**智能手机支持的基于建模的探究性学习促进科学建模能力培养**

**——基于三校高中物理课堂探究式教学的实证研究**

|  |
| --- |
| **李星达1** |
| (1.北京师范大学 科学教育研究院，北京 310012)    [摘 要]科学建模能力的培养以成为科学教育的核心内容之一，智能手机的出现为科学建模能力培养提供了更多的可能性，本文通过在三校分别进行三轮智能手机支持的物理课堂项目，以期了解智能手机支持的基于建模的探究性学习能否有效的促进学生科学建模能力的培养，并挖掘学生特质与学习效果之间的关系，并通过合理提供脚手架帮助更好促进学生科学建模能力的培养。  [关键词]智能手机；科学建模；探究式学习；  [中图分类号]G420 [文献标识码]A [文章编号] |

**一、引言**

在便携技术高度发展的时代，各种移动设备已被广泛引入K-12科学学习(Chang, Liang， & Tsai, 2020;Hochberg, Becker, Louis, Klein， & Kuhn, 2020)。各种先进的数字设备，如智能手机在科学教学和学习中拥有这巨大的潜力(Ainsa,2013;Banister,2010;Chen, Chang， & Wang, 2008;Chou, Block， & Jesness, 2012;Faloon,2017;Looi et al.， 2011)。例如，Liu等人发现，移动设备为高中生参与物理实验室提供了一个有意义的途径。

科学建模是科学教育中的重要环节，但却很少在高中教育中被提及。尤其是当前的科学教育实验按照“菜谱式”的教学方法，学生几乎完全集中在拟合实验数据到已知的理论，很少有教师会要求学生制作出符合数据的科学模型。其次实验过程耗费了大量时间在数据收集上，并且原始的数据收集方式不仅精度低且不能与现代的科学发展相一致。

因此，学生在探究、解释、阐述科学问题和收集证据支持科学假设方面普遍较弱。这就需要科学教育的变革。本文采用了智能手机支持的基于建模的探究性学习，通过两轮迭代实验，以期解决以下两个问题：

1. 智能手机支持的基于建模的探究性学习是否能够促进学习者的科学建模能力？
2. 智能手机支持的基于建模的探究性学习与不同学生特质有何种关系？
3. 不同脚手架对不同特质的学生的作用？

**二、文献综述**

（一）科学建模

科学模型对自然现象关键特征和原理的抽象和表示（Zhai，2022）。研究人员认为，建模可以促进学生对科学概念、方法论过程的学习，以及对科学如何运作的意识的发展(Gobert，2011；Hodson, 1993)。

科学建模的理论框架将科学建模能力分为了建模实践和元知识两大部分。建模实践包括模型构建(Stratford, Krajcik，& Soloway, 1998)；模型使用(NRC, 2012)；模型之间的比较(Penner, Giles, Lehrer，& Schauble, 1997)；模型修正(Schwarz & White, 2005)和模型验证。元知识被分析为关于建模过程的元认知知识和元建模知识(Schwarz & White, 2005)，前者指学生明确描述和反思建模实际过程的能力，后者指对模型的性质和目的的认识论意识。

（二）基于建模的教学

基于建模的教学是指学生在学习过程中不断构建与细化科学模型(Nicolaou & Constannou, 2014)。基于模型的教学可能以多种形式出现，如基于模型的探究和基于模型的推理。基于模型的教学的目的或功能是让学生参与建模实践，并发展对科学概念的理解。

基于建模的教学主要有三个特征：1.使学生主动参与学习。2.为学生提供多种模型构建的表示方法和替代模式。3.帮助学生群体的协作和对复杂科学主题的理解 (Shen，2014)。基于建模的教学类型包括五种建模教学法：探索性建模、表现性建模、实验性建模、评价性建模和循环性建模（Oh，2011)。一些研究采用了多种建模教学法；例如，Urhahne提出了一种结合表达性和实验性建模教学法的方法，以帮助概念理解的发展。

（三）技术支持下的基于建模的教学

随着计算机产业的蓬勃发展，科学发生了翻天覆地的变化（Foster，2006）。科学研究对建模的重视引发了科学教育的变革，在科学教育中使用计算工具并开展实践能帮助学生更好掌握科学知识（Sengupta.2013）。在不同的科学领域，如物理、化学、生物和生态系统，各种技术已经被广泛用于基于模型的教学。

