

高中物理观念的提炼：现状、问题与对策^{*}

周楠桦 吴 伟^{**} (南京师范大学教师教育学院 江苏 210046)

摘 要 针对高中物理观念提炼依据不够充分、提炼过程“含糊”“随意”、提炼结果“难懂”“难教”的问题,在三个方面提出对策建议:(1)加强规范性,参考更多的指导性文件,如《教材编写说明》《教师教学用书》;(2)关注过程性,显化从物理知识提炼出物理观念的具体过程;(3)回归主体性,确保提炼出的物理观念在学生的最近发展区内。最后,以人教版物理教材必修第一章“运动的描述”为例,示范了物理观念的提炼过程。

关键词 物理观念 提炼过程 运动的描述

文章编号 1002-0748(2023)3-0007

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

1 高中物理观念提炼的现状与问题

《普通高中物理课程标准(2017 年版)》(以下简称 2017 年版课标)指出:“‘物理观念’是从物理学视角形成的关于物质、运动与相互作用、能量等的基本认识;是物理概念和规律等在头脑中的提炼与升华;是从物理学视角解释自然现象和解决实际问题的基础。”^[1]尽管对“物理观念、物理知识二者的本质是否相同”这一问题还存在争议^[2],但《普通高中物理课程标准(2017 年版 2020 年修订)解读》明确将物理观念解读为“物理概念和规律等在头脑中的提炼与升华”^[3],大部分对物理观念的提炼、教学、评价等方面进行后续研究的论文也都从这一解读出发,并“在物理观念的形成要以物理知识为基础这点上基本达成共识”^[4],因此本文中出现的“物理观念”也都采取这一解读。

《2017 年版课标》提出“物理观念”至今已有五年时间,但其教学现状并不容乐观。相关调查研究集中于硕士论文中^{[5][6]},发现尽管教师普遍了解物理观念并高度认可其教学价值,但“许多一线教师反映不好把握”^[7],物理观念教学在实践中迟迟难以落地,甚至至今没能突破第一道坎——高中物理教师对于“高中物理观念的具体内容是什么”“用什么方法确定这些物理观念”还存在困惑。换言之,试图开展物理观念教学的教师连“教什么”“怎么确定要教什么”都还不清楚,更遑论“怎么教”了。

对此,不少研究者展开了研究,他们大多以

《2017 年版课标》中的物理观念分类、模块主题划分、内容要求、学业要求与教学提示为依据,分析了教材中的物理知识,从而提炼出物理观念的具体内容。遗憾的是,现有研究没能明确解决物理观念“依据什么提炼”“怎么提炼”“提炼出什么”这三个问题,物理观念的提炼现状仍较为混乱,本文将从物理观念的提炼依据、提炼过程与提炼结果这三个维度展开分析。

(1) 提炼依据不够充分

尽管《2017 年版课标》在“课程内容”中阐述了各模块的内容要求,但把它作为物理观念的提炼依据依然是不够充分的。原因主要有两点:第一,《2017 年版课标》未能覆盖教材中所有的物理知识,如“参考系”概念、相互作用与力的关系就只在教材中出现,而课标并未提及;第二,它对物理知识作出的内容要求都极其简略,如要求“理解动能和动能定理”,却没有指出动能的定义、动能的推导、动能定理的表达式、适用条件、使用方法等内容中哪些是重点。对于课标未作明确要求的物理知识提炼物理观念时应该如何取舍?在《2017 年版课标》未能充分指导的这个问题上,大部分研究者依据个人经验作出取舍,这导致对于同一个物理知识,不同研究者提炼出的物理观念往往迥然相异,莫衷一是。如对于“自由落体运动”,《2017 年版课标》要求“通过实验,认识自由落体运动规律”,有的研究者将其忽略,未提炼为物理观念^[6],有的围绕自由落体运动的条件、速度与质量的关系,将其提炼为“在忽略空气阻力的

