

普通高中物理实验教学现状及有效途径探索

周化海 黄绍书

(六盘水市第23中学, 贵州 六盘水 553004)

摘要 本文简介普通高中物理实验设置情况和对105所地(州、市)域或县(市、区)域普通高中物理实验教学调查的综合状况,分析普通高中物理实验开设率低的成因,并给出提高普通高中物理实验教学的实践性有效途径。

关键词 普通高中;物理实验;调查;实验认识;实验开设率

EXPLORATION OF THE CURRENT SITUATION AND EFFECTIVE WAYS OF PHYSICS EXPERIMENT TEACHING IN ORDINARY HIGH SCHOOL

ZHOU Huahai HUANG Shaoshu

(No. 23 Middle School in Liupanshui City, Liupanshui, Guizhou 553004)

Abstract Introduction to the setting of physics experiments in ordinary high schools and the comprehensive investigation of physics experimental teaching in 105 prefecture (state, city) or county (city, district) ordinary high schools. Analyze the reasons for the low opening rate of physics experiments in ordinary high schools, and provide practical and effective ways to improve the teaching of physics experiments in ordinary high schools.

Key words ordinary high school; physical experiments; investigation; experimental understanding; experimental setup rate

物理实验教学是物理教学的重要组成部分,在培养学生科学素养、提高实际动手能力以及深化对物理学原理理解等方面物理实验都具有不可替代的重要性。通过实验教学,学生能够亲身参与科学探究过程,从而使学生更加深刻地理解抽象的物理概念,培养学生的批判性思维、合作能力、观察能力和解决实际问题的能力,塑造学生的科学探究精神。

在“三新”(新课程、新教材及新高考)的背景下,对如何培养创新人才,物理实验教学更加显现其重要作用。

然而,我们通过实地考察、电话问询及网络交流等方式对百余所地(州、市)域或县(市、区)域普通高中物理实验器材配置和物理实验开设情况

以及物理教师、管理人员、学生对物理实验的认识和态度等的调查数据来看,当下普通高中物理实验教学的现状不容乐观。

1 实验设置

不同版本的普通高中物理教材对实验内容的设置基本相同,但也略有差异。根据目前人教版普通高中教科书物理(以下统称普通高中物理教材)^[1-6]统计,演示实验共44个,其中必修1~3有14个,选择性必修1~3有30个,见表1;分组实验共21个,其中必修1~3有12个,选择性必修1~3有9个,见表2。

收稿日期: 2023-12-30

基金项目: 2022年教育部高等学校大学物理课程教学指导委员会大中物理教育衔接工作委员会教学研究课题“三新背景下县域普通高中物理实验教学策略研究”(立项编号: WX202242)部分研究成果。

作者简介: 周化海,六盘水市第23中学正高级教师。

通信作者: 黄绍书,六盘水市第23中学正高级教师, 597015954@qq.com。

引文格式: 周化海,黄绍书. 普通高中物理实验教学现状及有效途径探索[J]. 物理与工程, 2024, 34(3): 131-139.

Cite this article: ZHOU H H, HUANG S S. Exploration of the current situation and effective ways of physics experiment teaching in ordinary high school[J]. Physics and Engineering, 2024, 34(3): 131-139. (in Chinese)

表 1 2017 人教版普通高中物理教材演示实验

教材 模块	实验 序号	实验名称	教材 模块	实验 序号	实验名称
必修	1	研究轻重不同物体的下落快慢		23	观察波的叠加现象
	2	观察桌面的微小形变		24	观察水波的干涉
	3	静摩擦力大小随拉力的变化		25	蜂鸣器音调的变化
	4	探究作用力与反作用力的关系		26	观察全反射现象
	5	观察曲线运动的速度方向		27	光在弯曲玻璃管中的传播路径
	6	观察磁铁作用下钢球的运动		28	观察光的双缝干涉
	7	观察玻璃管中蜡块的运动		29	观察光的偏振现象
	8	观察静电感应现象		30	安培力的方向
	9	模拟电场线		31	观察电子束在磁场中的偏转
	10	观察静电屏蔽		32	观察带电粒子的运动径迹
	11	电容器电势差与电荷量的关系	选择性 必修	33	观察铝框的运动(电磁驱动)
	12	电阻率与温度的关系		34	观察两个灯泡的发光情况
	13	探究导体电阻与长度等的关系		35	观察开关断开时灯泡发光情况
	14	观察常见的磁场分布		36	观察交变电流的方向
选择性 必修	15	寻求碰撞中的守恒量		37	观察振荡电路中电压的波形
	16	研究小车碰撞前后的动能变化		38	观察光敏电阻的特性
	17	观察两小球的振动情况		39	观察热敏电阻的特性
	18	探究单摆周期与摆长的关系		40	用显微镜观察碳粒的运动
	19	观察绳波的产生和传播		41	模拟气体压强产生的机理
	20	观察弹簧波的产生和传播		42	观察玻璃和云母片上石蜡熔化
	21	观察水波的反射		43	观察肥皂膜和棉线的变化
	22	观察水波的衍射		44	观察毛细现象

