

物理文化视域下归一思想的教学启示

——以“引力势能”为例

刘霄骁 丁杰

(南京信息工程大学教师教育学院, 江苏 南京 210000)

【摘要】归一思想,作为现代中外学者熟知的哲学思想,在物理文化视域下,对物理学中培养物理模型凝练的关键能力也有所启发。当下物理教学过程中,学生物理学科素养的培养仍需重视,而归一思想对学生知识体系构建的能力有所增益。文章针对高中物理对引力势能教学的缺漏,从物理文化视域角度,以道家归一思想为内核,对势能体系教学设计进行了讨论,为物理体系化教学提出了可供参考的教学方向。

【关键词】物理文化; 归一思想; 物理模型; 势能体系

一、物理文化视域与问题的提出

(一) 物理文化的背景与归一思想的提出

在当代中国教育的大背景下,诸多师生多将物理学看作一门学科,鲜少有学者将其视为一种文化,其实,物理文化视域的提出对于发掘物理教学中的精髓也大有裨益。曾有学者对其颇有见地:“物理文化是指古代哲学家、近代物理学家和现代物理共同体历经数千年逐步创造的物理知识体系、观念形态、价值标准以及约定俗成的工作方法的总和。”^[1]

中国教育部考试中心于2020年1月为高考的考查内容做了明确指示,即“核心价值、学科素养、关键能力、必备知识”,切实强调了“学科素养”与“关键能力”的重要性^[2]。学生具有“学科素养”应体现在三个层面,一是掌握与深入理解物理概念与物理规律,二是对已学的物理概念与物理规律进行系统化提炼和总结,三是能利用系统化物理知识进行实践分析并解决问题。同时,物理学科核心素养主要包括“物理观念”“科学思维”“科学探究”“科学态度与责任”四个方面。其中“科学思维”要求基于经验事实建构物理模型的抽象概括等,主要包括模型建构、科学推理、科学论证、质疑创新等要素^[3]。物理建模过程是让学生针对具体的问题,联想生活现象中与此关联的某一画面、某一过程、某一情境,找出解决的主要问题因素,忽略次要因素,在头脑中建构一个简化的模型^[4]。在学习与研究的过程中,笔者偶然发现,道家“万法归一”思想强调去除万物外在的冗杂而归于同源的归纳演绎,这与物理模型凝练的思想内核不谋而合,有鉴于此,本文将道家“万法归一”的哲学

思想与物理教学相结合,以高中物理教学中势能体系的教学为例,探索物理文化视域下道家“万法归一”思想对物理模型凝练的教学启示。

(二) 现行教材与教学对引力势能的疏漏

在现行人民教育出版社出版的普通高中教科书物理必修第二册第八章中,对机械能守恒定律进行了详尽的阐述与教学,明确区分了动能与势能两大概念并讲解了其在能量守恒情境中的应用。在本章节中,重力势能更是作为教学重点在第二单元进行强调。然而,引力势能作为重力势能的上级概念,并且作为学生刚于第七章万有引力定律中学习的引力对应的势能,却在第八章中没有提及,并且通常教师对引力势能公式的推导,以及引力势能与重力势能关系的推导等也未尝涉及。当习题中出现引力势能的公式以及概念判断时,教师通常会指导学生与重力势能类比,而规避对引力势能的讲解。实则,对引力势能公式推导与模型理解的过程中,不仅能将该知识点与电势能以及氢原子能级等知识进行系统化总结,同样对学生凝练物理模型能力的培养益处良多。故本文将从引力势能的教学入手,进行教学探讨。

(三) 归一思想对引力势能体系的渗透

在一般的教学活动中,由于教材和考纲对于引力势能的教学未作要求,教师往往会根据学生所学的重力势能相关内容,引导学生进行类比,从而解决涉及引力势能及其公式的“超纲”练习题。然而,如果教师引导学生从归一思想的视角同时审视引力势能、点电荷电势能和氢原子能级,不仅能使引力势能的教学变得更加易懂,同样可以强化与之关联的物理概念,

培养学生的物理学科素养。我们进行物理知识体系的横向分析,并将其进行归一化处理,使物理学科与哲学思想碰撞,这样不仅可以融通物理概念,建立新的知识串联网络,更能有效地培养学者的物理学科素养,提高研究效率。

