

文章编号:1005-4642(2021)04-0052-06



基础教育

新教材(人教版)选修模块实验的设计特色和教学价值分析

朱亚平

(北京景山学校,北京 100006)

摘要:从关键能力和素养发展的角度,分析了新教材(人教版)选修模块的实验设计特色和教学价值。从章内实验设计层次、实验设计环节、单个实验设计的特色角度分析了实验设计的特色:设计多层次、多角度实验栏目,设计突破学生思维难点的针对性实验,设计多样化、开放性实验方案,突出实验原理的统领性。从对学生关键能力发展和物理核心素养发展以及教学方式改进角度分析实验的教学价值:创设真实的探究情境,发展学生的思维能力,引导教学方式改进,促进信息转化能力发展,提升科学态度与责任素养。

关键词:新教材;选修模块;实验;设计特色;教学价值

中图分类号:G633.7

文献标识码:B

DOI:10.19655/j.cnki.1005-4642.2021.04.008

1 新教材选修模块的实验统计

2019 年人民教育出版社出版的高中物理教材(以下简称“人教版教材”)选修模块^[1-3]的 3 本教材,共 27 章,独立小节 125 节,其中独立小节实验共 4 个,实验栏目 23 个,演示实验 36 个,做一

做栏目 25 个,涉及实验的拓展学习 9 个,以实验为背景的节首问题 28 个,与实验有关的习题 40 个。从实验操作主体来看,既有教师,也有学生;从实验实施时间来看,既有课堂完成的实验,也有课下完成的实验。选择性必修学生和教师为实验主体的分类统计见表 1。

表 1 选择性必修学生和教师为实验主体的分类统计

模块	学生为主体实验			教师为主体实验	
	必做(分组)	做一做	建议做	演示实验	拓展实验
选择性必修一	4(独立节实验 3 个)	3	15	14	0
选择性必修二	3	5	2	9	1
选择性必修三	2(独立节实验 1 个)	1	3	4	1
合计	9	9	20	27	2

2 人教版教材选修模块实验的设计特色

密立根说:科学靠两条腿走路,一是理论,一是实验。有时一条腿走在前面,有时另一条腿走在前面,但只有使用两条腿才能前进。对于中学物理而言,实验不仅是重要的教学内容,也是拓展学生认知方式、发展学生思维能力、提升物理学科核心素养的重要载体。根据课程结构变化、学生

需要和时代发展需要,人教版教材的编写实验遵循以下原则:实验作为物理学习的基础,提升科学探究素养是实验教学的目标,实验探究应以学生为主体,实验器材力求传统与现代并重^[4]。

2.1 设计多层次、多角度的实验栏目

教材设计的实验栏目包括实验、演示、做一做和拓展学习,分别从学生个体、学生小组、教师和学生等角度,从动手操作、展示观看、思考体验和

收稿日期:2021-03-28

基金项目:北京物理学会 2020—2021 年度立项课题(No. WLXH202010)

作者简介:朱亚平(1977—),女,江苏武进人,北京景山学校高级教师,学士,从事高中物理教学。E-mail:jswuli@sina.com



感悟、拓展延伸等不同层面进行设计,在问题栏目、练习与应用、复习与提高栏目也有与实验有关的设问。从章节的布局看,全章从不同角度、不同层面设计实验,为概念、规律得出提供认知基础,让学生经历概念、规律建构的过程,形成相关的物理观念。

对于动量守恒规律的探究,教材共呈现了10个不同的真实碰撞实验或者实践活动图景:

- 1)质量不同的2个小球发生相互碰撞;
- 2)接收大乳胶气球的实践活动;
- 3)汽车碰撞试验;
- 4)利用光电计时器测量气垫导轨上2辆小车的碰撞实验;
- 5)斜槽末端2个小球的碰撞;
- 6)斜面上2辆小车的碰撞;
- 7)用传感器测量2辆小车的碰撞;
- 8)气球的反冲;
- 9)带弯管可以旋转的盛水容器的旋转喷水运动;
- 10)运载火箭喷气加速过程。

