

# ADI 教学模式及其在高中物理实验教学中的应用

——以“电池电动势和内阻的测量”实验为例

周胜林 钱长炎

(安徽师范大学物理与电子信息学院 安徽 芜湖 241002)

(收稿日期:2020-07-24)

**摘要:**论证驱动的探究(ADI)教学模式将科学论证和科学探究有机融合,以科学论证驱动探究教学的演进,这种教学模式能够有效地培养学生物理学科核心素养,充分地发挥物理实验的教育功能.文章以“电池电动势和内阻的测量”实验为例,深入探讨ADI教学模式在高中物理实验教学中的应用,力图为新形势下的实验教学提供一些有益的帮助和启示.

**关键词:**ADI教学模式 电池电动势和内阻的测量 科学论证 科学探究

实验教学是物理课程的重要组成部分,对学生知识的学习和能力的发展起着关键的作用,历来备受广大物理教育研究者的重视<sup>[1,2]</sup>.随着我国基础教育物理课程改革的不断推进,如何更好地在高中物理实验教学中培养学生物理学科核心素养,已经成为物理教学研究领域新的重要课题.

论证驱动的探究(Argument-Driven Inquiry, 简称ADI)教学模式以科学论证为中心驱动学生自主探究,这种实验教学模式在很大程度上符合新高中物理课程的基本理念.本文在ADI教学模式的指导下,对“电池电动势和内阻的测量”实验的教学做较为全面的探讨,以期为新形势下的高中物理实验教学提供一些启示.

## 1 ADI 教学模式的基本思想及实施过程

ADI教学模式是一种渗透式导向的科学论证教学策略<sup>[3]</sup>.其论证结构是在图尔敏论证模式的基础上加以简化,主要有主张、证据和理由3个部分组成,如图1所示<sup>[4,5]</sup>.ADI教学模式的主张可以是一个猜想、结论、解释、描述或对研究问题的回答.证据是指收集的资料,用来支持主张的有效性和可接受性.资料的收集有多种形式,如测量、观察等,但为了

使这些资料能够形成证据,需要对其加以分析和解释.理由是说明证据的相关性和解释证据为什么能够支持主张.

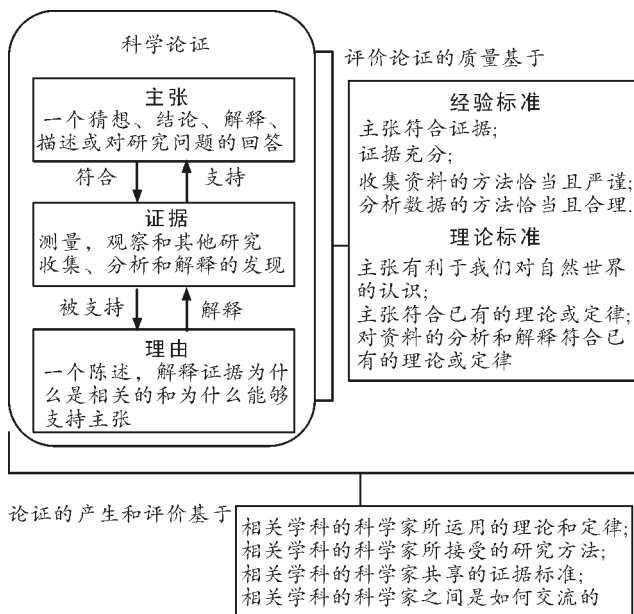


图1 ADI教学模式的理论框架

为了建构论证,学生需要以小组合作的方式围绕探究任务提出主张,然后根据主张设计实验,收集相关资料从而形成证据.接着,小组通过论证环节与其他小组分享论证过程,并从同伴的交流中得到批

作者简介:周胜林(1995-),男,在读硕士研究生,主要从事中学物理教学研究.

指导教师:钱长炎(1964-),男,教授,硕士生导师,主要从事中学物理教学、物理学史和科学思想史研究.

判和反馈.最后,经过全班反思,学生撰写探究报告并提交给同伴进行匿名评审.衡量学生口头论证和书面论证的质量主要依据经验标准和理论标准.而整个论证的产生和评价都是模仿科学家的研究过程,基于科学家所运用的理论、定律、模型、研究方法、证据标准和交流方式等.

相对于传统实验教学,ADI教学模式将实验探究与阅读、写作等活动相结合,利用科学论证驱动探究教学的演进,不仅突出了论证在学生获取知识过程中的重要作用,促进学生对核心概念和科学实践的理解,而且体现了物理学科核心素养的诸多要素,充分地发挥了物理实验的教育功能.另外,ADI教学模式理论结构简单,实施步骤明确,将该教学模式应用于高中物理实验教学中,可以有效改变教师因缺乏理论指导和相应的教学策略而难以实施论证教学的现状<sup>[6]</sup>.

