

文章编号:1005-4642(2024)01-0052-07



基础教育

## 素养导向下物理实验教学的创新路径

徐立海

(北京师范大学台州附中,浙江台州 318020)

**摘要:**从物理学科核心素养的4个维度阐述了实验教学的创新方向,并结合对实验教学的思考 and 实践,从教具改进、现代技术、感知体验、思想方法、问题设计、知识应用6个方面探究了物理实验教学的创新路径。这些创新方向和路径可以通过具体的实例来实施,例如静摩擦力教学、楞次定律教学、牛顿第三定律教学等。通过创新物理实验教学,可以培养学生的创新意识和实践能力,提高学生的科学素养和综合能力。

**关键词:**核心素养;物理实验教学;创新路径;教具改进

**中图分类号:**G633.7

**文献标识码:**B

**DOI:**10.19655/j.cnki.1005-4642.2024.01.008

实验教学是培养学生科学素养、树立学生科技创新意识的重要渠道。在核心素养视域下,物理实验教学应该有新的思考、新的展现和新的突破。为此,本文结合对实验教学的思考 and 实践,探究了物理实验教学的创新方向与路径。

### 1 物理实验教学的创新方向

《普通高中物理课程标准(2017年版2020年修订)》(简称新课标)强调在高中物理课程中应注重科学探究,凸显实验在物理学、物理课程改革中的重要作用,为高中物理实验教学注入丰富的内涵<sup>[1]</sup>,因此凸显核心素养的实验教学成为高中物理课程的理想诉求和价值导向。下面从物理学科核心素养的4个维度阐述实验教学的创新方向。

#### 1.1 运用实验丰富物理表象,促进学生物理观念素养的形成

物理观念是从物理学视角形成的关于物质、运动、相互作用以及能量等的基本认识,是物理概念、规律在头脑中的提炼和升华。物理概念和规律是物理现象(过程)的本质联系在头脑中的反映。依据现代认知理论观点,可以认为物理观念的形成首先是对客观世界的感知,即知觉在思维活动的参与下内化为表象,进而在思维活动的反复作用下构建起物理概念和规律,再进一步抽象、关联、酝酿形成物理观念。物理实验能够使学生

获得丰富的感性认知,生动的形象、真切的觉察、直观的感受均可以内化为物理表象,这些表象又以“物理图景”的形式存在于认知结构中,它们是建构物理概念和规律,凝练形成物质观念、运动观念、相互作用观念、能量观念的认知基础。

例如,在静摩擦力教学中,设计了体验性小实验,如图1所示。



图1 用细线悬挂钩码感受静摩擦力

挂钩槽码、橡皮筋、细线三者连在一起,并用手提细线上端。此处使用的细线是为了凸显静摩擦力的感知效果,学生需挤压手指才能提起重物,从中体会到弹力对于静摩擦力的必要性;橡皮筋是为了显示静摩擦力大小的变化,使学生可以同

**收稿日期:**2023-10-29;**修改日期:**2023-11-30

**作者简介:**徐立海(1978—),男,浙江台州人,北京师范大学台州附中正高级教师,学士,主要从事中学物理教学工作。  
E-mail:1834087703@qq.com

时根据物体的重力、橡皮筋的伸长量、手指的挤压程度来感受静摩擦力。实验中,教师引导学生手脑并用,结合感知思考静摩擦力的产生条件、大小和方向。

### 1.2 运用实验创设问题情境,促进学生科学思维素养的进阶

新课标明确指出,物理学是基于观察与实验,通过建构模型、应用工具、科学推理和论证而形成的系统的研究方法和理论体系<sup>[1]</sup>。物理实验是物理概念、规律的形成、建立与发展的基础,也是学生的模型建构、科学推理、质疑论证等科学思维素养进阶的基础。运用实验可以创设多种问题情境促进不同科学思维的进阶,例如为发展学生的建模思维,可用实验创设“原型转化为模型”的建构思想;为发展学生的质疑论证思维,可用差异性实验制造认知冲突。此外,利用实验展现物理现象,能够促发学生认知上的矛盾和冲突,增强学生的科学创新思维。

