促进科学探究能力发展的实验教学整合的研究

李志云
(苏州高新区教学研究室,江苏 苏州 215011)

摘 要:“教学整合”已经成为当代基础教育阶段科学课程改革的核心理念,注重教学整合既是当下核心素养的落地之举,也是学生未来可持续发展的需求.以科学探究素养的要素为基点,厘清实验教学整合思路,提出实验教学整合的 4 条途径,以引导学生体会探究过程,领悟科学方法,形成科学思维,增强创新意识,从而促进学生科学探究能力的长足发展.

关键词:科学探究能力;实验教学;教学整合

1 问题的提出

美国《K-12 框架》将科学实践和工程实践整合,指出学生只有亲身经历和参与实践,才能真正理解科学实践和科学知识的本质,强调科学实践与学科概念的整合.[1]我国普通高中物理课程标准在教学实施建议中也明确指出:以整合性学习方式促进教与学的改革.为促进学生物理学科核心素养的发展,课程学习中要提倡整合学习等方法,促进学生素养的发展.[2]本文以促进学生科学探究能力发展为目标,针对性地提出实验整合教学的策略,为有效培养学生科学探究能力,落实核心素养的发展留出课堂空间.

2 实验教学整合的思路

实验教学整合是指以科学探究发展史或实验目标、科学方法、设计方案、装置设备等为线索重组实验教学内容,以有利于学生构建实验探究知识方法体系、培养实验关键能力、系统发展科学探究能力等核心素养目标的实现.从整合的时间跨度看,可以是利用几个单元知识解决同一个实验目的不同设计方案的较长时间跨度,也可以是较短时间内凭借科学实践整合学习一种科学探究方法;从整合形式看,可以是课堂上的讨论交流,也可以是课后的团队协作;从整合的内容看,可以是对实验原理的整合描述,也可以是对实验误差分析方法的总结提炼,还可以是对实验探究的进阶提升.

2.1 从宏观层面规划实验教学主题内容,形成核心目标统领的科学探究体系

有研究表明,专家型教师较新手更能围绕核心概念或“大概念”组织教学.这更有助于学生构建知识结构体系,形成知识网络框架,厘清不同知识之间的逻辑关系,更好地利用知识解决问题.例如实验教学过程中可以以“验证机械能守恒”为主题核心目标,结合课程标准具体要求的深度和广度,构建“验证机械能守恒”实验整合学习进阶(如图 1 所示),形成核心目标统领的科学探究体系.

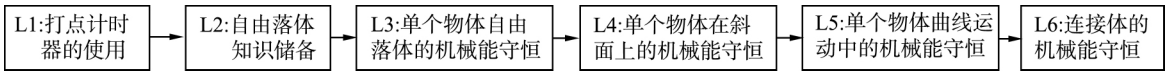

图 1 “验证机械能守恒”实验整合学习进阶

2.2 从微观层面整合实验教学具体内容,厘清实验课堂教学的内容主线

从微观层面整合实验教学具体内容特指围绕一个具体的实验教学内容按从简单到复杂的学生认知路径组织较短时间内的学习内容.从教的角度看,这样的实验教学整合符合学生的元认知、认知发展规律和最近发展区原理,更有利于学生进行类比迁移,增加实验教学的科学性和时效性.从学的角度看,学生更能分清各种教学内容之间的逻辑关系,实验的科学思想方法.例如,“测量电源电动势和内阻”的实验教学内容.

测量电源的电动势和内阻是电学实验中较为重要的一个实验,其基本测量方法“伏安法”的电路图可以是以下两种(图 2).

基金项目:本文系江苏省“十四五”课题“大概念视角下高中物理学习方法进阶教学策略研究”(课题编号:XC/C/2021/64);苏州市“十四五”规划课题“大概念视角下物理 P—STEAM 课程的教育实践研究”(课题编号:2022/LX/02/091/10)阶段性研究成果.

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

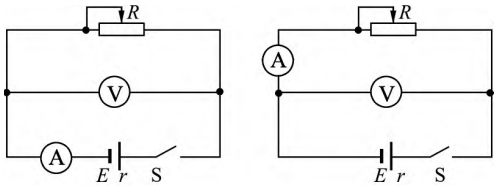

图 2　伏安法测电源电动势和内阻两种基本电路图

教学过程中在利用公式法、等效电源法、图像法等方法讲清这两种电路连接的误差分析后，可以将伏阻法和安阻法从实验原理、实验操作、数据处理、误差分析等方面进行类比整合教学（图 3），让学生体会、经历从繁到简，从粗到精，从劣到优的选择过程.依据实验内容进行实验教学整合，可以最大程度地培养学生的发散性思维，实验分析能力，系统地培养学生的科学探究能力.