^{*} 基金项目:本文系江苏省教育科学规划项目“构建 USR 教师发展共同体,促进教师专业发展”(课题编号:J-C/2018/32)的研究成果。

^{**} 通讯作者:吴伟。

情况下,物体下落的快慢与质量无关”^[8],也有的围绕自由落体运动的定义、运动规律与匀变速直线运动的关系,将其提炼为“自由落体运动是初速度为零的匀加速直线运动,匀变速直线运动基本公式及其推论全部适用于自由落体运动”^[9]。

(2) 提炼过程“含糊”“随意”

几乎所有研究者都依据《2017年版课标》与个人经验直接提炼物理观念,而将两个关键步骤完全忽略或一带而过,这导致提炼过程含糊不清、主观随意性过强:①默认了物理观念的尺度——一个具体的物理观念与多少量(如高中物理整体、模块、主题、章、节)的物理知识进行对应,而没有解释选择这一尺度的原因。有的研究者以高中物理整体为尺度提炼了10个物理观念^[10],尽管能帮助教师深刻地理解物理课程,但难以直接指导高中物理教学;有的研究者分别以高中物理整体、模块、主题为尺度提炼了物理观念^[9],但并未指出各个尺度的物理观念有什么不同的教学价值;只有极少数研究者明确论证了单元设计发展物理观念的适用性,将单元确定为尺度后,再从教材前七个单元中提炼出七个物理观念^[6]。②缺失由物理知识提炼出物理观念的具体过程。在核心素养视角下的中学物理教学设计中,研究者往往不具体分析该节的物理知识,直接就得出以“节”为尺度的物理观念^[11];在提炼模块、主题、章等较大尺度的物理观念时,研究者往往只以文字形式分析物理知识^[6],而忽略了将物理知识组织起来的具体步骤(如绘制知识结构图)。

(3) 提炼结果“难懂”“难教”

在提炼物理观念时,研究者重视《2017年版课标》的要求、物理知识之间的关联,但却容易忽略学生发展与实际教学的需要,这导致最终提炼出的物理观念既难懂又难教:一方面,提炼出的物理观念抽象程度过高,大大超出学生的已有水平与发展需要,难以落实于教学,如“在实验室内部无法区别重力的效应和加速度的效应,因此,重力的效应和加速度等效”^[11];另一方面,提炼出的物理观念尺度过大,无法与教材每一节中的具体内容对应,这导致每节课的物理观念教学目标仍旧悬而未决,难以开展教学实践。

2 高中物理观念提炼的对策建议

针对高中物理观念的提炼在依据、过程、结果这三个维度存在的不足,分别从规范性、过程性、主体性三方面提出对策建议:

(1) 加强规范性,参考更多的指导性文件

既然《2017年版课标》对于提炼物理观念的指导作用有限,那就有必要参考那些描述更详细的指导性文件,如《教材编写说明》与《教师教学用书》。《教材编写说明》的每一章都先概述全章内容、梳理知识线索、划分知识板块,再整体分析本章所培养的物理观念等核心素养,最后逐节说明具体内容;《教师教学用书》的每个模块也都逐章、逐节地分析教材内容,并在此基础上确定教学目标、提出教学建议、示范教学片段,最后还补充资料作为参考。一方面,《教材编写说明》《教师教学用书》详细描述了物理知识在各个方面的细节,阐述了同一章节中各节物理知识之间的联系,为明确物理观念的具体内容提供了更充分的依据,如课标未提及的相互作用与力的关系,《教师教学用书》就指出“力是物体之间的相互作用”“力是物体间的相互作用的一种描述方式”。另一方面,它们都是按照章节分析物理知识、提炼物理观念、给出教学建议的,这其实也在指导教师确定物理观念的尺度——对于日常教学而言,以章节为尺度提炼物理观念是最有可操作性的。