例如,在楞次定律“阻碍”思想的教学中,在竖立的木板底部安装滑轮做成可以自由滑行的小车,然后在该木板上固定电感线圈、二极管、开关组成的电路,如图 2 所示。实验分成 3 个环节展开教学,提出“什么是阻碍”“谁在阻碍”“阻碍什么”“为何阻碍”4 个问题,引导学生思考。

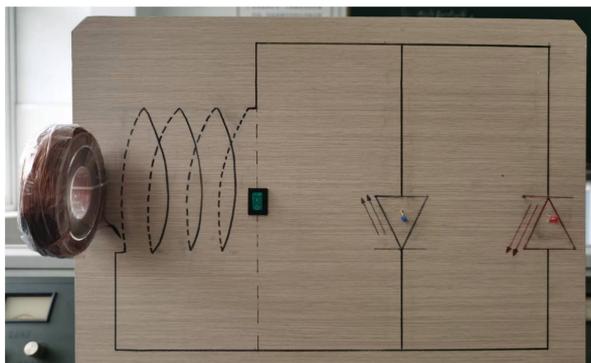


图 2 楞次定律“阻碍”作用的实验装置示意图

环节 1:将木板小车固定,断开开关,让强磁铁靠近或远离电感线圈,使不同的二极管发光,根据二极管的发光判定感应电流的方向,进而根据右手定则确定感应电流的磁场方向,然后再结合磁极方向、磁通量变化,得出“增反减同”的结论,并分析得出:感应电流产生的磁场总是阻碍线圈中磁通量的变化。

环节 2:闭合开关,放开木板小车,让磁铁靠

近或远离电感线圈。再改变磁极重复以上操作,根据实验现象归纳出“来拒去留”,然后进一步分析得出:磁铁与电感线圈通过感应电流产生的相互作用力总是阻碍物体间的相对运动。

环节 3:将木板顺时针翻转  $90^\circ$ ,用轻软弹簧竖直悬挂磁铁,静止处于线圈的正上方。实验时,断开开关,将磁铁向下拉到某一位置,然后释放,可以观察到 2 个二极管交替发光,且弹簧振动会在较短时间内停止。引导学生从能量转化与守恒的角度进行分析,可以得出:电磁感应现象是磁铁与电感线圈之间通过克服磁力做功将机械能转化为电能。

以上教学中,教师运用实验的 3 个环节,引导学生思考“什么是阻碍”“谁在阻碍”“阻碍什么”“为何阻碍”4 个问题,学生通过观察思考,逐步从“增反减同”到“来拒去留”,再到“振幅衰减”3 个层次对“阻碍”建构起了观念理解和模型认知;再通过科学推理,从“磁与电”到“力与运动”,再到“功与能”,逐步建立“阻碍”思想;最后,通过质疑论证,意识到楞次定律“阻碍”思想的本质是能量的守恒与转化。

### 1.3 运用实验设置探究过程,促进学生科学探究素养的提升

物理实验的探究过程蕴含着丰富的核心素养,既是培养与提升学生物理学科核心素养的重要途径,也是物理学科素养的重要内容和重要载体<sup>[2]</sup>。运用实验设置探究过程,促进学生科学探究素养的提升,是物理教学的重要任务和目标。新课标要求:引导教学方式的改革,突出科学探究的本质,重视思维型科学探究,强调要避免程式化、表面化的倾向,既重视动手操作,又注重动脑思考;注重创设真实的教学情境,引发学生的认知冲突,激发学生在探究与实践积极思考,引导学生对所学知识、方法以及形成的态度进行总结反思,并应用到真实情境,迁移到其他领域<sup>[1]</sup>。

例如,在“远距离输电”教学中,教师可以基于实验,创设实验探究过程。

观察:如图 3 所示,讲台上的小灯泡 A 接入学生电源后正常发光。

问题:怎样使远距离连接的小灯泡 B 发光?

