

构建实验问题整合探究教学模式 培养学生物理核心素养*

黄国龙

(宁波市镇海中学 浙江 宁波 315200)

(收稿日期:2019-02-26)

摘要:首先,根据物理核心素养培养目标和高中物理实验复习教学特点,构建基于物理核心素养培养的实验问题整合探究教学模式;其次,给出实验问题整合探究教学模式实施策略;最后,结合具体教学实例阐述该教学模式实施的途径。

关键词:物理实验复习 物理核心素养 实验问题整合探究教学模式

1 实验问题整合探究教学模式的构建

物理高考复习后期阶段,学生已做了很多物理实验问题,认知中贮存了很多实验问题以及所包含的实验理论和实验方法.从物理核心素养角度审视,学生认知中原有实验问题,其中包含实验理论和方法,这些都表现为物理观念.这些物理观念既有从属关系,又有并列关系,但往往是模糊和不稳定的,缺乏有意义的内在联系.对原有实验问题整合探究就是运用物理实验理论和方法重新解答问题的过程,这一过程既是一个推理的过程,也是一个探究过程.通过整合探究,在构建具有内在逻辑关系的问题结构、知识结构、方法结构的同时,物理观念也得到很好的内化,学生科学推理和科学探究核心素养得到很好的培养。

为了运用实验整合探究提高物理实验复习效益,培养学生物理核心素养,我们构建实验问题整合探究教学模式.该教学模式的教学流程如图1所示,它的特点是:教师针对学生已做过的包含重要实验理论和方法的实验问题(或新的实验问题),引导学生从逻辑的角度进行有意义的重组整合,要求学生整合的实验问题系统进行整合探究,进行新的解答,在整合探究过程中对重要实验理论、实验方法、问题结构进行重组和整合,整合构建一个新的实验认知结构.最后根据整合构建中出现的新问题,创设内化性实验问题,要求学生整合解答内化实验问题,

形成新的物理观念、科学推理、科学探究等物理核心素养。

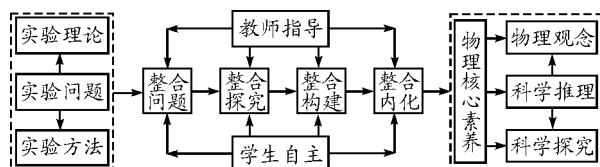


图1 实验问题整合探究教学模式流程

2 实验问题整合探究教学模式实施策略

有效实施实验问题整合探究教学模式的关键是把握各教学环节实施策略,策略化是培养学生物理核心的有效举措.下面根据实验问题整合探究教学模式的特点,结合高中物理实验复习教学的实际,给出该教学模式各环节如下实施策略。

2.1 原有实验问题

所要整合的原有实验问题应是物理高考的重点和热点问题,题中渗透重要的实验理论和实验方法.实验问题间应存在内在逻辑关系(特殊与一般关系、相似和相异关系等),解答这些实验问题所用的知识和方法也存在内逻辑关系。

2.2 整合实验问题

师生对一些共性化、差异性、逻辑性实验问题进行重组整合.问题整合策略可以是一般化整合(把特殊和下位问题整合到一般和上位问题中),相似性整合(把外表不同但本质相似的问题进行归类整合),相异性整合(把外表相似但本质不同问题进行比较

* 浙江省2018年教育规划立项研究课题“基于核心素养培养物理多元开放学教方式探索”子课题,课题编号:2018SC090

作者简介:黄国龙(1964-),男,正高级,研究方向为中学物理创新教学、物理教学模式、物理课程建设等。

整合),系统化整合(把反映知识和方法不同侧面的问题进行系统整合).整合的内容可以是实验理论的整合,实验方法的整合,实验操作、实验情景整合.

2.3 整合探究解答

在探究解答所整合实验问题过程中,相互讨论,分析比较,归纳总结,揭示问题、知识和方法间的联系与区别,消除原有错误,把握正确方法,实现从失败到成功,从错误到正确,从片面到全面.整合探究过程中,要充分体现学生的自主探究、总结和反思.

