



关于物理观念的思考与教学探讨

续佩君

(首都师范大学物理系 北京 100048)

(收稿日期:2019-11-13)

摘要:为落实物理观念的教育,在理论层面讨论了观念的形成,探讨了“提炼与升华”的含义,建立了物理观念认知模型,并以物质观念为例指出厘清中学物理观念内容要点的必要.据该模型讨论了如何帮助学生进行自我提炼与升华以及如何使学生最终形成正确物理观念的教学措施.

关键词:物理课标 物理教学 物理观念 物质观念

《普通高中物理课程标准(2017)》(简称“标准”)提出了物理学科核心素养要素——物理观念,并将其诠释为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].但相对于知识学习而言,观念教育还通常都处于较“虚”的状态.在此之前,物理观、时空观等则是物理教师熟悉的词汇.二者之间有何联系呢?下面仅从观念本身的概念与成年人观念形成的体验入手对物理观念教育(含物理观与物理观念的差异和联系)做出理论分析和教学操作探讨.

1 物理观念认知模型

1.1 基于观念的概念分析

观念:意识对外部现实的一种能动反映形式^[2].其中:“反映”既表明了观念产生的来源又指出了存在一个脑加工过程,“形式”通常呈现为观点(一个或一组)或表象^①，“能动”则是强调意识对外部现实的反作用^②.作为观念“反映形式”的观点(组)具有高度概括的特征,从而能外延到相当宽泛的外部事物.结合“课标”,可做出以下3点分析.

第一,观念产生与发挥功能的必要条件:直接的是学生与知识,本源则是人与自然界、社会、环境.

第二,观念形成的必要条件:直接的是对知识的提炼与升华,本源的是用学科的视角看外部现实.其关键环节“是物理概念和规律等在头脑中的提炼与升华”,“帮助学生从物理学的视角认识自然、理解自然,建构关于自然界的物理图景”^[1].

第三,观念由产生到形成的中间形式:直接的是观点,本源性的的是运用观点的视野.观念的概念之属为“反映形式”,通常呈现为观点或表象.“标准”对这点似未予明示(故有“物理观就是物理观念”之说),但“标准”提到从学科“视角”看,可认为已指出了运用观点的视野.

综上,学生形成物理观念的主观途径,催生某个具体观念的知识,对相对整体性知识萌生进行更高层的抽象、提炼与升华,在运用观念解决问题以及看待自然界过程中对观念理解的深化,可视为物理观念认知四要素(途径、知识、提炼、深化).

1.2 对“提炼与升华”的进一步思考

1.2.1 “提炼与升华”的隐含前提

讨论提炼与升华,一个不言而喻的前提是存在行为主体.发生“认识”“提炼与升华”“运用”的主体

① 例如:“为富不仁”是观点;“邪不压正、正义必胜”是观点组;“一看就是奸商”属表象.

② 观念的“能动”之意为下句话的后半句:人在实践活动和认识活动的基础上创造出对象的观念,然后再根据这个观念指导人们的行动,以达到改造和改变客体的目的^[3].例如物理《课标》指出的从物理概念规律提炼和升华出物理观念以后,能“从物理学视角解释自然现象和解决实际问题”.

作者简介:续佩君(1947—),男,首都师范大学物理学教授,主要从事物理课程和教学论、科学教育与教师教育的研究,曾获国家教委颁发的全国普通高校优秀教学成果国家级二等奖.

应当且只能是学生. 教师应是连接知识与学生, 触发学生提炼与升华的能动性媒体. 即: 不是教师把提炼与升华的结论直接讲给学生, 而是熏陶和引导学生有所萌生并从理解中自行提炼、再提炼…… 至达正确、深刻、简明、概括的水平. 其过程可用螺旋式上升模拟.