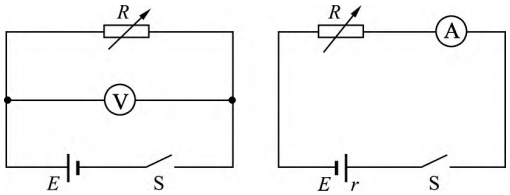

图 3　伏安法和安阻法测量电路图

2.3　从评价层面整合实验教学方式，优化实验探究学习的多元渠道

评价的目的并不是单纯地为了知道学生知识的掌握情况，同时也是改进教师教、学生学的反馈依据.评价不是一阶段学习的终点，而是下一步教学的起点，以便更好地落实教学目标和提升学生的核心素养.实验整合教学过程中可以通过过程性表现评价、诊断性评价等方式调整优化实验教学方式.如让学生“尽可能多地写出测量动摩擦因数 μ 的方法，并介绍每种测量方法的原理和操作步骤”.众所周知，测量动摩擦因数 μ 的方法很多.这个问题要求学生能归纳总结多种不同测量原理，给出测量步骤，通过学生的回答，教师可以调整教学方式：如采取课堂交流讨论、课后小组合作实际操作等方式优化实验教学手段，最大限度调动学生所学的所有知识并进行整合与迁移应用，走科学家的探究之路，真实经历科学探究过程.

3　实验教学整合的实践途径

实验教学整合的关键点是找到教学内容的共同点，教学中要强调个体特征，也要强调个体之间的交叉和融合，使不同实验内容在某种线索下高度契合，以下考虑从 4 个方面进行较为具体的实验教学整合.

3.1　围绕解决实际问题进行整合，以提升实践应用能力

普通高中物理课程标准指出学生应通过高中物理的学习为现代和未来社会发展的挑战打下基础，提高学生的实际问题解决能力是高中物理教学的重要目标.科学探究能力要素之一是设计实验、制定方案，因此要求学生面对真实问题，从各种不同角度进行分析，设计实验方案并解决，是对同一实验目的的各种实验方案进行整合教学的有效手段.

案例 1.“测量重力加速度”的实验教学整合.

重力加速度的精确数值在理论上、军事上、科研中和生活中都有非常重大的意义，尽量精确地测量重力加速度的数值在高中物理实验探究中具有重大意义，因此在江苏高考力学实验中也频繁出现测量重力加速度的考查.[3]随着学生所学知识的不断增加，测量重力加速度的方案也不断丰富，对“测量重力加速度“实验方案进行整合教学，能使学生将不同实验方案进行比较，建立关联，从而更好地健全知识网络.

中学阶段测量重力加速度的方法有很多，从研究对象分可以分为单个物体和系统；从运动轨迹分可以分为直线运动和曲线运动.主要方法梳理如下.

方案 1：利用单个物体静力平衡.

原理：$G=mg$.

方案 2：利用单个物体自由落体.

原理 1：利用逐差法 $\Delta h=gT^2$.

原理 2：利用匀变速直线运动 $h=\frac{1}{2}g\,t^2$.

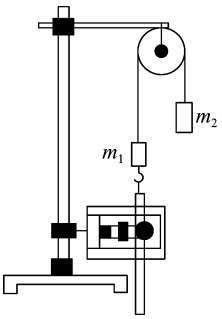

图 4　利用连接体测量重力加速度

原理 3：利用机械能守恒定律 $mgh=\frac{1}{2}m\,v_t{}^2-\frac{1}{2}mv_0{}^2$.

方案 3：利用单摆的简谐运动.

原理：$T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$.

方案 4：利用连接体的牛顿运动定律（如图 4 所示）.

原理：利用系统机械能守恒定律

$$(m_2-m_1)gh=\frac{1}{2}(m_2+m_1)v^2.$$

上述几种方案只是从 4 个不同的知识点进行思路设计，具体实验时还可以利用打点计时器或光电门等进行不同的数据处理.通过这个案例不难看出依托解决实际问题进行实验教学内容整合，能让学生在头脑中将前后知识进行纵向联系，具体操作选择实验器材时又可以将知识进行横向联

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

系.这有助于学生对物理规律展现的知识方法有整体结构感.经历解决问题的过程可以调动所学知识并进行整合迁移应用.当然,基本大部分教师都认可的是“提出一个有效的问题比解决一个问题更重要”,然而学生在提出问题方面的能力普遍都较为薄弱,因此依据解决实际问题进行实验教学整合非常有必要,并在此过程中潜移默化地培养和提高学生提出问题和解决问题的能力.

3.2 基于实验科学方法进行整合,以提高类比迁移能力

在物理实验教学中,有不少实验,它们的实验目的是不同的,实验方案也不相同,但在实验中所用的科学方法却是类似的.这种常见的科学思想方法也是整合教学的切入点.如控制变量法、转换法、科学推理法、等效法等.