表 2 2017 人教版普通高中物理教材分组实验

教材 模块	实验 序号	实验名称	教材 模块	实验 序号	实验名称
必修	1	测量直线运动的瞬时速度		13	验证动量守恒定律
	2	探究弹簧弹力与形变量的关系		14	用单摆测量重力加速度
	3	探究互成角度的力的合成规律		15	测量玻璃折射率
	4	探究加速度与力和质量的关系		16	用双缝干涉测量光的波长
	5	探究平抛运动的特点		17	探究影响感应电流方向的因素
	6	探究向心力与半径等的关系	选择性 必修	18	变压器线圈电压与匝数的关系
	7	验证机械能守恒定律		19	利用传感器制作自动控制装置
	8	观察电容器的充、放电现象		20	用油膜法估测油酸分子的大小
	9	长度的测量及测量工具的选用		21	探究气体等温变化的规律
	10	金属丝电阻率的测量			
	11	用多用电表测量电学物理量			
	12	测量电池电动势和内电阻			

一般地,物理实验的类型可分为感知性实验、观察性实验,验证性实验、设计性实验和探究性实验。从表 1 和表 2 可以看出,演示实验通常是感知性实验和观察性实验,而分组实验通常是验证性实验、设计性实验和探究性实验。

2 实验教学现状调查及分析

2.1 实验室配置及开设现状

实验室配置包括实验专用教室配置(主要指间数或使用面积,不含实验器材储藏室和实验准备室)、实验器材(包括电脑等办公设备)配置和实验专职教师质数配置,实验开设现状是指实际开设实验个数跟应开设实验个数的比值(百分比)。

一般地,在校学生为 3500 人左右的一所普通高中,实验专用教室配置应为 5 间(力学实验室 2 间、电磁学实验室 2 间、热学光学实验室 1 间)共 500m²(含)以上、实验专职教师 3~4 人才能满足实验正常开设的要求。

为了充分了解目前各地高中学校物理实验室配置和开设情况,我们调查了 105 所地(州、市)域或县(市、区)域普通高中学校(其中,公办高中学校 90 所,民办高中学校 15 所),具体情况见表 3。

从表 3 可以看出,绝大多数学校的实验器材配置是能够满足课程实验要求;但实验专用教室配置和实验专职教师配置明显不足,甚至有约 24% 的学校没有实验专职教师;绝大多数学校的实验开设率很低,其中有 70% 以上的学校的实验开设率小于 50%,甚至有约 23% 的学校没有开设实验。同时,从表 3 还可看出,公办高中学校的各项指标配置相对优越于民办高中学校。

2.2 实验教学现状分析

调查结果显示,绝大多数学校的绝大多数实验器材仅是作为摆设,甚至一些学校的很多实验器材连包装都没有拆封,实验开设现状不容乐观,且民办高中学校更为突出。另外,多数学校对已开设实验的实效性也很不理想。造成这种令人担

表 3 地(州、市)域或县(市、区)域普通高中学校实验室配置及开设现状调查情况
(抽样学校:105 所;在校学生数:每所学校 2500~3500 人左右)

实验器材配置	完全能满足所有实验要求	63 所(其中民办高中 0 所)
	基本能满足所有实验要求	35 所(其中民办高中 8 所)
	实验器材欠缺、老旧,有少数实验不能开设	7 所(其中民办高中 7 所)
	无实验器材	0 所
实验专用教室配置	5 间以上(含),共约 500m ² 以上(含)	5 所(其中民办高中 0 所)
	4 间,共约 400m ²	26 所(其中民办高中 0 所)
	3 间,共约 300m ²	62 所(其中民办高中 3 所)
	2 间以下(含),共约 200m ² 以下(含)	12 所(其中民办高中 12 所)
实验专职教师配置	3 人以上(含)	4 所(其中民办高中 0 所)
	2 人	17 所(其中民办高中 0 所)
	1 人	59 所(其中民办高中 0 所)
	0 人	25 所(其中民办高中 15 所)
实验开设现状(开出率 P)	$P=100\%$	1 所(其中民办高中 0 所)
	$100\%>P\geq 90\%$	3 所(其中民办高中 0 所)
	$90\%>P\geq 80\%$	5 所(其中民办高中 0 所)
	$80\%>P\geq 70\%$	6 所(其中民办高中 0 所)
	$70\%>P\geq 60\%$	9 所(其中民办高中 0 所)
	$60\%>P\geq 50\%$	7 所(其中民办高中 0 所)
	$50\%>P\geq 1$	50 所(其中民办高中 5 所)
	$P=0$	24 所(其中民办高中 10 所)

忧局面的本质原因是什么呢?

