

基于核心素养的学生模型建构能力的培育

——以“自制电动机”自主创新实验为例

魏萌 吴钊 潘星志 滕阁 罗海军

(温州大学数理学院 浙江温州 325035)

(收稿日期:2022-07-28)

摘要:开展学生自主创新实验是落实核心素养和发展学生科学思维的有效手段.基于课程标准理念,将模型建构能力分为3个层次并与学生自主创新实验的3个阶段一一对应,通过“自制电动机”学生自主创新实验,展现学生从初级阶段的模仿、中级阶段的优化到高级阶段的创新,在实践过程中学生的模型建构能力水平由基础到综合再到创新逐步提升.

关键词:模型建构;学生自主创新实验;科学思维;电动机

模型建构是中学物理核心素养中科学思维的重要组成部分,是学生发展的一种重要的认识手段和思维方式^[1].学生自主创新实验是由学生分析实验原理、设计实验步骤,进而解决相关问题,实现学生由“看客”到“悟客”再到“创客”的层次化递进转变,是一种学生在动手基础上思维与创新的深度学习方式^[2].如图1所示,基于新课标理念,我们将模型建构水平由低到高构建为3个层次——立足于简单模型模仿的基础型模型建构、侧重模型优化改进的综合型模型建构、着力于模型突破创新的创新型模型建构^[3].通过学生在实验中对应活动方式,将其与学生自主创新实验的3个阶段一一对应.

本文将“自制电动机”学生自主创新实验为例,探讨在自主创新实验的各个阶段中,如何一步步提升学生的模型建构能力,从而有效发展学生的科学思维,落实核心素养.

1 实验观摩及模仿——基础型模型建构能力的培育

基础型模型建构能力的主要特征是学生能够运用单一的知识或技能建构模型,载体一般是已有的实验情境,建构的思维程度较低,建构过程也较为简单.

人教版高中物理选择性必修二第一章中展示的为有换向器版电动机,而平时师生制作的多为无换向器版.基于真实情景,在学生自主创新实验活动伊始,教师将学生分成甲、乙两组,分别向两组学生展示换向器版(简称电动机A)和间歇通电版(简称电动机B)两种自制电动机的构造、操作和实验现象(图2).学生从“看客”角色入手,通过对实验的观摩、讨论和模仿,分别孕育、激发和夯实电动机的基本模型,从而发展基础型模型建构能力^[4].

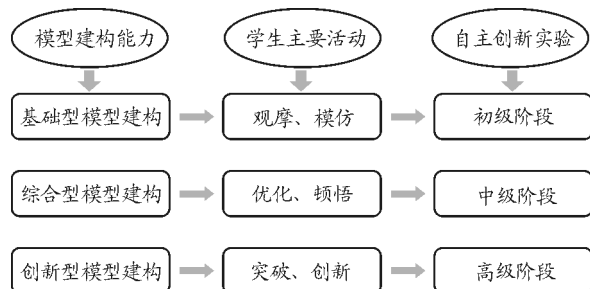
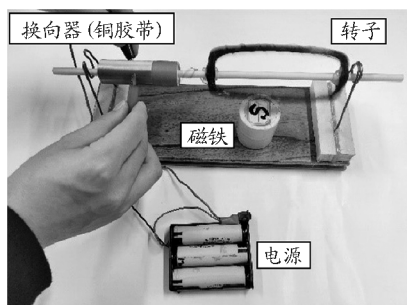


图1 学生自主创新阶段和模型建构层次逻辑图

作者简介:魏萌(1998-),女,在读硕士研究生,主要研究方向为中学物理实验教学.

通讯作者:罗海军(1976-),男,博士,副教授,主要从事实验教学和科学教育的研究.



(a)电动机A



(b)电动机B

图2 教师展示的简易电动机

1.1 实验观摩——基础型模型建构的孕育

学生日常接触的电动机主要是以内部结构不可见的电动机等为主,本活动首先向学生展示并演示电动机A和电动机B的结构和实验现象(图2),通

过实物的观察和操作演示,激发学生好奇心和制作兴趣,孕育学生基础型模型建构的胚胎.具体框架和设计理念如表1所示.

