

文章编号:1005-4642(2024)04-0054-04



设计自主实验环节 培养科学探究素养 ——以曲线运动为例

基础教育

孙青¹, 刘长灿², 李德安¹

(1. 华南师范大学物理与电信工程学院, 广东 广州 510006;

2. 广东番禺中学, 广东 广州 511483)

摘要:为落实课程标准培养学生科学探究素养的要求,克服当前中学生按部就班刻板实验的现象,提出了基于科学探究的学生自主实验设计方案.依据科学探究的问题、证据、解释、交流四要素提出了学生自主实验的4个步骤:创设情境,激发猜想假设;制定方案,增强实践本领;处理数据,培养解释能力;评估反思,发展交流素养.并以曲线运动为例对以上4个步骤进行了阐述.

关键词:自主实验;科学探究;曲线运动

中图分类号:G633.7

文献标识码:B

DOI:10.19655/j.cnki.1005-4642.2024.04.010

科学探究是《普通高中物理课程标准(2017年版2020年修订)》(以下简称“新课标”)提出的物理学科核心素养之一,是指基于观察和实验提出物理问题、形成猜想和假设、设计实验与制订方案、获取和处理信息、基于证据得出结论并作出解释,以及对科学探究过程和结果进行交流、评估、反思的能力.科学探究包含问题、证据、解释、交流四要素.课程理念要求高中物理课程创设学生积极参与、乐于探究、善于实验、勤于思考的学习情境,培养和发展学生的自主学习能力^[1].

然而,当前“照方抓药”式的实验教学仍然存在.一方面,教师观念没有及时更新,仍然停留在“强调基本技能,重视实验的具体操作”上,未能转变为“注重实验的提出问题、猜想假设、设计方案、实验操作、交流解释、评估反思”等完整实验过程^[2].“照方抓药”式实验教学依赖教材实验方案省时省事,学生自主设计实验缺乏完整探究过程的方案、措施和器材,并且纸笔考试对学生实践探究能力的评价作用有待进一步增强.另一方面,学生在接受式的学习习惯下,容易忽略自主探究过程,仅停留于实验现象的表层认知,缺乏主动思考深入探究的学习品质.学生很少经历根据情境

提出问题和进行猜想假设的过程,很少有发表个人见解、表达自我体验的机会,未能形成主动探究的习惯.可见,“照方抓药”式的实验教学让学生知其然但不知其所以然,不利于培养提出问题、设计实验、数据分析获得结论以及表达交流的能力.传统实验教学方法难以满足现阶段的实际教学需求和发展学生的科学探究能力,迫切需要引入有效的实验教学方法.

1 基于科学探究的学生自主实验

1.1 基于科学探究的学生自主实验内涵

基于科学探究的学生自主实验是指以培养学生的科学探究能力为目的,创设生活情境引导学生发现并提出问题,准备充足实验器材让学生自主设计实验方案,并通过小组合作开展实验,收集、分析、整理数据并获得结论,对结论作出合理解释和评价的实验教学方法.

1.2 学生自主实验设计的主要途径

为了提高学生实验探究能力,发展科学探究素养,课堂内外要创设更多让学生动手做实验的机会,除了完成教材规定的分组实验外,还可以采取以下措施:

收稿日期:2023-11-15; **修改日期:**2023-12-21

基金项目:广州市教学成果培育项目(No. 2024111446)

作者简介:孙青(1999—),女,山东青岛人,华南师范大学物理与电信工程学院2021级硕士研究生,研究方向为中学物理实验教学. E-mail:1533959724@qq.com

通信作者:刘长灿(1981—),男,广东番禺人,广东番禺中学高级教师,硕士,从事中学物理教学工作. E-mail:83131852@qq.com

1)对原有实验进行改进. 新课标要求学生必做实验 21 个,不同版本的教材可能有不同的实验方案,师生可以以教材实验为依据,根据现有实验条件、学生水平选择不同的实验方案,也可以对教材的实验方案进行改进和创新. 例如将定性探究变为定量探究,验证性实验变为探究性实验,设计不同的实验方案进行实验等.

2)将演示实验转化为分组实验. 外部刺激的强弱直接影响课堂学习的效果. 以观察为主的演示实验,学生的主动参与程度较低,仅参与了观察现象和分析数据获得结论的实验环节,未能充分调动学生提出问题、设计方案、实验操作、分析数据、形成结论并与他人进行讨论的全过程. 在实验条件(器材)许可的情况下,可以将演示实验变成分组实验,让更多的学生体验实验完整过程,经历实验全部关键步骤,培养学生的科学探究能力.

