

【实验教法】

设计自主实验环节 培养科学探究素养

——以曲线运动为例

孙 青 刘长灿 李德安

【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

一、基于科学探究的学生自主实验

(一)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。

(二)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:

(1)对原有实验进行改进。《普通高中物理课程标准(2017年版2020年修订)》(以下简称“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,未能完整调动学生提出问题、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。

二、自主实验设计培养科学探究素养

(一)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。适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,如下页图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(见图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。

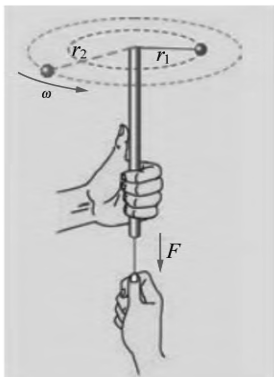


图1 猜想影响向心力大小的因素^[1]

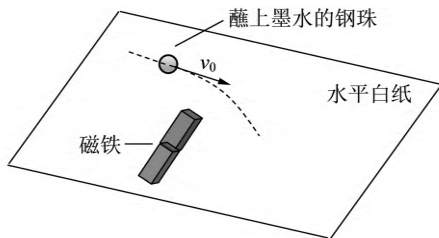


图2 钢球的曲线运动

(二) 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,可以提前做好准备: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。

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。

(三) 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

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

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。

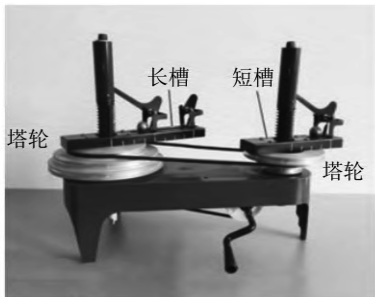


图3 使用向心力演示仪探究向心力的大小

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 呈线性关系,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。

(四)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(见54页)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

(下转第54页)

(二) 普适性

该实验装置利用生活中常用的材料与实验室现有的器材制作,整套装置成本低廉、制作简便、操作步骤简单,既可以用于课堂演示实验,也可以用于学生分组实验。在利用该实验装置开展探究实验的过程中,能够对抽象概念进行情境化处理,有利于降低学习难度。显然,一般学校都有条件开展该类创新实践制作活动,有利于推广与应用。

(三) 科学性

该实验装置突破了传统实验的局限性,减小了相对误差。在探究实验前,对橡皮膜松紧程度的调试,可保障实验探究的展开,并为实验数据的采集做好前期准备工作,为顺利地得出正确的实验结论提供科学依据,从而体现出装置的科学性,为创新实验教学赋能。

(四) 多功能性

实验装置的核心部分是由探究液体压强的U形管压强计改进而来,因此可以利用装置中一端开口、一端封有橡皮膜的立方体探头开展液体压强大小与液体深度之间关系的实验探究;在将两端封有橡皮膜的立方体探头从完全浸没开始一直缓慢下沉到液体深处的过程中,发现装置两侧各支U形管内液面的高度差均在增大,但2支U形管内液面高度差的差值却保持不变,可进一步引导学生推断出浸没在

液体中的物体受到的浮力与液体深度无关的结论。由此证明,利用1套实验装置,可以开展多项实验探究,凸显了装置的多功能性特点。

参考文献:

[1]中华人民共和国教育部.义务教育物理课程标准(2022年版)[S].北京:北京师范大学出版社,2022.

【作者简介】庄中木(1974-),男,湛江经济技术开发区民安中学高级教师,研究方向:初中物理创新实验教学(广东 湛江 524081);刘信生,庐江县龙桥镇初级中学(安徽 合肥 231551)。

【原文出处】《实验教学与仪器》(长沙),2024. 3. 44~46

【基金项目】广东省“十三五”教育科学研究2019年项目一般课题“中学生创新素养的发展路径与实践模式研究”(编号:2019YQJK400);广东省中小学“百千万人才培养工程”项目执行办公室2021年立项课题“研讨与体悟:乡村初中生创新素养发展路径研究”(编号:BQW2021XZC012);庐江县教育规划课题“‘双减’背景下农村初中科技创新教育实践策略研究”(编号:LJG202301)。

(上接第51页)
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。

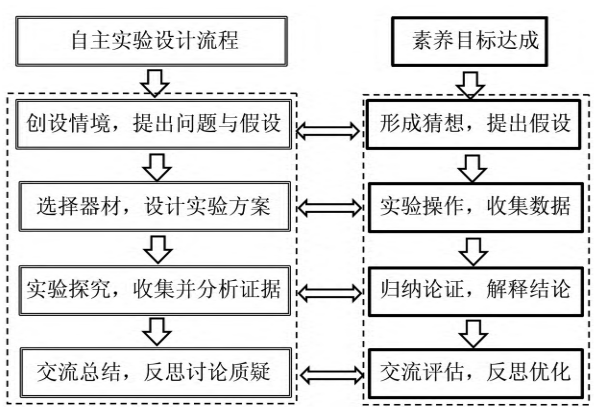


图4 自主实验设计流程及素养目标达成

三、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]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.

【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(广东 广州 510006);刘长灿(通讯作者)(1981-),男,广东番禺人,番禺中学高级教师,硕士,从事中学物理教学工作(广东 广州 511483);李德安,华南师范大学物理与电信工程学院(广东 广州 510006)。

【原文出处】摘自《物理实验》(长春),2024. 4. 54~57,63

【基金项目】广州市教学成果培育项目(No. 2024111446)。