以上实验不仅有实验室人为设计的实验情景、日常生活中的碰撞情景,还有航天工程、汽车制造等科技生产中的碰撞情景。教材通过丰富的碰撞现象,促使学生将熟悉的碰撞和陌生的碰撞、自然发生的碰撞、实验室人为设计的碰撞等多种动量守恒的现象联系在一起,发现不同表象背后的共性规律,使学生对碰撞中动量守恒的认识更加具体、丰富。

光的干涉有多种不同的图样,双缝干涉图样是等间距条纹,薄膜干涉图样不一定是等间距的,不管图样的表象如何,其形成原理是相同的。教材设计了4个干涉实验帮助学生认识光的干涉,理解不同表象背后规律的一致性。

- 1)用红色激光照射金属挡板上的2条平行的狭缝,在屏上得到红黑相间的条纹;
- 2)观察肥皂膜的干涉现象,认识不等间距的干涉图样;
- 3)根据双缝干涉原理测量波长,定量认识条纹间距与波长的关系;
- 4)用传感器和计算机测量干涉图样中光的强度在空间分布情况。

以上4个实验从简单到复杂,从不同层次提供具体直观的干涉情景,帮助学生建构典型的光

的干涉模型,提升学生解释和理解光的干涉现象的能力。

自感在不同情境中的具体表象不同。教材设计了3个实验:

- 1)观察直流电路通电瞬间和放电瞬间小灯泡的发光情况;
- 2)通过电流传感器显示通电瞬间电流随时间变化的图像;
- 3)以习题的方式呈现,2位同学在用多用电表的欧姆挡测量变压器线圈的电阻过程中,由于没有注意操作规范,当表笔与被测线圈脱离时,其中1位同学有电击的感觉。

3个实验分别从灯泡亮暗变化的视觉信息、电流-时间的图像信息、触觉感官信息3个角度呈现自感现象的不同表象,引导学生从不同角度认识自感和互感现象,丰富了学生的认识视角。

2.2 设计突破学生思维难点的针对性实验

选修模块的有些概念对学生而言是非常陌生的,学生在建构概念的过程中存在思维难点。教材针对学生认知的思维难点设计实验,突破学生的学习障碍。

学生学习热学主题时开始接触随机事件,即在一定条件下某件事可能出现,也可能不出现,单个事件的发生具有随机性,而大量随机事件的整体往往会表现出一定的规律性,这是学生思维的难点之一。教材设计伽尔顿板实验,让学生形象地认识随机事件和统计规律。在观察实验现象的过程中,体会在每个小球下落的过程中很难准确判断它会落入哪个狭槽中,但是可以估计大量小球下落狭槽中小球最终数量的分布情况——靠近入口的狭槽内小球的数量多,远离入口的狭槽内小球的数量少。习题中设计了抛硬币活动,通过分析“我的实验数据”“我所在小组的数据”“我所在大组的数据”“全班的数据”来认识随机事件。

分子动理论将气体系统的宏观性质归结为分子的热运动及其相互作用。密闭容器中气体对容器的压强是大量气体分子不断撞击器壁的结果,很多学生不理解为什么分子不连续的撞击会产生持续的压强。教材通过用豆粒模拟气体压强产生的机理,让学生观察这样的事实:单颗豆粒给秤盘的压力很小,作用时间也很短,但是大量的豆粒对秤盘的频繁撞击就对秤盘产生了持续、均匀的压力。在实验基础上引导学生将气体无规则撞击器

壁与豆粒撞击秤盘进行类比,将豆粒实验的结果迁移到气体分子撞击器壁的现象中:从微观来讲,单个气体分子的撞击是间断而不均匀的,但对于大量分子的合作用来说,宏观上表现为连续和均匀的特点.豆粒的撞击实验为学生学习密闭容器中气体压强的微观机理提供了有效的认知通道.