1.2.2 提炼与升华的基础与结论的形态

根据学生的认知实践与我们自身的体验, 提炼与升华的发生需以相当数量的物理知识作基础, 以及个体主观能动性的发挥. 对于后者, 由体验和词语的义析可做出3个判断: 提炼不等于升华; 提炼有益于升华的发生, 但促进升华发生的还有多种因素, 包括灵感; 升华的难度大于提炼. 提炼的结论将比知识本身更抽象与更概括, 升华结果的概括度应该更高. 从知识提炼、感悟、升华出这些的表述虽还是属于知识范畴的具体观点或观点组^①, 但已不再是一般水平上概括出的那些知识间的联系和其直接简单运用(如认为物理观念“就是物理知识, 即物理概念、规律及其联系与应用”^[5]). 它是在被高度概括后达到的一种超越物理知识间一般性联系且涉及存在(前提)性或本质性的内在因果关联命题, 可使用于对大量事物的判断. 当这些观点(组)被自觉用来看待和处理外界事物时, 这些高度概括的表述才可能转变为观念式形态. 当观点被经常用来看待与处理广泛的事物, 观点(组)就会在无意识中由记忆提取态转化为自觉反映态.

1.2.3 提炼与升华的教学组织

教学实践表明, 学生在学习过程中获得的个性心得与提升在正确性、确切性、全面性(相对的)等方面存在差异, 而且必需接受教师的评价(鼓励、纠偏、提升、规范化等). 由此, 教师对物理观念的理解与把握将是学生形成正确物理观念的必要条件.

1.3 中学生物理观念认知模型

据上所讨论的观念认知四要素: 途径、知识、提炼、深化, 螺旋式提升过程, 以及师生主观与客观外部现实(自然界、社会、环境等)之间的交互与师生各自在学科观念教育中的任务, 可建构出图1所示的学生物理观念认知模型. 模型的构建逻辑以学生的认知规律与我们自身获得观念性认知的体验为脉络——“提炼与升华”的发生与形成既需以相当数

量的知识作基础, 又有一个逐渐抽象提高的过程, 以及在整个过程既依赖于个体主观能动性的充分发挥和相互间的交流与启迪, 又都处于人与外部世界的交互之中. 图中: 蓝色表示外部现实(图中灰色背景); 实线箭头表示教授教学, 虚线箭头表示引导、交流教学, 螺旋线上的箭头表示螺旋上升方向; 螺旋圈的面积由小(近无)→大→逐渐变小→小(近无), 表示提炼出的内容文字表述的量由少(内容单一)→多→逐渐变少(即概括度变高); 螺旋圈的上升表示理论高度的提高; 螺旋圈的弧度由小逐渐变大表示所辖视野越来越大.

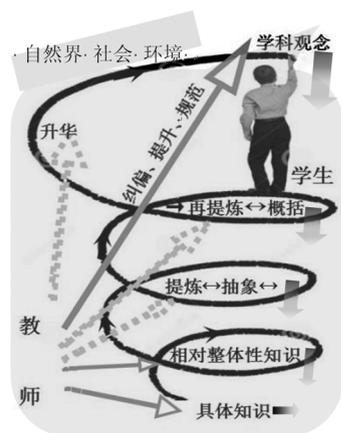


图1 中学生物理观念认知模型

2 物理观念的内容要点

由图1可知, 物理观念的基点乃是具体知识及其内在的逻辑相关, 实际教学也恰恰都是从一个具体的知识开始的. 因此, 首先需要厘清物理具体观念在中学课程中的主要内涵^[6], 及其和“标准”中的课程各章节的联系. 以物质观念为例, 中学阶段含有3个要点.

2.1 物质存在只呈现两种基本形态且都时刻伴随着运动及相互作用

迄今为止对物质结构的认识尺度为 10^{33} cm ~ 10^{-17} cm^[7], 其最基本的存在形态只有两种: 基本粒子与场. 宏观的各种物体和各种物质材料都是上述两种基本形态物质的组合^②; 物质的不同物态, 本质

① 例如人们常说的宏观、微观、宇观乃是关于物质结构尺度的观点, 价值观则是“关于价值的一定信念、倾向、主张和态度的观点”

② 例如原子乃是由不同的基本粒子和与其相应的不同场构成.

