

构建实施整体探究复习模式 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:2019-12-10)

摘要:首先,根据同化理论、物理观念形成一般规律结合高中物理复习教学特点构建整体探究复习模式;其次,提出有效实施整体探究复习模式的具体策略;最后,结合具体案例分析就整体探究复习模式具体实施作一探索。

关键词:整体探究复习模式构建 整体探究复习模式实施策略 整体探究复习模式实施案例分析

1 整体探究复习模式构建

如图1所示,认知心理学的同化理论为,学生认知结构中概括水平较高的上位观念(原有观念 $A, B, C, \dots$) 通过与新的系列化具体下位问题情境发生相互作用不断分化,进行有意义的同化与顺应,发生有意义的变化,变为更加稳定、清晰、系统化的观念(新的观念 $A', B', C', \dots$)。

从物理核心素养培养角度审视,学生认知中上位观念则往往表现为物理认知($A, B, C, \dots$),上位物理认知通过与新的系列化具体下位物理问题发生相互作用(即解答具体物理问题过程)是一个科学推理过程。通过运用物理理论和方法解答系列化物理问题,内化原有物理理论和方法,有利于提炼升华为稳定、清晰、概括化物理观念核心素养($A', B', C', \dots$),有效地培养学生的科学推理核心素养。

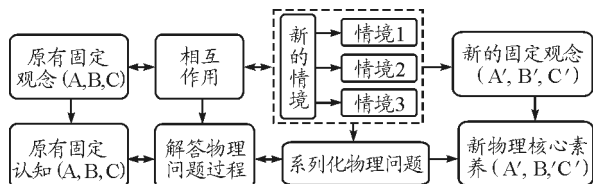


图1 认知心理学同化理论

进入物理高考复习,学生虽然经历某些重要物理知识和方法的学习过程,但认知中相关重要物理知识和方法往往比较肤浅、模糊、零乱,缺乏有效的同化与顺应,没有较好形成物理观念核心素养。高考复习中,若能从高中物理整体角度科学合理地组织

复习教学,正确引导学生运用重要物理知识和方法探究解答物理问题,并进行整合构建和总结提炼,则能有效地培养学生物理观念和科学思维核心素养。

基于上述分析,根据核心素养培养一般策略(整体化、情景化、活动化、策略化),我们构建整体探究复习模式。该复习模式流程如图2所示,以同化理论和整体化(联系、组织、整合)理论为指导,教师揭示一些主干和上位性知识和具体下位知识联系,根据物理复习教学目标,预设编制针对性、系列化、不断分化的问题群,引导学生探究解答预设问题,整合构建一般性和哲理性物理知识结构和方法结构,提炼升华形成物理观念,培养科学推理核心素养。

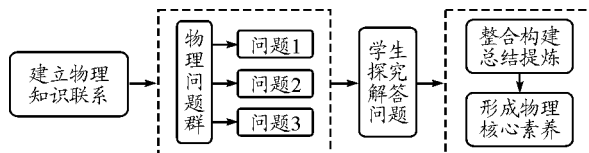


图2 整体探究复习模式流程

2 整体探究复习模式实施策略

整体化由联系化、结构化、整合化组成的,它是把物理知识和方法转化为核心素养的重要途径,整体化探究复习模式是培养物理观念和科学推理的有效方法,把握具体实施策略是有效实施整体探究复习培养学生物理核心素养的关键。

2.1 建立物理知识间多元联系

教师根据物理知识(模型、概念、规律)一般关系结合中学物理教学要求,从逻辑的角度通过不断

* 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模式探索”子课题,课题立项编号:2018SC090

作者简介:黄国龙(1964-),男,正高级教师,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。

分化建立重点物理知识间的多元联系与区别. 不仅要建立一般与特殊联系, 而且要建立相似与相异关系, 也要建立系统化的联系; 不仅要建立直接联系, 而且也要建立间接联系.