2.4 整合构建实验认知

运用一般化、相似化、比较化、系统化的策略对实验问题、实验理论、实验方法、实验操作、实验情景进行有意义整合构建,构建一个具有内在逻辑关系的问题结构、知识结构、方法结构,促进学生认知结构的概括化、稳定化、清晰化和系统化.

2.5 整合内化实验认知

学生对一些思维要求较高的实验方法往往没有得到内化,缺乏稳定性和清晰性.因而,教学中还需要创设针对性的实验问题,让学生再进行整合探究和整合构建,内化这些实验方法.

2.6 培养物理核心素养

通过一般化整合探究,不仅深化对物理理论的认识,构建一个概括水平高的物理观念,而且也培养学生的归纳推理核心素养;通过相似性整合探究,不仅能触类旁通强化对物理知识和方法的把握,促进物理观念的稳定性,而且培养学生的类比推理核心素养;通过比较性整合探究,揭示实验理论、实验方法、实验操作和情景间联系与区别、适用范围,促进物理观念清晰化;通过系统性整合探究,丰富了物理知识和方法的内涵,促进物理观念的系统化.

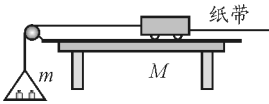
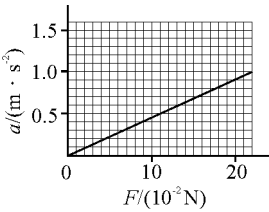
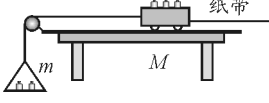
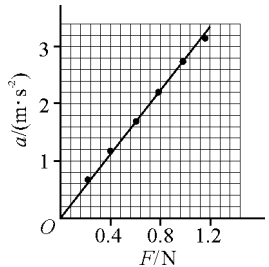
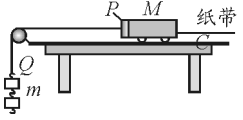
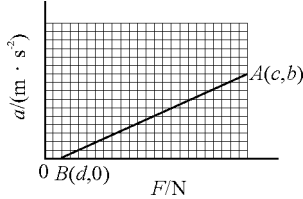
3 实验问题整合探究教学模式实施途径探索

3.1 实施一般化整合探究 构建概括化实验认知结构

有些实验问题的情景和条件、所包含知识和方法比较特殊,而有些则比较一般.运用实验问题整合探究教学模式对这些特殊和一般的实验问题进行一般化整合探究,有利于揭示这些问题以及所包含情景、条件、知识和方法间的特殊与一般关系,构建一个概括化实验认知结构,培养学生物理核心素养.

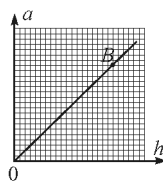
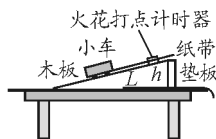
案例1:“探究加速度与力关系”实验的一般化整合探究(表1)

表1 探究加速度与力的关系实验教学设计

实验问题	特殊实验问题:单体,平衡阻力,控制小车质量	一般实验问题:多体,平衡阻力,不需要控制小车质量	一般实验问题:不需平衡阻力,不需控制小车质量
整合实验问题	<p>问题1:用如图所示装置来探究小车加速度与合力(近似等于mg)关系.</p>  <p>(1) 是否需要平衡摩擦力? (2) 是否需要重物质量远小于小车的质量? (3) 作出$a-F$图线如图所示,则小车的质量为_____.</p> 	<p>问题2:用如图所示装置做“探究加速度与合力关系”实验,某同学平衡摩擦力后,将5个相同的砝码都放在小车上.挂上砝码盘,然后每次从小车上取一个砝码添加到砝码盘中,测量相对应小车的加速度.画出小车加速度a与砝码盘上总重力($F=mg$)的$a-F$图线.</p>  <p>(1) 本实验中是否控制小车质量$M \gg m$? (2) 根据图像求出哪些物理量?</p> 	<p>问题3:如图所示,P为传感器,可测出作用在小车上拉力F.以小车为研究对象,探究小车加速度与拉力F关系,作出如图$a-F$图线.图中A和B坐标已知,木板水平.</p>  <p>(1) 是否一定要平衡小车受到的阻力? (2) 是否需要控制小车质量? (3) 由$a-F$图线,可以求出_____.</p> 