(2) 关注过程性,显化具体的提炼过程

在正式开始提炼物理观念之前,首先应明确物理观念的尺度并解释原因——较大尺度(如高中物理整体)的物理观念能对物理教学起到统领作用^[10],但却不可能直接作为每节新授课的教学目标。从教学实践的角度考量,教师有必要依据《2017年版课标》《教材编写说明》等指导性文件将物理观念的尺度确定为章、节,提炼出较小尺度的物理观念,只有这样才能形成各章、各节物理知识与物理观念之间的“强对应”,明确每节新授课的物理观念及教学目标。

在提炼物理观念时不能含糊、随意,每一步都应注意参考指导性文件,将具体的提炼过程展示出来:首先根据《2017年版课标》确定该章主要的物理知识,再根据教材内容分析这些物理知识之间的联系从而确定组织核心或组织脉络,之后围绕核心或沿着脉络组织物理知识,绘制出知识结构图,最后根据《教材编写说明》《教师教学用书》与已有的分析确定这些物理知识的主要方面,根据具体学情确定物理观念的抽象程度,从而提炼出与物理知识对应的物理观念。

(3) 回归主体性,重视学生的最近发展区

学生是教学的主体,评价物理观念的提炼是否得当,最终还是要看教学中是否能落实该物理观念、

是否能有效地促进学生的发展。因此,物理观念应该根据学生发展的具体需要而提炼,即便是专家学者提炼出的物理观念也只能作为教学的参考之一。尽管物理观念在理论上可以有广泛的内容、多样的尺度、不同的抽象程度,但当作为教学目标时,提炼的物理观念应在学生的最近发展区内,即介于学生的现有水平与潜在的发展水平之间。

3 高中物理观念提炼的示范案例

如果没有具体示例,上述的对策建议未免抽象空洞,下文将以人教版物理教材必修第一章“运动的描述”这一高中物理的起点内容为例,示范物理观念的提炼过程。

“运动的描述”这一章导言中介绍了“机械运动”的定义、“力学”的研究内容,并指出“本章学习机械运动的描述”,即所谓的“运动的描述”实质上是对机械运动的描述。本章主要是定义机械运动的基本概念并建立概念之间的联系,共分为“1 质点 参考系”“2 时间 位移”“3 位置变化快慢的描述——速度”“4 速度变化快慢的描述——加速度”四节,涉及五个主要概念:质点、参考系、位移、速度和加速度。各节内容如下:第一节,物体简化为质点所需要的条件,根据运动的相对性建立参考系概念;第二节,辨析时刻和时间间隔,用位移描述位置变化,一维运动的位移,用图象表示物体在每一时刻的位置或每一时间间隔的位移;第三节,用速度描述位置变化的快慢,平均速度与瞬时速度的关系,用图象表示物体运动的速度随时间的变化;第四节,用加速度描述速度变化的快慢,加速度方向与速度的关系, $v-t$ 图的斜率是运动的加速度。

可以发现,这四节内容都围绕章标题“运动的描述”展开,以质点、参考系、位移、速度、加速度这五个物理概念共同的功能——“运动的描述”为核心,组织本章主要的物理知识,使它们既相互联系又分门别类,如图1所示。图1中,第一节中的质点、参考系分别是运动主体的理想模型与描述运动的参考标准,也是学习第二、三、四节内容的基础,而第二、三、四节中的位移、速度、加速度都是用于描述运动特征的物理量。

对于质点这一概念,教材首先分析了将物体看作一个点的必要性,即为了解决描述实际物体运动的困难,不得不进行科学的理想化抽象;接下来分析了物体可以被视作一个点的三种情况——物体的大小与形状引起的运动差异极小(如地球公转)、只关