2.2 预设构建物理问题群

预设构建物理问题群是把物理知识情境化、具体化、结构化, 只有通过探究解答情境化物理问题群, 才能使物理核心知识得到应用、迁移和创新, 形成物理观念核心素养, 培养科学推理核心素养. 物理复习教学中, 教师要根据物理核心知识间的联系, 构建渗透物理知识具有内在逻辑关系的问题结构系统. 预设构建物理问题结构系统中的物理情境、物理模型、物理知识、物理方法不仅具有一般和特殊关系, 而且要有相似和相异关系.

2.3 学生探究解答

活动化是把知识转化为核心素养的重要环节. 学生探究解答物理问题是一种自主探究活动, 学生通过探究解答物理问题, 把物理核心知识和方法转化为物理观念核心素养. 把握探究解答问题策略和方法是提高学生形成物理核心素养效率的关键. 首先教师要引导学生探究解答经过分化的下位物理问题; 其次, 引导学生对所探究解答的物理问题进行多角度、多层次的深度探究解答.

2.4 整合构建和总结提炼 形成物理核心素养

在学生探究解答物理问题群的基础上, 教师引

导学生运用一般化、相似化、比较化、系统化的策略对所解答物理问题、物理知识、解题方法进行有意义整合和构建, 构建一个具有内在逻辑关系的物理问题结构、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, 总结提炼能深度解答物理问题, 具有总体性、概括性、哲理性特征的物理观念, 培养学生归纳推理、演绎推理、类比推理等科学推理核心素养.

3 整体探究复习模式实施探索案例分析

高考复习阶段学生虽然学习了高中物理课程纲要所要求的能量概念、规律和解题思路, 但往往呈现碎片化, 缺乏内在联系和整体把握, 没有形成稳定的解答能量问题的有效策略. 传统教学中教师虽然向学生展示能量知识总体结构, 揭示能量知识间的联系, 但缺乏学生自主探究和自主构建以及体验和感悟, 因而不能较好地上升到能量观念核心素养, 能量物理观念及科学推理核心素养没得到较好的培养.

为了切实有效把握能量理论和相关解题策略, 培养能量物理观念和科学推理核心素养, 笔者尝试运用整体探究复习模式实施能量专题教学.

3.1 建立高中物理复习能量知识体系

根据高中物理能量教学要求, 建立表 1 所示的高中物理能量知识三级逻辑体系.

表 1 高中物理能量知识三级逻辑体系

高中物理能量知识体系	力学中能量、功能关系、机械能守恒定律	机械能: $E_{\text{机}} = \frac{1}{2}mv^2 + mgh + \frac{1}{2}\kappa x^2$
		重力做功与重力势能关系: $W_G = -\Delta E_{\text{Gp}}$
		弹力做功与弹性势能关系: $W_{\text{弹}} = -\Delta E_{\text{弹p}}$
		合外力做功与动能关系: $W_{\text{合}} = \Delta E_k$
		摩擦力做功与热量关系: $-W_f = f x_r = Q$
		非重力(弹力)做功与机械能关系: $W_F = \Delta E_{\text{机}}$
		机械能守恒定律: 重力和弹力做功, $\Delta E_{\text{机}} = 0$
	热学中能量、功能关系、能量守恒定律	热学中能量: 分子势能、平均动能、物体内能
		分子力做功与分子势能关系: $W_{\text{分子}} = -\Delta E_{\text{分子}}$
		热力学第一定律: $W + Q = \Delta E_{\text{内}}$
		热学中能量守恒定律: $E = C(\text{常量})$
	电磁学中能量、功能关系、能量守恒定律	电能: 电势能 $E_{\text{电p}} = q\varphi$, 电容器电场能 $E_E = \frac{1}{2}CU^2$, 线圈磁场能 $E_B = \frac{1}{2}LI^2$
		电场力做功与电势能关系: $W_{\text{电}} = -\Delta E_{\text{电p}}$
		电流做功与电能、热量、机械能关系: $P_{\text{电}} t = UIt = \Delta E_{\text{电}} = Q + \Delta E_{\text{机}}$
		磁场力做功与能量变化关系: 洛伦兹力分力(安培力)做功和电能转化
		感生电场力做功和电能转化
		电磁学中能量转化、传播和守恒: LC 电磁振荡中电场能和磁场转化, 变压器中电能转化和转移, 电磁波中能量转化和传播