续表 1

整合探究解答	$F = \frac{Mmg}{M+m} + \frac{(Mg \sin \theta - f)M}{M+m}$ $Mg \sin \theta - f = 0 \quad M \gg m$ 解得 $F = \frac{mMg}{M+m} \approx mg$ (1) 需要平衡摩擦力; (2) 需要重物的质量远小于小车的 质量; (3) 由 $M = \frac{F}{a} = \frac{0.2}{0.9} \text{ kg}$, 解得 $M = 0.22 \text{ kg}$	(1) 以小车、砝码盘和砝码整体 为研究对象, 控制总质量不变, 整 体受到合外力 $F = mg$. 因而不需 要控制小车质量 $M \gg m$. (2) 根据加速度与 F 关系 $a =$ $\frac{F}{M+m_0}$, m_0 为砝码盘和 5 个砝码 总质量. 结合图线得整体的质量 $M+m_0 = 0.375 \text{ kg}$	$F_{\text{合}} = F - f = Ma$, 由 $a-F$ 图线 求得小车受到阻力 $f = d$, 可以求 出每次合外力 $F_{\text{合}} = F - d$. (1) 不需要让小车做匀速运动; (2) 不需要控制小车质量; (3) $a-F$ 图线, 可以求出小车阻 力. 小车质量 $M = \frac{c-d}{b}$
整合构建实验	(1) 实验模型整合: 由单体研究对象整合到多体研究对象, 由特殊受力整合到一般受力. (2) 实验理论整合: 合外力由近似 ($F = \frac{mMg}{M+m} \approx mg$) 到准确 ($F = mg$, F 等于传感器读数), 由特殊 (较难 平衡 f) 引起较大误差到一般 $F_{\text{合}} = F - f$ (由 $a-F$ 图线外推准确求出 f). (3) 实验方法整合: 整合控制方法、平衡方法、整体方法、图像外推方法		
整合内化练习	内化问题: 运用如图所示的实验装置做“探究加速度与外力关系”实验. 把光滑平板组成一斜面, 把小车放在 斜面上, 后面连接纸带. 小车受到外力是小车重力沿着斜面方向分力, 平板长度为 L , 通过调节垫板高度 h 来测 量不同合外力和小车加速度. 以垫板高度 h 为横坐标, 以小车相对应加速度为纵坐标, 作出 $a-h$ 图线. (1) 除了图中提供仪器外, 还需要的仪器为_____. (2) 该同学还必须() A. 改变平板倾角, 使小车不挂钩码时做匀速运动 B. 需要测量不同 h 时小车的加速度 C. 无需控制小车质量 (3) 小李同学作出如图所示的 $a-h$ 图线. 其中 B 点坐标为 (m, n) , 根据图线可求出_____.		
物理核心素养	物理观念 (1) 构建测量合 外力概括化理论; (2) 把握了多样 化实验方法; (3) 灵活应用牛 顿定律等知识解 答问题.	科学思维 (1) 构建不同的探究 $a-F$ 关系实验模型; (2) 运用一般物理理论推导从特殊到一般 的合力公式; (3) 运用图像推理求出阻力和质量等物理 量; (4) 揭示原有实验缺陷 (实验粗糙误差较 大), 实施创新设计, 提高实验精准性	科学探究 (1) 运用力学知 识和实验技法设 计实验方案; (2) 运用图像方 法论证“ a 与 F 成 正比”猜想



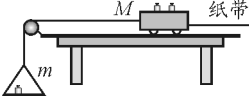
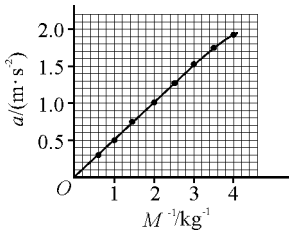
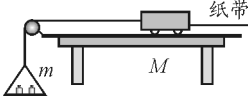
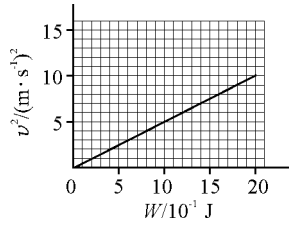
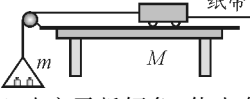
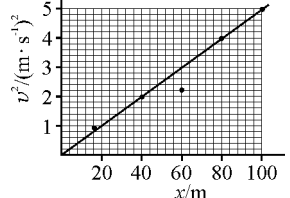
3.2 实施相似相异整合探究 构建稳定化和清晰化实验认知结构

