

文章编号:1005-4642(2024)01-0059-05

义务教育阶段物理实验方法研究及其启示

彭柳婷,陶 扬,邢红军

(首都师范大学 教师教育学院,北京 100048)

摘 要:为了更好地开展义务教育阶段物理实验教学,对物理实验方法进行了研究.根据物理实验过程,可将物理实验方法分为实验操作方法和数据处理方法.通过梳理《义务教育物理课程标准(2022年版)》中学生必做的物理实验,归纳其所蕴含的实验方法,并在此基础上总结各物理实验方法的内涵和意义,以为物理实验教学及研究提供借鉴.

关键词:物理课程标准;物理实验方法;义务教育

中图分类号:G633.7

文献标识码:B

DOI:10.19655/j.cnki.1005-4642.2024.01.009

物理学是一门以实验为基础的学科,实验作为物理教学的基础,对提升学生的科学素养具有重要意义.《义务教育物理课程标准(2022年版)》(以下简称“物理课标”)提出要培养学生运用实验探究方法解决日常问题的意识^[1],但并未明确给出具体的物理实验方法.这就引申出一系列问题:物理实验方法应当如何分类?学生需要掌握哪些物理实验方法?教师应当如何进行物理实验教学?显然,这些问题都有待进一步深入研究.为了更好地开展义务教育阶段物理实验教学,本文依据物理课标,对物理实验方法进行分类归纳,而后进行深度解读,为优化物理实验教学和培养学生的实验能力提供参考.

1 义务教育阶段物理实验方法分类研究

物理实验是根据研究目的和学习目的,利用物理仪器和设备,人为地控制或模拟物理现象,排除各种偶然、次要因素的干扰,抓住主要因素,在有利的条件下重复研究物理现象及其规律的活动^[2].作为一种科学活动,物理实验不仅离不开实验原理、实验器材,同样也离不开实验方法.美国《下一代科学教育标准》^[3]和英国的 CIE A-

level 等主要依据实验过程对物理实验方法进行了分类.受此启发,本文根据物理实验过程将物理实验方法分为操作过程中的实验方法和数据处理过程中的实验方法,并参照此分类对物理课标中学生必做实验所蕴含的实验方法进行归纳,如表 1 所示.

对上述物理实验方法及其出现频次进行统计,结果如表 2 所示.

研究发现:义务教育阶段中出现频次较高的物理实验方法有观察法、控制变量法、转化法、列表法等,这些实验方法具有较强的迁移性,普遍适用于大多数中学物理实验的操作过程和数据处理过程.同时,这些实验方法也对学生提出了较高的要求.例如,列表法在探究类实验中需要分辨出自变量、因变量以及无关变量,在测量类实验中需要分辨出直接测量量、过程计算量和结果测量量.在实验过程中,往往需要应用这些实验方法,并根据实验类型决定记录次数^[4].

然而,由于某些实验方法具有特殊性,因此在义务教育阶段中出现频次较低,例如伏安法适用于电学实验操作过程,排水法适用于与浮力知识相关的实验操作过程.但并不意味着降低对学生的学习要求,如测量固体密度时,学生根据密度的

收稿日期:2023-10-07;**修改日期:**2023-11-10

基金项目:全国教育科学“十三五”规划 2019 年度国家一般课题(No. BBA190024)

作者简介:彭柳婷(2000—),女,广东梅州人,首都师范大学教师教育学院 2022 级硕士研究生,研究方向为物理课程与教学论. E-mail: pengliuting@163.com

通信作者:邢红军(1960—),男,河南驻马店人,首都师范大学教师教育学院教授,博士,研究方向为物理教学论、学科能力发展与培养. E-mail: xhjcnu1960@sina.com

计算公式,找到未知量“固体的体积”,再运用排水法测得固体的体积,在这个过程中,学生需要在理

解实验原理、把握实验逻辑的基础上使用该实验方法.