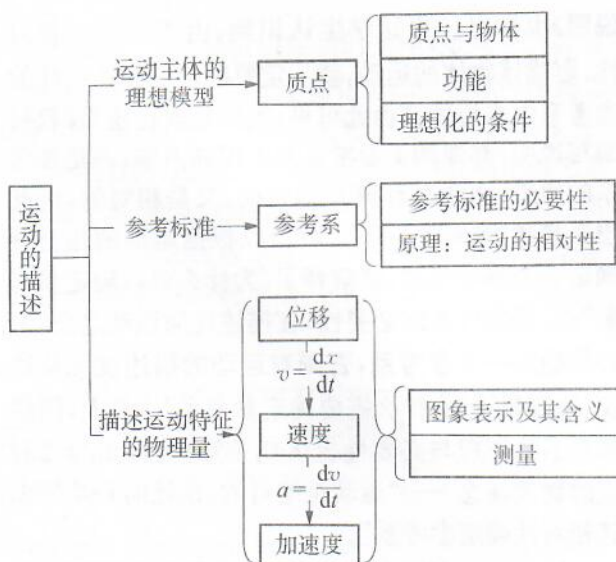


图1 “运动的描述”的知识结构

注物体整体的运动而不关注其各个部分的运动(如火车在平直轨道上行进)、物体上各点的运动情况完全相同;最后给出了质点的定义,并总结了物体理想化为质点的条件。从内容上看共分为三部分:第一部分是物体与质点的关系——质点是物体的理想模型;第二部分是人们提出质点这一概念的目的,或者说质点的功能——用于简化运动的描述;第三部分是物体被理想化为质点的条件——由具体的问题决定,上述三种情况满足其一即可。对于质点,《2017年版课标》要求:“了解质点的含义,知道将物体抽象为质点的条件,能将特定实际情境中的物体抽象成质点。”“质点的含义”即物体与质点的关系以及质点的功能,“物体抽象为质点的条件”即物体、质点与运动的关系。前者解释了“为什么能用质点来描述物体的运动”“为什么要将物体抽象为质点”,后者解释了“怎么样才能将物体抽象为质点”,所以它们都是在实际问题中将物体抽象为质点的基础,相应的物理观念应该对它们有所体现。但物体抽象为质点的条件过于繁杂,出于物理观念的抽象性,在提炼时对其具体的条件进行一定省略,只体现质点的“条件性”。综上,省略物体被理想化为质点的具体条件,围绕质点与物体的关系、功能、条件性提炼相关知识,得出与之对应的物理观念——“物体是机械运动的主体,质点是其特定条件下的理想模型,用于简化运动的描述”。

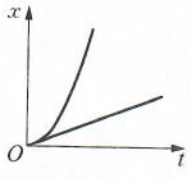
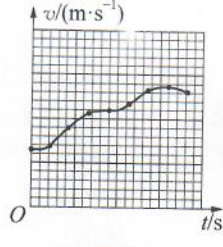
对于参考系,教材先用近一半的篇幅解释了运动的绝对性,再根据运动的相对性提出运动描述的参考标准——参考系,并强调“凡是提到运动,都应该弄清楚是相对于哪个参考系而言”。而《教材编写

说明》也指出:“要让学生认识到,由于运动的相对性,要描述物体的运动,就一定要确定是在什么样的参考系中来描述。”由此可见,无论是教材还是《教材编写说明》都强调了参考系两方面的内容:一是参考系的原理,由于运动既是绝对的,又是相对的,因此想要描述“绝对的”运动,就可以根据运动的相对性确定一个参考标准,这解释了“为什么可以确定参考系”;二是参考系的必要性,在描述任何运动之前,都必须确定一个参考系,否则对运动的描述就无从谈起,这解释了“为什么需要确定参考系”。综上,围绕参考系的原理与必要性提炼相关知识,得出与之对应的物理观念——“运动是绝对的,描述前必须根据其相对性确定参考系”。

第二、三、四节中的位移、速度和加速度则都是用于描述机械运动特征的物理量,列出这三节的主要内容(如表1所示),通过类比可以发现,这三节的

主要内容都可以被划分为四个部分:第一个部分是基于位移、速度、加速度之间的关系定义物理量——位移是从初位置指向末位置的有向线段,速度是位移的变化率,加速度是速度的变化率;第二个部分是基于位移、速度、加速度之间的关系作简单推导——一维运动的位移是 $\Delta x = x_2 - x_1$, 用极限法将极短时间内的平均速度近似为瞬时速度,用加速度与速度变化量的关系推导加速度的方向;第三个部分是用图象表示位移、速度随时间的变化——第二节中有 $x-t$ 图,第三节中有 $v-t$ 图,而第四节则进一步解释了 $v-t$ 图中的斜率与加速度之间的关系;第四个部分是用打点计时器测量物理量——第二节测量了时间以及一段时间内的位移,第三节使用打点计时器以及速度的定义式测算了平均速度与瞬时速度,而对于加速度的测量则在下一章第一节作为实验单独列出。