2.2.1 功利性教学思想严重

从某种角度来说,高考指挥棒决定高中教学的走向,学校教学思想就围绕如何提高学生的高考分值而忽视学生综合素质的培养。而很多学校从普通的一线教师到学校管理层又都普遍认为,学生的高考的分值决定于课堂教学。

这样一来,学校的课堂教学就被有意识地进行密布安排。比如,有不少学校上午6节(其中1节为早自习)、下午4节甚至5节、晚上4节(晚自习),甚至星期天也排满课时。并且,早自习和晚自习绝大多数也是老师在拼命地进行紧锣密鼓的讲授。

同时,不少老师还要拼命地利用仅有的中午时间为学生“查缺补漏”,以及抢占一些非高考学科的课时进行“强化教学”。学校对此也不表态,任其展现各施其能。

物理等实验学科的老师对必须做的演示实验和学生分组实验也不做了,将必须上的实验课也尽可能地用来给学生把“知识讲透”(讲得透吗?!).

当然,这种功利性的教学思想导致的结果,不但没能提高学生的高考分值,反而增添了很多不和谐的因素,造成人心惶惶的紧张局面。

2.2.2 实验的重要性被忽视

调查发现,有不少学校完全忽视实验重要性,主要体现在学校管理层的实验观念错误、实验学科教师实验思想惰性和学生的实验意识懵懂三个方面。

1) 学校管理层的错误实验观念

在被调查统计的学校中,约有60%以上的校长及其他管理层领导对实验教学的认识是不到位甚至是错误的。他们认为,实验课开与不开对教学的实效性没有多大的影响,这些学校开设实验课的目的主要是迫于国家课程计划、课程标准及教材规划的要求,而不是真正的要把实验课开足、开齐、开好。这些学校开设实验课仅仅是在课程表中有所体现就行了,至于其落实的情况和效果无关紧要。

在这一思想的驱使下,学校的实验专用教室的配置和实验专职教师的配置就显然明显不足了,学校的实验室规划或招考引进老师时也没有在这一方面进行科学的论证和分析,物理等实验学科的任课老师们也就理所当然地将必须的“做”

实验用“讲”实验来代替。

2) 实验学科教师的惰性实验思想

在被调查统计的物理等学科教师中,有50%以上是认识到做实验的重要性的,但有70%以上的实验学科教师具有严重的实验惰性思想。因此,在没有实验专职教师作准备的情况下,多数任课教师对必须要做的实验都采取讲而不做。

另外,由于实验惰性思想的驱使,很多任课教师在组织学生做实验时也没有作好必要的准备。比如,如何理解实验原理、实验器材如何正确使用、如何作好实验记录及作好数据处理和误差分析、如何撰写实验报告等都没有相应的规划设计,仅仅是流于形式让学生在实验室胡乱溜达一趟。这样的实验效果是显而易见的,这样的实验做与不做没有什么区别。

3) 学生的懵懂实验意识

调查发现,绝大多数学生是很喜欢做实验的,但为数不少的学生对做实验只是一种懵懂意识,对于做实验的真正目的、做实验的重要性等没有正确的认识。因此,多数学生进实验室只是盲目地做实验,至于做某个实验关键要掌握什么东西、要达到什么效果等他们并不清楚。

另外,有为数不少的学校的为数不少的学生进实验室做实验不是真正的喜欢做实验,而是认为进实验室做实验好玩。因此,这样的实验效果显然是不会理想的。

2.2.3 实验专职教师的考评机制缺乏

对于专业技术职务(职称)评聘和绩效考核,实验专职教师与任课教师属于两种不同的系列,所要求的评聘和考核条件也是不同的。

对于任课教师的考核指标主要有:学生的考试成绩、班主任对学生的德育管理、优质课、教学科研论文、课题研究、教学技能比赛、创新实验设计比赛等。

对于实验专职教师的考核指标主要有:实验器材的维修和维护、实验课的统筹安排、科研论文、课题研究、创新实验设计比赛等。

可以看出,任课教师的考核指标较多,则可供职称评聘及绩效考核的支撑条件就多。并且,任课教师的考核指标都可以量化。这样,任课教师对于职称评聘及绩效考核就更容易准备充分的条件。