2.3 设计多样化、开放性的实验方案

同一个实验可以有不同的实验方案和数据处理方法.多样化的方案和开放性的提问为学生提供了思考选择、分析论证和做出判断的机会.选择性必修教材的4个独立小节实验中有3个实验的设计都具有开放性.

关于动量守恒的实验方案,教材提供了2个参考案例:气垫导轨上滑块碰撞和斜槽末端小球的碰撞.第1个实验的器材是学生比较熟悉的,其优点在于能研究完全弹性碰撞、完全非弹性碰撞以及非完全弹性碰撞3种典型的碰撞,为从能量角度分析碰撞做铺垫.第2个实验方案的优点在于将速度的测量转化为距离的测量,不仅是平抛运动规律在实践中的具体应用,而且体现了物理实验的设计美,这种转换的思想有利于激发学生的创造力.

关于单摆运动周期的测量,教材提供了2种方案,引导学生比较2种方案的优劣并且说明评价依据.关于实验数据处理,教材鼓励学生思考其他方案.通过开放性引导学生思考如何减小测量误差,引导学生总结处理实验数据的方法,提升学生的实验素养,发展学生的认识方式.

用双缝干涉测量光的波长实验,教材提供了2种方案:用遮光筒装置的传统人工测量方案,以及用光传感器装置的自动测量方案.前者的实验现象是光干涉的典型图样——明暗相间的等间距条纹,后者呈现干涉后光的强弱在空间的分布规律,让学生“看到”干涉后光在空间的强弱分布并不是非亮即暗,而是连续变化的,“看到”光干涉现象更多的细节.

开放性的设计不仅让学生对实验的认识更加全面丰富,还能培养学生从多角度思考问题的习惯,发展学生的认识方式,激发学生的创造力.

2.4 突出实验原理的统领性

科学态度与责任是指在认识科学本质,认识科学、技术、社会和环境关系的基础上,逐渐形成的探索自然的内在动力,严谨认真、实事求是和持

之以恒的科学态度以及遵守道德规范、保护环境并推动可持续发展的责任感^[5].学生实验是培养学生严谨认真、实事求是的科学态度以及遵守实验规范的重要学习活动.人教版教材突出实验原理的统领性,注重建立实验操作与原理的联系,针对实验操作环节进行提问,引导学生思考操作与原理中的哪个物理量或者实验条件有对应关系,引导学生重视实验操作对实验结果的影响,以此培养实验操作规范意识和承担操作带来的结果的责任感.

比如验证碰撞中动量是否守恒的实验,人教版教材这样提问:气垫导轨是否需要调成水平,如果需要,你能想出哪些办法?这个问题与“如何创造实验条件使系统所受的外力的矢量和近似为零”一致,都强调调节轨道水平这一操作的重要性——创设动量守恒的实验环境.教材还问:两个滑块相向运动的碰撞,如果碰撞后的速度方向与原来方向相反,这个时候应该怎样去记录碰撞后的速度?引导学生建立碰撞过程与数据的对应关系,进而引导学生思考实验操作与结果的关联,培养学生严谨认真的科学态度.

用单摆测量重力加速度实验的操作细节对实验结果影响大.教材针对操作的关键点逐一提问:线有粗细和长短的不同,伸缩性也有区别.不同小球的质量和体积有差异.想一想,应如何选择摆线和摆球?为什么?教材用图例展示细线上端的2种不同的悬挂方式,提问学生应该选用哪种方式及原因,以及是否有更好的设计.通过问题引导学生关注实验操作与原理的区别和联系,关注实验的细节,培养学生科学严谨的态度.

用油膜法估测油酸分子大小的实验是学生通过测量宏观量,进而间接测量微观量的重要体验,根据实验原理,需要测量单分子层油酸膜的面积.通过怎样的操作才能得到单分子层油酸膜呢?实验中需要注意哪些细节?教材通过图例示范实验操作的规范性,如何记录油酸酒精溶液的滴数,均匀的薄薄的面粉呈什么状态,如何记录油膜形状等细节,都展示了真实的实验照片,提供操作参考的“样本”.

