

高中物理实验教学中科学精神的探究

——以“金属丝电阻率的测量”为例

闫雅琦^{1,2} 王传坤¹ 周 勇²

1. 兴义民族师范学院 物理与工程技术学院, 中国·贵州 兴义 562400

2. 贵州师范大学 物理与电子科学学院, 中国·贵州 贵阳 550000

【摘要】物理学是以实验为基础的自然科学领域的基础学科。有效的实验教学能够培养学生以理性思维、批判质疑精神和勇于探究精神为主要要素的科学精神。本文以科学精神的主要要素为导向, 以“金属丝电阻率的测量”为例探讨了在高中物理实验教学中培育学生科学精神的基本途径即将选择权还给学生, 培养学生理性思维; 将操作权交给学生, 培养学生勇于探究精神; 将展示权还给学生, 培养学生批判质疑精神。

【关键词】高中物理教学; 科学精神; 物理实验; 电阻率

【基金项目】贵州师范大学-兴义民族师范学院联合培养硕士研究生创新基金(项目编号: GXCXJ-2024-9)。

党的十九届五中全会提出把科技自立自强作为国家发展的战略支撑, 其中青少年科学精神的培育是实现科技自立自强的重要一环。《普通高中物理课程标准(2017年版2020年修订)》中提到“实验能培养学生的科学态度和科学精神”^[1]。物理学是基于观察与实验, 建构物理模型, 应用数学等工具解决实际的物理问题, 通过科学推理和论证等方式形成的研究方法和理论体系。同时, 物理学是以实验为基础的学科, 物理实验要求学生调动知识储备, 积极参与并动手实践, 这一过程有助于培养学生的理性思维和探究能力, 形成科学素养。所以, 物理实验教学在培养学生科学精神、促进学生全面发展方面有着不可替代的重要作用。

然而, 笔者在实习期间发现物理实验教学的现状不容乐观。由于高中物理实验课时安排紧张、实验教学设备陈旧、实验器材短缺等问题, 多数物理教师会优先选择播放实验教学视频等方式完成实验课的教学内容。即使实验教学条件较好的学校, 教师也只是把实验课作为验证理论的补充课程。在实验过程中, 教师过分强调特定知识的理解和基本技能的训练, 缺乏对学生科学素养的培养, 很多学生无法在实验过程中体验到科学家探索自然规律的精神。因此, 学生处于一种被动的学习状态, 对学生的科学精神培养存在很大的缺陷。为了提高学生的科学精神, 本文以“金属丝电阻率的测量”一节为例, 探讨高中物理实验教学中培育学生科学精神的途径。

一、科学精神的内涵

在教学过程中, 科学精神是一个使用比较频繁的词语, 但作为一个理论概念, 科学精神的内涵一直处于

在争议中动态发展的状态。不同学者对于科学精神内涵地讨论也是各执己见、模糊不清。我国科学先驱者任鸿隽先生把科学精神定义为“求真理是已”, 并进一步提出, 科学家之所知者, 以事实为基, 以试验为稽, 以推用为表, 以证验为决……谓之科学精神^[2]。西南科技大学蒋道平教授对科学精神在历史发展线索和文化差异背景下进行全面考察, 并综合中外学者关于科学精神的概念, 给出了科学精神定义^[3]: “科学精神是人类在认识和改变世界的过程中用理性精神追求真理的态度和规范, 是质疑、实证、创新、自由、臻美等科学态度和精神气质凝结在人的意识和行为层面的精神面貌”。中科院王二平研究员认为科学精神可以概括为好奇、怀疑和批判理性, 以及实证理性^[4]。中央电视台科教频道制片人王宁以自身实践总结了科学精神的本质特征就是唯物、辩证、实践、创新^[5]。江苏省特级教师刘婷认为培育儿童的科学精神有四个基本要素, 分别是问题意识、科学大概念、探究方法和理性思维^[6]。

美国社会学家罗伯特·默顿从社会规范的角度出发, 提出科学精神应概括为以下四个方面: 普遍性、公有性、无私利性和有组织的怀疑性, 这一规则也被认为是构成了现代科学的精神气质^[7]。然而, 英国学者皮尔逊将科学精神特质进一步表述为客观性、实证性、怀疑性、审美性、为善性、公正性等^[8]。法国学者罗班分析了古希腊思想家的科学精神, 表现为“对事物永恒秩序的不计利害的爱”或“逻辑地作解释的需要”^[9]。唐永亮等人则分析了仁科研究室的传统, 将日本科学精神概括为“既讲求实际又追求真理; 既注重协作又尊重自由; 既有家长权威又有个性魅力的矛