表1 实验观摩的框架和设计理念

框架	电动机A	电动机B	设计理念
展示器材	单线圈、支架、5号电池、磁铁等	漆包线绕制的线圈、电源、支架、磁铁等	基于真实情境,展示仪器结构和外观
观摩实验	演示电动机的持续转动,引导学生观察现象		催生质疑、激发好奇心、促进动手制作兴趣
催生质疑	电动机A和电动机B的转子是如何转动的?		引导学生思考电动机工作基本原理,孕育基础型模型建构能力的胚胎

1.2 组内交流——基础型模型建构的破茧

学生观摩实验后,对电动机持续高速转动产生了极大的兴趣和好奇心.在教师引导下,学生通过思辨交流得到了电动机的基本工作原理和基本结构模

型,为基础型模型建构的破茧而出奠定了基础,也为下一步的实验模仿埋下了伏笔.具体交流流程和设计理念如表2所示.

表2 实验观摩后的交流流程和设计理念

流程	电动机A	电动机B	设计理念
基础提问	电动机主要构造有哪些部件?基本工作原理是什么?		引导学生思考电动机原理和构造,基于真实情境,抽象出电动机模型:转子、定子(磁铁)、换向器、电源
学生思辨	电动机基本构造:线圈、支架、磁铁、电源等; 电动机基本原理:线圈通电→受到安培力→转动		
进阶提问	PVC管上两片铜胶带结构和功能?	两个引出端有何不同?	引导学生观察电动机结构细节,思索工作原理和结构特征
学生思辨	铜胶带是用于导通电流	颜色不同,刮掉绝缘漆用于导通电流	确保学生了解电动机工作原理和基本构造,为下一步的实验模仿埋下伏笔
交流验证	探究电流方向、讨论铜胶带功能	观测电流持续情况、讨论半刮绝缘漆功能	

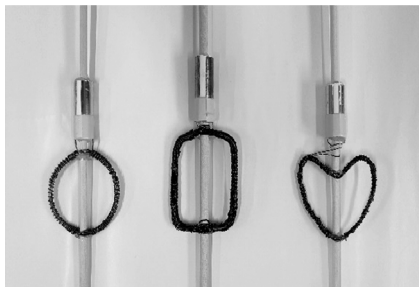
1.3 实验模仿——基础型模型建构的夯实

基于上述活动,学生有着非常强烈的自制电动机的兴趣.教师适时引导学生,进行电动机A和电

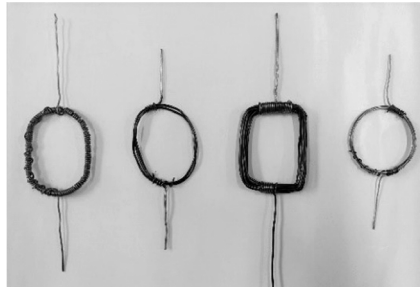
动机B的模仿、演示和操作等活动.具体实验模仿的框架和设计理念如表3所示.

表3 实验模仿的框架和设计理念

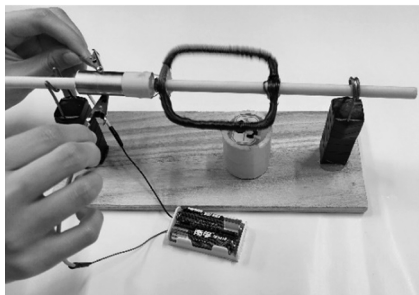
框架	电动机A	电动机B	设计理念
主要器材	0.3~1.0 mm 若干不同规格的漆包线,磁铁,5号电池,木板、泡沫板等底座材料,铜丝等支架材料		保持模型框架不变基础上,学生大胆尝试更换部分材料模仿制作,激发学生的创作热情,为实验优化埋下伏笔
实验模仿	如图3所示,仿照教师演示实验中电动机A和电动机B,甲、乙两组学生分别设计和制作不同形状的电动机转子,并进行实验演示		
思辨交流	观测电动机A线圈转动一半后电源正负极的接触情况,思考电动机实现持续转动的原因	观测电动机B转动一圈时转轴与支架的接触情况,思考电动机持续转动原因	引导学生对电动机细节部分进行观察,思考电动机持续转动的本质,夯实基础型模型



