·物理学家与物理学史·

HPS 教育中科学哲学在中学物理实验教学中的独特价值与实践方法

王 竑[1] 冯 爽[2] 黎 周[1]
(1. 北京市第八中学,北京 100033; 2. 北京教育学院,北京 100120)

摘 要: 本文从 HPS 教育中科学哲学的视角阐述了中学物理实验教学中科学哲学的独特价值与实践方法. 包括增强实验的可视性,培养学生准确的客观认知;改进实验原理和方法,培养学生对实验数据的科学态度;重视实验历程的再现,提升学生辩证思考和推理能力;拓展实验研究路径,引导学生掌握解决问题的思想方法. 这些研究的视角及实践方法,与普通高中物理学科 4 大核心素养相得益彰,为学生核心素养的养成和未来可持续发展提供了可借鉴参考的经验.

关键词: HPS 教育; 科学哲学; 物理实验; 核心素养; 实践方法

1 HPS 教育中科学哲学与物理实验

HPS 是 history philosophy of science 英文首字母缩写,是指基于科学史、科学哲学和科学社会学的科学教育. HPS 教育是近年来国际科学教育领域的一个研究热点. 关于科学史的科学教学在过去的 10 年间得到了中学教育工作者的重视并进行了一些实践工作,而关于科学哲学方面的科学教育依然是一个相当陌生的领域. 科学哲学致力于研究科学本身和与科学方法相关的问题,主要研究科学的本性、科学理论的结构、科学解释、科学检验、科学观察与理论的关系、科学理论的选择等.[1]

随着中国普通高中新课程改革的持续推进,科学哲学教育也开始逐步被基础教育工作者了解. 在高中课程中加强科学哲学教育就成为重要的研究方向以及实践平台. 本文主要聚焦在如何在中学物理实验教学中挖掘科学哲学的独特价值以及中学物理实验教学中科学哲学的实践方法两个方面的讨论.

众所周知,物理学是一门崇尚理性、重视逻辑推理的科学,是自然科学的重要组成部分. 物理学也是一门实验科学,物理学的发展,离不开大量的物理实验. 物理实验的设计思想、测量方法、分析推理等,也离不开科学哲学的指引. 将科学哲学引入课堂,不仅丰富了科学课堂教学,激发学生学习兴趣,促进学生了解和掌握科学哲学的方法论,帮助学生理解科学本质的思路和方法,也为学生未来从事科学研究奠定了思想方法的科学价值观. 正如《高中物理课程标准》所强调的——"物理科学是一门实验科学,让学生通过观察、操作、体验等方式,经历科学探究过程,逐步学习物理规律,建构物理概念,学习科学方法,逐步建立科学的世界观".[2]

2 科学哲学教育在物理实验教学中独特价值分析

中学物理实验教学是物理教学的重要形式和方法. 物理实验包括演示实验、学生分组实验和课外实验. 无论是哪种实验,都离不开仪器使用、观察测量、获取数据、分析处理数据、总结概括、得出结论的过程. 中学物理实验中所呈现的观察实验的视角、基于数据的科学态度、推理论证的思维方式以及研究问题的思想方法,是科学教育哲学的重要组成部分.

2.1 为学生认识实验提供认知视角

认知的视角属于认识论的范畴. 认识论(epistemology),即个体的知识观,是个体对知识和知

基金项目: 本文系北京教育学院 2021 年度课题"中小学线上线下混合式教学现状与模式研究"(课题编号 YB2021—09); 北京市教育科学"十三五"规划 2020 年度一般课题"新课改背景下教研员培训课程开发研究"(课题编号: CFDB2020165)研究成果.

通信作者: 冯爽(1982—),河南郑州人,北京教育学院物理系副教授,研究方向为物理教育教学、物理教师培训,电子邮箱: txyoux@hotmail.com.

识获得所持有的信念.包括对知识结构和知识本质的信念和有关知识来源和知识判断的信念,以及这些信念在个体知识建构和知识获得过程的调节和影响作用.物理实验现象是实验过程中最直观的反映.只有学生对亲眼所见的现象持有认同的信念,才能在此信念的基础上建构和获取知识.这不仅仅涉及观察力的问题,也涉及认识论的问题.因此,在物理教学中要有机穿插科学哲学中的认识论思想.可以帮助学生对现象的认同及知识的建构.