盾统一体”^[10]。

在《关于全面深化课程改革落实立德树人根本任务的意见》中提到,中国学生发展核心素养包括人文底蕴、科学精神、学会学习、健康生活、责任担当和实践创新,其中科学精神是指学生在学习、理解、运用科学知识和技能等方面所形成的价值标准、思维方式和行为表现,包括理性思维、批判质疑和勇于探究。本文基于《中国学生发展核心素养总体框架》中科学精神的内涵,结合不同学者对科学精神的总结,对理性思维、批判质疑和勇于探究做进一步的细化,科学精神具体表现为:

(1) 理性思维

即尊重事实和证据,严谨求实的实证精神;能运用科学恰当的方式思考解决问题的逻辑思考能力;探索知识,不迷信权威的科学信念。

(2) 批判质疑

即面对需要解决的问题时能够独立思考,具有问题意识;面对不同声音时能够思辨质疑,具有反思意识;面对多种选择时能够缜密决断,具有辩证意识。

(3) 勇于探究

即有刨根问底、虚而不漏的求知欲与想象力;有不畏艰辛、持之以恒、变通创新的探索精神;有不畏强权、真诚协作、合作共赢的团队精神。

二、物理实验教学中培育学生科学精神的途径

金属丝电阻率的测量实验是《普通高中物理课程标准》要求的必做实验之一,学校应充分利用已有的实验器材,尽可能地让学生动手做实验。然而多数教师认为,以学生现有的知识和能力完成该实验很难起到实验教学应有的作用,学生只是简单的重复和再现,所以教师一般采用视频的方式代替实验操作,进一步完成本节实验教学。

笔者针对该现象对一线教师进行访谈,并了解到造成该现象的原因:按照人教版必修第三册教材地设计,金属丝电阻率的测量实验是学生掌握电源和电流的基本知识、导体电阻的概念以及长度测量工具的使用之后,以及学生熟悉串联电路和并联电路的基本规律之前进行的。在导体的电阻教学中,只有学生掌握了可以反映导体导电性能的物理量—电阻率,才能过渡到导体电阻率测量的实验教学。教学顺序从逻辑上来说符合学生知识建构特点,从学生完成实验所需的知识储备而言,学生能够利用不同测量工具如刻度尺、游标卡尺、螺旋测微器等完成对金属丝直径和长度的测量。但在金属丝电阻大小的测量时则会出现不同程度的问题。如教材提供的实验电路图是分压式电流表外

接的方法,如图1所示。然而现阶段学生只对限流式接法比较熟悉,如图2所示。学生不清楚为什么选择分压式、电流表外接的方式。同时,学生认为电流表和电压表均为理想电表,不同的电流表接法不会造成误差。因此,教学过程中,教师只能采用告知的方式让学生完成实验,这对学生核心素养和科学精神的培养意义不大。针对以上问题,本文以金属丝电阻率的测量为例,探讨如何在实验中培养学生的理性思维、勇于探究精神和批判质疑精神,进而提高学生的核心素养和科学精神。

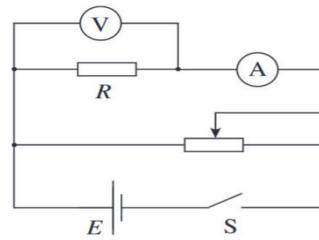


图1: 分压式测电阻示意图

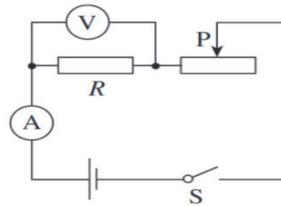
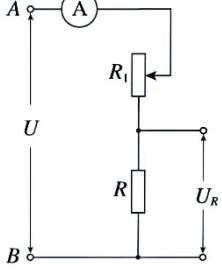
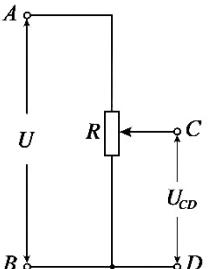
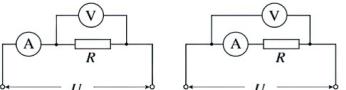
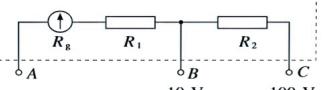
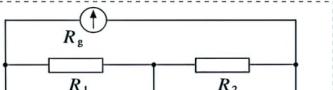