续表 1

高中物理能量知识体系	近代物理中能量、能量转化及守恒	光子和光的能量: $\epsilon = h\nu, E = nh\nu$
		光电效应功能关系: $h\nu = W + \frac{1}{2}mv^2$
		原子能级及跃迁: $E_n = \frac{E_1}{n^2}, E_2 - E_1 = h\nu$
		核能和质能方程: $E = mc^2, \Delta E = \Delta mc^2$
		核反应和能量守恒: $E = C(\text{常量})$

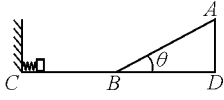
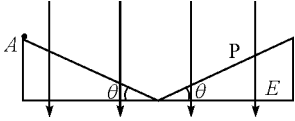
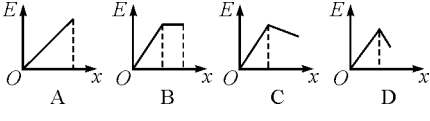
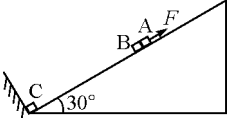
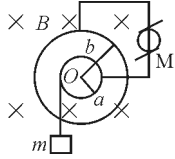
3.2 预设编制高中物理复习能量问题群

心编制表 2 所示渗透高中能量知识体系和解题策略

根据表 1 中高中能量知识体系和高考要求,精心

系列化问题群。

表 2 渗透高中能量知识体系和解题策略的系列化问题群

预设问题		预设目的
【例 1】如图所示,斜面倾角为 θ, BD 长度为 l. 质量为 m 的物体,与接触面间动摩擦因数均为 μ. 物体从 A 点静止下滑,进入很长的水平面(开始没有弹簧). 试求:(1) 物体到达 B 点时重力势能、机械能改变量;(2) 到达 B 点时速度大小;(3) 在水平面运动最大距离;(4) 若在 C 点有一个弹簧,弹簧处于原长时右端距离 B 点为 x_0, 压缩弹簧 x_1 后释放,恰好运动到 A 点,求弹簧弹力对物体所做功 		应用 $W_G = -\Delta E_{Gp}$, $W_{\text{弹}} = -\Delta E_{\text{弹}p}$, $W_{\text{合}} = \Delta E_k$, $W_F = \Delta E_{\text{机}}$ 等机械能中功能关系解答实际问题
【例 2】如图所示,绝缘等长斜面长度为 L, 两斜面用一半径很小的圆弧连接. 竖直向下的匀强电场 $E = \frac{mg}{q}$. 质量 m、电荷量 $+q$ 的小球从 A 处以 v_0 速度沿斜面向下运动,第一次运动右侧斜面的最高点为 P, 小球与斜面间动摩擦因数 μ 已知. 试求:(1) 由开始到 P 点机械能变化量;(2) 由开始到 P 点产生的热量;(3) 在斜面上通过的总路程 		综合应用 $W_{\text{合}} = \Delta E_k$, $-W_f = f x_r = Q$, $W_F = \Delta E_{\text{机}}$, $W_{\text{电}} = -\Delta E_{\text{电}p}$ 等灵活解答实际问题
