

文章编号:1005-4642(2021)10-0050-05

## 物理实验类通识课程教学模式的探索与实践 ——以“探究物理现象”为例

师玉荣, 马 君

(中国海洋大学 物理与光电工程学院, 山东 青岛 266100)

**摘 要:**介绍了通识教育理念下的核心通识课程“探究物理现象”的教学模式,课程的设计理念强调引导学生探究式学习,重视培养学生的动手能力,形成了 4F 引导探究和项目任务驱动 2 种教学策略相结合的教学模式,旨在培养学生的创新实践能力、自主学习能力和团队合作能力. 实践表明:该教学模式提高了学生的学习参与度,激发了学生的学习兴趣,提高了学生分析问题、解决问题的能力.

**关键词:**探究式学习;项目任务驱动;自主学习

**中图分类号:**G642.423

**文献标识码:**B

**DOI:**10.19655/j.cnki.1005-4642.2021.10.009

在中国海洋大学“通识为体,专业为用”的教学理念指引下,基于大学物理演示实验面向全校文理学生开设“探究物理现象”通识课程.该课程 2008 年开设,最初课程名称为“文科物理演示实验”和“理科物理演示实验”,文理分开,后改为偏重文科的“趣味物理演示实验”,现在是文理兼容的“探究物理现象”,课程名称的改变体现了教学设计理念的不断革新,从讲授为主到引导探究,再到引导学生主动探究,强调学生动手实践.该课程被评为中国海洋大学“2015 年通识教育核心课程”,该课程 32 学时,1.5 学分,每学年开设 1~3 个班,每班限选 30 人.

通识教育强调学习途径<sup>[1]</sup>,大学不像基础教育对教科书内容的学习,而是注重训练学生的思维.基于对通识教育理念的思考,“探究物理现象”课程的教学设计不但注重通过物理演示实验使学生获得物理知识,更注重学生获得物理知识的途径和思维能力的培养.课堂形式为:约 30 名学生分成 5 个组,每个小组的 5~6 名组员围坐 1 张方桌,5 个方桌围着教师、演示桌和白板,分组学习的过程采用小组讨论、协作实验的方式.选课的学生文理均有,物理基础参差不齐,课程内容设计应该宽口径、文理通融.每个小组成员文理

学生兼有,这样小组学习活动中文理思维可以很好地互补.经过多年的教学实践和不断探索,该课程逐步形成了强调探究过程和动手能力的“4F 引导探究”和“项目任务驱动”的教学设计,实践中 2 种教学过程相互渗透、相互加强,取得了很好的教学效果.

### 1 实践教学的条件保障及教学内容的设计

课程教学内容和教学方式的安排充分考虑到不同教学内容的特点和物理演示实验室的条件.演示实验的特点是现象明显、操作简单,与大学物理授课内容紧密相关,缺点是每个实验只有 1 套仪器(物理演示实验室有 120 多套演示实验仪器).为了创造学生可以自学、自主实验的平台,一方面实验室购置了大量的实验器材,例如磁铁、导线、电机、铁架台、电烙铁、热熔胶等,让每位学生都能参与实验;另一方面培训学生充分利用智能手机和电脑开展实验<sup>[2-3]</sup>,例如 Phyphox 软件,可以利用手机的各种传感器进行磁场强度、频谱、加速度等的测量,也可以提供特定频率的声音,FFT Spectrum Analyzer 等手机软件为开展实验提供了有力的帮助;手机的拍摄功能和电脑 Tracker 等软件可以处理运动物体的运动轨迹、

收稿日期:2021-06-26;修改日期:2021-08-16

基金项目:2020 年度中国海洋大学本科教育教学研究重点项目(No.2020ZD02)

作者简介:师玉荣(1974—),女,山东临邑人,中国海洋大学物理与光电工程学院讲师,硕士,研究方向为复杂系统的动力学. E-mail:shiyurong@ouc.edu.cn



速度和加速度等.

