MCIC”教学模式效果

5.1. 学习成绩分析

这次实验总共发放了 20*2 份试卷（包括 20 份前测试卷和 20 份后测试卷），回收了 20 份试卷，其中 18 份为有效试卷，试卷的总分为 100 分。t 检验发现，同学们的学习成绩得到了显著提升 ($p < 0.001$)，表明了乐高对于促进学生的知识建构有着显著的作用。为了解同学们对物理知识（“角/线速度”、“转动动能”及“能量守恒”）的掌握情况，我们对试卷进行了进一步的分析，结果如表 1 所示。由此可见，同学们对“角/线速度” ($p < 0.05$) 和“转动动能” ($p < 0.01$) 知识点的掌握有了显著提升，对“能量守恒”知识点的掌握并没有显著提升。

表 7 前后测成绩的配对样本 t 检验

知识点	配对差分						t	df	Sig. (双侧)
	均值	标准差	均值的标准 误	差分95%的置信区间					
				下限	上限				
1 角/线速度	2.33	4.24	1.00	0.22	4.44	2.3	17	.032*	
2 转动动能	4.28	4.47	1.05	2.06	6.50	4.06	17	.001*	
3 能量守恒	0.83	1.76	0.41	-0.04	1.71	2.01	17	.060	

5.1.1. 男女生前后测对比分析

通过活动过程中对男女生的观察，我们认为，乐高活动中男女生的差异表现最终将体现在成绩差异上，分别对男女生的前后测成绩进行描述性统计和 Sign 检验，结果如表 2 所示。

表 2 男女生成绩差异比较分析

	女生均值	男生均值	均值差 (男生-女生)
后总分	78.00	82.60	4.6
前总分	66.63	78.30	11.68
Exact Sig. (2-tailed)	.008	.039	

从表 2 中可以看出，男女生前后测总分均有显著提升，且女生明显比男生提升的更为显著，女生平均提升了 11.37 分，男生平均提升了 4.3 分。总体来说，尽管女生的成绩提升更为显著，男生的平均分数始终高于女生的平均分数，前测中男生比女生的平均分高 11.68 分，后测中男生比女生的高 4.6 分。

5.1.2. 高分段和低分段前后测对比分析

将学生前测的成绩进行由低到高的顺序排序，我们选择了前 33% 的学生（6 名学生）作为低成就学生，后 33% 的学生（6 名学生）作为高成就学生，计算出这两个组学生的平均分，以及前后测的成绩提高值，如表 3 所示。将这两个组学生的前后测成绩相减，做了无母数 U

检验，以检验两个组的学生在成绩提高上是否有显著差别，结果如表 4 所示。

表 3 高成就和低成就学生成绩分析

组别	前测均值	后测均值	均分提高值
高成就 (前33%)	84.16	87.67	3.5
低成就 (后33%)	63.67	75.50	11.83

从表 4 可以看出，U，Z 统计量分别为 1.5，-2.66。由于是小样本，因此采用 U 统计量的精确概率，由此得知，在 0.05 的显著性水平上，高成就和低成就学生的成绩提升差异显著 ($p < 0.01$)。

表 4 高成就学生和低成就学生成绩提升差异的 Mann-Whitney U 检验

因素	Mann-Whitney U	Wilcoxon W	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)	Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]
成绩提升	1.50	22.50	-2.66	.008	.004*

5.2. 观察和访谈数据分析

在整个活动过程中，我们对 5 个小组 (G1~G5) 的课堂表现进行观察记录，并完成全程进行视频录制录像，来深入研究学生在探究活动中的表现。

本活动的主题是“转动动能”，各组学生探究影响赛车转动动能的影响因素，并以此来改进各组的赛车使其跑得更远。在定量分析中发现学生在前后测中，“角/线速度”、“转动动能”的题上存在显著提升，而“能量守恒”的题上并没有得到显著的提升。通过对视频的观察分析，我们发现几乎所有小组都实际探究或理论上去分析了赛车车轮的“转速”、“半径”、“质量”对赛车“转动动能”的影响，并且能根据探究到的结果对赛车进行改装。例如小组大多通过扩大改变发射器上的齿轮与赛车上的齿轮比例、在赛车两边增加车轮从而增大质量等方式来增大赛车的“转动动能”，从而使赛车能够跑得更远。而对于如何减少赛车“转动动能”在过程中的能量损失方面的探究较少。只有一个小组在分享探究结果时提到：