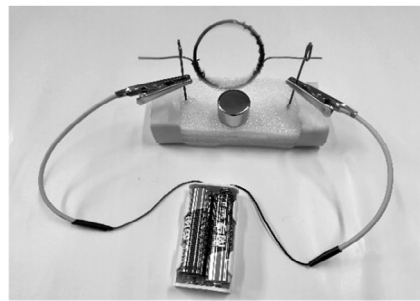
(a) 不同形状的电动机A转子



(b) 不同形状的电动机B转子



(c) 学生自制的电动机A演示图



(d) 学生自制的电动机B演示图

图3 学生自制的两种类型电动机(部分)

初级阶段的学生自主创新实验是培养学生模型建构能力的基石,经观摩激发学生强烈好奇心,经模仿刺激学生的探究热情,教师在活动中步步引导学生将已有知识概念与实验教具建立联系,在潜移默化中形成学生的模型建构意识.

2 实验优化及顿悟——综合型模型建构能力的培养

综合型模型建构是较高层次的思维素养,要求

学生能在熟悉的实验情境中综合考虑多种影响因素,优化、改进原有基础模型.其载体一般是具体化的实验情境.该阶段建构的思维程度有了一定发展,建构过程较为复杂.学生以“悟客”的身份进入到学生自主创新实验的中级阶段,在教师指导下领悟两种电动机持续转动的本质,在优化和改进电动机过程中发展综合型模型建构能力.

2.1 原理剖析——综合型模型建构的形成

在前一阶段实验活动中,学生已经了解电动机的基础模型框架,通过教师引导,学生将注意力和兴

趣转移至分析电动机细节构造和探究其持续转动的本质,为综合型模型建构的形成奠定基础.具体实验优化前的交流流程和设计理念如表4所示.

表4 实验优化前的交流流程和设计理念

流程	电动机 A	电动机 B	设计理念
高水平质疑	电动机 A 上的铜胶带以及电动机 B 转轴上绝缘漆的刮取都是为了实现电流的换向?		大胆质疑电动机主要部分的功能,并主动采取实验论证猜想,孕育综合型模型建构能力
实验论证	保持其他条件不变,在 PVC 管上贴一周完整铜胶带,电动机不转动	将转轴两个引出端全刮或全不刮,置于支架上转子不转动	
学生思辨	转子转动半个周期后,利用铜胶带实现电流换向,线圈所受安培力始终为动力以维持转子持续转动	转子转过半个周期后,电流无法导通,转子依靠惯性转动,以间歇性通电实现转子持续转动	基于基础型模型和实验结果解释电动机持续转动本质,领悟电动机转动原理

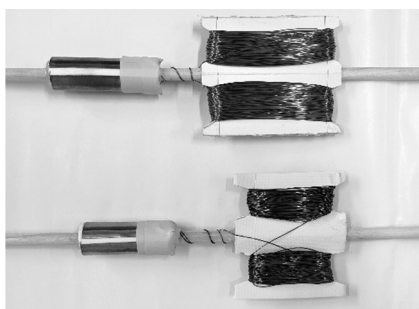
2.2 实验优化——综合型模型建构的发展

在电动机基础型模型建构阶段,学生仿制了大量的电动机,这些电动机质量参差不齐、外形和转动效果一般都不佳.经过原理剖析和对结构的仔细推

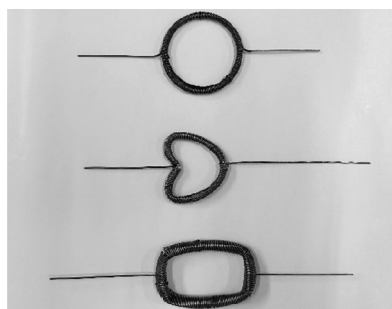
敲后,学生综合考虑各种因素分析缘由并尝试优化模型,此时综合型模型建构能力得到了进一步发展.具体实验优化的框架和设计理念如表5所示.