例如,在高中新教材必修第 1 册“运动和力的关系”一章中对力与运动之间关系的研究,可以从物理学史的角度讲解不同的认知水平对形成科学的理论的重大影响.亚里士多德认为必须有力作用在物体上,物体才能运动;没有力的作用,物体就要静止在某个地方.亚里士多德得到上述结论,是建立在“生活直觉+观察”的认知基础上.伽利略并没有止步于观察,终于发现将人们引入歧途的原因是摩擦的存在,并通过“实验+科学推理”的新的认知视角,找到了解决运动和力关系问题的方法,揭示了“力是改变物体运动状态的原因”的本质属性.

2.2 有助于培养学生分析数据科学态度

辩证唯物主义哲学最基本的观点是尊重客观实际,并准确地反映客观实际.物理实验离不开物理量的测量与数据分析.尊重测量结果,并选用合理的方法分析测量结果,是得出正确结论的基础.因此,在物理教学中有机融入辩证唯物主义的科学哲学思想,有助于培养学生尊重客观结果的科学态度.

例如,人教版必修第 1 册第 4 章“运动和力的关系”第 2 节为“探究加速度与力、质量的关系”.学生通过实验获得数据如表 1 所示,利用实验数据,画出 $a-F$ 的关系图像如图 1 所示.

表 1 物体受力与加速度关系

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
力 F/N	0.098	0.196	0.294	0.392	0.490	0.588	0.686	0.784	0.882	0.980	1.078
加速度 a/m·s^{-2}	0.177	0.364	0.539	0.751	0.983	1.121	1.292	1.416	1.536	1.690	1.776

从绘制出的数据点可以发现,当外力较大时,数据点不在一条直线上,而是偏离了原来的方向,如图 1 所示椭圆所覆盖的数据点.是让图线涵盖这些数据点,还是以较小外力数据点为基础绘制图线?教师此时可以引导学生思考为什么外力较大时会出现偏差?引导学生分析产生误差的原因.学生只有尊重事实,尊重实验数据,才能最终得出科学的结论.

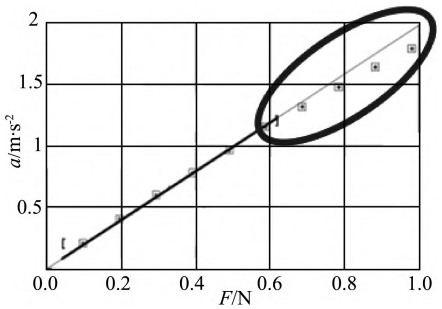


图 1 $a-F$ 关系

2.3 为学生推理论证提供思维方式

世间万物之间是互相联系,互相影响的,而辩证思维正是以世间万物之间的客观联系为基础,而进行的对世界进一步的认识和感知.在物理实验教学中,可以将辩证思维引入物理推理过程,帮助学生科学地建立物理概念.

以人教版必修第 1 册第 1 章“运动的描述”第 4 节“速度变化快慢的描述——加速度”教学为例,如图 2 所示,教师会在教学中引导理解图线斜率的含义,即利用速度变化率$\frac{\Delta v}{\Delta t}$可计算加速度.这种教学过程是按照教材的叙述顺序进行的.爱思考的学生不禁会问:为什么用速度的变化量除以时间表示加速度?而不用速度变化量除以位移表示加速度呢?科学家在最初定义加速度时,是如何想到除以时间呢?这是学生思辨思考的萌芽,也是未来学生进行科学研究所必须具备的基本素养.在中学阶段的教学中,启发并保护学生的这种辩证思维的火花,引导并激发其沿着科学家思考问题

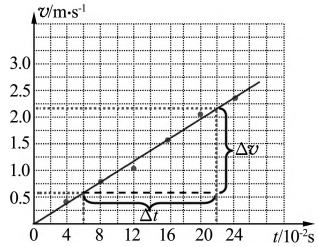


图 2 $v-t$ 关系

的视角研究问题，是科学哲学教育所倡导的教育理念.