综上所述,若欲从归一视角重新审视引力势能及其体系,对于该课程的设计重点有四:一是引力势能公式的推导及与重力势能的关系;二是由引力势能公式中负号引出引力势能模型与点电荷电势能模型的联系;三是由前两者模型中动能、势能、机械能之比反观氢原子能级图;四是由公式及模型引出“万法归一”在物理文化下的启示。

二、归一思想内涵的研究

(一) 归一思想的起源与发展

道家认为,道是开创天地万物之母,“一”即道。道家由此延伸出“万法归一”思想,循环往复,亘古不灭,体现人类对事物发展认识的辩证唯物思想。归一思想除了作为思想核心在道家得以发展,在儒家以及西汉末期传入中国的佛教文化中同样得以发展延伸。

在西方哲学历史上,如水原说、气原说等,其思想共同特点是以局部代替整体,以一代多,由“多”的共性归结出“一”,然后再以“一”的性质加以逻辑推理来分析“多”的存在和其特性。同样,近现代数学学科教育中,归一法也在多方面得到推广和使用,主要应用于数据处理、统计规律、公式归纳等。

(二) 归一思想的内核

分析发现,在东方哲学归一思想中的“一”更偏于一种抽象的“意”,是从整体角度出发,从事物中抽取的“抽象本质”,形式并不固定,与其他各种事物的联系也没有限制,是一个统摄性的概念,更具有普适性、内涵性和可塑性,其既凌驾于万物之上,又存在于万物之中,体现了事物的统一性。事物内在逻辑的共通之处,便是归一思想的感性内核。

西方哲学归一思想中的“一”则偏于一种具体的“形”,是从形式角度出发,归纳出事物的“具象本体”,更偏重于形式上、结构上的外在统一,具有特异性和固定性。从其外在共有形式出发分析同类事物,这即归一思想的理性内核。

本文要讨论的归一思想对物理教学的启示,即是从归一思想的理性内核入手,首先归纳、发现多个知识点背后归一化的物理模型,然后对其物理学本质进行分析,发掘其内核。

三、归一思想下的教学设计与探讨

本节教学设计与探讨站在复习提升的角度,预设学生已经学习掌握的知识有:万有引力、机械能守恒定律、点电荷的电势能、氢原子能级图。

(一) 引力势能体系重提

基于对现行人民教育出版社出版的普通高中教科书物理必修第二册第七章与第八章的学习,学生已经对引力的概念以及机械能守恒定律有了系统的掌握与理解。正如学生所学,引力是自然界中一种基本的相互作用,而我们熟知的重力则是引力在地球表面附近的一种表现,可以将其看作引力的一个小分支。而引力作为保守力,其做功也许对应一种新的势能。我们将从万有引力的表达式

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (3.1)$$

入手,分析引力的功,并思考其是否与一种势能形式相关联。

我们取一个质量较大的物体 M , 令其静止不动并作为参考系,另一个质量较小的物体 m 仅在引力的作用下沿两个物体质心连线直线从较远的 b 点向 a 点移动。设 M 质心到 a 点距离 r_a , 到 b 点距离 r_b 。我们将 ab 段分成无穷多个足够小的小段,将每个小段上引力做的功并将其累加,便可得到

$$A = \left(-G \frac{Mm}{r_b}\right) - \left(-G \frac{Mm}{r_a}\right) \quad (3.2)$$

这个式子可以证明,引力所做的功也只与起点和终点位置有关,引力是保守力。由于本文重点不在引力做功的推导,故在此略写,实际教学中还请各位教师对此过程进行详细推演。由上述推演可知

$$-G \frac{Mm}{r}$$

表示的这个物理量即反映了引力做功时物体因相对位置而具有的能量,我们把它叫作物体的引力势能,准确地说,“引力势能”是由中心物体 M 与被吸引物体 m 所构成的系统所具有的能量,而非单一物体具有的。我们通常也用 E_p 表示引力势能,有

$$E_p = -G \frac{Mm}{r} \quad (3.3)$$

此式说明,当 r 无穷大时, E_p 为零,此时系统具有的引力势能最大,在其他各处引力势能均小于零。引力做正功时,引力势能减少,当引力做负功时,引力势能增加。

(二) 引力模型与电荷模型的归一类比

在经过引力势能的推演以及与重力势能关系的研究,学生可能初步了解了引力势能公式的推导,但以上的推演过程理解难度可能较大,学生即使经过学习也较难理解为什么引力势能(3.3)式中会带有负号。此时我们不妨根据行星绕转模型引导学生联想到点电荷模型并写出相关的公式,如库仑力和电势能