但是,由于绝大多数学校都没有专门针对实验

专职教师的考核制度和评聘机制。这就对实验专职教师不公平,从而使得物理等实验学科的任课教师不愿意服从学校安排进实验室担任实验专职教师,这也是实验专职教师配置不足的主要原因之一。

3 提高实验教学实践性途径

如何才能真正提高实验教学的实效性?首先,必须充分转变观念强化实验意识、充分认识做实验的重要性,建立健全或完善实验专职教师考评机制,尽可能配足配齐实验专职教师和实验专用教室,切实落实课标实验(教材中的演示实验和学生分组实验),注重教材中所列的基本仪器的使用。其次,根据高考实验题灵活多变的特点,实验教学还必须注重拓展实验和创新实验的开发、教材实验的改进、探究性实验的设计等。

3.1 拓展实验

拓展实验是指根据已学过的一些基本知识设计的非常规性实验,这类实验的原理是教材所涉及的但其方法却是教材中未涉及的内容。比如,在通常情况下,平面镜所成的像都是与物体等大的正立虚像。但当平面镜的线度相对于物体小得多时,物体上的每一点即物点发出或散射的光线中,有且只有一条能被平面镜反射并投射到光屏上得到一个像点,每个像点与相应的物点为一一对应关系,所有像点的集合就形成了与物体相似的倒立实像(投影像)^[7],如图1所示。表4是用图1的装置进行实验得出的微小平面镜成实像(投影像)的几组测量数据。

表4 微小平面镜成实像(投影像)的几组实验测量数据

次数	物距 s /mm	像距 s' /mm	物体的 尺寸 /mm ²	像的 尺寸 /mm ²	放大率
1	1500	500	50×20	16.7×6.7	1/3
2	1000	500	50×20	25×10	1/2
3	1000	1000	50×20	50×20	1
4	200	400	50×20	100×40	2

微小平面镜成像跟小孔成像的本质是相同的,只不过微小平面镜所成的实像(投影像)是在反射光场,而小孔所成的实像(投影像)是在透射光场。如果用半透光材料代替图1中的微小平面镜做实验,不仅可以在反射光场中观察到物体的倒立实像(投影像),同时还可以在透射光场中也能观察到物体的倒立实像(投影像)。图2表示了

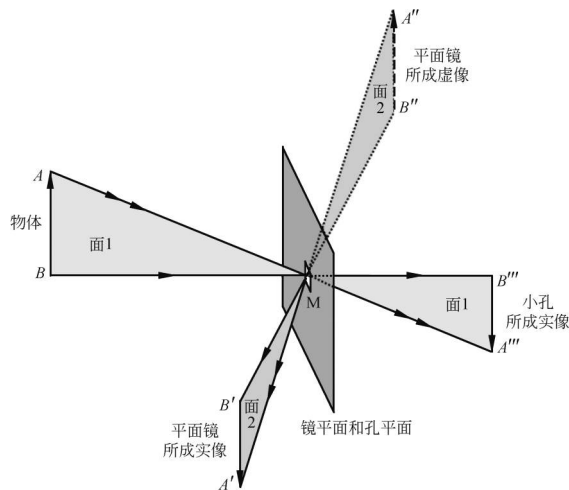


图2 微小平面镜和小孔成像与物的关系

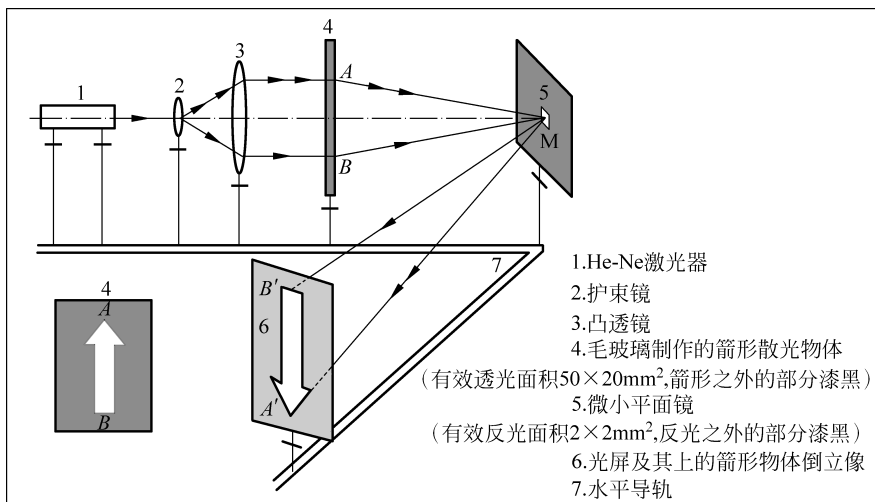


图1 微小平面镜成像实验装置及光路

微小平面镜成像和小孔成像跟物体之间的关系,可以看出,物平面跟小孔的像平面共面,而微小平面镜的实像面跟虚像面共面。

再比如,在进行自感现象的教学时,采用日光灯电感镇流器和1~2节干电池设计的“千人震”实验^[8],如图3所示。闭合开关稳定后,突然断开开关的瞬间,由于镇流器的强自感作用,手牵手的十几人甚至几十人同时感受到较强烈的触电。由于每人两手之间的电压均在70V左右,因此镇流器产生的自感电动势为1400~1500V。