笔者认为在课堂教学中，应将加速度定义的历程及科学家辩证思考的过程呈现在学生面前. 最初，伽利略及自然哲学 2000 多年间所有的前辈都把它定义为速度的增加与所通过的距离之比. 考虑到加速物体的速度随时间和距离的变化不断增加，而通过的距离更易测量，也更易被触觉和视觉所感知，似乎给出这样的定义是非常自然的. 骑在飞驰的马背上，看到柱子经过，却看不到时间的流逝. 伽利略在研究的过程中，认识到匀加速（自由落体）所经过的距离随所耗时间的平方增加. 进而推理出速度随时间增加是均匀的，因此在他中年时，将加速度改为现代定义. 如果不了解伽利略对加速度定义的研究历程以及伽利略对位移随时间变化、速度随时间变化的推理论证过程，学生是很难理解科学研究的辩证思考过程的. 因此，在教学中重现加速度定义的演进，有助于启发学生深度思考，学生由此能意识到科学中概念的建立也是经历了辩证思考和逻辑推理的科学哲学研究过程的.

2.4 为学生解决问题提供研究方法

解决问题的方法即方法论. 它就是人们认识世界、改造世界的一般方法，是人们用什么样的方式、方法来观察事物和处理问题. 高中物理实验中蕴含着大量的方法论运用范例.

例如，必修第 3 册第 9 章“静电场及其应用”第 2 节“库仑定律”的内容中，人们利用引力和电力或磁力的相似性用类比方法进行推测，对库仑定律的发现起到借鉴作用，但是如果没有实践的检验，再聪明的头脑也无法做出决断. 库仑发明了电扭秤实验装置，找到了测量微小电力的方法，使问题迎刃而解. 该实验提供了多个解决物理问题的思路，包括类比方法、模型建构、微小量放大的方法、均分方法、转换方法等. 这些实验的思想方法所蕴含的科学哲学思想，为学生理解科学家的思考及实践提供了思想的支撑. 因此，每次学生做实验时，都为实验仪器设计的巧妙所折服，都为实验结果同理论推理结果的巧妙吻合而惊喜.[3]

3 科学哲学教育在物理实验教学中的实践方法

鉴于科学哲学在中学物理实验教学中拥有不可替代的独特价值. 在中学物理实验教学中应当进一步融入科学哲学教育，培养学生的核心素养. 科学哲学在物理实验教学中的实践方法有以下 4 个方面.

3.1 帮助学生形成客观认知

观察是实验的起始环节. “眼见为实”是人类对自然现象认知的基础. 中学物理课堂教学中有大量的演示实验. 如何让学生能更清晰地观察实验现象，需要教育工作者潜心研究，精心设计实验，帮助学生更清晰地观察实验现象，并通过观察现象理解原理. 例如：研究处于静电平衡的导体其表面电荷分布特点的实验. 处于静电平衡状态的导体，内表面没有电荷，电荷都分布在导体的外表面. 导体的这一特性，对学生而言，理解是非常困难的. 如何能让学生清晰地观察其电荷只分布在导体的外表面？ 在进行演示实验设计时，可以设计将金属网摆成不同的形状，例如摆成圆形，如图 3 所示. 同时，利用摄像头进行摄像，将实验现象投影到屏幕上，学生即可清晰地看到，摆成圆环的金属网的内部丝线下垂，金属网外部的丝线张开. 将导体的这一特性直观化，可以帮助学生更加深刻地理解处于静电平衡状态导体表面电荷分布的特性.

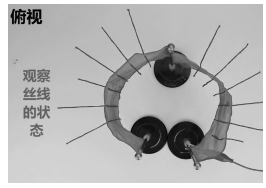


图 3 静电平衡实验

3.2 改进实验原理和方法，培养学生对实验数据的科学态度

物理实验的理论分析，一般都存在枯燥难懂的问题. 如何帮助学生理解生涩难懂的原理？ 以科学哲学为指导，通过创新设计实验，合理改进实验方法，借助信息化手段，让学生在真实的数据面前产生清晰的认识，可以培养学生对实验数据的科学态度，达到事半功倍的效果.

例如，限流和分压电路的特点是学生在学习恒定电流知识中的难点. 如何选择不同阻值的滑动变阻器？ 笔者对原有实验进行了改进，通过选择一定阻值的电阻和最大阻值不同的滑动变阻器搭建限流和分压电路，进行实验数据测量，利用半值分析法，借助计算机 Excel 设置数学公式作出电流随滑动变阻器滑动端移动距离与变阻器总长度比值的关系图线. 以分压电路为例，当 $R_x = 12\ \Omega$，分别与规格为 5 Ω、50 Ω、200 Ω、1750 Ω的滑动变阻器连接分压电路. 利用实验数据作出输出电压随滑动端移动比例的关系图线. 通过直观的图像，学生很容易分析可得，滑动变阻器总阻值比负载电阻小或相近，图线线性较

好;而随滑动变阻器总阻值增大,图线非线性明显,不便于调节.学生比较容易理解应选择 5 Ω 的电阻调节效果更好.