4F 引导探究和项目任务驱动的教学过程都属于建构主义学派的方法,建构主义学习理论的实质是真实的情境中学生在教师的帮助下自主探索并和其他学生进行广泛交流,通过解决问题来建构知识体系<sup>[4]</sup>.自主建构学习的时间不能太短,不完成 1 个主题则不能达到教学效果,为此该课程教学安排应充分考虑教学内容的特点.例如质点力学,从锥体上滚、逆风行舟、各种球的碰撞到转动圆盘上质点的运动,仪器结构简单,实验操作简便,实验现象明显,这部分内容学生比较熟悉,生活中体验也多.所以这部分的内容以 4F 引导探究方式为主,引导学生结合生活体验提出探究问题.而电学、磁学、波动光学等教学内容,学生日常生活的体验不多,而且实验现象比较细微,实验室可以提供实验材料,因此课堂主要采用项目任务驱动方式,学生分组实验,在实验过程中体

验学习物理知识的乐趣.

## 2 4F 引导策略用于探究式学习的教学设计

4F 引导法是多层次的提问引导策略,该策略包括:Fact(事实),Feel(感受),Find(发现),Future(应用).将该策略融入到教学设计中,可以循序渐进地引导学生观察、感受、诠释和应用,该策略协助教师引导学生连接经验,融入课堂讨论,激发学习动力<sup>[5]</sup>.选修探究物理现象课程的学生大多是低年级的学生,激烈的高考使学生普遍缺乏提出问题的能力,而 4F 策略可以很好地引导学生层层深入地提出探究问题,自主学习.

结合物理演示实验教学的特点和多年物理演示实验探究式教学的经验,下面以最速降线实验为例,详细介绍 4F 引导策略引导学生探究学习的步骤.4F 引导策略的教学设计过程及教学目标如表 1 所示.

表 1 4F 引导策略的教学设计过程及示例

步骤	教学目标	提出问题	以最速降线为例
Fact	培养学生的观察能力和语言表达能力.	1) 实验中观察到了什么? 2) 实验现象与你的预测有哪些不同?	为什么小球沿弯曲的轨道运动时用时更短?
Feel	培养学生发现问题的能力和发散思维能力.	1) 感觉有什么奇怪之处?为什么? 2) 你还发现了什么问题?	1) 在其他的弯曲轨道运动所用时间还有更短的吗? 2) 用时最短的轨道是什么? 3) 光的折射、海市蜃楼等现象中,光的弯折路线是否有相同的规律?
Find	培养学生的总结、评价能力.	1) 解决问题的过程中,有哪些是值得肯定的? 2) 对以后的学习有什么借鉴之处?	1) 直觉往往是错的. 2) 数学微积分和计算机编程很有用.
Future	培养学生的创新思维能力.	该现象在现实生活中有什么应用?如果没有,设想未来可以如何应用?	建筑物的房顶、滑梯或过山车的轨道.

由上面的例子可以看出:4F 引导策略能够引导学生的思维经历聚合→发散→聚合→发散的过程,该过程一方面能保持学生的注意力,另一方面能引导学生层层深入发掘问题,使讨论不偏离主题,能够引导学生更有效地讨论.特别重要的是由于问题的层层深入,而且有发散有聚敛,所以小组自主讨论学习过程中,理科生因物理理论基础好可以很好地带领小组寻找问题的答案,文科生因发散性思维更突出可以发现更多的问题,文理思维互相补充、互相碰撞,使学生可以更有效地进

行自主探究式学习.

第 1 周主要对学生培训,教学过程中教师主要做必要的引导、提示,知识是学生自己讨论出来的,自己建构的.实践表明:小组学习采用 4F 引导策略,能够让学生更有效地进行自主探究式学习.

## 3 项目任务驱动学生主动学习,培养创新能力

在中学阶段学生学习物理做了大量的习题,

但是接触物理实验的时间非常有限,所以学习的物理知识很难与生活体验和实际应用联系起来.进行课程设计时特别强调学生动手实验,让学生敢动手、会动手,同时在体验中学习物理知识.