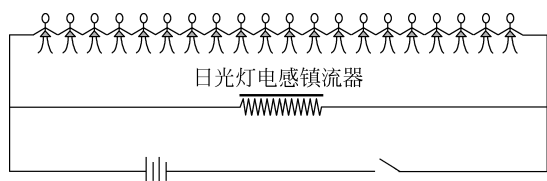


图3 自感引起的强烈触电

很显然,让学生亲身体验和操作这样一些拓展实验,能使他们产生极其强烈的认知冲突,打破对一些物理现象的常规认识,“做”实验给学生造就的能力和潜在素养的培养靠“讲”实验是不可能实现的。

3.2 创新实验

创新实验是指不拘泥于已学过的实验原理和实验方法以及实验器材所设计的实验,这类实验的原理和方法可能为课本中未涉及的内容。

比如笔者利用MvImagevt软件和Tracker软件设计了一个对布朗运动进行可视化追踪实验^[9],该实验利用MvImagevt和Tracker对颗粒运动的视频片段进行分析,追踪选定某个颗粒的轨迹,达到以简洁高效的数据分析手段揭示布朗运动规律的效果,使布朗运动可视化,如图4所示。同时,该实验对生物显微镜结合布朗运动视频的使用进行了科学的定标,使布朗运动真实化。

毋庸置疑,这类创新实验不但可以培养学生的实验迁移能力和创新能力,还可以培养学生对跨学科知识的应用能力。

3.3 改进实验

改进实验指根据教材实验的一般实验原理和实验方法而设计或改进的源于教材而又不拘泥于教材的实验。这类实验主要是从减小误差的角度去改进实验方案,具体问题可考虑利用平均值法、图象法等进行数据分析或消除原理误差的方法进