上述实验过程采用了以实际测量的数据绘制的图线来客观地反映了不同滑动变阻器的调节效果的方法,使学生养成尊重客观实验数据,基于客观数据得出科学结论的科学哲学思想.

3.3 提升学生的科学思维能力

以往传统的物理教学往往是直接给出物理定律的公式表达,辅以一些常规的习题.这种教学方法没有挖掘到物理规律研究历程中的辩证思考及推理,使实验素材的科学内涵很可惜地流失了.物理新课程标准要求在教学中要重视物理规律的探究历程,提升学生辩证思考和推理能力.

以必修第 1 册第 2 章"机械运动"的第 2 节"单摆"为例,本节内容的核心是理解单摆的等时性,并能够使用 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 计算单摆的周期.单摆的运动存在于人类的生活中之中,人类对单摆运动的研究不是一蹴而就的.从 14 世纪尼科尔·奥雷斯姆的想象实验——物体穿越地心,到 15 世纪 90 年代达·芬奇对物体沿着圆环和弦下落的研究,这是伽利略后来的弦定律前身,再到 1588 年伽利略的脉搏摆以及 1602 年伽利略关于在圆周内弦上运动的两个主张,直到 1610 年伽利略关于单摆的成熟的主张.这一研究历程,离不开诸多科学家的逻辑思考,并通过实验推理证明自己的观点.在中学物理教学中,引导学生沿着前人对单摆运动研究的历程,对人们如何发现单摆运动的规律,以及在研究单摆规律中如何辩证思考及分析推理,并归纳总结规律的历程进行分析,才能对单摆的特点及周期公式有更加深入的认识,并能理解单摆的研究所经历的辩证思考及分析推理历程所带来的成果.如准确的计时方法,发现守恒和碰撞定律,测定重力加速度 g 的值,表明 g 从赤道到极地的变化,从而确定地球为扁球形.这些历程的再现以及研究过程中所带来的人类对自然的深入认识及应用,远比利用单摆的周期公式进行计算对培养学生的科学史观和科学哲学思想更具价值.

3.4 引导学生掌握解决问题的方法

物理学的每一点进步,都离不开实验的验证过程.物理教学要不断拓展实验研究路径,解决遇到的问题,引导学生掌握解决问题的科学哲学思想方法.

以高中物理必修第 3 册第 13 章"电磁感应与电磁波初步"第 2 节"磁感应强度 磁通量"教学为例,如何通过实验,帮助学生理解磁感应强度的定义,即 $B=\frac{F}{Il}$,是教学重点和难点.由于 F 不方便测量,课堂教学很难进行实验研究.此时,如果通过转换磁场的方向,使载流金属棒在磁场中受到的作用力 F 变为竖直方向(如图 4 所示),即可方便使用传感器测量竖直方向上磁场力 F 的大小.这一教学过程通过变更磁场方向的方法,将磁场力变为易测,拓展了学生解决问题的思路,引导学生掌握解决问题的科学哲学思想方法.

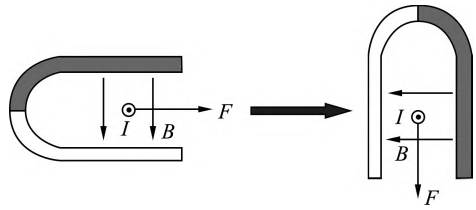


图 4 载流金属棒在磁场中受力情况

4 结束语

物理观念、科学思维、科学探究及科学态度与责任是高中物理学科核心素养的重要组成.这些素养的形成,离不开 HPS 教育中科学哲学的指引.[4,5]科学哲学教育,指引物理教育者和物理学习者形成认识自然的基本观念,包括物质观念、运动与相互作用观念、能量观念、守恒观念等,即物理观念.科学哲学教育,是从物理学视角对客观事物的本质属性、内在规律及相互关系的认识方式,尊重事实证据和科学推理,质疑和批判,提供创新思维等,即科学思维.科学哲学,遵从观察和实验,获取信息和处理数据,交流与反思,这是科学探究的过程.科学哲学教育,注重科学思维的培养,重视以探索自然的内在动力、实事求是的科学态度认识科学本质,实现社会价值.在未来的中学物理教学中,以实验为载体将 HPS 教育中的科学哲学引入课堂,必将使得中学物理教学焕发新的生机,对提升学生的学科核心素养将会发挥更大的作用.