上都是粒子和场在不同条件下结合的不同形式。(必修 1.1.2, 2.3.3, 3.1.3.3; 必选 3.1.1 ~ 3.3.3.1, 3.3.5) 无论哪种形态, 物质都时刻处于运动和相互作用之中, 且都呈波粒二象。(必修 2.3.3, 3.3.6; 必选 3.4) 以场形态存在的物质也具有质量、能量、动量、角动量, 例如电磁场^[8]。当所有场都处于基态(能量最低状态)时表现为真空, 故真空并非没有物质^①。(必修: 2.3.3, 3.1.5, 3.1.4, 3.3.2, 3.3.4, 3.3.6)

2.2 物质有惯性质量与引力质量

质量是物质的一个基本属性。任何形态的物质都具有惯性质量和引力质量。(必修: 1.1.2) 惯性质量是物质、物质惯性及物质固有能量 E 的量度 ($E = mc^2$)。宏观低速的运动中不存在惯性质量为零的物质。高速运动(接近光速)时物质的惯性质量将随速度显著变大(相对论质量)。(必修: 1.2.3, 2.3.1, 2.3.2) 引力质量是引力相互作用的源。在引力质量较小, 运动速度较低的弱引力场中, 引力质量等于惯性质量。(必修: 1.1.2, 2.2.4)

2.3 物质不可消失或创生

任何一个孤立体系中不论发生何种变化或过程, 物质总质量始终保持不变。这表明宇宙中物质永恒存在, 不可消失或创生。(必修: 2.3.3, 3.1.1, 3.4.2; 必选: 1.1.3)

3 促使物理观念教育落在实处的教学措施

“标准”强调物理观念“是物理概念和规律等在头脑中的提炼与升华”, 既是暗示亦是明确出一个要求: 物理观念的形成不能从教师灌输词名与内涵开始, 否则会造成学生把物理观念当作知识来学。此点已有科学探究教学的前车之鉴。据图 1 的所有内涵, 据中学生的一般认知特点和物理学知识的内在逻辑脉络^[9], 以及体现先进教育理念的物理教学经验, 提出下述教学措施。

3.1 根据学生认知规律在课堂教学中加强对物理观念内涵的展示

对物理观念, 学生需先有所感受且具备一定感受积累后, 才有可能感知知识与观念的差异; 同时, 这也是学生进入自我提炼与升华物理观念的认知基

础。因此, 特别是在概念规律建立的阶段, 教学中渗透相关的物理观念要点, 使学生获得一些听觉表象, 会对学生将来走进提炼、升华甚至获得顿悟打下一些基础。例如讲重力势能 E_p , 首先明确它是以物质和物体质量的存在为前提的, 它的变化乃是源于彼此之间的相互作用造成的相互位置改变; 讲动能, 强调是物体由于运动而具有的; 讲电势能, 则突出其源于场与带电粒子间的相互作用。于是能量来源于物质、质量、运动、相互作用的这一能量观内涵就都在教学中得以暗示。在日常渗透的基础上, 还需要增加明示环节。明示的时机一般以有些学生已进入深一层理性思考状态时为宜。

3.2 引导学生把“从物理学来看”作为思考问题的自觉视角

基于物理学规律是物质及其运动的“最一般、最普遍”规律的这一特征, 物理观念是物理学解释自然界现象和一些问题的基本视角。从这一含义, 落实物理观念教育的基本途径就是养成“从物理学的视角看”问题的习惯。

3.2.1 从物理学视角审视引入环节中的物理情境

在引入环节展示自然现象和过程之后, 不再像以往一样从问题 → 概念 → 逻辑尽快转入正题教学; 而代之以从物理学的视角对现象本身的存在、范畴、性质、模型等内容, 做出一个大致的、定性的、框架式的分析和定位, 然后再转入要研究的具体问题。例如加速度引入。在展示大货车和小轿车在绿灯亮时同时启动的现象, 提出要研究的问题后, 教师可先从物理观念的视角引导学生思考都能看出什么。首先, 任何物体都有质量, 都受引力; 视为质点, 无体积和形状, 不考虑空气阻力。其次, 任何物质之间存在相互作用; 两车之间的引力作用可以忽略, 但在地面上, 质点与地球之间存在的相互作用必须考虑: 一个作用表现为重力和支持力, 另一个表现为和地面之间的摩擦力。再次, 两车的运动状态: 初态的速度、机械能都是零; 启动同样时间后两车末态的速度、位移、动能都不同。在示范一个阶段后, 应鼓励让学生逐步介入这一环节, 并注重及时加以追问。

^① 在外电场作用下可宏观观察到由真空中正负电子分布的改变而导致的真空极化现象。

3.2.2 从物理学视角对相关的物理知识进行系统提炼

一个具体知识点,在学习到一定阶段时,用“从物理学视角看”引导学生从物理观念对该知识点及其与相关概念组成一个整体之后的物理意义要点、作用方式、特征等问题作出思考.例如在学习电磁波概念之后,可从物理观念的角度引导学生回顾学过的各种波的本质:无论声波、机械波、电磁波,一种运动形式必然对应一种能量形式.故从物理学角度看,波是一种能量形式,也是物质传递能量的一种特定运动形式.特点是波可以携带各种能量,因此波被物理学更多视为由能量间的相互作用形成的运动.