观察:用 1 卷细导线将小灯泡 B 接入学生电源,亮度很暗。

问题:为什么远处的小灯泡会发光暗淡?有

什么解决方案?

观察:换 1 卷较粗的导线将远处小灯泡接入学生电源,亮度增加.

问题:怎样才能保持输送功率不变的条件下减小导线中的电流?

观察:依次接入升压变压器和降压变压器,灯泡 B 正常发光<sup>[3]</sup>.

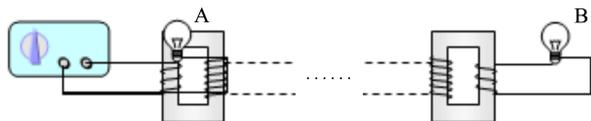


图 3 远距离输电示意图

以上教学中,教师以实验为载体,设置思维型科学探究过程,使探究与实践相结合,不断地提出问题、引导观察,让学生始终处于积极的思维状态.

#### 1.4 运用实验引发深刻反思,促进学生科学态度素养的发展

实验是引发学生深刻反思的重要载体,是促进学生科学态度素养发展的重要途径.实验操作要求规范有序,不可以随意摆弄,以此培养学生认真规范的行事态度;实验数据要求严谨求实,不允许弄虚作假,以此培养学生实事求是、严谨求真的科学态度;实验过程会出现各种问题,以此培养学生发现问题和解决问题的能力.

例如,在牛顿第三定律教学中,为整合不同物体间的相互作用,以论证任何物体间的相互作用都存在作用力与反作用力,同时为激发学生的学习兴趣,设计了海陆空三栖遥控小车(固定无人机的电动小车),如图 4 所示.

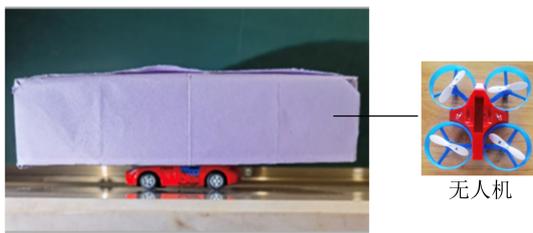


图 4 海陆空三栖遥控小车

在课堂教学中,教师围绕“有哪些动力方式可以推动小车”的问题,从 5 个方面引导学生思考:  
a. 用手推动,用嘴吹动;b. 马达推动,地面施力;c. 气球反冲,空气推进;d. 空气动力使小车升空;e.

水中旋桨使小车航行.通过实验展示上述猜想可以使深度思考,更好地理解作用力和反作用力.根据现场教学效果可知:以问题为导向,并用实验验证的教学方式,能够激发学生的好奇心、创造力和想象力,提高学生的科学探究素养.

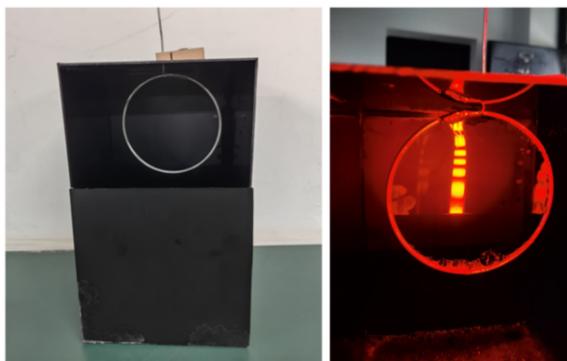
## 2 物理实验教学的创新路径

当前,物理实验教学存在依赖教材,缺乏创新,实验与生活实际联系不够紧密,教师演示多,学生参与少,对实验器材的有效使用较少的问题.基于该实验教学现状,提出了创新物理实验教学的 6 条路径.

### 2.1 在教具改进上创新

教具改进是实验教学创新的主旋律,随着时代的进步,新材料、新工具、新方法不断涌现,利用新材料、新工具、新方法可以有效地改进原有实验在“原理、设计、方法、效果”等方面存在的缺陷,使实验更加精确、美观和高效,使实验现象更能凸显物理本质,促使学生能更清晰、更直观地观察实验现象,并更好地理解物理概念与规律.