运用相似和相异性策略实施实验问题整合探究教学模式, 就是对学生认知中已有 (或新的) 外表不同但本质相似的实验问题进行归类整合探究得出共性的规律, 对于外表相似但本质不同的实验问题进行分析比较和整合探究, 明确它们之间的本质区

别. 通过相似和相异整合探究, 揭示这些实验问题以及所包含知识和方法间的联系与区别, 构建稳定化和清晰化实验认知结构, 有效培养学生物理核心素养.

案例 2:“探究加速度与力和质量关系”“探究做功与速度关系”等实验问题相似、相异整合探究 (表 2).

表2 实验问题相似、相异整合探究

整合实验问题	<p>问题1:用如图所示装置探究小车加速度与质量关系,调节小车上钩码来改变小车总质量 M,把 mg 视为作用在小车上的合外力。</p>  <p>(1) 是否需要平衡摩擦力? (2) 是否需要控制 $M \gg m$? (3) 作出 $a-M^{-1}$ 图线如图所示, mg 近似等于_____。 (4) $a-M^{-1}$ 图线弯曲原因是_____。</p> 	<p>问题2:小张同学运用如图所示装置探究细绳拉力(近似等于悬挂重物重力为合力)做功和小车速度关系。</p>  <p>(1) 是否需要平衡摩擦力? (2) 是否需要控制 $M \gg m$? (3) 作出如图 v^2-W 图线,小车的质量为_____。</p> 	<p>问题3:运用如图所示装置做“做功和速度变化关系”实验。改变小车位移 x 来改变细绳对小车所做功(为合外力所做功),探究细绳拉力做功与小车速度 v 关系。</p>  <p>(1) 改变平板倾角,使小车不挂钩码时在平板上做_____。 (2) 是否需要控制 $M \gg m$? (3) 作出如图所示 v^2-x 图线,若小车质量 $M = 0.5 \text{ kg}$,由图线得细绳对小车拉力为_____。</p> 
整合探究解答	$F = \frac{Mmg}{M+m} + \frac{(Mg \sin \theta - f)M}{M+m}$ <p>根据 $Mg \sin \theta - f = 0, M \gg m$, 解得 $F = \frac{mMg}{M+m} \approx mg$. (1) 需要平衡摩擦力;(2) 需要控制 $M \gg m$; (3) 由图线得由 $mg \approx Ma \approx 0.50 \text{ N}$; (4) 由 $a = \frac{mg}{M+m}$ 得弯曲原因是 $M \gg m$ 条件不满足</p>	$W = \left[\frac{Mmg}{M+m} - (Mg \sin \theta - f) \cdot \frac{m}{M+m} \right] x = \frac{Mmg}{M+m} x \approx mgx$ <p>得 $Mg \sin \theta - f = 0, M \gg m$. (1) 需要平衡摩擦力;(2) 需要控制 $M \gg m$;(3) 根据 $k = \frac{v^2}{W} = \frac{2}{M} = 5$,得小车质量为 $M = 0.4 \text{ kg}$</p>	$W = Fx = \left[\frac{Mmg}{M+m} - (Mg \sin \theta - f) \frac{m}{M+m} \right] x = \frac{Mmg}{M+m} x = kx$ <p>由位移 x 倍增导致 W 倍增. (1) 由 $Mg \sin \theta - f = 0$,要求小车不挂钩码时做匀速运动;(2) 不需要控制 $M \gg m$;(3) 根据图线斜率的意义和 $Fx = \frac{1}{2} Mv^2, k = \frac{v^2}{x} = \frac{2F}{M}$,得 $F = 1.25 \text{ N}$</p>
整合构建实验	<p>(1) 实验受力模型相似整合:问题1和问题2虽然实验目的不同,但实验受力模型相似 ($F_{\text{合}} = \frac{mMg}{M+m} \approx mg$); (2) 实验操作要求相似整合:问题1和问题2中都需要平衡摩擦力和控制 $M \gg m$; (3) 数据处理方法相似整合:运用线性化方法($a-M^{-1}, v^2-W, v^2-x$)来论证猜想,运用图线斜率求解相关物理量</p> <p>(1) 实验模型相异整合:3个问题受力模型不同,前者为 $F_{\text{合}} \approx mg$,问题3为 $F_{\text{合}} = \frac{mMg}{M+m}$; (2) 实验操作要求相异整合:问题1、问题2中需要平衡摩擦力和控制 $M \gg m$,问题3中只需平衡摩擦力; (3) 图线斜率和变化趋势相异整合:3个问题中图线斜率物理意义都不同,问题1开始是线性的,随着小车质量减小,变为非线性的,而其余2个问题中图线都是线性的</p>		
整合内化练习(略)			
物理核心素养	<p>物理观念 (1) 熟练掌握不同问题测量合力的相似稳定性理论;(2) 揭示不同实验测量合力和图线差异及适用特点;(3) 力学相关规律得到灵活应用</p>	<p>科学思维 (1) 通过分析比较,揭示不同实验问题中小车受力实验模型联系与区别;(2) 揭示了不同探究实验中论证猜想的共性方法(图线线性化方法); (3) 强化不同实验问题中运用图像进行推理的思维方法;(4) 揭示不同实验的缺陷,实施互补创新设计</p>	<p>科学探究 (1) 运用控制、倍增等实验技法设计完善实验方案素养;(2) 运用图像方法论证猜想和评价实验差异的素养</p>