3.3 要求学生具有“提炼与升华”的自觉意识 指导学生改进“提炼”方法

观念的个性化加工特征将影响加工的主动与积极、方法与质量;而主动性则是学生是否能成为学习主体的基础.在学生进行提炼且获得感受的基础上,须再要求学生形成进行提炼与升华的自觉意识.意识-习惯-自觉意识,虽过程较长但形成的观念源于自己所学,存于学生内心,才能使学生自觉“从物理学视角解释自然现象和解决实际问题”.在实际教学中,“提炼”可从分拣学习中所获得的“一堆”观点开始,“升华”可以从“寻找概括语”开始;继而审视是否可以对某些概括语进行更简明及更高层次的归类与概括.一旦学生进入状态,作为智力动作的提炼与升华通常会以交叉、穿插或交叠的方式自然地发生.如果教师此时再针对具体情况,或指导、或引导、或鼓励、或帮助,可促使学生不断改进探索和“提炼”方法,获取对顿悟、升华的体验.例如学生从必修1的内容可以自己提炼出:宏观不同的各种物体实质都属于物质存在的一种基本形态——实物粒子,都具有惯性质量,物体间的相互作用与物体运动状态的改变之间存在因果性;从必修1和2可提炼出物体惯性质量与物体运动速度间的关联界限,能量的存在、来源与作用,以及能量的转化和守恒.但通过生生、师生之间的交流,则可进一步上升为能量形式总与运动形式对应,且相互作用的存在具有绝对性.

3.4 注意对学生的提炼与升华进行重整化

学生自己“提炼与升华”的物理观念带有个体化且分散性.学生自己对外界的大量观察,对专业词汇的顾名思义,以及受一些“流行说法”的影响,也易产生一些不正确的物理观念.这些观念可能虽不言表却存于内心.如由“没油车就开不动了”而提炼出“能量决定运动”,对真空一词顾名思义而认为物质并非无处不在,由哲学或科普文章中认为粒子可以无限再分等.因此,在教学中应注意让学生充分暴露自己通过反思、琢磨、顿悟、升华出来的概括性上位性认识,并及时予以或随后(特别是总复习中)对学生观念性的看法进行甄别、纠正、规范、提升、梳理、归类与总结.欠妥或错误的观念性认识得以纠正,物理观念的教育才最终落到实处.对需用超出中学的物理知识才能纠正的情况,可视时间采取不同方法处理.例如对粒子是否无限可分,可直接告知:当代物理学在量子场论和广义相对论结合的系统时空观中,认为存在不可分割的基本结构单元,其长度大约是 10^{-34} m,叫做普朗克长度^[10].

参 考 文 献

- 1 中华人民共和国教育部制定.普通高中物理课程标准[M].北京:人民教育出版社,2018.4
- 2 中国大百科全书(第二版精粹本上)[M].北京:中国大百科全书出版社,2013.485
- 3 哲学大辞典·马克思主义哲学卷[M].上海:上海辞书出版社,1999.409
- 4 汉辞网.[EB/OL].(2019-08-01) <http://www.hydc.com/cd/htm7/ci128094b.htm>
- 5 马亚鹏.物理观念“辩”与“立”[J].物理教师,2019(07):2~5
- 6 续佩君,宋诗伟.中学物理课程中的物理观[J].中小学教材教学,2018(7):60~65
- 7 中国大百科全书 物理学[M].北京:中国大百科全书出版社,2009.466
- 8 崔秀娟.电磁场的物质性[J].中国校外教育中旬刊,2012(1):68~69
- 9 续佩君,李长军,王美琴.确定中学物理核心概念的方法研究[J].课程·教材·教法,2017,393(7):62
- 10 常炳功.时空阶梯的建立以及对双缝实验的解释[J].科技展望,2016(01):216~220