例如光的薄膜干涉实验,将黑色亚克力板做成的箱子分成上、下 2 部分,下半部分盛有特制液体(洗洁精、甘油、蒸馏水混合液体),上半部分背面是黑色的面板,前部镂空,如图 5(a)所示.将铁圈深入液体中再提出,获得液体薄膜,然后用高亮度 LED 灯管发出的光照射薄膜,光在薄膜上反射后,可观察到如图 5(b)所示的干涉条纹.



(a) 薄膜干涉

(b) 红光干涉条纹

图 5 光的薄膜干涉实验装置

### 2.2 在现代技术上创新

现代技术的兴起,例如 3D 打印、激光雕刻、DIS 传感、手机传感等新技术的应用,超级电容、

钷磁铁、透明 AB 硅胶、PVE 膜、导电橡胶、铸工胶、光影画布等新材料的出现<sup>[4]</sup>, AI 人工智能技术和大数据模型的迭代发展,都为物理实验教学创新提供了更多的可能性. 现代技术可以使实验装置制做得更加便捷,实验效果更加清晰,实验结论更有说服力,还可以使不可见的实验现象变得可见,使难以厘清的物理关系清晰显现,让学生了解现代科技在物理实验中的应用.

例如,在牛顿第三定律教学中,为了让学生见证 2 个不接触的磁球间的相互作用力是大小相等、方向相反的力. 利用 2 个力传感器连接细线拉着磁球,为了防止磁球吸在一起,中间用木条隔开,如图 6 所示. 实验中,调整距离或方向,可以直接观察到 2 条细线总是处在同一直线上,在计算机屏幕上可以看到作用力与反作用力总是大小相等.

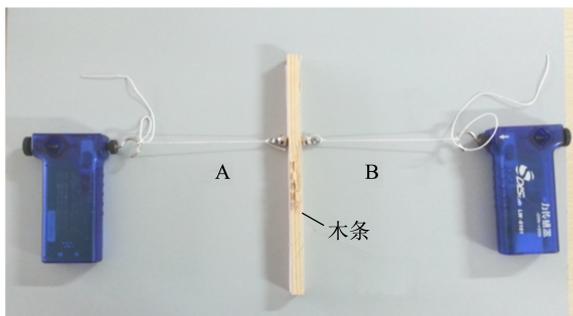


图 6 研究磁球间相互作用的实验装置

又如,在胡克定律教学中,可以应用无线智能小车(集成力与位移传感)压缩弹簧,直接在电脑屏幕上显示弹力  $F$  与弹簧伸缩量  $x$  的关系图像.

### 2.3 在感知体验上创新

具身学习理论指出:认知基于身体,具有实践性、活动性等特征<sup>[5]</sup>. 该理论将“身体”置于认知实践的中心地位,强调认知是通过身体体验及其活动方式形成的,体验是在亲身经历和实践过程中获得的独特感受. 因此,物理学习离不开实验活动中的感知与体验. 学生参与实验,可以激发学习兴趣,增进学习情感,促进学生对物理概念和规律的深度理解. 感知体验是培养学生物理核心素养的必要途径,物理实验教学应在感知体验上创新,积极开发参与性、实践性和活动性较强的实验,引导学生通过多种感知促成有效学习.

例如,在劲度系数  $k$  的教学中,可以让学生对比不同弹簧的软硬程度,思考软硬程度与比例系

数  $k$  的联系. 进一步,对比感受 2 根弹簧串联或并联后软硬程度的变化,探究弹簧串联或并联后的总劲度系数与各弹簧劲度系数之间的关系.

又如,在力的分解教学中,为了让学生更好地理解“1 个恒力的 2 个对称分力夹角越大,两分力越大”,可通过实验让学生探索. 在细绳中间悬挂钩码,手提细绳 2 端的绳套,然后逐渐向两侧拉,使两绳之间的张角逐渐变大,如图 7 所示. 在该过程中,学生可以强烈感受到夹角越大,绳子所需的拉力越大,进而可以推理得出重力沿细绳方向分解的 2 个分力变大.