3)通过实验再现习题场景. 习题是学生最常见的学习资源,是真实情境下抽象出来的物理问题. 有时习题描述的现象较为抽象,学生难以理解,如果能用实验再现习题描述的场景,对准确理解题意,帮助学生建构物理模型等方面具有重要作用.

2 自主实验设计培养科学探究素养

2.1 创设情境,激发猜想假设

基于真实和生活化的情境能够引起学生的学习兴趣,增强学生的好奇心. 教师根据研究的主题创设情境,提出要研究的问题后,学生根据情境和问题,提出有价值的猜想和有依据的假设. 適切的情境可以使学生聚焦于探究主题,激发学生积极思考,提出猜想和假设.

1)从生活现象中创设情境,激发猜想假设. 例如,研究曲线运动的方向时,展现圆周运动的轮胎溅出的碎石沿着轮胎的切线方向飞出的生活情境时,提出探究曲线运动的速度方向. 通过熟悉的生活情境中引出问题,学生不难猜想其方向,容易根据该现象设计新的实验验证曲线运动的方向沿切线方向.

2)从自制教具中创设情境,激发猜想假设. 例如,讲授影响向心力大小的因素时,为了让学生猜想向心力大小可能与转动的快慢、转动半径和研究对象的质量有关,可以用棉线系着小球,并将棉线穿过圆珠笔筒,让学生通过实验探究并提出

有依据的猜想,如图 1 所示.

3)从演示实验中创设情境,激发猜想假设. 例如,演示曲线运动条件的实验时(图 2),将磁铁放在小钢球运动的正前方,小球做直线运动到达磁铁处,将磁铁放在小球运动的侧面,小球运动轨迹向磁铁一侧弯曲,让学生根据此现象探究曲线运动的条件. 引导学生根据演示实验现象提出“小球受到与运动方向不在同一直线上的力的作用”的猜想.

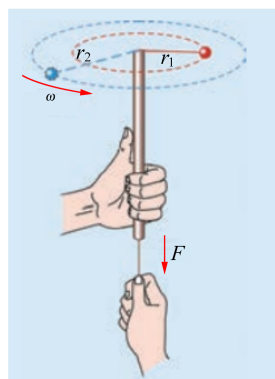


图 1 猜想影响向心力大小的因素^[3]

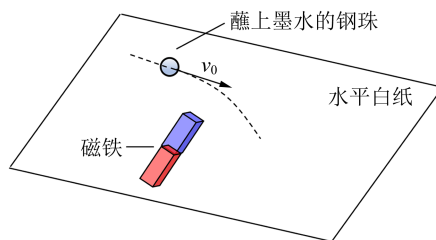


图 2 钢球的曲线运动

2.2 制定方案,增强实践本领

明确了需要研究的问题后,学生提出有价值的猜想、有依据的假设. 此时,为了验证猜想假设,需要制定实验探究方案,并选择合适的实验器材,实施实验过程. 学生的思维灵活多样,不同小组可能设计出的实验方案不同,教师课前尽量预设学生可能想到的实验方案并准备相应的实验器材. 教师在实验过程中承担引导者的角色,在保证安全的情况下,让学生组成实验小组大胆探索和尝试,这样的教学环境可以有效激发学生的创造力.

在探究“曲线运动物体的速度方向”时,可以提前准备好:印台、白纸、水、水写布、透明 PVC 软管、小球、斜面、硬质纸条、注射器、透明细软管、墨水、轨道等器材. 教师应给出必要的实验提示,例如给做曲线运动的研究对象(如小球)初速度,

观察其脱离曲线运动轨道时的运动轨迹,要求学生根据提供的实验器材和实验目的,设计实验方

案,观察实验现象,收集实验数据. 学生可能设计出的实验方案如表 1 所示.

表 1 可能的实验方案和使用的实验器材

实验方案	实验	研究对象	曲线运动的轨道	给初速度方式	记录运动轨迹方法
方案 1	小球以一定初速度进入轨道,观察小球离开轨道后的运动轨迹.	小球	可组装式弧形轨道	轻推	墨迹
方案 2	将透明 PVC 软管制成轨道,观察小球离开软管后的运动轨迹.	小球	透明 PVC 软管	自由下落	水+水写布
方案 3	将注射器和透明细软管组合起来,在注射器中加入一定量墨水,将细软管固定成曲线,推动注射器,观察墨水喷出的轨迹.	墨水	注射器透明软管	注射器挤压	墨迹
方案 4	将硬质纸条固定,学生利用斜面给沾满墨汁的小球初速度,发现小球在滑出纸壳后做直线运动.	小球	硬质纸壳	沿斜面下滑	水+水写布

学生具有创造性和自主意识,设计出的实验方案多种多样,教师可鼓励学生根据实验目的选择实验器材设计实验方案. 有小组认为水写布比较环保,选用水写布+水记录轨迹;也有小组认为用白纸+墨迹能使轨迹长久保留;也有小组认为可拆卸的拼接轨道容易操作;还有小组认为硬质纸条轨道可以任意改变小球离开轨道的方向,使实验具有普适性.