项目教学法是在教师的指导下,学生以小组团队的形式相对独立地处理项目,通过团队协作选题和计划提出项目构思,然后进行实施、改进、完成项目和展示项目等多个过程,并最终解决实际问题. Stoller 认为项目教学是完全基于成员合

作的小组活动,以公开演示或表演的形式展示成果,在此过程中,学生能够掌握所需的知识和技能<sup>[6]</sup>.学生在完成项目的过程中动手能力和团队协作能力得到提高,组员可以发挥各自的优势,通过独立解决问题的方式能够提高学生的创新意识和创新能力<sup>[7]</sup>.

动手实验的项目任务分 2 种:小组小项目任务和小组大项目任务,小组小项目任务实施流程如图 1 所示.

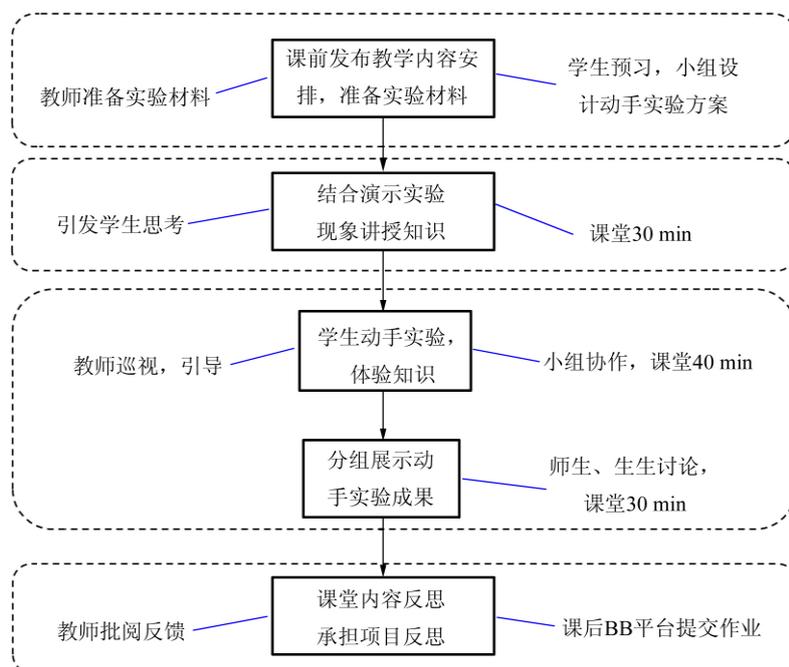


图 1 小组小项目任务驱动的教学设计流程

以磁学为例:小项目任务有 4 个题目,分组实验的环节不同,小组负责的题目不同,展示环节中大家能够相互交流、相互学习.

实验 1:利用自制的扭秤装置演示铝(铝箔球)是顺磁质,铜(铜球)和水果(苹果)是抗磁质.

实验 2:自制 2 个 50 匝线圈,利用直流电源及 2 个线圈通反向电流相互排斥演示电流和电流之间的磁相互作用.

实验 3:自制小孔成像实验装置,利用其在光屏上显示磁铁对通有交流电的白炽灯灯丝的库仑力作用.

实验 4:自制居里摆,把小铁钉做成单摆,用酒精灯加热小铁钉使其变为顺磁质,磁铁对小铁钉作用的变化使其形成摆动.

这些小项目任务利用简单的实验材料就显示出令人惊奇的现象,不管是理科生还是文科生都

对动手实验兴趣盎然.实验过程给学生留下深刻的印象,更重要的是锻炼了学生的动手能力.

大项目任务是课程大作业,主要利用课外时间进行,小组协作自主选题,准备实验材料,完成项目制作和项目任务汇报展示.教师是协助者,在每个环节只起到引导作用,学生是任务的主体.该课程的大项目任务安排为:第 1 周介绍往届学生的大项目任务作品及新增加的可选项目,第 2~6 周通过每次课的小项目任务培训学生的动手实践能力,并引导学生进行小组大项目任务的选题,第 7 周小组决策选题,第 8~15 周自行安排完成项目任务,最后 1 周展示汇报成果.