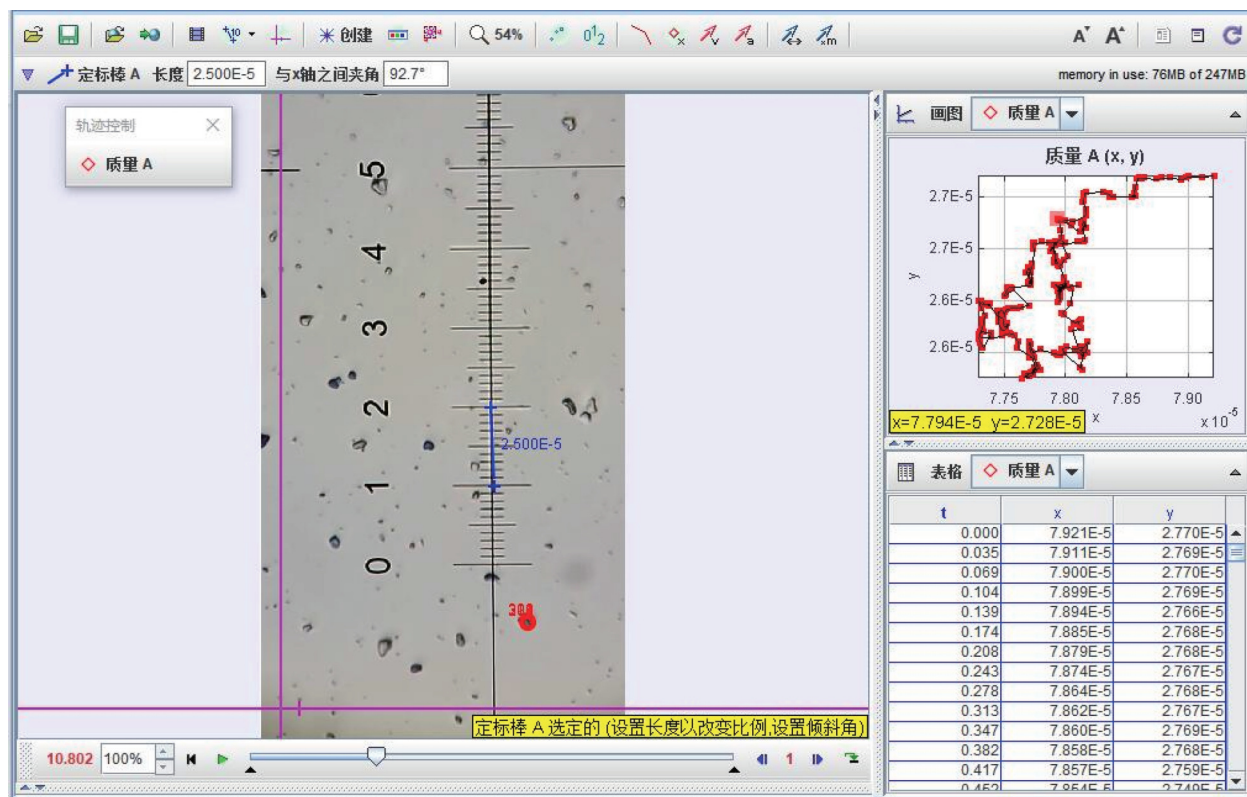


图4 颗粒布朗运动可视化

行改进,最终得出合理的实验结论。比如,根据伏安法原理创新设计的单伏双安法系列实验、双伏单安法系列实验、电桥伏安法系列实验等^[10-12],都是源于教材而高于教材的实验。图5所示是伏安法原理的系列改进实验电路图,根据这些电路图设计的实验对有关物理量的测量值原则上与各伏特表、安培表的内电阻无关,不存在原理误差。

不难理解,改进实验不仅可以巩固教材实验的常规实验原理和一般实验方法,同时有些改进实验还对于大学与中学的教学能起到很好的衔接作用。

3.4 探究性实验

探究性实验是指实验者在不知晓实验结果的

前提下,通过自己实验、探索、分析、研究得出结论,从而形成科学概念的一种认知活动。高考涉及的探究性实验大多会用传感器进行设计。传感器是一种能将不易测量的量转化为容易测量的量的装置,通常有力电传感器、热电传感器、光电传感器及声电传感器等。传感器并不复杂,比如力电传感器的主要元件就是压敏电阻、热电传感器的主要元件就是热敏电阻、光电传感器的主要元件就是光敏电阻等。

图6所示是探究热敏电阻热敏特性实验装置,其中烧杯中盛适量的菜籽油(沸点约 335°C),实验中的热敏电阻有NTC(负温度系数型)型和PTC(正温度系数型)型两类,用酒精灯加热。实验要求记录不同类型的热敏电阻的不同温度对应