学生自主设计实验方案的关键是学生的创意和思想. 学生自主设计实验方案要求器材简易,使用简单,现象直观明显,获取信息的方式应与实验器材和方案密切相关,采集的实验信息应直观、易采集、误差少等. 教师引导学生用常见物品、简易器材进行实验探究,运用身边的工具验证观点,培养学生的证据意识.

2.3 处理数据,培养解释能力

实验数据处理过程是依据实验现象(证据)向实验目的(结论)论证的过程. 学生设计实验方案时要考虑收集哪些数据并使用何种方法处理数据. 不同的方案有不同的处理方法. 学生没有复杂的数据处理软件和信息采集装置,依据学生能力水平和可使用的工具,学生可以使用表格收集数据,观察数据之间的联系,对数据进行合理猜想,并用图像直观地呈现数据反映的物理规律.

设计表格收集数据是实验思想转化为具体操作步骤的重要环节,根据实验方案设计表格收集数据是有目的地整理数据的第一步. 哪些证据有效,

哪些证据无效,怎样能直观呈现证据的关系,需要学生综合考量后才能设计出表格. 例如,用向心力演示仪(图 3)探究向心力 F 与质量 m 、半径 r 和转动角速度 ω 的关系. 首先,考虑使用控制变量法,逐一寻找 $F-m$ 、 $F-r$ 和 $F-\omega$ 的关系,故需要设计 3 个表格,其中质量 m 与半径 r 不变时,研究向心力 F 与角速度 ω 关系的表格如表 2 所示.

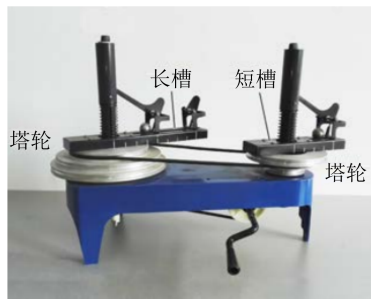


图 3 使用向心力演示仪探究向心力的大小

表 2 探究向心力 F 与角速度 ω 关系的数据记录表格

实验次数	角速度之比	向心力之比(标尺格数)
1	1 : 1	
2	1 : 2	
3	1 : 3	

借助图像寻找物理量之间的关系. 先观察数据,对数据进行初步地判断,猜测 2 个物理量之间的关系,如线性关系、正比关系、反比关系、平方正比关系、三次方正比关系、平方根正比关系、平方

反比等,根据猜测增加数据列表,写出该物理量的平方、三次方、平方根、平方的倒数……然后将两物理量画成图像,佐证猜想。例如,探究向心力大小 F 与角速度 ω 关系时,发现 F 与 ω 不是线性关系,但是 F 随着 ω 的增大而增大,猜测 F 与 ω^2 成线性关系,此时在表格中增加 1 列“角速度的平方”,用于观察关系,并根据 $F-\omega^2$ 画出图像,佐证猜想。

数据处理的方法有很多,不同的实验现象要求有不同的数据处理方法。但是无论用何种方法处理数据,数据处理的过程都是根据实验证据论证实验结果的过程,该过程有方向,有明确的目的,是实验思路的表达过程。在学生自主实验环节,让学生经历设计实验数据的收集方式,选择数据处理方式,即是提高归纳实验现象,形成实验结论并解释实验结论能力的过程。学生自主设计实验过程中,数据记录和处理的越简单、越直观,学生越容易运用,对归纳实验结论越有帮助。在选择数据处理方法时,应选择学生能熟练使用、收集和处理数据的方法,不建议使用复杂的软件或方法处理数据。

2.4 评估反思,发展交流素养

各实验小组获得实验结论后不能止步,要用简洁、准确的语言将结果表达出来,并对结果作出必要的说明。讨论、展示和交流过程,可以围绕以下问题进行:

- 1) 设计本实验方案的依据,选择这些器材的利弊。
- 2) 基于何种原因,采用了何种数据处理方式。
- 3) 实验的实施和数据处理阶段有没有遇到困难,如何分析解决这些困难。
- 4) 分析本方案的实验误差,如何减小误差,探究对实验方案的改进措施。
- 5) 对比不同实验方案获得的结论是否一致,发现差异后寻找原因。