表5 实验优化的框架和设计理念

框架	电动机 A	电动机 B	设计理念
不足描述	电动机转速较慢,部分电动机只晃动不转动	部分电动机转速慢或无法持续转动或抖动明显	观察模仿制作的电动机转子,综合考虑分析缘由,为实验优化提供理论依据
分析讨论	线圈匝数少,所绕转子宽度窄且对称性难以把握,使得转子所受安培力无法克服重力	转子过于粗糙,转轴弯曲,导致转动过程中能量损耗过大,无法长时间持续转动	
优化制作	将漆包线左右缠绕于硬纸片上,保持左右线圈匝数相同后固定于转轴上,如图4(a)所示	使用工具优化转子形状,使得转子在横向和径向尽量保持对称,如图4(b)所示	积极投入实验优化中,集思广益,改进更美观的转子,为实验创新创造条件



(a) 电动机A转子



(b) 电动机B转子

图4 学生优化改进的电动机转子

在学生对电动机持续转动本质有了科学性理解的基础上,学生抓住主要因素,忽略次要因素,基于已有教具模型进行优化改进,在优化过程中顿悟出新想法,自主设计出更稳定、美观的模型.在中级阶段的学生自主创新实验活动中,学生不仅掌握了模型建构能力,更能基于模型优化实验教具,丰富实验内容.

3 实验突破及创新——创新型模型建构能力的培养

创新型的模型建构是高层次的思维活动,要求学生能够运用已有模型解决实际问题,创新出更具特色的模型结构,载体一般是开拓性的问题情境.高级阶段中,学生视野开阔、思维活跃,能够跳出已有

的思维定式,灵活运用所学知识突破原有模型,臻于创新,实验活动不再局限于“观”和“仿”,更注重“破”和“创”.在该阶段,学生扮演着“创客”的角色,在教师的步步引导下,从原理上寻找突破点,巧妙设计各种新模型,建构思维从电动机表象上的优化上升到本质上的突破,发展到创新型模型建构阶段.

3.1 思维突破——创新型模型建构的成长

在实验优化部分,学生的创作热情得到激发,在此基础上,教师引导学生深入探究模型,通过讨论交流突破思维局限,设计新转子,为实验创新提供思路.具体实验创新前的交流流程和设计理念如表6所示.

表6 实验创新前的交流流程和设计理念

流程	电动机 A	电动机 B	设计理念
教师引导	可否制作多扇叶转子? 是否还有其他改进方案?	a. 转子线圈匝数过多,引出端无法支撑,如何改进? b. 可否设计其他款式?	通过提问创设开拓性的实验情境,引导学生思考,激发创作热情
讨论交流	不同扇叶转子的连接方式和换向器都应做更改	a. 用硬质材料作为转轴. b. 不对称线圈	学生们各抒己见,基于已构建模型提出见解,为实验创新提供思路
思维突破	为持续转动,三(四)扇叶转子应在三(四)分之一周期实现电流换向,设计原理图如图5所示	a. 用木棒作转轴,铜胶带实现间歇通电. b. 使转轴两侧线圈匝数不同,并尝试全刮转轴漆包线	从原理上找到突破点,设计新模型,思维逐渐活跃,上升到创新型模型建构阶段