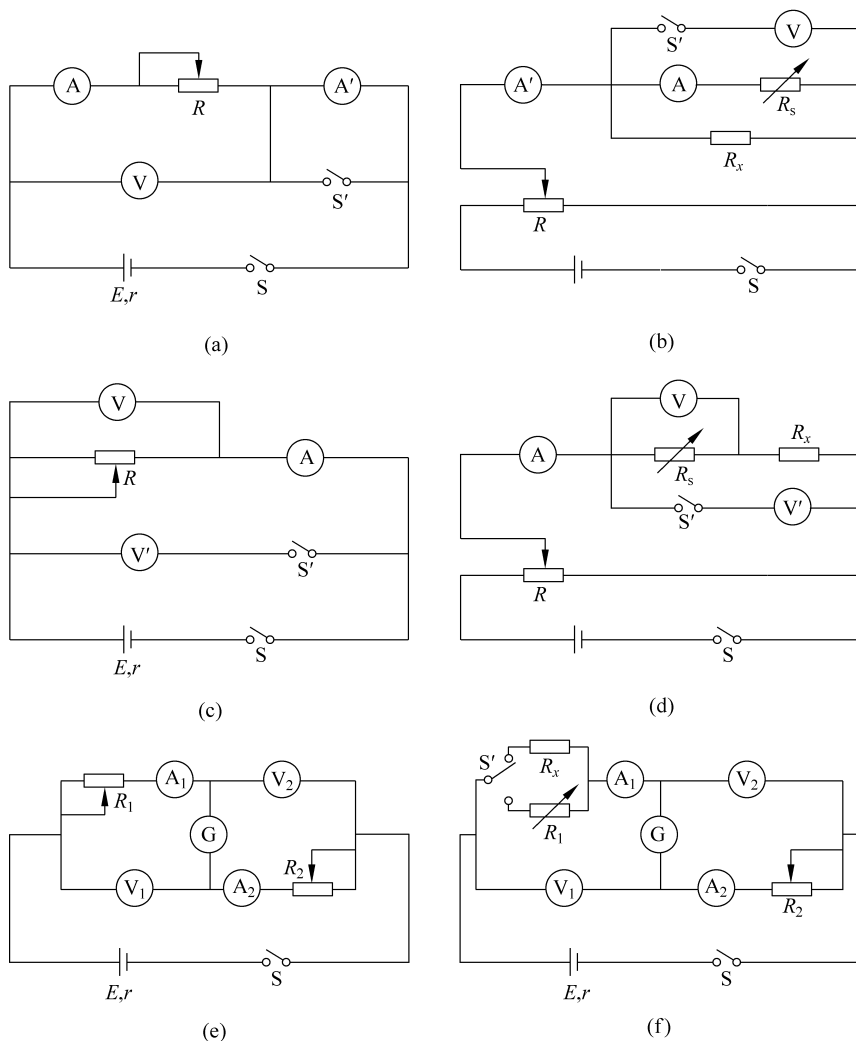


图5 伏安法原理的改进设计电路

(a) 单伏双安法测电池电动势和内电阻; (b) 单伏双安法测导体电阻; (c) 双伏单安法测电池电动势和内电阻; (d) 双伏单安法测导体电阻; (e) 电桥伏安法测电池电动势和内电阻; (f) 电桥伏安法综合测量

的电阻值,并在图 7 所示坐标中选取适当的标度作出各热敏电阻的电阻值随温度变化的关系曲线,并要求结合关系曲线分析不同温度段的特殊性。

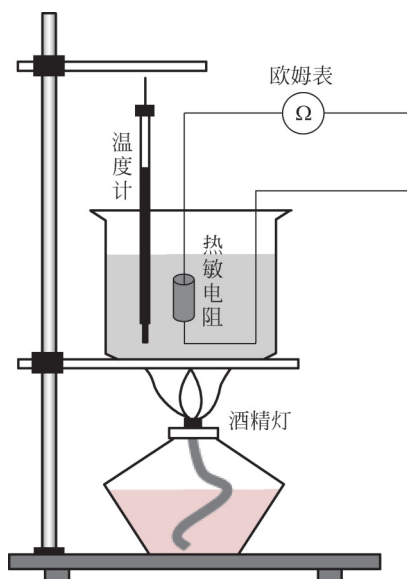


图 6 热敏电阻热敏特性实验装置

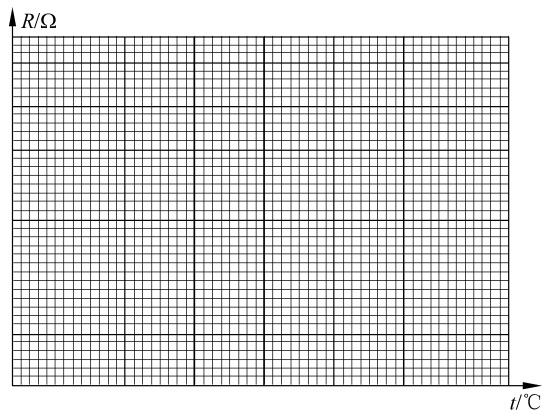


图 7 热敏电阻阻值随温度的变化关系测量坐标示意图

图 8 所示是探究热敏电阻热敏特性实验装置,其中光源的发光强度可以根据实验要求进行调节,用光强度计测量所需要的光强度。实验过

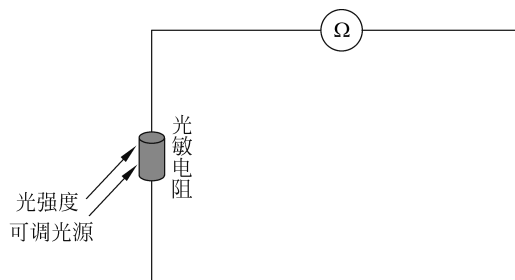


图 8 探究光敏电阻特性实验装置

程中采用了不同材料的几种可见光光敏电阻,要求记录不同光敏电阻的不同光强度照射时对应的电阻值,并在图 9 所示坐标中选取适当的标度作出各光敏电阻的电阻值随光强度变化的关系曲线。