图2: 限流式测电阻示意图

(一) 将选择权还给学生, 培养学生理性思维

通过对教材地分析发现,“金属丝电阻率的测量”实验的下一节授课内容是“串联电路和并联电路”,该教学内容不但讲解了串联、并联电路的特点,同时在练习与应用部分以例题的形式涉及了滑动变阻器的接法、电流表内外接的误差分析和电表改装,如表1所示。因此,为了更好的让学生掌握对电阻地测量,在教学过程中可以适当调整教学顺序,即“金属丝电阻率的测量”实验前先完成“串联电路和并联电路”的讲解,并将电表改装、电流表内外接法以及分压式和限流式电路特点等内容作为串联、并联电路的应用介绍给学生,让学生对测电阻的不同方式有一定的了解。学生有了这些知识储备,在进行金属丝电阻率测量实验时,才能具有多种实验方法进行选择。因此,学生可以根据不同实验器材自主判断测量电阻的实验方式是否最优化,这一过程既可以让学生回顾所学内容,加深对串联、并联电路特点的理解,提高学生电路设计的能力,也可以有效锻炼学生运用科学的思维方式认识事物、解决问题、指导行为,有利于培养学生的理性思维。

表1: 教材例题

题号	题目要求	设计意图
1	 <p>改变滑动变阻器的阻值，计算电阻R两端电压的变化范围。</p>	<p>让学生运用串联电路的知识分析限流电路，体会限流电路的特点。</p>
2	 <p>改变滑动变阻器的阻值，分析电压UCD的变化范围。</p>	<p>让学生运用串、并联电路的知识分析分压电路，掌握分压电路的特点。</p>
3	 <p>计算不同连接方式得到的电阻测量值。</p>	<p>说明实际测量中，电压表、电流表是非理想电表，内阻将影响测量值的大小，给测量带来误差。要求学生能利用串、并联电路的知识分析误差产生的原因。</p>
4	 <p>计算不同量程电压表的接入阻值大小。</p>	<p>利用串联电路的知识解决复杂的电压表改装问题。</p>
5	 <p>计算不同量程电流表的接入阻值大小。</p>	<p>利用并联电路的知识解决复杂的电流表改装问题。</p>

【教学片段】教师首先强调该实验的实验目的和实验原理，即利用上一节得到的电阻公式 $R = \rho \frac{l}{S}$ ，得到 $\rho = \frac{SR}{l} = \frac{\pi d^2 R}{4l}$ 。根据导体的电阻、长度和直径来

求出导体的电阻率。然后，教师向学生介绍实验提供的不同型号测量工具，如表2所示。最后，教师要求学生思考如何更加科学准确地测量长度和电阻，测量过程中如何选择合适的测量仪器。通过教师的提示，学生会复习测量长度工具的使用方法和读数方式，以及尝试设计不同电路去测量电阻，该过程为后续的实际操作奠定了基础。

表2: 不同型号测量工具

实验目标	实验器材
长度测量	10分度游标卡尺、20分度游标卡尺、50分度游标卡尺；刻度尺；螺旋测微器等。
电阻测量	已知电阻范围的大电阻金属丝和小电阻金属丝、未知电阻范围的金属丝；已知内阻的不同量程电流表和电压表；未知内阻的不同量程电流表和电压表；不同电阻大小的滑动变阻器等。

【设计意图】通过教学顺序的调节即在第3节“导体电阻率的测量”之前先完成“串联电路和并联电路”的教学，目的是让学生在动手实验前就掌握串联、并联电路特点，电压表和电流表的改装、电流表内外接法的误差分析、滑动变阻器限流式和分压式接法的特点等知识，这样更有利于加深学生对电阻测量方法的理解。同时，在实验过程中将实验器材和测量方法上的选择权还给学生，让学生亲自选取合适测量工具去测量金属丝长度和直径，并思考何种方式可以以最小误差完成金属丝电阻大小的测量。该过程要求学生再次回顾掌握的知识，有利于知识的强化与建构，培养学生崇尚真知的科学态度，同时要求学生以事实为依据独立判断，有利于培养学生逻辑思考能力。

(二) 将操作权交给学生，培养学生勇于探究精神

【教学片段】教师根据实际教学需要将学生进行分组，每一组学生分发不同电阻大小的金属丝，分组情况如表3所示。要求各组学生以误差尽可能小为目的选择实验器材，设计电路图，连接电路，完成测量和数据处理以及误差分析。该过程中学生首先要学会小组协作和分工并在有限的测量器材范围内设计电路图，选择合适的测量方法，然后分工合作连接电路进行实验，并记录实验数据，最后根据实验数据采用恰当的数据处理方法得到金属丝电阻率的测量值。