案例 2.“科学放大法”的实验教学整合.

科学放大思想在物理实验乃至物理发展史上比比皆是.放大思想把一些微观量变成了宏观量;把不易测量的量变成相对容易测量的量.科学放大思想可以分为 3 类:累积放大、转换放大和时间放大.[4]

(1) 累积放大.如双缝干涉测波长时用测量头测出 n 个亮条纹(A 到 B)的中心距 D,除以条纹数,得到相邻两个亮条纹的中心距 $\Delta x=\dfrac{D}{n-1}$(如图 5 所示).再如油膜法测分子直径,先将油酸用酒精稀释,再读出 N 滴油酸酒精溶液的总体积 $V_{总}$,用总体积 $V_{总}$ 除以总滴数 N,便能得到一滴油酸酒精溶液的体积.

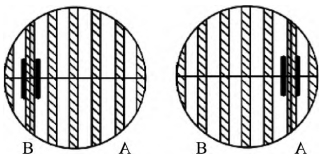

图 5 双缝干涉测波长

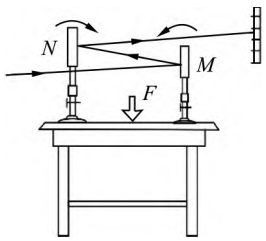

图 6 显示桌面微小形变

(2) 转换放大.如在显示桌面微小形变时采用一束光被两块平面镜反射,通过观察墙面上光斑的移动来证明桌面发生了形变(如图 6 所示).类似的在卡文迪许扭秤实验和库仑扭秤中也有类似的思想(如图 7 所示).

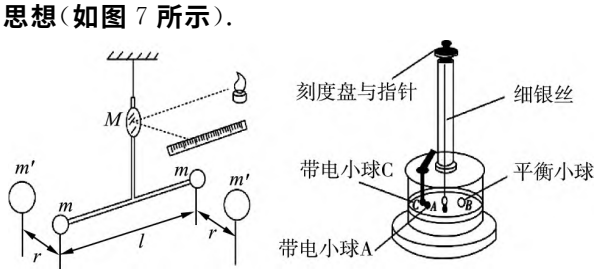

图 7 卡文迪许扭秤和库仑扭秤

(3) 时间放大.伽利略研究自由落体运动时由于时间不易测量,故他采用斜面进行实验(如图 8 所示),把不易测量的量变得容易测量,有效实现了“时间放大”.

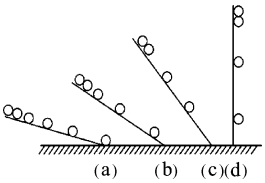

图 8 伽利略研究自由落体实验

以上这些放大方法将实验或生活中的可数量如数量、体积、次数等进行积累,对常见物理量如距离、力、倍率等进行转换,有效实现变不可能为可能.这些类似的科学思想方法如果能进行教学整合,引导学生进行归类分析,可以帮助学生拓宽思维,并应用到更广泛的实验操作或方案设计中,有利于学生发散思维的培养和创新能力的提高.

3.3 依托实验器材装置进行整合,以增强实验观察能力

中学阶段的探究(验证)实验内容以课程标准规定内容为主,虽然可以自行设计,创新延伸,但由于受到各学校标配(已有)实验器材或测量工具限制,很多不同实验目的所用的实验器材或设计的实验装置却是相同或类似的.

案例 3.“砝码、滑轮与小车装置(如图 9 所示)”的实验教学整合.

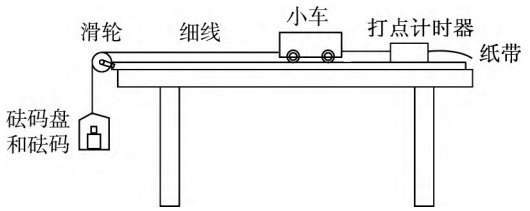

图 9 砝码、滑轮和小车实验装置

本套实验装置无论在教材或是高考力学实验考查中频繁出现.[5] 按教材知识顺序来看,该装置至少可以完成以下一些实验:① 探究小车的加速度随时间的关系;② 探究加速度与力、质量的关系;③ 测定动摩擦因数;④ 探究合外力与动能的关系;⑤ 验证系统机械能守恒;⑥ 验证动量定理.以上这些实验的目的均不同,但实验装置却非常相似.通过整合教学,对比分析各个不同实验目的下实验操作、注意事项、数据处理等异同点,在让学生轻松掌握各实验要领的同时,对创新能力的培养也大有裨益.