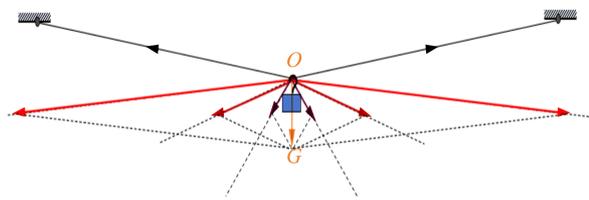


图 7 力的分解示意图

### 2.4 在思想方法上创新

实验不只是用来测量实验数据,验证物理结论,也可以用来启迪思维,解读物理原理或现象,还可以在实验设计中渗透科学思维,让学生运用物理思想参与实验.

例如,在光电效应“用遏止电压测量光电子最大初动能”的教学中,遏止电压和最大初动能是比较抽象的物理概念,为帮助学生更好地理解这 2 个概念,并建立起二者间的逻辑关联,可以运用类比思想启发学生思考与理解. 手里抓大小近似相同的豆子,用力向上迅速抛出,不同豆子上升的高度不同,上升高度最大的豆子,其初动能最大,满足  $E_{km} = mgh_m$ ,故可以用最大高度测量豆子的最大初动能. 同理,光电子在反向电场力的作用下从阴极到达阳极,调节反向电压使光电流恰好为零,即所有光电子都不能到达阳极,则恰好未能到达阳极的光电子具有最大初动能,根据动能定理可知,  $E_{km} = eU_c$ . 类比以上 2 种情境,克服电场力做功类比克服重力做功,遏止电压类比最大高度,光电子的最大初动能类比豆子的最大初动能. 通过类比,能够帮助学生更好地理解抽象概念.

又如,在胡克定律教学中,利用比例思想,通过实验呈现弹力与弹簧伸长量的线性关系,如图 8 所示. 将相同的弹簧等间距放置,从左到右在弹簧下端挂上 0, 1, 2, 3, 4, 5 个钩码. 观察发现,

弹簧的下端处于同一倾斜直线上,这条直线反映了钩码数量与弹簧伸长量呈线性关系,由于钩码数量可以比例表示弹力的大小,因此该直线也即反映了弹力与弹簧伸长量的线性关系.此外,为进一步呈现超过弹性限度后,弹力与伸长量不再是线性关系,可以继续间隔增加悬挂钩码,当重力增加到一定程度,弹簧将由弹性形变转化为塑性形变,弹簧最下端偏离斜线.



图 8 钩码数量与弹簧伸长量的线性关系

## 2.5 在问题设计上创新

实验教学的创新不仅包括实验装置的改进,实验技术的迭代升级,还包括问题设计上的创新.学生对物理知识的理解,乃至核心素养的提升,需凭借一定的教学情境来实施,其中实验是最好的教学情境.能否让学习真正发生,让学生积极思考、主动探究,其关键在于问题的导向性.物理实验教学过程是把知识融合在实验情境中,以实验为载体引出问题,以问题为核心深入探究,做到实验与思维有机结合,使学生始终处于积极参与的状态,在实验中不断发现问题、思考问题、解决问题,从而提升学生的抽象概括、建构模型、科学推理、科学探究等物理核心素养.

在全反射教学中,引导学生发现问题、提出质疑,尝试解释并猜想,然后通过实验观察解除困惑.例如,1束光线从玻璃( $n=\sqrt{3}$ )射入空气,已知入射角为 $60^\circ$ ,求折射角.学生根据 $\frac{\sin \theta_2}{\sin 60^\circ}=\sqrt{3}$ 得出 $\sin \theta_2=1.5>1$ , $\theta_2$ 无解.那么,无解与不成立具有什么物理意义?大部分学生的猜想是折射光线消失了.教师通过演示实验揭开谜底,发现折射光线确实消失了,只存在反射光线,该现象被称为光的全反射.显然,以上有效的问题设计可以让学生更好地理解光的全反射.