表1 “时间 位移”“速度”“加速度”具体内容的类比

节标题	2 时间 位移	3 速度	4 加速度	内容类比
主要内容	从初位置指向末位置的有向线段	$v = \frac{dx}{dt}$	$a = \frac{dv}{dt}$	定义物理量
	一维运动的位移: $\Delta x = x_2 - x_1$	极短时间内的平均速度就是瞬时速度	由于 $a = \frac{dv}{dt}$, 所以加速度 a 与速度变化量 Δv 的方向相同	简单推导
	 图2	 图3	$v-t$ 图的斜率是运动的加速度	图象表示及其含义
	时间与位移的测量	平均速度与瞬时速度的测量		测量物理量

归纳第二、三、四节这部分的内容,可以发现无论是位移、速度、加速度的定义与简单推导,还是它们的图象表示与物理量测量,其中最关键的都是位移、速度、加速度之间的关系。而《2017年版课标》也要求“理解位移、速度和加速度”,也即理解位移、速度、加速度各自的含义及其相互之间的密切联系。综上,省略位移、速度、加速度的具体定义与关系式,围绕这三个概念共同的功能与相互之间存在的联系提炼相关知识,得出与之对应的物理观念——“位移、速度、加速度是描述机械运动特征的物理量,它们之间存在密切联系”。

必修一第一章的物理观念如图4所示。对本章物理观念的提炼过程及其结果分析如下:(1)组织物理知识:首先确定本章的主要物理知识是质点、参考系、位移、速度、加速度这五个概念,之后以它们共同的功能“运动的描述”为核心组织物理知识——质点是描述运动时运动主体的理想模型,参考系是描述运动时所需要确定的参考标准,位移、速度、加速度是描述运动特征所用的物理量,最后分析教材中各个物理知识的具体内容,质点的相关内容被分为“质点与物体”“质点的功能”“理想化的条件”三部分,参考系的相关内容被分为“参考标准的必要性”“参考系的原

理”两部分,位移、速度、加速度的相关内容经归纳被分为“定义”“简单推导”“图象表示及含义”“测量”四部分。(2)提炼物理观念:根据《2017 年版课标》与《教材编写说明》,确定每个物理知识中的重点方面,这些重点方面在对应的物理观念中有所体现时,其抽象程度又应该如何——围绕质点与物体的关系、功能、条件性,省略其理想化的具体条件,将相关知识提炼为

物理观念“物体是机械运动的主体,质点是其特定条件下的理想模型,用于简化运动的描述”;围绕参考系的原理与必要性,将相关知识提炼为物理观念“运动是绝对的,描述前必须根据其相对性确定参考系”;围绕位移、速度、加速度的共同功能与相互关系,将相关知识提炼为物理观念“位移、速度、加速度是描述机械运动特征的物理量,它们之间存在密切联系”。