表3: 实验分组实验表

通用仪器	组别	实验主要仪器	
10分度游标卡尺、20分度游标卡尺、50分度游标卡尺；刻度尺；螺旋测微器；不同电阻大小的滑动变阻器；导线；学生电源；开关；不同阻值大小的定值电阻。	第一组	已知电阻范围的大电阻金属丝	已知内阻的不同量程电流表和电压表
	第二组		未知内阻的不同量程电流表和电压表
	第三组	已知电阻范围的小电阻金属丝	已知内阻的不同量程电流表和电压表
	第四组		未知内阻的不同量程电流表和电压表
	第五组	未知电阻范围的金属丝	已知内阻的不同量程电流表和电压表
	第六组		未知内阻的不同量程电流表和电压表

【设计意图】以分组实验的方式代替教师演示或视频展示，将实验的操作权交给学生，有利于培养学生的动手操作能力和团队协作精神。除此之外，不同小组的实验内容不同，可以有效地防止学生互相抄袭、弄虚作假，更有利于培养学生严谨求实、不畏艰辛、持之以恒的科学态度。同时，在实验过程中，每个小组的实验内容与教材中的实验内容略有差别，导致学生无法直接复制教材内容完成实验。因此，学生需要根据实际实验内容变通创新，勤于思考，以优化实验电路为目的寻找减小误差的更多方法。从而进一步培养学生的探究精神和动手能力。

(三) 将展示权让给学生，培养学生批判质疑精神

【教学片段】为了更好地培养学生自主学习能力和批判质疑精神。教师让学生利用课余时间完成数据地处理和误差分析，进而在课堂上完成实验报告地展示。展示内容包括实验电路设计原理及依据、实验测量器材地选择、实验数据地处理、实验结果即所测金属丝的电阻率大小、实验误差来源分析与减小误差的方法等。每组展示完毕后，其他组针对实验过程出现的问题提出质疑和建议，教师根据每组的意见和建议做出总结。最后各个小组根据同学的意见和建议进一步的完善实验报告内容。

【设计意图】传统的实验教学是教师完成最后的误差分析与总结，学生缺少实验展示和反思的机会。将实验结果的展示权让给学生，让学生先对实验进行总结和反思，有利于强化对知识的理解与应用，更有助于强化学生的问题意识和思辨质疑的能力，从而才能具有在课堂交流过程中对其他人的实验进行分析和怀疑的能力。该过程不仅可以使学生进行多角度辩证地看待问题，还可以培养学生的批

判思维，有利于科学精神的培养。

三、结论

物理学是一门实验科学，实验是物理课堂的重要组成部分，对提高物理教学质量、培养学生科学精神起着不可替代的作用。因此，在日常实验教学中，教师应该以学生为本，更深入地了解学生实验所需相关知识和技能，灵活教学。教师根据实际教学情况调整教学内容安排，进一步为学生提供尽可能多的实验科学原理和方法。教师应当适当放手，将选择权、操作权和展示权交给学生。同时，教师在教学中要注重潜移默化地引入严谨求实、独立决断、思辨质疑、变通创新、团结协作、不畏艰辛的科学精神，让学生在实验中真正的感悟探索自然的乐趣，体会到科学家科学探究的精神。

参考文献：

- [1] 普通高中物理课程标准 [M]. 人民教育出版社, 中华人民共和国教育部, 2018.
- [2] 任鸿隽. 科学救国之梦: 任鸿隽文存 [M]. 上海: 上海科技教育出版社, 2002: 70.
- [3] 蒋道平. 关于科学精神内涵的多维解析——基于文化差异和历史线索视角 [J]. 科普研究, 2017, 12 (03): 8-18+104.
- [4] 王二平. 科学精神与科普 [J]. 科学与无神论, 2007, (05): 25-26.
- [5] 王宁. 科学精神的内涵把握与传播——以中央电视台科教频道的实践为例 [J]. 青年记者, 2017, (15): 26-27.
- [6] 刘婷. 从小培养科学精神与科学思维——小学科学课程育人价值开发 [J]. 人民教育, 2021, (21): 65-67.
- [7] 默顿. 科学社会学 [M]. 鲁旭东, 林聚任译. 北京: 商务印书馆, 2003: 363-364.
- [8] 皮尔逊. 科学的规范 [M]. 李醒民译. 北京: 华夏出版社, 1999: 9-11, 92.
- [9] 罗班. 希腊思想和科学精神的起源 [M]. 陈修斋译. 南宁: 广西师范大学出版社, 2003: 8-15.
- [10] 唐永亮, 孙慕天. 试论日本科学精神的内涵特征——以仁科室传统为例 [J]. 自然辩证法通讯, 2006, (05): 22-28+110.

作者简介：

闫雅琦 (1999. 01-) , 女, 汉, 山西大同, 硕士, 研究方向: 物理教学研究;

通讯作者简介：

王传坤 (1985—), 男, 汉, 安徽宿州, 博士, 教授, 主要从事物理教学与钙钛矿太阳能电池性能研究。