又如在电动机的传动实验教学中,可以通过问题串的设计,运用实验来证实与解答.

问题 1:电动机可以当发电机使用吗?

如图 9 所示,闭合 2 个电路中的电键,使左侧电机转起来带动右侧电机,可以看到右侧电路中的电流计发生了偏转,以此证实了电动机可以当发电机使用.

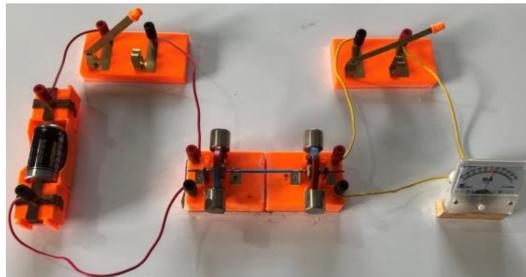


图 9 研究两电机相互带动的实验装置

问题 2:右侧电路产生的电流是交流吗?

实验中可以发现,电流计指针只是单方向偏转,因此形成的是直流电.

问题 3:线圈转动切割磁感线产生的是交变电流,为什么显示的是直流电?

如图 10 所示,教师引导学生通过分析得知,电机中装有换向整流器,换向整流器会将交流电转换为直流电输出.

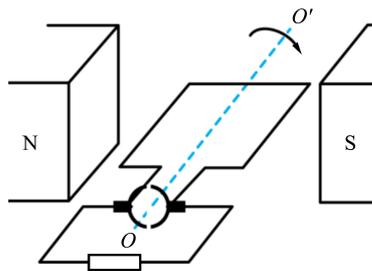


图 10 直流电动机换向整流器的示意图

问题 4:在电机运转过程中,突然将电机卡死,左侧电路中的电流将如何变化?

在左侧电路接入电流传感器,闭合电键使电机正常运转,接着摁住转轴,使电机停止转动,可观察到电流突然变大.

问题 5:左侧电机在转动过程中是否存在反电动势?

学生根据电磁感应原理对此作出猜想,认为存在反电动势.然后,教师引导学生先测出电机

内阻,接着在电机正常运转的情况下,在左侧电路中测出电池的路端电压和电流,再通过计算发现确实存在反电动势。

## 2.6 在知识应用上创新

应用是理解的关键所在,是指在不同的现实情境中能够有效地使用知识。要检验是否理解,不是看学生是否能够准确重述所学内容,而是要看学生是否能够将相应的概念或原理应用到新的问题情境中。而设置的问题情境需与学生的想法、知识和行动相匹配,而实验是创设知识应用的常用情境。因此,在知识应用上创新是实验教学创新的另一个方向。

例如,在牛顿第三定律教学的应用发现环节,可以创设以下实验情境。先由教师提出:根据奥斯特实验知道通电导线可使小磁针发生偏转,若用牛顿第三定律分析该现象,会有什么新的发现?通过思考,学生可以得出:根据牛顿第三定律,物体间力的作用是相互的,所以磁针对通电导线也会有力的作用,若将磁针固定,让通电导线自由转动,可能会观察到通电导线动起来。为验证该想法,用铁架台悬挂密绕线圈,马蹄型磁铁的一极穿过线圈,如图 11 所示。闭合开关,可以观察到线圈向左弹出,从而验证了该猜想。

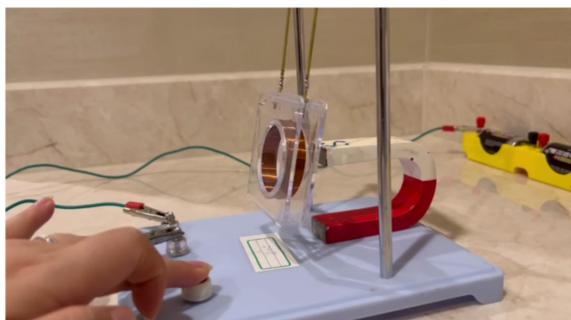


图 11 电磁弹射实验装置

又如,为了体现胡克定律的应用价值,创设了让学生现场研制臂力计的活动情境。活动任务是如何利用重 10 N 的瓶装水、弹簧和钢尺测量同学的臂力。具体方法如下:如图 12 所示,弹簧在线槽内处于自然伸长状态,使钢尺与弹簧线槽平行,让钢尺 0 刻度线与弹簧右端点对齐,并在白色纸