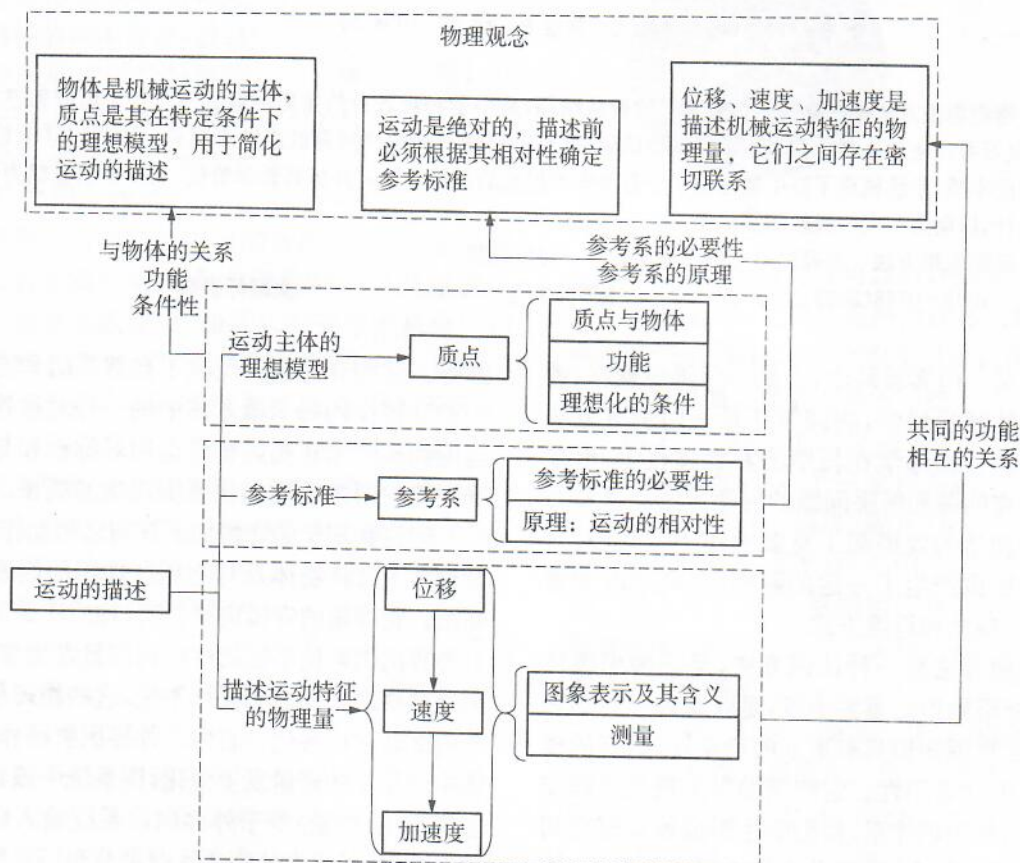


图4 人教版物理教材必修一第一章的物理观念

对于本章的物理观念,《教材编写说明》指出:“世界是物质的,物质是运动的,机械运动中很重要的是要清楚物体在不同时刻的位置、速度、加速度,及不同时间段的平均速度和位移等情况。”其主要描述了“运动的主体与运动的绝对性”“用于描述机械运动的位移、速度、加速度概念”这两个方面,而上述的物理观念中对此都有鲜明体现。

尽管物理观念具有丰富、深刻的教学价值,但不能因此无限拔高它,最终总还是要落地,回到具体的物理教学中来。本文针对高中物理观念提炼的现状与问题,在规范性、过程性、主体性三个方面提出了对策建议,尝试解决物理观念教学最急迫的问题——如何确定教材每章节中的物理观念,但这一尝试是否机械地割裂了物理观念的系统性、是否有将物理

观念庸俗化的嫌疑仍有待商榷,还望各位批评指教。

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[S]. 北京: 人民教育出版社, 2018.
- [2] 彭钰媚, 王笑君. 国内物理观念研究内容的综述和思考[J]. 物理教学, 2021, 43(08): 11—15.
- [3] 普通高中物理课程标准修订组. 普通高中物理课程标准(2017年版 2020年修订)解读[M]. 北京: 高等教育出版社, 2020.
- [4] 张海龙. 中学物理教育教学研究报告(2016—2020年)——基于人大复印报刊资料的转载数据[J]. 天津师范大学学报(基础教育版), 2022, 23(01): 29—34.
- [5] 王晓宇. 基于核心素养背景下培养高中生物理观念的教学实践研究[D]. 青岛: 青岛大学, 2019.
- [6] 朱开创. 指向物理观念发展的高中物理单元设计初探[D]. 南

(下转第 15 页)