$$F_{\text{库}} = k \frac{Qq}{r^2}$$

$$E_p = k \frac{Q \cdot (-q)}{r} = -k \frac{Qq}{r} \quad (3.4)$$

我们对比万有引力公式和引力势能公式,会发现两者几乎“一模一样”。电荷绕转系统中,同样是点电荷 $-q$ 与 $+Q$ 的距离越大,系统具有的势能越大。其实,电荷的绕转系统就类似微观的行星绕转系统,我们不妨将引力势能公式中的负号与(3.4)式中由于电荷异性而产生的负号相联系,与电荷异性相吸类似,理解为吸引之意。

(三) 归一化视角下的氢原子能级图

在带领学生探究完两个系统的能量体系之后,学生很容易发现点电荷绕转的模型也非常类似原子的核式结构模型,而对于原子,我们也学习过氢原子能级图,已经了解电子在核外不同轨道上具有不同的能量。对于该模型,是否也像前两个模型一样,各物理量之间具有相同的对应关系呢?

教材上以及平时查阅的氢原子能级图大多只有总能量的标注,要想知道电子在各轨道上对应的动能以及势能,需要额外查找资料,在我们已学的氢原子能级图相关知识的基础上,我们发现同一个轨道电子具有的总能量与其动能和势能的关系仍满足其符号也与引力势能体系的符号对应一致,因此以上三个模型均反映了绕转体系中的能量关系,后两者的类比在研究与学习中同样加深了我们对第一个引力模型的理解。

(四) 归一过程回顾与总结

以上的教学设计中,我们首先从引力势能模型以及公式入手,找寻到形式与之类似的点电荷电势能模型,对二者首先进行了外在形式的理性内核归一,接着进一步通过物理公式推算发掘行星绕转模型与电荷绕转模型在物理概念内涵上的一致性,探究了二者对应关系,进行了物理原理上的感性内核归一。进而继续探究氢原子能级图与之对应的关系,最终将三者的外在模型以及内在原理进行系统的归一化处理,

形成了新的物理知识体系,将三者的知识融会贯通,加深了对其背后概念的理解。

分析发现,归一思想在物理教学过程中的运用起到了统领性作用。归一思想从已知的具象模型以及公式入手,在已有的知识系统中检索、提取、整合。形式上归一化后通过公式形式推究其背后原理,探索物理概念间在物理原理上的类似之处,找到连接桥梁,理清逻辑关系,进一步进行理性内核归一处理。通过理性内核归一,我们清楚地理解了原理的底层逻辑,并可以根据该逻辑继续搜寻我们也有知识体系中的其他知识点,直至构成一个完整的知识网络体系。纵观整个推演过程,归一思想实际上是将学者的直觉性思维向逻辑性思维转变的媒介和方法,抽象化感知物理概念的联系,最终形成具象化的物理知识体系,哲学思想在物理推演过程中的运用,潜移默化地提高了学者的物理学科素养,为物理教学与研究提供了新角度与新方法。

归一思想仅仅是众多物理教学研究方法中的冰山一角,如何根据具体的物理概念找寻适配的教学方法仍值得我们不断探索。今后的教学路上,我们也应当多一点哲思,增一些美学,重视物理知识内涵的揭示与物理知识体系的构建,在发展的过程中回顾、提升和展望。

参考文献:

- [1] 解世雄. 物理文化论 [M]. 重庆: 西南师范大学出版社, 1996.
- [2] 国务院办公厅. 关于新时代推进普通高中育人方式改革的指导意见 [EB/OL]. (2019-06-19). http://www.gov.cn/zhengce/content/2019-06/19/content_5401568.htm.
- [3] 普通高中物理课程标准(2017年版2020年修订) [M]. 北京: 人民教育出版社, 2020: 4-5.
- [4] 张永刚, 朱巧萍. 高中生物理建模意识和能力的培养策略研究 [J]. 物理教师, 2021, 42(06): 2-4, 9.
- [5] 赵凯华, 张维善. 新概念高中物理读本 第一册 [M]. 北京: 人民教育出版社, 2006: 131-134.

作者简介:

刘霄骁(2002.9-), 男, 汉, 湖南新化人, 本科在读(大三), 研究方向: 教育学, 物理。

丁杰(1988.10-), 女, 汉族, 江苏泰州人, 硕士研究生, 助理研究员, 研究方向: 教育学, 思想政治。