“电池电动势和内阻的测量”是高中物理必修课中学生必做实验之一<sup>[7]</sup>.下面我们以“电池电动势和内阻的测量”实验为例,详细阐述ADI教学模式在该实验教学中的具体应用,希望为课堂教学提供参考.

## 2 基于ADI教学模式的“电池电动势和内阻的测量”实验教学过程及建议

根据ADI教学模式的基本思想及实施过程,结合“电池电动势和内阻的测量”实验内容特点,该节教学的实施框架如图2所示.

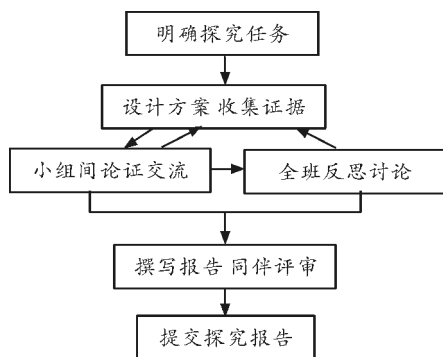


图2 基于ADI的“电池电动势和内阻的测量”教学实施框架示意图

我们将科学探究与科学论证有机融合,利用论

证驱动学生自主开展“电池电动势和内阻的测量”探究实验,从而既能保证实验教学的连贯性和交互性,又能充分发挥学生在实验方案的选择、数据处理和观点交流等方面的主体作用.

### 2.1 创设问题情境 设计实验方案 收集证据资料

核心素养目标下的高中物理教学强调在教学过程中注重问题情境的创设.我们可以利用可乐电池进行演示实验,创设真实的问题情境,激发学生的探究兴趣,实验装置如图3所示.



图3 可乐电池演示实验装置图

图中的容器内装有可乐,容器的两侧分别是铜片和锌片,这样的装置就可以构成可乐电池.将可乐电池与演示电表(旋转至 $0.5\text{ mA}$ 挡)、小灯泡等串联在电路中,闭合开关,引导学生观察小灯泡和演示电表的变化.实验发现,演示电表的指针发生明显偏转,但小灯泡不能发光,而用干电池作为电源为小灯泡供电,小灯泡却能发光.据此,启发学生思考原因,进而提出探究任务:测量可乐电池的电动势和内阻.相对于干电池和水果电池,可乐电池的内阻不仅较大,而且在短时间内不易发生明显变化,便于学生较长时间的测量.

随后,教师向每个小组提供探究任务清单(如表1所示),帮助学生建立与以往知识的联系,明确探究任务和要求,为学生自主进行实验和展开论证提供必要的支持.

各小组根据所提供的任务清单和实验器材,收集相关资料,设计实验方案(即主张),从而进行实验,获取数据.在此过程中,教师可以提出针对性的问题,帮助学生降低探究的难度.如“不同的实验思路有什么区别,你选择这一实验思路的依据是什么?”“你将如何处理实验数据?”“你是如何分析并减小实验误差的?”等.

表1 “可乐电池电动势和内阻的测量”实验探究任务清单

探究任务	测量可乐电池电动势和内阻
相关资料	<p>电源电动势和内阻不能直接测量,但是根据闭合电路欧姆定律,我们可以建立电源电动势、内阻、电流和路端电压之间的关系</p> $E = U + Ir$ <p>同样,我们还可以建立电源电动势、内阻、电流和外电路电阻之间的关系</p> $E = IR + Ir$ <p>电源电动势、内阻、外电路电阻和路端电压之间的关系</p> $E = U + \frac{U}{R}r$
实验器材	可乐电池,滑动变阻器,电阻箱,微安表(量程 $200 \mu\text{A}$ ,内阻 $500 \Omega$ ),电压表(3 V,内阻 $3 \text{ k}\Omega$ ,量程 15 V,内阻 $15 \text{ k}\Omega$ ),开关和导线若干
任务要求	<p>(1) 根据所给的相关资料和实验器材,设计实验方案,收集相关数据</p> <p>(2) 在白板上呈现实验电路图、实验过程、实验数据处理及推理过程等重要信息</p> <p>(3) 以小组为单位,向大家分享本组的实验方案,并就实验原理、实验方法、数据收集和处理等进行辩护和修正</p>

## 2.2 展开科学论证 反思讨论提升 明确实验方案

学生完成实验后,尝试建构科学论证.引导学生白板上呈现实验方案,然后和大家分享方案的基本原理、实验过程、数据处理及推理过程,并基于测量结果和相关资料阐述设计这一方案的原因.为了鼓励所有学生积极参与论证环节,教师可以采用循环的方式,让一名小组成员留在白板前与其他同学分享本小组的实验方案,其余成员则依次参与不同小组的交流和讨论,并就实验原理是否符合已有理

论或定律、实验方法能否有效减小误差、收集数据方法是否合理与严谨和分析数据方法是否恰当等方面进行批判.论证结束后,小组成员返回本小组,并根据其他同学的反馈意见修正实验方案或重新收集实验数据.