参考文献:

1 刘恩山,郭元林,黄晓译.科学教学——科学史和科学哲学的贡献[M].北京:外语教学与研究出版社,2017.

2 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.

·教师进修园地·

高中物理教师实验技能现状与提升策略

裴兆洋
(湖州市南浔高级中学,浙江 湖州 313009)

摘 要:随着新教材的启用与实施,实验教学的地位愈发重要.这意味着物理教师的实验能力需要进一步提高.通过高中物理教师实验技能比赛的过程与结果分析了高中物理教师实验技能现状,针对比赛中存在的问题,结合自身的物理实验教学经验,提出了提升高中物理教师实验技能的策略.

关键词:实验技能;提升路径;实验教学启示

“提高教师实验教学能力”是“教育部关于加强和改进中小学实验教学的意见”的主要举措之一.教师自身的实验技能是实验教学能力的基础.物理教师实验教学能力如何,提升物理教师实验教学能力的策略是否有效,哪些因素影响了物理教师实验教学能力提升,都是值得研究的问题.本文通过高中物理教师实验技能比赛的过程与结果分析了高中物理教师实验技能现状,针对比赛中存在的问题,结合自身的物理实验教学经验,提出了提升高中物理教师实验技能的策略.

1 高中物理教师实验技能现状

高中物理教师实验技能应该包括实验操作能力、观察能力、数据处理能力、误差分析和设计实验方案能力等.[1]这些技能会保证教师对每个实验能够熟练掌握,规范完成,知道常见的数据处理方法以及不同方法的优劣性,会分析误差产生的原因,具有改进和优化实验设计方案的意识.同时,在思考实验设计时敢于探索延伸并大胆尝试创新.

然而,一些物理教师受应试教育影响,日常教学仍普遍存在重理论、轻实践的现象.加之教育信息化水平日益发展,技术元素不断涌入,多数实验都能通过软件模拟或视频形式呈现,更加剧了教师实验技能退化的速度.联想到一次参加同课异构活动的场景,一位青年教师在演示摩擦起电实验时,玻璃棒反复摩擦后,枕形导体下面金属箔片始终没有出现该有的现象,教师自己也不知所措.虽不排除紧张所致,但主要还是教师自身的技能储备不足、操作错误等,导致简单的演示实验失败.教师实验技能不足的问题,在教师实验技能比赛中表现得尤为明显.

笔者于 2021 年 12 月参与了本市高中物理教师实验技能比赛,比赛分为理论和操作两部分,时间 50 min,参赛教师 30 人.从比赛结果与命题专家分析来看,参赛教师暴露出一些问题,值得深思.下面就以本次实验技能比赛为例,针对比赛中存在的问题,分析了高中物理教师实验技能现状.

本次比赛考查的实验内容:测定精密电阻的阻值.以下案例分析节选自试卷中教师出现高频错误的内容.

1.1 误差分析能力不足

案例 1.实验所用到的仪表及其参数如图 1 和表 1 所示,部分试题摘录如下.

(15 分)现在想用图 1 所示电表测量 6 W·7.5 Ω的电阻,要求表计最小读数不小于量程的 1/3,那么电压表量程选择_____ V,电流表量程选择_____ A;需要改变电表读数多次测量,现有滑动变阻器规格为 20 Ω·2 A,那么滑动变阻器应采用_____(选填“限流”或“分压”)接法.

(10 分)上述实验中,因电表内阻引起的系统相对误差为_____%,你认为影响该实验系统误差的最大因素是_____(尽可能优化接线方式,将接触电阻的影响减到最小,可不计).

3 史淑惠,张劼.大学物理实验中创新能力养成的哲学思考[J].教育教学论坛,2012(12):98-99.

4 冯爽.普通高中物理课程标准中物理学史内容分析及教学策略构建[J].物理教师.2021,42(4):21-23.

5 冯爽.中学物理课程跨学科实践主题的模型构建及实施路径[J].物理教师,2022,43(5):59-65.

(收稿日期:2023-03-19)