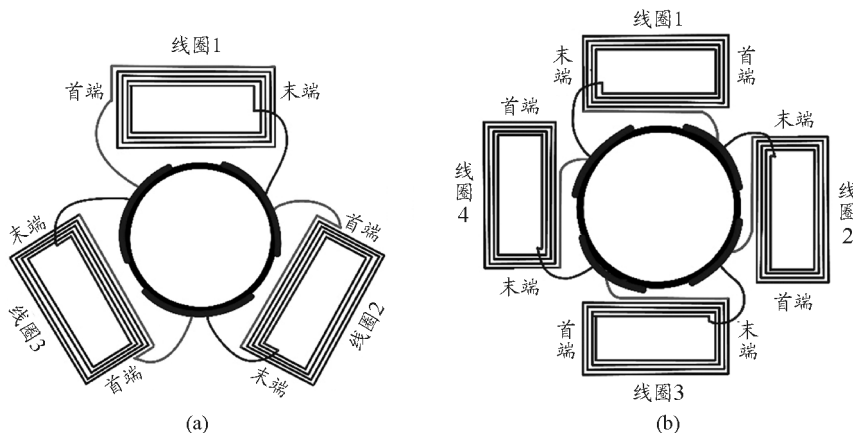


图5 三、四扇叶电动机原理图

3.2 实验创新——综合型模型建构的落实

掌握基本设计思路后,学生选择相应的实验器材(其中木质转子支架是采用CAD和激光雕刻技术

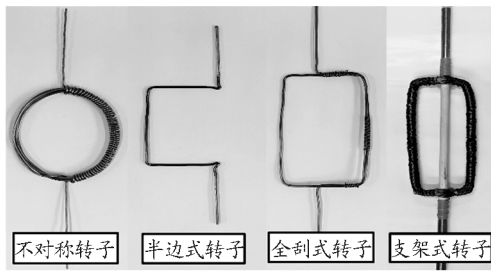
所制),并依据实验原理展开制作.具体实验创新的框架和设计理念如表7所示.

表7 实验创新的框架和设计理念

框架	电动机 A	电动机 B	设计理念
实验器材	木质转子支架、漆包线、木棒、PVC管、铜胶带、电胶带	木棒、漆包线、铜胶带、电胶带	学生相互交流、选择合适器材,基于原理图,经多次尝试最终完成各式各样的新转子的制作
创新制作	依照原理图,将漆包线绕于转子支架上,并与换向器(铜胶带)进行连接,如图6(a)所示	a. 木棒一端贴一圈、一端贴半圈铜胶带 b. 制作半边式、全刮式及不对称转子,如图6(b)所示	
思辨交流	多线圈转子通过串、并联的连接方式,以及间歇通电原理,实现转子持续转动	支架式转子及不对称转子本质仍为间歇性通电(其中全刮式转子以“跳竿”实现)	结合电动机模型明晰转子转动本质,促使学生逻辑思维高度发展,培养创造性思维



(a) 电动机A转子



(b) 电动机B转子

图6 学生创新的电动机转子

在该阶段的学生自主创新实验活动中,学生创作热情十分激昂,不再满足于实验的改进、优化。在教师创设的开拓性实验情境中,学生不断审视问题、交流合作,基于已提出创造性的问题积极展开实验探究,发展创造性思维,培养创新型模型建构能力。

本学生自主创新实验的3个阶段层层递进,在初级、中级、高级的实验活动中,学生角色不断变化,通过一系列实验活动逐步丰富自身知识储备,发展科学思维。从基础模型建构意识的孕育,到综合模型建构能力的激发,再到创新模型建构能力的落实,学生的科学思维和物理核心素养在潜移默化中得以培养,而这正是物理教学一直以来追求的本质,是学生自主创新实验所要达成的最终目标。

4 结束语

在“自制电动机”自主创新实验活动中,学生在初级阶段观摩、模仿制作实验教具,构建了最基础的物理模型,形成模型建构意识;在中级阶段基于已有模型优化实验教具,模型建构能力由基础向综合迈进;在高级阶段基于综合而臻于创新,发掘新问题,

融入新想法,并在实验制作过程中提出创造性见解,模型建构能力也得到实质性培育。因此,在以科学思维孕育为核心的教学活动中,教师可以以学生自主创新实验活动为教学主抓手,以教材已有的原始概念或规律为主线开发提炼设计教学过程,让学生在实践活动过程中加深概念理解、强化思维训练、养成科学态度与责任;学生还会在师生、生生交流活动中不断碰撞出思维火花,凝练新的想法,使得学生个人和社会发展所需要的必备品格和关键能力得到切实发展^[5]。

参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准[S]. 北京:人民教育出版社,2017.
- [2] 魏萌,吴钊,徐嘉凯,等. 基于核心素养培养学生的高水平质疑创新能力[J]. 实验教学与仪器,2022,39(2):5-8.
- [3] 唐黎明. 科学思维素养方面“模型建构”5级水平的表现性任务设计[J]. 物理教师,2019,40(7):34-38.
- [4] 刘剑锋,黄小连. 简易趣味电动机的制作与原理[J]. 物理教师,2019,40(5):52-54.
- [5] 简伟伟. 基于模型建构思维的深度教学策略[J]. 物理教学探讨,2021,549(3):62-64.