接着,教师引导全班学生进行反思讨论,利用解析法、等效电源法或图解法分析不同实验方案的测量误差,消除实验过程中的各种困难和各小组之间的差异,反思内容如表2所示<sup>[8]</sup>.

表2 4种实验方案误差分析

实验方案	实验方案 1	实验方案 2	实验方案 3	实验方案 4
电路图				
实验原理	$E = U + Ir$		$E = U + \frac{U}{R}r$	$E = IR + Ir$
误差来源	电压表分流; 电压表的示数不足 满刻度的 $\frac{1}{3}$	微安表分压; 电压表的示数不足 满刻度的 $\frac{1}{3}$	电压表分流; 电压表的示数不足 满刻度的 $\frac{1}{3}$	微安表分压
测量结果	$E_{\text{测}} = \frac{R_V E}{R_V + r}$ $r_{\text{测}} = \frac{R_V r}{R_V + r}$	$E_{\text{测}} = E$ $r_{\text{测}} = R_{\mu A} + r$	$E_{\text{测}} = \frac{R_V E}{R_V + r}$ $r_{\text{测}} = \frac{R_V r}{R_V + r}$	$E_{\text{测}} = E$ $r_{\text{测}} = R_{\mu A} + r$

通过初步测量发现, 可乐电池的内阻较大, 相对于电压表的内阻不可忽略, 因而采用方案 1 和方案 3 测量可乐电池的电动势和内阻产生的系统误差较大. 同时, 可乐电池电动势的理论值约为 1.1 V, 这使得方案 1, 2 和 3 中电压表的示数难以达到满刻度的  $\frac{1}{3}$ . 而对于方案 4, 电动势的测量值等于真实值, 内阻的测量值减去微安表的内阻即可得到电池内阻的真实值. 因此, 综合比较 4 种方案, 方案 4 是测量可乐电池电动势和内阻的最佳方案.

不仅如此, 在数据处理的过程中, 学生利用方程求解可乐电池的电动势和内阻也容易造成较大的实验误差. 所以, 教师应启发学生利用图像法处理实验数据, 如图 4 所示.

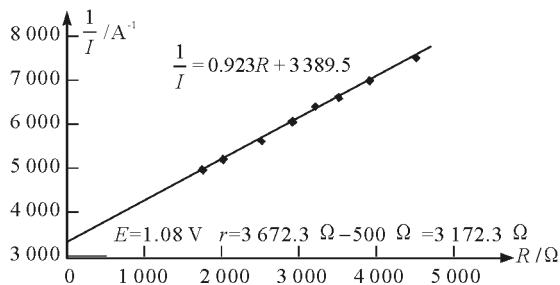


图 4  $\frac{1}{I} - R$  图像

以  $R$  为横坐标,  $\frac{1}{I}$  为纵坐标描点绘图, 则直线

的斜率为  $\frac{1}{E}$ , 纵截距为  $\frac{r + R_{\mu A}}{E}$ , 从而可以计算出可乐电池的电动势和内阻.

根据反思的结论, 引导学生对本小组的实验方案进行修正, 如有需要, 小组同学可以重新收集数据. 这一过程中教师应允许学生尝试失败, 鼓励学生从错误中反思和提升, 这样能够促进学生更深入地体会不同方案的差异和适用条件.

### 2.3 撰写探究报告 总结论证过程 同伴匿名评审

论文写作是科学研究的重要组成部分. 科学家不仅需要通过论文写作分享自己的研究成果, 而且还要理解和评估他人的研究论文. 因此, 教师可以以课后作业的形式, 引导学生用清晰简洁的语言撰写探究报告, 体验科学家群体的交流方式. 探究报告主要围绕 3 个基本问题: 你想做什么? 你做了什么? 你的论证过程是什么? 收到报告后, 教师将报告复印件随机发送给不同小组进行匿名评审, 引导同伴从探究目的、实验过程、科学论证和论文写作 4 个方面进行评价, 其中论证水平评价标准如表 3 所示, 完整的指标体系见参考文献[9]. 学生根据反馈信息对探究报告进行修改, 然后提交给教师进行第二次评定. 如果修改后的报告达到可接受的质量水平, 作者即可获得满分, 否则需要进行第二轮修正直到达到目标要求.