..... 我们改造了之后还发现赛车跑得特别近，后来仔细琢磨了一下，才发现赛车的轮子与车身挨得太近了，有时候跑起来就会相互摩擦，损耗动能。并且我们分离发射器与赛车的时候，车子是一下子掉到了地上，这一下是非常损耗能量的。(G2)

各组学生除了通过探究知道了影响转动动能的因素，还能够结合已有的物理知识与生活实际进行理解与解释，促进知识的迁移与应用，并能辨别区分同一现象背后的不同原理。在分享探究结果的环节中，学生会积极地发表自己的观点，对于车车轮半径这一影响因素就有学生结合生活经验进行补充：“对的对的，所以骑轮子小的自行车就比大轮的自行车累嘛”(S1)。也有学生提出疑问：“既然通过加轮子增大轮子质量的方式来提升转动动能，那为什么平时开的小车都是前后左右各一个轮子，不加多一点轮子呢”(S2)，对于这一问题，有其他小组的同学帮忙进行了解答：

那跟我们这个是有本质区别的。我们这个赛车是通过发射器给这个赛车增加它的转动动能，而平时的小车因为马达就在车子上的，赛车的能量是发射器提供的是外来的，小车的能量是本身马达的，所以我们要尽可能增加赛车可以储存的转动动能，而小车就不用了。而且也有车是类似我们做的这个小车的 2 个轮子并在一起的，你们应该也见过，就是运货的大卡车，但是那种我估计是因为承重的缘故，来分散压力，减小压强的。(S3)

通过前后测成绩的差异分析，高低成就组都得到了提升，但低成就组的提升显著高于高成就组的提升。对于高分段与低分段学生成绩的差异我们认为：(1) 高分段前测成绩本身就比较高，所以他们的成绩能够提高的空间就比低分段的学生低；(2) 对每位学生的前后测试卷进行查看，发现高分段学生对于已经会做的题，尤其是在做第二遍时，可能不会认真填写。在性别差异上由于女生前测大都属于低成就组，因此男女成绩的提升也存在类似的结果，在

完成后测时，男生更明显地带有抵触情绪。但是男生在活动中表现出了更多的积极性和思维灵活性，最先完成搭建及改造工作的两个组都是男生，他们不局限于学习单上问题的探讨，更应用到了物理领域内的相关知识进行应用和实践，针对赛车跑的远近的因素在组内进行了激烈的讨论。相对来说，女生组搭建的速度慢些，她们十分仔细地按照手册进行搭建和问题探究，以完成任务和学习知识点为目的，因此在中规中矩的纸笔考试中，女生更占优势，发挥的更好。

在此次课程中，学生的学习兴趣与课堂参与度都非常高，有些学生在放学了之后还不愿离开。在课堂结束之后，我们随机找了四位学生（S4-S7）进行访谈，四位学生一致认为这节课有激情，很好玩，而且通过与同伴之间的讨论与探讨，对其中涉及到物理知识有了更加深刻的理解。在整个活动过程中，学生表示他们能够很容易地拆卸零件来动手搭建与改造加速装置发射器与赛车，利用理论来帮助自己解决问题，提高了学生的学习物理兴趣。

此外，我们对物理教师进行了访谈，教师认为这节课学生通过动手搭建与改造，增加了小组合作与动手的机会，很大程度上激发了学生的物理兴趣，学生的参与度与热情都很高。然而乐高在课堂实施中也是存在一些缺点，乐高在课堂上使用的最大的局限性就是时间的限制，在物理学科上常规化使用存在很大困难。此外，老师也提到这种形式的教学对教师的课堂组织与把控能力提出较高要求，而从学校角度来看，资金与设备问题也是需要考虑的因素。

6. 讨论与结论

根据上文对于学生的测试成绩、观察与访谈的分析说明，我们得出了一些初步的结论。

第一，基于乐高的“MCIC”探究式教学模式，学生在“角/线速度”、“转动动能”上的学习成绩得到了显著提升。通过对于学生知识点前后测的成绩进行 t 检验，其结果表明基于乐高的“MCIC”模式对学生成绩是有显著提升作用的。并且进一步发现：女生成绩提高比男生显著；低分段学生成绩提高比高分段学生显著。