大项目任务应该具有可执行性、综合性、层次性,适合不同层次、不同特点的学生共同完成,每个学生可以发挥各自的优势.在完成项目任务的过程中,虽然小组有分工,但他们可以把任务拆分

开,例如有人负责做实验,有人负责查文献,有人负责写课程论文,有人制作 PPT,但是完成任务的过程需要组员协作,才能最终完成项目,并把项目展示出来,此过程培养了学生的团队协作能力。

大项目任务的来源:可以是学生自选题目,也可以是往年学生做过的项目,或是近几年的大学生 CUPT 题目,例如有的学生喜欢做辉光球实验装置的核心部分特斯拉线圈,有的学生做过滴水起电机,有的学生选择当年的 CUPT 题目,例如装满瓶子、循环摆、飓风球等。

大项目任务成果包括:论文形式的探究报告和项目成果展示。最后 1 次课进行项目成果的展示:每组总用时 20 min,其中展示 12 min,评委(教师与学生)对展示内容的提问、与展示方的讨论和评价共 8 min。大项目任务的成绩包含 3 部分:探究报告 50 分,成果展示的 PPT 制作和讲述 30 分,成果展示的讨论提问环节的表现 20 分。

为了完成项目,小组成员既要分工又要合作,理科生主要承担理论和实验设计的任务,文科生主要承担实施实验任务,提出改进意见,制作 PPT 等,合作过程能够使文科生和理科生相互学习,共同提高。

该教学法提高了学生的学习参与度。为了更好地完成项目,学生必须在课下查阅文献,自主学习所需的知识;为了完成项目,小组必须设计实验方案并反复实验。学生深刻体会到:“项目任务使我真正明白了书本上所学的知识是非常理想的情况,而真实情况下看起来非常简单的过程解释起来非常麻烦。”实践表明项目任务驱动式教学方式培养了学生的创新实践意识和能力,有学生在总结中提到:“我们既要纸上谈兵又要实践检验,在进行数据处理时,用到的 Fortran 和 Matlab,也是我第 1 次用学到知识解决实际问题而非单纯做题。”正如有学生在总结中写到:“项目任务完成的过程非常曲折,选题过程、实验方案不断尝试和修改过程、数据分析过程、撰写学术报告论文、展示过程,每个过程都步履艰难。”当然有的小组项目没有成功,例如有小组做滴水起电机,实验总是不能出现预想的结果,该小组学生不断改进实验装置,仍然没有达到最终目标,不过这个小组最后的报告很精彩,失败原因分析得非常透彻。因此,无论成功与失败,小组完成大项目任务的过程都是非常有效的学习过程。

项目任务驱动的成果很多被用作教学的演示仪器,例如学生自制的特斯拉线圈被用作实验室的展示作品,猎人打猴实验装置、转动圆盘上质点的运动轨迹等也被用作了实验室的实验项目。

#### 4 成绩评定

探究物理现象课程的成绩评定不仅注重过程参与,也充分考虑了文科生和理科生的差异。综合成绩包含 3 部分:课堂出勤及参与课堂任务情况占 30%,作业(实验反思)占 30%,测试成绩占 20%,最后的小组大项目任务占 20%。

1) 课堂出勤与课堂任务情况的成绩主要参照课堂记录(是否缺勤,小组任务参与度)以及小组长的总结和评分,这部分成绩文科生和理科生差异较小。

2) 学生在 BB 网络教学平台提交作业(实验反思),10 次作业的批阅成绩,提出有创新性观点的问题并对问题进行深入分析的学生能够得到较高的分数,作业质量理科生占优势,所以成绩评定时通过侧重文科生提出的问题而非对问题的深入分析来平衡。

3) 课程测试安排在学期的 2/3 时间节点,测试题目包含 3 个课堂演示实验及其原理分析,3 个开放性的题目测试学生设计实验的能力和通过实验提出探究问题的能力,这部分成绩文理学生差异较小。

4) 小组分工合作完成大项目任务,主要利用学期后 1/3 的时间进行,小组成员都能够发挥自己的优势,因此文科生和理科生的成绩差异不大。

实践表明,除了前 10% 没有文科生,剩下的文科生和理科生成绩差异较小。

#### 5 实践成效及总结展望

学生的课程反思报告和基于学校课程教学质量管理平台的学习体验调查问卷表明:学生普遍认为该课程的教学模式提高了学生的自主发展、合作参与、创新实践能力和学习参与度。

该课程激发了学生的学习兴趣,选修过该课程的很多学生参加了中国海洋大学大学生物理学术竞赛校内选拔赛并获得了很好的成绩,例如 2018 级周虹利同学参加中国海洋大学第 4 届大学生物理学术竞赛校内选拔赛表现突出,获竞赛一等奖(第一名);也有整个小组相约参加大学生