表 3 科学论证水平评价标准

评价内容: 科学论证	评价标准			
	没有	一般	好	很好
作者是否清晰完整地回答了所有的研究问题?				
作者的解释是否前后一致, 没有相互矛盾?				
作者是否使用恰当的数据对结论进行解释?				
作者是否使用恰当的形式呈现证据? (如表格、图形等形式)				
作者是否具有充足的证据支持他的解释?				
作者的证据是否有效可信? (实验方法正确并试图减小实验误差)				
作者的解释与现有的证据是否相符?				
作者的推理过程是否合理?				
作者的解释是否与其他小组的结论和课堂讨论的内容一致?				
作者是否使用了关键的物理术语?				
说明你评价“没有”或“一般”的原因:				

这一环节不仅深化了学生对电池电动势和内阻测量原理的理解,培养了学生科学推理能力和基于书面的论证能力,而且能够及时反馈教学效果,为教学的进一步改进提供了重要的依据.

### 3 小结与启示

通过对 ADI 教学模式基本思想和实施过程的分析,我们认为该教学模式与新一轮基础教育物理课程改革的理念高度一致,能够为素养目标下的高中物理实验教学提供新的思路.基于此,我们深入探讨 ADI 教学模式在“电池电动势和内阻的测量”实验中的应用,既帮助学生克服该内容学习的各种困难,进一步提高课堂教学的质量,又能有效地落实物理学科核心素养的培养.

此外,通过这些研究工作,我们深深感受到在高中物理课程改革的关键时期,不仅需要充分借鉴国际科学教育新的方法、新的思想和新的理念,而且还应根据我国物理教学实际和学生情况将相关理论本土化,这样才能为学生物理学科核心素养的培养提供一些帮助和启示.

### 参考文献

1 Millar R. Towards a Role for Experiment in the Science Teaching Laboratory[J]. *Studies in Science Education*, 1987,14(1):109 ~ 118

2 罗星凯. 物理实验的教育功能[J]. *教育研究*,1990(10): 69 ~ 72

3 弭乐,郭玉英. 渗透式导向的两种科学论证教学模式述评[J]. *全球教育展望*,2017, 46(6):60 ~ 69

4 Walker J P, Sampson V. Learning to Argue and Arguing to Learn:Argument-Driven Inquiry as a Way to Help Undergraduate Chemistry Students Learn How to Construct Arguments and Engage in Argumentation During a Laboratory Course[J]. *Journal of Research in Science Teaching*, 2013, 50(5):561 ~ 596

5 Grooms J,Sampson V, Enderle P. How concept familiarity and experience with scientific argumentation are related to the way groups participate in an episode of argumentation[J]. *Journal of Research in Science Teaching* 2018,55(9):1264 ~ 1286

6 张春丽,陈颖. 关于高中物理实施“科学论证教学”的调研与思考[J]. *物理教师*, 2018,39(5):2 ~ 5,9

7 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017年版)[S]. 北京:人民教育出版社, 2018:43

8 吴劲松.“测定电池的电动势和内阻”实验的误差分析与优化设计[J]. *中学物理教学参考*,2011,40(7):27 ~ 29

9 Sampson V, Gleim L. Argument-Driven Inquiry To Promote the Understanding of Important Concepts & Practices in Biology[J]. *The American Biology Teacher*, 2009,71(8):465 ~ 472

(上接第 91 页)

## Study on Measurement of Grating Level 1 Angular Dispersion Using Optical Group

Song Yuanjun Niu Zhenfeng

(School of Science, Hebei North University, Zhangjiakou, Hebei 075000)

**Abstract:** The first order angular dispersion of transmission grating with grating constant of  $\frac{1}{300}$  mm is considered. Its measurement method based on spectrometer is improved. In the improved method, a self-assembled compound optical system is used. This method makes full use of the advantages that the basic characteristic parameters of the self-assembled compound optical system can be continuously adjusted in a larger range, so as to overcome the shortcomings that the key parameters of the light path are nonadjustable in the traditional method based on spectrometer. As a result, the measurement accuracy is improved. Furthermore, because of using the self-assembled compound optical system, the diversity of light path parameter selection is expanded, and the content of light path adjustment is enriched.

**Key words:** transmission grating; angular dispersion; self-assembled compound optical system