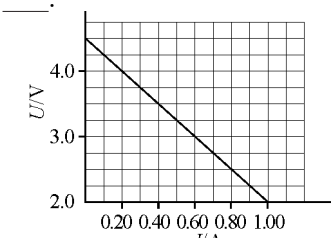
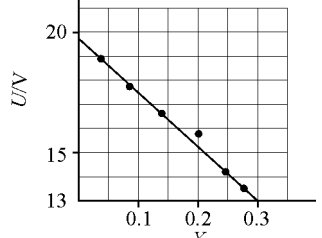
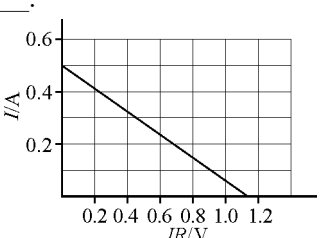
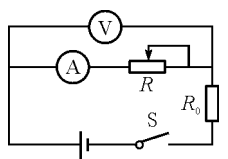
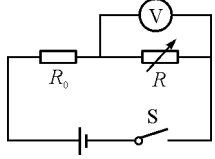
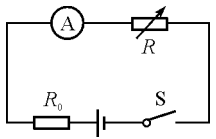
3.3 实施系统化整合探究 构建系统化实验认知结构

有些物理实验问题实验目的相同,但实验情境、实验理论和实验方法不同.对这些实验问题进行系统化整合探究,不仅可以提高实验复习的有效性,而

且可以丰富实现某一实验目的实验情境、实验理论、实验方法,构建系统化实验认知结构,有效培养学生物理核心素养.

案例3:“测量电源电动势和内阻”实验的系统化整合探究(表3).