物理实验竞赛。该课程的大项目任务驱动的经验也被本校其他课程借鉴,例如中国海洋大学行远书院的通识课“日常物理”的课程论文环节,很多论文课题借鉴了本课程的项目题目,提高了教学效果。该课程的教学模式也得到了国际同行的认可,2017年秋季学期,牛小宇同学所在小组的项目任务是关于韦氏静电感应起电机的研究工作,他们将作业整理成会议报告投到了美国物理教师年会,收到了会议主办方的邀请,参加会议并做报告,报告题目是 Electrified efficiency analysis of Wimshurst machine(韦氏静电感应起电机高效性分析),该学生在会议期间交流了本课程的开展思路及运作方式,参会代表对于该课程创新实践教学的工作成果给予肯定和赞扬。

教学相长,4F 引导探究和项目任务驱动教学模式使得课堂中师生互动和生生互动非常充分,比传统的教师主讲的教学方式更能激发出学生对创新性问题的思考,Matlab 编程研究的最速降线<sup>[8]</sup>和锥体上滚的动力学分析<sup>[9]</sup>就是为解决学生提出的问题所做的工作,强调探究和实践的教学方式也提高了教师的教学水平。

教学实践中也发现了一些问题需要解决,例如学生的项目任务作品受实验材料的限制,不够精致,需要实验室提供更好的实验条件;小组项目任务,存在部分组员贡献少的现象,也存在小组项

目任务各个组员成绩评定难以绝对公平。在以后的教学实践中,教师还需不断加以完善。

### 参考文献:

- [1] 王海莹. 21 世纪通识教育的新样态——伊恩·韦斯特伯里教授访谈录[J]. 江苏高教,2019(8):113-118.
- [2] 李锡均,程敏熙,江敏丽. 数字传感器新载体——智能手机在物理实验中的应用综述[J]. 大学物理,2018,37(2):53-59,63.
- [3] 欧剑雄. 智能手机在多普勒效应实验中的应用[J]. 物理实验,2015,35(11):13-16.
- [4] 陈巍,陈国军,郁汉琪. 建构主义理论的项目式教学体系构建[J]. 实验室研究与探索,2018,37(2):183-187,206.
- [5] 王秀槐. 创造有温度的教室:4F 引导法在教学上的应用工作坊[EB/OL]. [2021-06-26]. <http://mooc1.chaoxing.com/course/100565561.html>.
- [6] Stoller F L. Project-based second and foreign language education: Past, present and future [M]. Greenwich: Information Age Publishing, 2006.
- [7] 佟庆伟. 创新型人才的基本特征及其培养途径[J]. 实验技术与管理,2008,25(5):15-18,37.
- [8] 师玉荣,马君,马丽珍. 基于 Matlab 编程对最速降线问题的研究[J]. 物理与工程,2012,22(4):11-15.
- [9] 师玉荣,马丽珍. 锥体上滚实验的力学分析[J]. 物理实验,2019,39(4):41-43.

## Teaching mode of physics experiment general courses

——Take exploring physical phenomena as an example

SHI Yu-rong, MA Jun

(College of Physics and Optoelectronic Engineering,  
Ocean University of China, Qingdao 266100, China)

**Abstract:** The teaching mode was introduced that the core general education course, exploring physical phenomena, under the concept of general education. In the course design concept, cultivating students' inquiry learning and hands-on ability were emphasized. A teaching mode was established combining 4F guided inquiry and project task driven teaching strategies, aiming at cultivating students' innovative and practical ability, the sense of team work as well. The practice showed that the teaching mode improved students' learning participation, stimulated students' interest in learning, and improved students' ability to analyze and solve practical problems.

**Key words:** inquiry learning; project task driven; autonomous learning

[责任编辑:任德香]