学生在选择器材制定方案以及进行数据处理时会有自己的考量和顾虑,给学生提供交流、反思的机会,表达自己的想法,倾听同伴的见解,通过交流、讨论、质疑、评估、反思不仅增强了学生的科学探究水平,同时也培养了学生的科学思维。

设计学生的自主实验教学环节,发展学生的问题—证据—解释—交流能力,培育学生的科学探究素养,教师要做好以下工作:

1) 创设激发探究热情的情境,通过问题聚焦研究主题,鼓励学生做出猜想和假设。

2) 提前准备充足的实验器材,鼓励实验小组制定可行的实验方案。

3) 组织学生实施实验探究过程,让学生自主设计数据采集和处理方式。

4) 搭建交流讨论的平台,培养学生反思质疑的能力。

学生自主实验环节与科学探究素养培育的关系如图 4 所示。学生自主实验教学由 4 个环节组成,部分教学内容可以让学生经历完整的探究过程,部分教学主题只适合使用其中的 1~2 个教学环节。设计自主实验环节过程中,对于使用几个环节或使用哪些环节进行教学应不拘泥于形式,而是重视课堂实效。

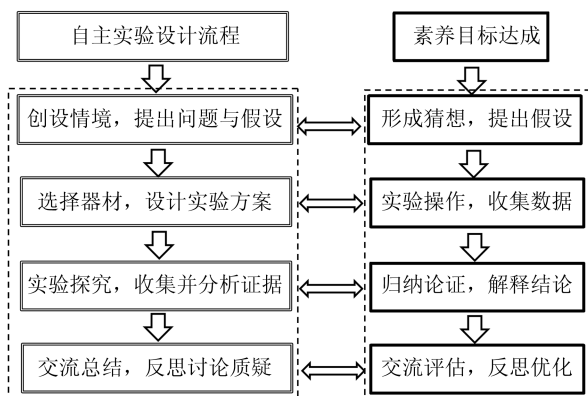


图4 自主实验设计流程及素养目标达成

3 结束语

在课堂上培养学生的自主实验意识,引导学生用常见工具进行探究,鼓励学生课外使用实验、证据的思想验证日常的猜想,将课内培养的科学探究素养延伸至课外。提高学生科学探究素养是持久性工作,要求教师有实验探究的意识,在课堂上有实验探究的教学渗透,以及有培育学生用证据证明观点的习惯,长期坚持设计学生自主实验,可以增强学生的实验能力,提高学生的科学探究素养。

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(2017年版2020年修订)[S]. 北京:人民教育出版社,2020.

(下转 63 页)

Physics experiments teaching based on project-based learning —— Taking self-made whistling arrow as an example

CUI Yue, YANG Xiaorong

(School of Science, Tibet University, Lhasa 850000, China)

Abstract: Project-based learning is a new teaching mode, an effective way and means to promote the development of students' core quality, and can truly reflect the curriculum concept of "learning by doing" advocated by the reform of basic education. In this study, project-based learning consisted of four stages: theme selection, teaching analysis, project implementation, project results display and evaluation. On this basis, the self-made whistling arrow project was designed in the conservation law of mechanical energy, which was a traditional Tibetan sports activity. The self-made whistling arrow project could not only promote students to construct knowledge, but also enhanced students' ability of model construction and scientific reasoning, as well carried forward the excellent traditional Chinese culture. The students could experience the life and cultural connotation of physics, so as to effectively improve the quality of physics teaching.

Key words: project-based learning; law of conservation of mechanical energy; whistling arrow

[编辑:龙玉梅]

(上接 57 页)

(3):50-56.

[2] 黄晓,项于晴,汪晓东. 聚焦新课标与新教材 把握高中物理实验教学方向[J]. 物理实验,2023,43

[3] 熊建文. 普通高中教科书·物理(必修第二册)[M]. 广州:广东教育出版社,2020:1-50.

Design independent experiments to cultivate scientific inquiry literacy ——Taking curved motion as an example

SUN Qing¹, LIU Changcan², LI Dean¹

(1. School of Physics and Telecommunications Engineering,
South China Normal University, Guangzhou 510006 China;

2. Guangdong Panyu Middle School, Guangzhou 511483 China)

Abstract: In order to implement the requirements of curriculum standards to cultivate students' scientific inquiry literacy and overcome the phenomenon of students' routine and rigid experiments, this paper proposed the design of students' independent experiments based on scientific inquiry. According to the four elements of scientific inquiry, namely question, evidence, explanation and communication, four steps of students' independent experiments were proposed: creating situations and stimulating conjectures and hypotheses; develop plans and enhance practical skills; process data and develop interpretation skills; evaluate and reflect, develop communication literacy. And we took curve movement as an example to elaborate.

Key words: independent experiment; scientific inquiry; curved motion

[编辑:龙玉梅]