条上标记 0。然后用细绳连接弹簧右端,再通过滑轮挂上重 10 N 的水瓶,平衡后,在弹簧右端点对应白色纸带上的位置标记 10,以此类推,可以得到测力计,该测力计可以用来测量臂力。该活动不仅让学生真切体会到知识的价值,还能激发学生物理学习的兴趣,有助于提升学生的科学核心素养。



图 12 自制臂力计

## 3 结束语

实验教学是高中物理教学的重要组成部分,也是发展学生物理核心素养的重要途径。物理实验不仅能够培养学生的物理学科情感,还能够提升学生观察质疑、动手实践、分析论证、交流合作的能力,培育学生的创新思维和科技意识,是物理教学变革的主阵地。教师要以科学、科技育人为己任,教学中要以实验为载体,以科学思维为核心,以学生能力发展为主线,多渠道创新实验教学,探索基于创新实验的项目化学习,让学生积极参与实验探究活动,从问题、证据、解释和交流 4 个方面增强学生科学探究的意识、素养和精神。

## 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 黄晓,项于晴,汪晓东. 聚焦新课标与新教材,把握高中物理实验教学方向[J]. 物理实验,2023,43(3):50-56.
- [3] 徐立海. 谈物理课堂教学中的问题设计[J]. 物理教师,2013,34(7):37-40.
- [4] 徐忠岳. 用液态合金改进弹簧通电实验[J]. 中学物理,2023,41(3):47-49.
- [5] 殷明,刘电芝. 身心融合学习:具身认知及其教育意蕴[J]. 课程·教材·教法,2015,35(7):57-65.

## Innovative path of physics experiment teaching under the guidance of literacy

XU Lihai

(Taizhou High School Affiliated to Beijing Normal University, Taizhou 318020, China)

**Abstract:** This article explored the innovative direction of experiment teaching from the four dimensions of core competencies in the physical sciences. Six aspects of innovative paths for physics experiment teaching were investigated through considerations and practices, including teaching tool improvements, modern technologies, sensory experiences, ideological methods, problem design and knowledge application. These innovative directions and paths could be implemented through specific examples such as teaching static friction, Lenz's law, and Newton's third law. Innovative physics experiment teaching could cultivate students' innovation awareness and practical abilities, and improve their scientific literacy and comprehensive abilities.

**Key words:** core competencies; physics experiment teaching; innovation path; improvement of teaching AIDS

[编辑:龙玉梅]

(上接 51 页)

[12] KANG Y, GONG J, XU Y X, et al. Ultrahigh-precision diameter control of nano-fiber using direct

mode cutoff feedback [J]. IEEE Photonics Technology Letters, 2020,32(5):219-222.

## Design and research on preparation of micro-nano fiber by stretching method

CHEN Siyu, CHEN Zongqiang, KONG Yongfa

(School of Physics, Nankai University, Tianjin 300071, China)

**Abstract:** An experimental platform for the preparation of micro-nano fibers was set up using flame heated motor stretching method by introducing improved devices such as motors and controllers, achieving automated preparation of micro-nano fibers. The relationship between fiber diameter and stretching distance, stretching speed, flame height was explored, etc. The relationship between the diameter of the cone region and the stretching length during the unilateral stretching process was theoretically derived. The shapes of the cone region at different speeds were measured, and the dependence of the diameter of the optical fiber on the stretching speed was explained as well.

**Key words:** micro-nano fiber; stretching method; shape of the cone region

[编辑:任德香]