已经有大量的研究证明技术支持下的基于建模的教学在培养学生建模能力方面能够发挥有效的作用(Keshwani et al., 2017; Mulder et al., 2011; Mulder et al., 2016)。例如，Schwarz和White创建并评估了模型强化思考者工具（METT) 课程，该课程涉及计算机模拟，被用于中学生的探究型物理课程。在这个课程中，学生们了解了科学模型的性质并参与了建模过程。计算机模拟使学习者能够通过操纵现有模型来可视化和测试其动态关系，并提供开放式的探索环境来支持复杂模型的构建，学生可以研究改变变量值对模拟的影响，收集数据，连接变量和构建模型。

此外虚拟现实技术的发展，也为科学建模的学习注入了新的活力。例如，Dickes等人开发了一个沉浸式VR与基于代理的计算建模工具相融合，以支持小学生的发展的生态知识和科学模型。

（四）智能手机支持下的基于建模的学习

近年来，智能手机已经成为每个人身边不可或缺的移动设备，智能手机中集成了传感器、储存器、运行器、显示器等，可以作为可视化、交互式的数字化教学装备为学生的数据采集、探究实践等提供丰富支持。以智能手机作为实验工具（Smartphones as experimental tools）的出现给物理教育提供了更多的可能性(HOCHBERG K, 2012)。

由于智能手机可以将采集的数据直接绘制成图表，学生可以在使用智能手机开展科学实验的过程中将抽象的物理概念与具体的数学函数联系起来，提高科学建模能力(WONG W, 2019; LIU C, 2017)。

**三、研究设计**

（一）参与者

北京三校R校、M校、B校的高一同学，各20名。本课程采用自主报名的方式，为三校的选修课程，课程时长为16周，每周2两个小时，分别在未来一年三校分别开展课程。

（二）数据收集

1.问卷

2.视屏录像分析

3.学生建模产品评估

4.半结构化访谈

（三）第一轮实验

第一轮实验采用准实验研究方法，实验组R校采用智能手机支持的基于建模的探究性学习，对照组M校采用计算机支持的基于建模的探究性学习。实验前后分别测试学生的科学建模能力、相关科学知识、相关人格特质如：科学兴趣、成绩等。并在结束后采取访谈等方式对学生进行过程回忆。

第一轮实验试图回答第一与第二两个研究问题，探究智能手机支持的基于建模的探究性学习是否能够促进学习者的科学建模能力？尝试将不同人格特质的同学与试验结果进行匹配。

（四）第二轮实验

第二轮实验将根据第一轮实验结果，通过对不同人格特质学习者采取不同的脚手架方式进行验证，同样在实验前后分别测试学生的科学建模能力、相关科学知识、相关人格特质。并在结束后采取访谈等方式对学生进行过程回忆。

第二轮实验试图回答第三个研究问题，探究使用不同脚手架对不同人格特质学生的科学建模能力进行验证。

**四、数据分析**

**五、讨论**

**[参考文献]**

Ainsa, T. (2013). Early childhood pre-service teachers’ response to mobile technology: creative projects, analysis, and reflection on learning experiences. Education, 134(2), 161–166.

Banister, S. (2010). Integrating the iPod Touch in K–12 education: visions and vices. Computers in the Schools, 27(2), 121–131.

Crompton, H., Burke, D., Gregory, K. H., & Gräbe, C. (2016). The use of mobile learning in science: a systematic review. Journal of Science Education and Technology, 25(2), 1–12.

Chen, G.-D., Chang, C.-K., & Wang, C.-Y. (2008). Ubiquitous learning website: scaffold learners by mobile devices with information-aware techniques. Computers in Education, 50(1), 77–90.

Chou, C. C., Block, L., & Jesness, R. (2012). A case study of mobile learning pilot project in K-12 schools. Journal of Educational Technology Development and Exchange, 5(2), 11–26.

Dickes, A. C., Kamarainen, A., Metcalf, S. J., Gün‐Yildiz, S., Brennan, K., Grotzer, T., & Dede, C. (2019). Scaffolding ecosystems science practice by blending immersive environments and computational modeling. British Journal of Educational Technology.