3 人教版教材选修模块的教学价值分析

实验编写根据《课程标准》中高中物理课程结构变化进行了调整:删除了课程标准中不再要求

学习或者被压缩部分的相关实验,删除操作难度大、多次重复的演示实验;根据学生需要、时代发展改进或者新增加一些实验,旨在使实验更有利于教和学,更好地发挥实验的教学价值。

3.1 创设真实的探究情境

真实的探究情境能调动学生的学习热情,激发学生的思维,使学生全身心投入到学习中,专注于解决物理问题。教材中除了实验、演示、做一做和拓展学习栏目外,节首问题、练习与应用、复习与提高栏目都有与实验相关的问题,这些都可以转变为真实的探究情境,成为学生在学习知识、技能的同时完成能力提升、素养发展的载体。

利用节首问题创设真实的教学环境。水中的气泡看上去特别明亮,这是为什么呢?这是全反射一节的节首问题,有的学生可能没有见过,有必要在课堂上重现这一现象,可以用观察洗涤灵中的气泡做替代实验。用透明瓶装满洗涤灵,再倒出1瓶盖,盖好盖子,晃动盛有洗涤灵的瓶子,直到瓶内出现大气泡,让学生动手做一做并描述观察到的现象,尝试作出解释。

将自感现象节后的练习与应用栏目的习题改编成学生做一做实践活动,准备完好的线圈,用多用电表的欧姆挡测量线圈的阻值。让学生用2只手分别握住线圈裸露的两端测量,在看到欧姆表指针偏转过一定角度后,将多用电表的表笔与被测线圈脱离,学生会有电击的感觉,教师要在实验前检测断开表笔时的电流大小,有轻微的电击感即可。学生会很奇怪,为什么总是在断开表笔的瞬间有电击的感觉。这个实验能很好地激发学生的好奇心和求知欲。

通过实验创设认知冲突情景,激发学生的思维活动。磁铁对玻璃管没有吸引作用,磁铁在竖直放置玻璃管中的运动可看作自由落体,在2 m长的玻璃管中下落的时间0.6 s左右。磁铁对铜没有吸引作用,磁铁在2 m长的铜管中的下落时间远超过1 s。通过对比实验,引起学生的认知冲突,激发学生继续学习、探究的热情,提升学生科学猜想、科学论证的能力。

3.2 发展学生的思维能力

思维认知能力是指学习者在面对生活实践或学习探索问题情境时,在进行学科认知加工的过程中表现出的稳定的个性心理特征,是学习者在秉持科学态度,运用严谨的理性思维和丰富的感

性思维,发现新问题、运用新方法、解决新问题、获得新结论的过程中表现出来的思维能力,是激发个体好奇心、想象力、塑造创新人格所必须具备的能力基础^[6]。

能够独立思考,通过自己的逻辑思辨发表独立的、有创造性的看法,能够从不同视角观察、思考同一问题,能够灵活地运用不同方法解决同一问题,等等,这些都是思维能力强的具体表现。教材编写的实验有利于横向发展思维的多样性,纵向发展思维的深刻性。

教材提供了3种绘制简谐运动图像的方法:用数码相机绘制振子的振动图像,用计算机显示振子的振动位移随时间变化曲线,还可以用模拟振动曲线的记录装置绘制。3种方案都能解决问题——得到简谐运动的图像,但是解决的途径不同,对学生的认知要求也不同。让学生认识到解决同一问题可以有不同方案,用不同方案解决问题的路径是有差异的,横向发展学生的认识方式,使其思维具有多样性。

教材通过练习与应用中的实验问题纵向发展学生思维的认识深度。光照射到有孔的障碍物上会通过孔继续传播,如果孔的尺寸较大,光通过孔后在屏上形成的光斑形状与孔的形状相似,这是光直线传播的现象;若孔的尺寸小到一定程度,屏上将出现明暗间隔分布的图样,这是光的衍射现象。教材以习题的方式引导学生动手实践,在回答具体问题的过程中促进学生对光现象的纵向认识发展,提升学生思维认识的深度。