表 1 义务教育阶段物理实验方法归纳

实验类型	实验名称	操作过程中的实验方法	数据处理过程中的实验方法
测量类 学生必做实验	1)用托盘天平测量物体的质量	观察法、累积法、取样法、直接测量法、转化法	列表法
	2)测量固体和液体的密度	观察法、排水法、补水法、转化法	列表法
	3)用常见温度计测量温度	观察法、放大法、直接测量法	列表法
	4)用刻度尺测量长度,用停表测量时间	观察法、直接测量法、累积法	列表法、平均值法
	5)测量物体运动的速度	观察法、转化法	列表法、平均值法
	6)用弹簧测力计测量力	观察法、转化法	列表法
	7)用电流表测量电流	观察法、试触法、直接测量法	列表法
	8)用电压表测量电压	观察法、试触法、直接测量法	列表法
	9)用电流表和电压表测量电阻	观察法、转化法、伏安法	列表法、图像法、平均值法
探究类 学生必做实验	1)探究水在沸腾前后温度变化的特点	观察法	列表法,图像法
	2)探究滑动摩擦力大小与哪些因素有关	观察法、转化法、控制变量法	列表法
	3)探究液体压强与哪些因素有关	观察法、转化法、控制变量法	列表法
	4)探究浮力大小与哪些因素有关	观察法、转化法、控制变量法	列表法
	5)探究杠杆的平衡条件	观察法、等效替代法、控制变量法	列表法
	6)探究光的反射定律	观察法、留迹法、直接测量法	列表法
	7)探究平面镜成像特点	观察法、等效替代法、留迹法、直接比较法	列表法
	8)探究凸透镜成像特点	观察法、控制变量法、直接测量法	列表法
	9)探究通电螺线管外部磁场的方向	观察法、转化法、控制变量法	列表法
	10)探究导体在磁场中运动时产生感应电流的条件	观察法、控制变量法	列表法
	11)探究串联电路和并联电路中电流、电压的特点	观察法	列表法
	12)探究电流、电压与电阻的关系	观察法、控制变量法	列表法、图像法

表 2 义务教育阶段物理实验方法统计

操作过程中的实验方法	频次	操作过程中的实验方法	频次
观察法	21	试触法	2
直接测量法	4	放大法	1
控制变量法	8	排水法	1
转化法	8	补水法	1
累积法	2	列表法	20
留迹法	2	平均值法	2
等效替代法	2	图像法	3
伏安法	1		

2 义务教育阶段物理实验方法解读

为了厘清物理实验方法的内涵,更好地开展物理实验教学,本文对物理实验方法进行解读.

2.1 操作过程中的实验方法

物理实验离不开现象的观察和仪器的操作,因此明确物理实验操作过程中的实验方法内涵是

进行物理实验的基础.

2.1.1 直接测量法

直接测量法是指将待测物理量与选作计量标准的同类物理量(或标准量)直接比较,得出大小的测量方法.比较是直接测量的主要形式,如利用天平测量质量,利用电流表测量电流等^[5].在义务教育阶段,测量类实验的重点是让学生学习各种测量工具的使用和读数方法,包括测量仪器的基本原理、功能、量程、分度值和操作规范等^[1].

2.1.2 控制变量法

控制变量法是讨论物理量之间的关系时,通过控制其他物理量不变,只改变 1 个物理量从而转化为多个单一物理量影响某个物理量的问题的研究方法^[5].运用控制变量法探究某一物理量的影响因素时,每次实验只改变 1 个物理量,严格控制其他物理量不变,才能推理出该变量是否是影响因素.根据皮亚杰的认知发展阶段理论,控制变量法的掌握对应于形式运算阶段的认知水平.

2.1.3 转化法

转化法是根据物理量之间的各种效应和定量关系,利用变换原理将不能或不易测量的待测物理量转化成能测或易测的物理量进行测量,然后再求待测物理量,实际上也是间接测量法的具体应用.转化法一般可分为参量转化和能量转化两大类,在初中物理实验中,只讨论参量转化,即利用物理量之间的变换关系(或函数关系)进行间接测量^[6].

2.1.4 留迹法

留迹法是将瞬间即逝的物理量(位置、轨迹、图像等)记录下来处理实验数据的方法^[7].例如,在探究平面镜成像时,需要在玻璃板下方铺张大纸,沿着玻璃板在纸上画条直线,代表平面镜的位置,并在纸上记下蜡烛以及蜡烛像的位置.

2.1.5 观察法

观察法是按照一定的目的和计划,直接运用各种感觉器官或利用仪器,对研究对象进行观测,取得可靠资料和准确数据,得出观察结论的方法.一般来说,物理实验观察的方法可以分为整体观察法、局部观察法、现象观察法、过程观察法和特点观察法^[5].

2.2 数据处理过程中的实验方法

在完成相应的物理实验操作后,需要对收集到的实验数据进行分析、解释,根据数据结果分析各物理量的变化及其关系.因此,学生需要掌握数据处理过程中所涉及的物理实验方法.

2.2.1 列表法

列表法是通过表格全面、准确地记录实验数据,分析表格中各变量之间的关系,寻求实验结论的方法^[5].在列表记录实验数据时要注意:

1)完整地记录物理量,例如探究实验中的自变量、因变量和无关变量.