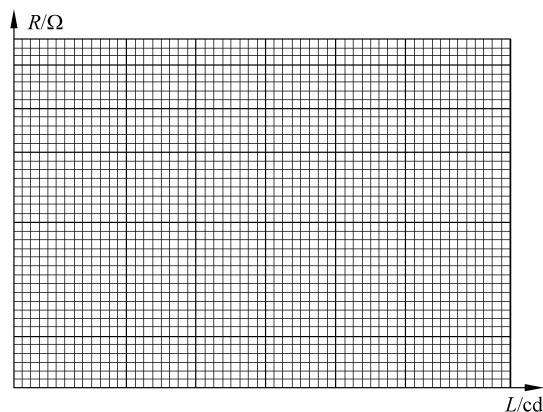


图 9 光敏电阻阻值随光强度变化关系曲线测量坐标示意图

利用传感器可以方便地实现自动控制、遥控、自动计数等。图 10 所示是利用光敏电阻设计的光电传感器自动计数实验装置,其中 A 是激光笔(或其他发光元件),B 为光电传感器(由光敏电阻跟相应的电子线路构成),C 为信号处理系统。当运动着传送带上的物品(或手中拿着的左右往复移动的铅笔、直尺等)挡住 A 射向 B 的光信号时,光敏电阻阻值变小,供给信号处理系统的电压升高;没有物品挡住光信号时,信号处理系统的电压就降低。这种高低交替变化的信号经过信号处理系统处理,就会自动将其转化为相应的数字,从而实现自动计数功能。实验中要求学生能自己组装实验元件、能简单分析实验原理等,还要求会将实验原理和方法迁移应用,比如用之研究气垫导轨上的碰撞问题、研究自由落体运动问题等。

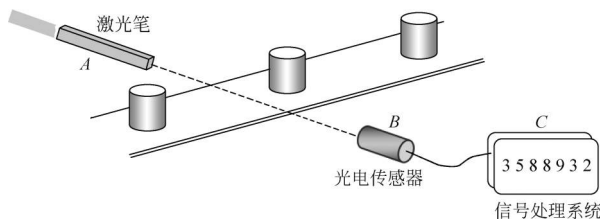


图 10 光电传感器自动计数实验装置

这类实验无疑对提高学生的学习兴趣、培养学生的动手能力等是大有裨益的。

4 结语

长期以来,普通高中学校物理等实验学科实验教学的实效性均处于比较尴尬的境地。因此,根据调查分析表明,对普通高中学校的领导层实验观念亟待更新,对实验专职教师的考评机制亟待建立和完善,对物理等实验学科教师的实验思想亟待解放,对学生的实验意识亟待提高。

每一所普通高中学校,若能结合自身实际,积极进行实践性的探索路径开展实验教学,一定会有显著的良好效果。

参 考 文 献

- [1] 人民教育出版社课程教材研究所物理课程教材研究开发中心. 普通高中教科书物理必修第一册[M]. 北京:人民教育出版社,2019.
- [2] 人民教育出版社课程教材研究所物理课程教材研究开发中心. 普通高中教科书物理必修第二册[M]. 北京:人民教育出版社,2019.
- [3] 人民教育出版社课程教材研究所物理课程教材研究开发中心. 普通高中教科书物理必修第三册[M]. 北京:人民教育出版社,2019.
- [4] 人民教育出版社课程教材研究所物理课程教材研究开发中心. 普通高中教科书物理选择性必修第一册[M]. 北京:人民教育出版社,2020.
- [5] 人民教育出版社课程教材研究所物理课程教材研究开发中心. 普通高中教科书物理选择性必修第二册[M]. 北京:人民教育出版社,2020.
- [6] 人民教育出版社课程教材研究所物理课程教材研究开发中心. 普通高中教科书物理选择性必修第三册[M]. 北京:人民教育出版社,2020.
- [7] 黄绍书. 微小平面镜成“像”实验及由此引起的思考[J]. 物理教学探讨,1997,6(15):29-30.
- [8] HUANG S S. Experiment on the formation of “images” with a small flat mirror and its corresponding reflections[J]. Exploration of Physics Teaching, 1997, 6(15): 29-30. (in Chinese)
- [8] 千人震实验[OE/OL]. <https://easylearn.baidu.com/edu-page/tiangong/questiondetail?id=1730369505754564650&fr=search>.
- [9] 王金霞,黄绍书,岳国联,等. 用 MvImage vt 和 Tracker 对布朗运动进行可视化追踪实验[J]. 物理通报,2023,4:126-129.
- [9] WANG J X, HUANG S S, YUE G L, et al. Visualization tracking experiment of Brownian motion using MvImage vt and Tracker[J]. Physical Bulletin, 2023, 4: 126-129. (in Chinese)
- [10] 黄绍书. 伏安法实验的创新电路设计与研究[J]. 物理通报,2017,10:82-83,87.
- [10] HUANG S S. Innovative circuit design and research for voltammetry experiments[J]. Physics Bulletin, 2017, 10: 82-83, 87. (in Chinese)
- [11] 黄绍书. 电桥伏安法及其应用[J]. 物理通报,1999,5:36,38.
- [11] HUANG S S. Bridge Voltammetry and Its Application[J]. Physical Bulletin, 1999, 5: 36, 38. (in Chinese)
- [12] 黄绍书. “电桥伏安法”测电池电动势和内电阻[J]. 物理实验,1998,1(18):15.
- [12] HUANG S S. Measurement of battery electromotive force and internal resistance using bridge voltammetry[J]. Physics Experimentation, 1998, 1(18): 15. (in Chinese)