3.3 引导教学方式改进

知识的获取能力是个体认识世界、学会学习所必需具备的关键能力之一。通过阅读教材进行自主学习是日常教学中容易实施的一种学习方式,是提升学生知识获取能力的有效途径。教材的每个实验都配有相应的实验图景照片,在学生认知的关键点设问,提供多样的实验方案,这有利于学生自主阅读、自主学习。

在验证动量守恒的独立小节实验中,针对实验装置、滑块碰撞的状态教材共配有5幅图片,实验原理部分提出3个问题,关于速度的测量进行开放性提问,对实验细节提出问题:如何创造实验条件,使系统所受外力的矢量和近似于零?气垫导轨是否需要调成水平?需要测量哪些物理量?有哪些方式可以测量速度,在设计实验方案时你

会选择哪种?为什么?实验装置中的铅垂线起什么作用?如何记录并测量小球飞出的水平距离?这些问题可以作为学生课前学习的思考和诊断题,让学生通过阅读教材作出回答,在课堂上交流分享,不仅提高了课堂效率,还能促进学生实践探索能力的提升,学会自主学习。

关于洛伦兹力方向的演示实验,教材呈现了电子束在磁场中受力偏转的实验照片和实验结果。这部分内容也适合学生课前学习,可以让学生阅读教材后,用简易的物理图景表示照片中的图景并标出电子受力的大致方向。一方面引导学生重视从现象到结论的分析论证过程,另一方面也可以对学生的分析论证能力做出诊断,使课堂教学更加符合学生的实际需求。

对于学生能够根据理论分析得出结论的实验,都可以采用学生课前学习或者自主阅读的方式进行实验教学,提升学生图像理解能力、阅读理解能力、信息搜索能力、信息整理能力等知识获取能力。

3.4 促进信息转化能力发展

《中国高考评价体系》^[6]指出,实践操作能力是学生关键能力之一,包括:实验设计能力、数据处理能力、信息转化能力、动手操作能力、应用写作能力、语言表达能力。实践操作能力强的学生应当能够根据行为目标和面临的客观条件,设计或者选择解决问题的最佳方案。信息转化能力在实验中表现为能够根据不同的器材选择或者设计实验。

测量碰撞前后小球的速度是验证碰撞中的动量守恒实验的重要测量步骤,通过必修课程的学习,学生掌握了多种测量速度的方法,如用打点计时器、光电门或者传感器都可以测量瞬时速度。教材提供了2个参考案例:用数字计时器测量速度,既快捷又准确。在没有数字计时器和传感器的年代,能不能完成这个实验呢?教材提供了另一种方案,利用平抛原理将速度测量转化为小球飞出的水平距离的测量。教材通过实例启发学生在直接测量有困难的情况下,可以考虑转换物理量进行间接测量,引导学生思维的多样化发展,提升学生的信息转化能力。

测定玻璃砖的折射率的重要步骤是获取光的传播路径,即入射光线和折射光线。当今,可以通过激光直接获得光的传播路径。在激光没有进入

课堂的年代,可以利用光的直线传播和2点确定1条线的原理,用插针法确定光线。该设计把光线这一假想的抽象概念变得具体“可见”,这也是在实验中进行信息转化的很好范例。

对于能体现设计魅力的实验,要通过设问方式引起学生思考和重视,一方面通过呈现遇到困难时转换思维进行间接测量的范例启发学生的思维,发展学生的创新能力,另一方面也展现物理实验之美。

3.5 提升科学态度与责任素养

具有学习和研究物理的好奇心与求知欲,关心国内外科技发展现状和趋势,了解物理研究和物理成果的应用,是中学生的科学态度的一种具体表现。选修模块的实验编写重视物理研究与物理成果的应用,引导学生在学知识的同时思考相关的实际应用,培养学生的科学态度与责任。