2)明确各物理量的记录位置和单位,探究类实验中的因变量和测量类实验中的最终测量结果需要放置在表格的最后一行或最后一列,并将对应单位写在物理量之后,用“/”隔开.

3)实验数据记录次数,例如在探究某2个物理量是否有关时,至少需要记录2次数据,而在探究某2个物理量成正比或反比时至少需要记录5组数据^[4].

2.2.2 平均值法

平均值法是物理实验中为了精确测量某一物

理量,减小偶然误差而对该物理量进行多次测量求平均值的方法^[2].在实验前要清楚多次测量的目的,判断是否需要求平均值,例如在测定值电阻的阻值时,多次测量的目的是求平均值减小偶然误差,而在测不同电压下小灯泡的电阻时,多次测量的目的是为了让学生认识到温度对小灯泡电阻的影响.

2.2.3 图像法

图像法是在物理实验中,为了更直观地看出各物理量之间的变化关系,选取合适的坐标系,并在坐标纸内绘制最佳拟合直线或曲线以显示图形趋势的方法^[5].连线时应尽可能通过或接近大多数数据点,并使数据点尽可能均匀地、对称地分布在图线两侧,对于个别误差太大的数据点可以舍去.

2.3 物理实验方法的应用案例——验证阿基米德原理的漂浮实验

阿基米德原理实验在人教版教材中以下沉实验呈现,步骤繁多且需要用到三力平衡的知识,实验要求高于学生的物理认知水平^[8],因此本文以漂浮实验为例,对阿基米德原理实验展开研究,分析实验过程中所采用的实验方法.

阿基米德原理的漂浮实验基本思路是:首先测出物体的重力 $G_{物}$,然后将物体置于溢水杯中,用塑料袋收集溢出的水;当物体在水面处于静止状态时,根据二力平衡可以得到 $F_{浮}=G_{物}$;用弹簧测力计测量溢出水的重力 $G_{排}$,再比较 $F_{浮}$ 与 $G_{排}$ 的大小,发现在实验误差允许的范围内二者相等,从而验证阿基米德原理^[8].

实验器材:木块(经过不吸水处理后)、弹簧测力计、塑料袋(质量忽略不计)、溢水杯、铁架台、适量的水.

实验步骤:

1)用弹簧测力计测出木块的重力 $G_{物}$.

2)在溢水杯中加适量水,直至水恰好能从溢水口溢出.

3)将木块放入水中,同时用塑料袋收集溢出的水,待溢水停止,用弹簧测力计测量溢出水的重力 $G_{排}$.

4)在实验误差的范围内, $F_{浮}=G_{排}$,即木块所受浮力与排开水的重力相等,从而得到阿基米德原理.

不难发现,在实验操作过程中,测量物体重力

$G_{物}$ 和溢出水重力 $G_{排}$ 时运用了直接测量法,收集溢水杯中溢出的水时运用了排水法,测量物体漂浮在水面上所受到的浮力大小时运用了转化法,根据二力平衡将其转化成物体的重力;在数据处理过程中,运用列表法将测量的实验数据记录在表中,通过比较 $F_{浮}$ 与 $G_{排}$ 的大小,从而验证阿基米德原理,由此彰显在物理实验过程中物理实验方法的重要性。

3 研究启示

通过对物理课标中的实验方法进行提炼、归纳与解读,从而得出如下研究启示。

3.1 明确物理实验方法的内容

《义务教育物理课程标准(2022年版)》是义务教育阶段物理学科的纲领性指导文件,体现了物理教学的指导作用。物理课标明确提出了发展学生实验探究能力的要求,并将部分实验所采用的实验方法作为示例,以供一线教师、教育研究者参考。为此,建议物理教育研究者深入研究物理实验方法,挖掘物理实验方法的价值,从而落实物理课程标准培养“学生运用实验探究方法解决日常问题的意识”的教学目标,以高水平的研究支撑高水平的物理教学,避免物理教师在物理实验教学中由于认识有限、理解不到位等原因,而偏离物理实验教学目标。此外,教研活动应当帮助教师夯实学科教学知识素养,提高物理实验教学能力。只有当教师深刻理解并熟练运用各种实验方法,才能更好地引导学生进入物理的奇妙世界,激发学生的学习兴趣 and 实验热情,提升学生的科学实践能力。

3.2 显化物理实验方法

教学应该回归“以学生为中心”的育人本位,关注学生个性化、多样化的学习和需求,增加课程适宜性^[1],教材也应该关注学生的主体地位,给不同发展需求的学生提供相应的学习材料,满足学生物理实验能力的差异性发展,以及学生和社会未来发展的需要。美国中学物理教材在开篇第一章“物理工具箱”中系统地介绍了学习和研究物理必备的科学方法,在“测量”和“绘制数据图”两部分内容中详细地介绍实验操作和数据处理的重要方法^[9]。相对而言,我国物理教材更重视物理实验过程,针对不同种类实验的特点有不同的实验内容叙述框架,着力让学生能够遵循实验过