以实验装置的整合教学作为切入点,结合近几年高考实验考查导向分析,不难发现,从装置的应用而言,实验教学应分阶段进行.第一阶段,实验装置的基本考查.包括对原理的理解,仪器的使用,操作注意事项,步骤的科学安排等;第二阶段,实

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

验装置的创新拓展.包括根据原理进行系统误差分析从而改进实验,实验数据的处理与分析等;第三阶段,将实验思想和方法进行迁移,设计全新的实验装置进行探究和分析.在实验教学过程中,注重引导学生对实验装置进行类比分析,可以引导学生将各种相关问题进行关联,通过给定物理量探究各种规律,从而达到举一反三的教学效果,提高教学效率.

3.4 借助科学探究过程进行整合,以培养创新能力

科学探究是指基于观察和实验提出物理问题、形成猜想和假设、设计实验与制定方案、获取和处理信息、基于证据得出结论并作出解释,以及对科学探究过程和结果进行交流、评估、反思的能力.教学中可以围绕这几个探究要素进行内容整合.

案例4.“测量瞬时速度方案设计”的实验教学整合.

瞬时速度的测量是中学物理实验中的要点.在匀变速直线运动、平抛运动、验证机械能守恒定律、验证动量守恒等实验中都涉及到瞬时速度测量的设计.教学时可以针对这一要点进行实验的设计.

设计1:利用打点计时器进行测量;

设计2:利用挡光片和光电门进行测量;

设计3:利用频闪照片进行测量.

以上3种方案都是利用平均速度近似等于瞬时速度的原理进行设计的.

设计4:利用平抛运动将瞬时速度的测量转换为水平位移的测量;

设计5:利用竖直平面内的部分圆周运动将瞬时速度的测量转换为角度或高度差的测量.

以上2种方案都是从转化的角度进行设计的.除了上述提到的常见的方案设计外,还可以根据具体问题情境或已给仪器进行其他的方案设计.

借助科学探究过程进行教学整合是将要素逐步内化的过程,学生只有亲身经历从问题到猜想假设,再到设计,处理数据,得到结论并改进再探究的过程才能对所研究的问题有更深入的理解,发散思维和创新能力等科学探究能力也才能在此过程中得到提升.

4 促进科学探究能力发展实验教学整合的意义

4.1 有助于学生建立开放完整的知识结构

科学探究离不开学科知识,科学探究的要素应灵活渗透在各知识内容的学习之中.实验教学整合从各种角度促进学生对知识关联、方法关联的认识,让学生从科学方法的角度认识科学知识,在知识网络结构中增加了一个认知维度,使得学生的知识结构更完善,认知结构更开放.这不仅有助于科学探究能力的发展,对学生形成物理观念,发展科学思维,树立科学态度与责任等核心素养要素也有促进作用.

4.2 有助于系统地培养学生科学探究能力

中学物理教学内容的顺序主要以物理知识为线索.这虽然顺应物理学史的发展和学生的认知规律,但没有系统的科学探究能力培养的教学框架,学生对科学探究内容往往处于碎片化的无序状态.基于以科学探究要素为线索,结合实际需要解决的问题,实验各要素、环节、科学方法等进行实验教学内容整合,改变了以知识为线索的教学思路,形成了以能力培养为系统规划的主题教学,使学生的科学探究能力得到针对性的培养和提高,有利于学生对科学探究有整体的认识,个人能力发展能从较低能级向较高能级有序提升,对学生科学探究能力的长远发展有重要意义.

4.3 有助于科学地培养学生创新迁移能力

拔尖创新能力的培养是当代教育需要解决的重要问题之一,然而创新迁移能力不是一蹴而就的,需要建立在厚实的学科知识基础和能力基础上.有规划地、系统地、深入地实施实验教学整合,可以促进学生在知识上的融会贯通,方法上的灵活运用,科学思想上的豁然开朗,提升思维品质,促进学生批判性思维、创造性思维的稳步发展.

总之,促进科学探究能力发展的实验教学整合思路和方法是多样的.只要能找到切实可行适合学生发展的切入点,做到知识与能力统一、过程与方法统一、主导与主体统一、素养与目标统一,树人与育人统一,就能很好地实现实验教学整合,促进学生科学探究能力的发展!

参考文献:

1 张玉峰. 基于课前学习诊断的高中物理教学整合研究[M],北京:北京师范大学出版社,2018.

2 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017版2020年修订)[S],北京:人民教育出版社,2020.

3 居津. 学科核心素养指引下体验式实验教学策略——以高三第二轮“测量类”实验复习教学为例[J]. 物理教师,2022(1):90-93.

4 张岩松. 科学放大思想在物理实验中的渗透和应用[J],实验教学与仪器,2021(1):11-14.

5 居津. 江苏高考力学实验分析与复习建议[J].湖南中学物理,2020(2):97-98,88.

(收稿日期:2023-10-28)

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net