波的干涉可以作为培养学生科学态度的素材。教材用水波的干涉演示实验帮助学生学习干涉的原理;在做一做栏目,让学生探索声音的干涉现象中,声音最大和最小位置在空间的分布规律,感受声音干涉的具体表现——声音的加强和减弱(甚至消失);在STSE栏目介绍主动降噪技术在耳机中的应用,并呈现消声原理图。呈现原理与技术、课堂与生活的联系,激发学生学习物理的求知欲,培养学生对物理的积极情感。

变压器是电磁感应原理的重要应用,通过探究变压器原、副线圈电压与匝数的关系实验,学生知道了变电站和传统充电器中变压器的工作原理,但对变压器的认识还是停留在概念层面,不容易产生浓厚的兴趣和求知欲。教材在科学漫步栏目介绍了近几年发展起来的无线电充电技术,其中有一种是基于变压器原理设计的,不需要用导线连接电源和充电设备,尽管有成本高、能量损耗大等不足,但是突破了大家对于输电模式的认识边界,能引起学生对物理技术的好奇心,有利于学生产生探索自然的内在动力。

4 选修模块实验的教学建议

通过必修实验部分的学习,学生具备了基本实验操作技能,掌握了设计实验的程序、基本的测量方法、数据处理方法等实验素养^[7]。选修模块实验可以看作必修模块实验的进阶学习,不仅是知识上的进阶,还包括实验素养的进阶。在教学

中要分析不同的实验内容、实验栏目对应的学科素养,挖掘适合的教学进阶点,设计教学活动,提升学生的科学素养.

1)演示实验侧重发展学生观察、描述、记录等获取和处理信息的能力,发展学生基于证据作出解释、质疑和创新的能力.也可以改变教学方式,用问题引导学生课前学习实验,作出预估分析,甚至让学生来演示和讲解演示实验.

2)学生实验侧重发展学生设计与制定实验方案,对实验过程和结果进行交流、评估、反思的能力.实际教学中不拘泥于1种实验方案,可以让学生自主选择实验方案完成实验,组织不同方案的小组交流实验的过程和收获.

3)有条件的学校可以把做一做栏目中的实验变成课堂演示演示、学生小组实验或者课后实验.没有条件的学校可以拍成视频,教师针对实验设计具体问题,让学生观看实验,回答问题,引导学生间接完成实验.

4)鼓励学生在家做习题中的实验,甚至把它变成演示实验、学生实验,让学生获得验证理论的

机会,体会成功给学生带来的快乐.

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(选择性必修第一册)[M].北京:人民教育出版社,2020.
- [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(选择性必修第二册)[M].北京:人民教育出版社,2020.
- [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(选择性必修第三册)[M].北京:人民教育出版社,2020.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 中华人民共和国教育部考试中心.中国高考评价体系[M].北京:人民教育出版社,2020.
- [7] 张晓,王玉新,张玉峰.新教材(人教版)必修模块实验的设计特色和教学价值分析[J].物理实验,2021,41(2):53-59.

Design characteristics and teaching value of the elective module experiment in the new textbook (PEP)

ZHU Ya-ping

(Beijing Jingshan School, Beijing 100006, China)

Abstract: From the perspective of the development of students' key competencies and literacy, the new textbook (PEP) was analyzed. The characteristics of the experimental design in each chapter were analyzed from the aspects of the levels and link types of the experimental design, and the characteristics of individual experimental design, which contained designing multilevel and multi-angle experimental column, designing targeted experiments for breaking through students' thinking difficulties, designing the diversified and open experimental schemes and highlighting the dominance of experimental principles. The teaching value of the experiments was analyzed in view of the development of students' key ability, the development of the physics core accomplishment and the improvement of the teaching methods which included creating a real research situation and guiding the improvement of teaching methods, developing the thinking ability, promoting information transformation ability and improving the scientific attitude and responsibility literacy of students.

Key words: new textbook; elective modules; experiment; design characteristics; teaching value

[责任编辑:任德香]