程内在的逻辑进行思维和操作^[10],而不显化对应的物理实验方法和内涵。综合考虑教材应当保障学生学习“下线”,因此建议教材显化物理实验方法,方便学生掌握实验方法的内涵和本质。

3.3 重视物理实验方法的教学

在物理实验教学中,教师不仅要分析物理课程标准与教材,还要根据不同的实验目的和实验特点,有侧重地进行物理实验方法的教学。恰当的实验方法不仅可以帮助学生更加直观地理解抽象的物理概念,还能提升学生的实践能力,发展学生的创新思维。例如,测量类实验能教给学生物理量的测量方法、使用测量工具和正确读数的技巧。而在处理实验数据时,列表法等实验方法可以让学生学会科学地整理和分析信息。学生通过实验,能够加深对物理实验方法的理解和掌握,这种认知过程依赖于教师使用正确和有效的实验方法指导。因此,教师在物理实验教学过程中要强化物理实验方法的教学^[11],确保学生在实验过程中学会实验技能,理解实验方法的科学原理和逻辑,培养学生解决实际问题的意识和能力^[12],从而发展学生的物理实验能力。

4 结束语

本文参考美国《下一代科学教育标准》、英国 CIE A-level 对将物理实验方法按照操作过程和数据处理过程进行分类,据此对物理实验方法展开进一步的研究,将物理课标中学生必做实验所蕴含的实验方法进行归纳、分析和解读,为教师的中学物理实验方法教学提供针对性的帮助。物理实验是作为一种科学活动离不开方法的支撑,因此,物理实验方法是中学物理教学的重要内容,同时也是学生物理实验能力的重要组成部分。在中学物理实验教学中,教师应认识到显化中学物理实验方法的必要性,引导学生在具体实验过程中学习实验方法,并运用实验方法来解决相关问题。综上,本文按照实验过程对物理实验方法进行归纳、分析和解读,为教师提供了关于物理实验方法教学的具体文本材料,帮助教师优化物理实验教学,最终促进学生物理学科核心素养的形成。

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.
- [2] 邢红军. 初中物理科学方法教育[M]. 北京:中国科学技术出版社,2015:159.
- [3] National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Next generation science standards: For states, by states [S]. Washington DC: The National Academies Press, 2013.
- [4] 蒋炜波. 以实验探究命题考查科学思维的策略与启示:以北京中考物理命题为例[J]. 物理教学,2022,44(5):30-33,36.
- [5] 李春密. 中学物理实验教学研究[M]. 北京:北京师范大学出版社,2018:44.
- [6] 李恩普,邢凯. 大学物理实验[M]. 北京:国防工业出版社,2004:34.
- [7] 周洪池. 中学物理实验中的留迹法[J]. 中学物理,2008,26(4):29-31.
- [8] 耿爱霞,陈清梅,邢红军. “阿基米德原理”的高端备课[J]. 课程教学研究,2014(7):35-36,70.
- [9] 袁博,张磊. 中美教材科学方法教育的比较研究及启示[J]. 物理通报,2011(5):89-93.
- [10] 梁旭,彭前程. 高中物理新教材实验编写的原则与方法[J]. 物理实验,2020,40(10):51-58.
- [11] 邢红军,靳莹,赵洪慧,等. 物理实验操作测验与纸笔测验的比较研究[J]. 中学物理,2019,37(12):2-4.
- [12] 蒋敏艳. 例谈美国高中物理实验设计中渗透的科学方法[J]. 物理教学,2016,38(1):77-78.

Research on physics experiment methods in compulsory education and its enlightenment

PENG Liuting, TAO Yang, XING Hongjun

(College of Teacher Education, Capital Normal University, Beijing 100048, China)

Abstract: In order to carry out the physics experiment teaching furtherly in the compulsory education stage, it is of great value and significance to research the physics experiment method. According to the physics experiment process, the physics experiment method can be divided into experimental operation method and data processing method. Through sorting out the physics experiments that middle school students must perform in the Physics Curriculum Standards for Compulsory Education (2022 edition), this paper summarized the experiment methods, and on the basis of which the connotation and significance of each physics experiment method were analyzed, hoping that could provide references for the teaching and research of physics experiment in China.

Key words: physics curriculum standard; physics experiment method; compulsory education

[编辑:龙玉梅]