第二，在整个乐高活动中，学生会积极思考物理现象与物理知识的联系，迁移应用物理知识。根据上文对于学生课堂活动的观察可知，学生分析物理现象产生的原因时会结合已学和课外的知识点从不同角度进行分析，还会结合生活经验来思考和解释物理原理，充分体现了发散性思维与逻辑推理能力。

第三，学生在活动中表现积极，兴趣和学科态度都得到了极大的提升。通过课堂观察及对学生、教师的访谈可知，学生的学习兴趣与课堂参与度都很高，学生表示很喜欢这种通过乐高活动“做中学”的方式来学习的，任课教师也表示他们在此次课堂活动上表现得比以往的物理课堂更加积极主动。

第四，乐高进入常规物理课堂存在些限制。对于运用乐高教具于物理课堂的态度，老师和学生们大都持保留态度。教师表示乐高在课堂上使用的最大的局限性就是时间的限制，而从学校角度来看，资金与设备问题也是需要考虑的因素。

致谢

非常感谢这实验开展过程中 2 位物理老师陈赞和张美英在知识点选取、活动设计、测试题的编写、课堂组织方面给予的支持。北京师范大学教育学部 2014 年度科研业务费专项资金、教育学部创新团队培育项目:STEM 创新教学研究中心 (CXTD201401)。

参考文献

约翰·杜威 (2005)。《我们怎样思维·经验与教育》。人民教育出版社。

- Wu, Y.-T., Chang, M., Li, B., Chan, T.-W., Kong, S. C., Lin, H.-C.-K., Chu, H.-C., Jan, M., Lee, M.-H., Dong, Y., Tse, K. H., Wong, T. L., & Li, P. (Eds.). (2016). *Conference Proceedings of the 20th Global Chinese Conference on Computers in Education 2016*. Hong Kong: The Hong Kong Institute of Education.
- 范燕瑞 (2012)。美国 K-12 阶段的 STEM 课程。《上海教育》，11，20-21。
- 徐学福 (2003)。美国《国家科学教育标准》中的探究。《外国教育研究》，3，50-55。
- 杨凤娟 (2013)。对美国 K-12 学段“STEM”教育的观察与思考—从物理教学的视角阐释。《北京教育 (普教)》，7，022。
- 杨祖念 (2010)。《物理探究课教学设计与实践》。北京：高等教育出版社，1-3。
- Ford, M. J., Dack, G. H., & Prejean, L. (2006, March). Robotics: Implementing problem based learning in teacher education and field experience. In *Society for Information Technology & Teacher Education International Conference, 2006(1)*, 3410-3416.
- Gagné, R. M. (1965). *The conditions of learning*. New York: Holt, Rinehart & Winston, 1970.
- Jing, Q., Yang, L., Jiang, M., Huai, R., & Chiang, F. K. (2015, July). A Case Study on LEGO Activity in Physics Class: Taking the "Rotational Kinetic Energy" for Example. In *Advanced Learning Technologies (ICALT), 2015 IEEE 15th International Conference*, 293-295.
- Lindh, J., & Holgersson, T. (2007). Does LEGO training stimulate pupils' ability to solve logical problems?. *Computers & education*, 49(4), 1097-1111.
- Cooper, M., Keating, D., Harwin, W., & Dautenhahn, K. (1999). Robots in the classroom-tools for accessible education. *Assistive technology on the threshold of the new millennium*, 6, 448.
- National Research Council (Ed.). (1996). *National science education standards*. National Academy Press, 105.
- Papert, S., & Harel, I. (1991). Situating constructionism. *Constructionism*, 36, 1-11.
- Puntambekar, S., & Kolodner, J. L. (2005). Toward implementing distributed scaffolding: Helping students learn science from design. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(2), 185-217.
- Suchman, J. R. (1962). *The elementary school training program in scientific inquiry*. Urbana: Univer. of Ill.
- Wang, E., & Rogers, C. (2004). *Engineering with LEGO bricks and ROBOLAB*. Knoxville: College House Enterprises.
- Williams, D. C., Ma, Y., Prejean, L., Ford, M. J., & Lai, G. (2007). Acquisition of physics content knowledge and scientific inquiry skills in a robotics summer camp. *Journal of Research on Technology in Education*, 40(2), 201-216.