Falloon, G. (2017). Mobile devices and apps as scaffolds to science learning in the primary classroom. Journal of Science Education and Technology, 26(6), 613–628.

Gobert, J. D., Sao Pedro, M. A., Baker, R. S., Toto, E., & Montalvo, O. (2012). Leveraging educational data mining for real-time performance assessment of scientific inquiry skills within microworlds. Journal of Educational Data Mining, 4(1), 104–143.

Hochberg, K., Becker, S., Louis, M., Klein, P., & Kuhn, J. (2020). Using smartphones as experimental tools—a follow-up: cognitive effects by video analysis and reduction of cognitive load by multiple representations. Journal of Science Education and Technology,1-15.

Hudson, D. (1993). Re-thinking old ways: Towards a more critical approach to practical work in school science. Studies in Science Education, 22(1), 85–142.

HOCHBERG K, BECKER S, LOUIS M, et al. Using Smartphones as Experimental Tools—a Follow-up: Cognitive Effects by Video Analysis and Reduction of Cognitive Load by Multiple Representations[J]. Journal of Science Education and Technology, 2020,29(2): 303-317.

Keshwani, D. R., Anderson, M. R. D., Keshwani, J., Subbiah, J., Guru, A., & Rice, N. (2017). Educational immersive simulation game design to enhance understanding of corn-Water-ethanol-beef system nexus. Paper presented at the ASEE Annual Conference & Exposition Proceedings. ASEE Conferences. https://doi.org/10. 18260/1-2-28198

Looi, C. K., Zhang, B., Chen, W., Seow, P., Chia, G., Norris, C., & Soloway, E. (2011). 1:1 mobile inquiry learning experience for primary science students: a study of learning effectiveness. Journal of Computer Assisted Learning, 27(3), 269–287.

LIU C, WU C, WONG W, et al. Scientific modeling with mobile devices in high school physics labs[J]. Computers & Education, 2017,105: 44-56.

Mulder, Y. G., Bollen, L., de Jong, T., & Lazonder, A. W. (2016). Scaffolding learning by modelling: The effects of partially worked-out models. Journal of Research in Science Teaching, 53(3), 502–523

Mulder, Y. G., Lazonder, A. W., & de Jong, T. (2011). Comparing two types of model progression in an inquiry learning environment with modelling facilities. Learning and Instruction, 21(5), 614–624.

National Research Council (2012). A framework for k-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. Committee on a conceptual framework for new k-12 science education standards. Board on science education, division of behavioral and social sciences and education. Washington, DC: The National Academies Press.

Nicolaou, C. T., & Constantinou, C. P. (2014). Assessment of the modeling competence: A systematic review and synthesis of empirical research. Educational Research Review, 13, 52–73.

Oh, P. S., & Oh, S. J. (2011). What teachers of science need to know about models: An overview. International Journal of Science Education, 33(8), 1109–1130.

Penner, D. E., Giles, N. D., Lehrer, R., & Schauble, L. (1997). Building functional models: Designing an elbow. Journal of Research in Science Teaching, 34(2), 125–143.

Stratford, S. J. (1997). A review of computer-based model research in precollege science classrooms. Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, 16(1), 3–23.

Schwarz, C., & White, B. (2005). Metamodeling knowledge: Developing students’ understanding of scientific modeling. Cognition and Instruction, 23(2), 165–205.

Sengupta, P., & Clark, D. (2016). Playing modeling games in the science classroom: The case for disci- plinary integration. Educational Technology, 56(3), 16–22.

Shen, J., Lei, J., Chang, H. Y., & Namdar, B. (2014). Technologyenhanced, modeling-based instruction (TMBI) in science education Handbook of Research on Educational Communications and Technology (pp. 529-540): Springer.

WONG W, CHAO T, CHANG C, et al. Online Scaffolding for Data Modeling in Low-Cost Physical Labs[J]. International Journal of Distance Education Technologies, 2019,17(4): 1-20.

Zydney, J. M., & Warner, Z. (2016). Mobile apps for science learning: review of research. Computers & Education, 94,1–17.