【例 3】如图所示,倾角为 θ 输送带以 v 匀速转动,输送带上端无初速放一物体 m,最后物体与输送带一起运动. 输送带与物体间动摩擦因数为 μ, 满足 $\tan \theta < \mu$. 物体从上端运动到下端的过程中: (1) 机械能 $E_{\text{机}}$ (放入点为参考平面) 与位移 x 图像可能正确的是 () (2) 动能 E_k 与位移 x 图像可能正确的是 () (3) 货物整个运动过程中,系统产生热量为多大?  		灵活运用 $W_{\text{合}} = F_{\text{合}} \Delta x = \Delta E_k$, $W_F = F \Delta x = \Delta E_{\text{机}}$, $f \Delta x_r = Q$, 结合图像方法、对称方法(巧选参考系)进行推理,解答综合实际问题
【例 4】如图所示,3 个小物块 A, B, C 放在长 $L = 2 \text{ m}$ 的斜面上,与斜面间的动摩擦因数 $\mu = \frac{7\sqrt{3}}{80}$, A 和 B 紧靠, C 紧靠挡板. 已知 $m_A = 0.80 \text{ kg}$, $m_B = 0.64 \text{ kg}$, $m_C = 0.50 \text{ kg}$, $q_A = 0$, $q_B = 4.0 \times 10^{-5} \text{ C}$, $q_C = 2.0 \times 10^{-5} \text{ C}$. 开始 3 个物块都静止且不受摩擦力,现给 A 施加一平行斜面向上力 F, A 向上做加速度 $a = 1.5 \text{ m/s}^2$ 的匀加速运动,经 t_0 力 F 变为恒力,当 A 到达斜面顶端时 $F = 0$. 已知 $k = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$, $g = 10 \text{ m/s}^2$, 两点电荷间电势能为 $E_p = \frac{kq_1 q_2}{r}$. 试求:(1) t_0 时间内库仑力做功 $W_{\text{电}1}$;(2) B 物块距离 C 最大距离 d_m;(3) F 对 A 物块做的总功 $W_{\text{总}}$ 		灵活运用 $E_p = \frac{kq_1 q_2}{r}$, $W_{\text{电}} = -\Delta E_{\text{电}p}$, $W_{\text{合}} = \Delta E_k$, 功能关系, 能量守恒, 牛顿定律解答变力力电能量综合问题, 领会能量表征做功本领大小
【例 5】如图所示,金属圆盘的轴半径为 a, 轮半径为 b, 放在匀强磁场 B 中. 轴上用轻绳缠着连接一质量为 m 重物,轴上和轮边缘用电刷连接一电动机,电动机线圈内阻为 r. 其他电阻和阻力不计. 当物体稳定下落时,测得电动机匀速转动,通过电流为 I. 试求:(1) 物体下落速度;(2) 电动机输出功率 		综合运用 $mgvt = \epsilon It = \Delta E_{\text{电}} = Q + \Delta E_{\text{机}}$, $\epsilon = Bl \cdot \frac{1}{2}(\omega_1 + \omega_2)$, $P = \epsilon I$, 解答电磁感应中能量问题