表3 测电源电动势和内阻实验问题整合探究

整合实验问题	<p>问题1:测量某电源ϵ和r时,有如下实验器材: A. 电源(ϵ约4.5 V,r小于1 Ω); B. 电压表(0~3 V,可视理想电表); C. 电流表(0~0.6 A,内阻约1 Ω); D. 滑动变阻器R(0~10 Ω); E. 定值电阻R_0(阻值为2 Ω); F. 开关S、导线若干.</p> <p>(1) 画出测量电源电动势和内阻实验电路图.</p> <p>(2) 改变滑动变阻器阻值,得到多组电压表和电流表的读数,作出$U-I$图线.由图线得$\epsilon = \underline{\hspace{2cm}}$,$r = \underline{\hspace{2cm}}$.</p> 	<p>问题2:测量电源ϵ和r时,提供如下实验器材: A. 待测电源(内阻较小); B. 电压表(0~3 V,内阻3 kΩ); C. 电阻箱R(0~99.9 Ω); D. 定值电阻R_0(阻值3 Ω); E. 开关与导线若干</p> <p>(1) 画出测量电源电动势和内阻电路图.</p> <p>(2) 调节电阻箱R阻值,读出R与电压表读数,以X(未知)为横坐标,以U为纵坐标,得出如图所示的$U-X$图线,则$X = \underline{\hspace{2cm}}$,由图线得$\epsilon = \underline{\hspace{2cm}}$,$r = \underline{\hspace{2cm}}$.</p> 	<p>问题3:测量电源ϵ和r时,提供如下实验器材: A. 待测电源(内阻很小); B. 电流表(0~0.6 A,内阻0.02 Ω); C. 电阻箱R(0~99.9 Ω); D. 定值电阻R_0(阻值2 Ω); E. 开关与导线若干.</p> <p>以电流表读数I为纵坐标,IR为横坐标,得到如图所示的一条直线.</p> <p>(1) 试画出该研究小组所用的电路图.</p> <p>(2) 根据图像求出$\epsilon = \underline{\hspace{2cm}}$,$r = \underline{\hspace{2cm}}$.</p> 
整合探究解答	<p>(1) 电路图如图所示(伏安内接法);</p> <p>(2) 由$U = \epsilon - I(R_0 + r)$和$U$轴上截距得$\epsilon = 4.5$ V,斜率即为等效电源的内阻,电源内阻$r = k - R_0 = 0.50$ Ω.</p> 	<p>(1) 电路图如图所示(伏欧法);</p> <p>(2) 由$U = \epsilon - \frac{U}{R}(R_0 + r)$和$U-X$图线得$X = \frac{U}{R}$,$\epsilon = 1.99$ V,$r = k - R_0 = (0.69/0.3) - 2 = 0.30$ Ω.</p> 	<p>(1) 电路图如图所示(安欧法);</p> <p>(2) $I = \frac{\epsilon}{R_0 + r} - \frac{IR}{R_0 + r}$和$I-IR$图线得$\frac{\epsilon}{R_0 + r} = 0.5$ A,$\frac{1}{R_0 + r} = \frac{0.5}{1.1}$ Ω^{-1},解得$r = 0.20$ Ω,$\epsilon = 1.1$ V.</p> 
整合构建实验	<p>(1) 电路模型系统化整合:问题1用伏安电路,问题2用伏欧电路,问题3用安欧电路模型;(2) 实验方法系统化整合:问题1用$U = \epsilon - I(R_0 + r)$,问题2用$U = \epsilon - \frac{U}{R}(R_0 + r)$,问题3用$I = \frac{\epsilon}{R_0 + r} - \frac{IR}{R_0 + r}$;(3) 线性化方法系统化整合:问题1用$U-I$线性化方法,问题2用$U-U/R$线性化方法,问题3用$I-IR$线性化方法;(4) 保护电路和减小误差系统化整合:问题1,2,3中通过保护电阻保护电源,通过增大等效电源内阻便于多次测量,减小偶然误差</p>		
整合内化练习(略)			
物理核心素养	<p>物理观念</p> <p>(1) 系统地把握了测量电源电动势和内阻的3种方法(伏安法、伏欧法、安欧法);(2) 系统地把握了运用线性化方法处理实验数据的3种方法;(3) 系统地把握保护电路、减小误差的方法</p>	<p>科学思维</p> <p>(1) 构建测量电源电动势内阻的电路模型;(2) 系统地运用稳定电路知识和二次间接测量方法推导3种实验测量原理;(3) 系统运用图像进行推理处理实验数据的思维方法;(4) 能根据不同实验仪器,进行创新设计</p>	<p>科学探究</p> <p>(1) 系统地运用间接测量、等效等实验技法设计实验方案;(2) 分析评价实验误差原因,设计减小误差的电路和数据处理方案</p>