续表 2

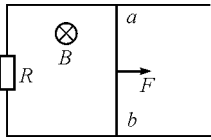
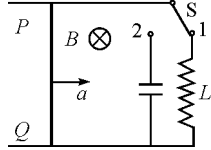
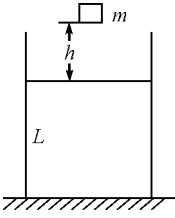
预设问题	预设目的
【例 6】如图所示,电阻不计水平金属导轨间距 l,匀强磁场 B 已知,质量 m、电阻不计的金属棒在恒力 F 作用下由静止开始运动,受到导轨阻力为 f. 当棒上通过电荷量为 q 时棒的速度为最大. 此后立即撤去 F,再经 t_0 时间停下. 试求: (1) 加速过程中产生焦耳热 Q_1; (2) 撤去 F 后磁场力对棒所做功 W 	综合运用 $W_{\text{合}} = \Delta E_k$、安培力做功与能量转化关系、整体思维、电磁感应定律、牛顿定律解答电磁感应综合问题
【例 7】(1) 如图所示,水平导轨间距 l,匀强磁场 B 已知,线圈自感系数为 L,电容器电容为 C,金属棒质量为 m. 金属棒开始静止,当 S 打到“1”位置时,棒做加速度为 a 的匀加速运动,运动 x_0 距离时,线圈中磁场能为多大? 除了 R 外所有电阻都不计,已知线圈产生自感电动势为 $L \frac{\Delta I}{\Delta t}$. (2) 若开始 S 打到“2”位置时,金属棒在恒力 F 作用下由静止开始运动 x_0 距离时,电容器中电场能为多大? 	综合运用功能关系和能量守恒定律解答电磁感应中外力和安培力做功过程中动能、磁场能、电场能转化问题. 运用微元累加求解变力功
【例 8】普朗克常量为 h,氢原子基态能量为 E_1,氢原子质量为 m. (1) 某固定氢原子从 $n = 2$ 能级向基态跃迁,辐射光子频率为多大? (2) 若用一处于基态氢原子 A 去轰击另一处于基态的自由静止状态的氢原子 B,要使氢原子 B 跃迁到第一激发态,则氢原子 A 动能为多大? (3) 若氢原子固定不动,从能级 $n = 2$ 跃迁到基态放出光子刚好能使某金属发生光电效应,则从 $n = 3$ 跃迁到 $n = 2$ 能级放出光子能否使此金属发生光电效应?	综合应用 $\epsilon = h\nu$、$E_n = \frac{E_1}{n^2}$、$E_2 - E_1 = h\nu$、机械能、原子能、光能、能量守恒和动量守恒、$h\nu = W + \frac{1}{2}mv^2$ 等解答原子问题
【例 9】在磁感应强度为 B 的匀强磁场中,一个静止的放射性原子核发生了一次 α 衰变. α 粒子在与磁场垂直的平面内做圆周运动,其轨道半径为 R. 以 m 和 q 分别表示 α 粒子的质量和电荷量. (1) α 粒子的圆周运动可以等效成一个环形电流,求圆周运动的周期和环形电流大小. (2) 设该衰变过程释放的核能都转为 α 粒子和新核的动能,新核的质量为 M,求衰变过程的质量亏损 Δm	综合运用 $\Delta E = \Delta mc^2$、能量守恒、动量守恒、牛顿定律、磁场力、圆周运动解答核反应问题
【例 10】如图所示,气缸内由质量为 m 活塞封闭一定质量的单原子理想气体,活塞到气缸底部的距离为 L. 质量也为 m 的重物,自离活塞距离为 h 处自由落下,与活塞发生完全非弹性碰撞,碰撞后它们一起向下运动的最大速度 $v_m = \sqrt{gh}$. 已知气缸绝热,活塞的横截面积为 S,大气压强 $p_0 = 2 \frac{mg}{S}$,气缸内气体开始温度为 T_0,不计阻力. 试求:活塞向下运动到速度最大过程中运动的距离. 已知 1 mol 气体内能为 $1.5RT$ 	综合运用能量守恒、动量守恒、气体状态方程、内能和牛顿运动定律解答热力学综合问题

表 2 中预设编制问题群的特点:

- (1) 由简单到复杂,由特殊到一般,呈现多样化
- 以斜面模型为问题背景,由单一斜面到多个斜面
- 和运动斜面,由单个过程到多个过程,由恒力作用到变力作用,由机械力做功到机械力、电场力、磁场力综合做功,由机械运动能量转化到电场能、磁场能、光能、内能、核能间综合转化. 渗透了多种运动形式、功能关系和能量转化知识.

- (2) 注重横向相似、相异拓展

预设问题群中既有情境(斜面、导轨)相似、解题方法相似问题,又有模型差异(平动切割和转动切割,电阻和电容及电感)和方法差异(恒力功和变力

功求解方法)问题,有利于实施深度学习,内化解题方法,提高批判性思维水平.

- (3) 渗透了解答能量问题解题思路和方法
- 揭示了灵活运用不同功能关系的问题特征,系统地渗透了解答变力功、热量、复杂能量变化问题的解题方法,呈现了解答复杂能量转化问题的解题思路.

3.3 学生探究解答高中物理复习能量问题群

学生通过自主和协作方式探究解答预设能量问题群,教学中充分暴露学生正面和反面思维过程,教师全面及时把握学生的解答情况. 由于篇幅关系,学生探究解答过程从略.

3.4 整合构建能量知识和方法结构 总结提炼形成物理核心素养

(1) 整合构建能量知识结构

学生通过探究解答预设具体能量问题群,熟练运用不同形式功和能量知识解答不同层次的物理问题,切实有效地内化表 1 中高中物理功和能量知识

(2) 总结提炼功和能量一般性观点

表 3 在熟练探究解答渗透不同形式功和能量问题的基础上,引导学生总结提炼如表 3 所示的适用于不同运动形式的一般性、哲理性的功和能量有关观点.

表 3 适用于不同运动形式的一般性、哲理性的功和能量有关观点

一般观点	具体内容	具体案例
能量形式多样性	能量是物质运动转换的量度,不同运动形式具有不同能量形式	机械运动对应机械能,热运动对应内能,电磁运动对应电磁能 …
功能关系	(1) 做功的过程伴随着不同形式能量转化. (2) 功是能量转化的量度($W = \Delta E$). (3) 能量表征系统做功的本领大小	$W_G = -\Delta E_{Gp}, W_{弹} = -\Delta E_{弹p}, W_{电} = -\Delta E_{电p},$ $ W_G = \Delta E_{Gp} , W_{弹} = \Delta E_{弹p} ,$ $ W_{电} = \Delta E_{电p} $
能量守恒定律	能量既不会凭空产生,也不会凭空消失,只能从一种形式转化成另一种形式,或从一个物体转移到别的物体,在转化和转移的过程中,总能量保持不变	(1) 某种形式的能量减少量与其他形式的能量增加量相等. (2) 某个物体的能量减少量与其他物体的能量增加量相等
功和能量 深入认识	能量的相对性和能量转化量的绝对性	机械能相对不同参考系是不同的,机械能转化量在不同参考系中是相同的
	单个力做功相对性和一对作用力做功之和的绝对性	摩擦力做功相对不同参考系是不同的,一对摩擦力做功之和相对不同参考系是相同的
	相互作用势能的系统性	重力势能是物体和地球系统共有的,电势能是相互作用电荷系统共有的
	能量守恒的系统性	能量守恒往往适用于一个相互作用孤立系统

(3) 构建解答功和能量问题的方法结构

在引导学生整合构建能量知识、提炼相关功和能量一般化观点基础上,分析总结解答功和能量问题相关方法和技巧,深度构建如表 4 所示的解答功和能量问题的方法结构.

表 4 解答功能问题的方法结构

方法内容	具体案例检索
已知恒力做功,可以运用功能关系求能量变化量	例 1 中,运用 $W_G = -\Delta E_{Gp}, W_{弹} = -\Delta E_{弹p}, W_F = \Delta E_{机}$ 等求 $\Delta E_{Gp}, \Delta E_{弹p}, \Delta E_{机}$. 例 7(2) 中,运用功能关系求电场能
已知变力,运用微元累加和功能关系求能量变化量	例 7 中,运用微元累加方法求变力做功,运用功能关系求磁场能
遇到变力功,可以运用功能关系求变力功	例 4、例 6 中,运用动能定理求解变力所做功
问题涉及力、位移、速度,可以运用功能关系求解速度和位移(或路程)	例 1、例 2 中,运用动能定理求物体的速度和路程;例 6 中,运用功能关系求棒的速度
已知能量与位移关系,运用功能关系求作用力	例 3 中,用 $F_{合} = \frac{\Delta E_k}{\Delta x}, F_f = \frac{\Delta E_{机}}{\Delta x}$ 结合图像推理求解合外力和摩擦力
不同运动形式中不涉及具体细节和过程,运用能量守恒求解相关物理量	例 8 中,运用机械能、原子能、光能守恒,结合光电效应方程求解原子物理综合问题. 例 9 中,运用 $\Delta E = \Delta mc^2$ 和能量守恒解答磁场中衰变问题
运用能量守恒结合整体思维简化解题过程	例 5 中,运用能量守恒避开繁复解题思路(力矩平衡),简化解题过程. 例 8 和例 9 中,运用能量守恒解答原子物理综合问题