

用现代科学哲学指导经典物理学教学

姜 涛 唐龙云

(宁夏大学教育科学学院 银川 750021)

物理学曾经是自然哲学的一个组成部分,直到15世纪下半叶才从哲学中分离出来,然而它们作为互相补充的思维方式的关系无时无刻不在强烈地表现着,因此,了解一些物理学的哲学渊源对启发物理学的思维是大有裨益的。

经典物理学的大厦主要由伽利略、笛卡尔、牛顿所构建,在此过程中,机械论哲学应运而生,并成为那个时代的精神。它主要有以下表现:重视观察和实验,通过精确的量化达到确定性,理解世界的机械论图式。

稍后的德国哲学家康德(1724~1804)也认为,给经典物理学提供哲学基础,同时把哲学放在经典物理学成果的背景上,是他最有意义的任务。只是随着实验方法的建立,物理学与哲学逐渐分道扬镳,实证主义和逻辑实证主义等等否认哲学思辨意义的科学主义思潮在上两个世纪大行其道,但是,我们很难想像物理学可以独自在实证主义的道路上走下去而获得最终的成功,只有将物理学的实证方法和哲学的思辨方法结合起来,才是推动物理学发展的正确途径。

而在我国以往的中学物理教学中丝毫没有体现出哲学在其中的地位,给学生造成的印象是这些物理学知识就是绝对的客观真理,而不是以一定哲学立场为基础建构起来的相对真理。另外,没有这些哲学原则的渗透,我们就难以在中学物理教学中贯彻“不仅重结论,更要重过程”这一新的教学论思想。

当前,对物理学与哲学关系的探讨多在现代物理学和宏观层面上(成素梅1997,彭健飞1999,赵仲牧2000,周吉善2002,刘志军2002),而本文试图从认识论和方法论的角度结合学习理论去探讨经典物理学,以有助于教师采用恰当的方法组织材料,引导学生思维,同时,在这样的教学过程中,使学生获得美与和谐的感受。

一、经典物理学的认识源泉

历史上,科学规律的来源有二,一是从经验出发,通过归纳等方法得出,一是从其他概括程度更高的规律演绎出来,其真值由前提来提供。以上两种

认识来源孰优孰劣,在哲学史上曾引起经验论与唯理论的论战。唯物主义经验论哲学创始人培根认为,归纳法是以科学实验和经验事实为基础的,因而是惟一正确的认识方法。而唯理论哲学家则认为,通过归纳法得来的一般性知识,只有在被归纳的有限范围内才确实有效,超出这个范围,它的有效性则是不确定的;然而,唯理论者同样不能说明其演绎法中前提的正确性,唯理论创始人笛卡尔只得借助唯心主义的“天赋观念”说来保证其前提的正确性,不幸的是,约翰·洛克(1642~1704)的反诘使“天赋观念”无法自圆其说,洛克并随之提出自己经验论的“白板说”(心灵如白纸)。

经康德将感性与理性结合起来的尝试之后,马克思主义认识论较好地解决了这个问题,它认为人类认识是一个由特殊到一般(归纳),又由一般到特殊(演绎)的无限往复、逐步深化的过程,归纳和演绎是人类认识不可缺少的两个环节。事实上,即使是经验论者培根也承认理性对感性材料加以“整理和消化”,而唯理论者笛卡尔在物理学、生物学上的成就与归纳法、实验法密切相关。

在经典物理学科学理论体系中,归纳和演绎是贯穿始终的两大认识论手段,对它们在经典物理教育内容中的剖析有助于教师形成完善的认识论系统,从而能够自觉地去培养学生认识能力结构的生成。

如杠杆原理、阿基米德原理、欧姆定律等等科学规律的得出,采用的是归纳方法。以阿基米德原理的教学为例,通过生活经验,人们意识到物体在液体中所受浮力与排开液体多少有关,浮力的方向竖直向上,然后,采用实验的方法对其进行研究,得到相应的一些感性材料,如被浸物体的重及视重,被排出的液体重,实验室其他环境条件数据等;通过理性的整理和归类,如考虑到与浮力相对应的不会是被排开液体的质量、体积、密度等,而只能是被排开液体重(否则物理量性质不同、单位也不一致),以及物体静止时应受平衡力地作用,舍弃实验室其他环境条件数据等非本质和无用材料,对剩余感性材料进行

归纳,得出“浸在液体里的物体受到竖直向上的浮力,浮力的大小等于被排开的液体重”这一结论。在此归纳过程中已体现出理性对感性材料加以“整理和消化”的作用。

又由于经典物理学精确性和定量研究的本质特点和解决实际问题的需要,在许多问题情境中,要借助数学演绎方法找出事物的规则性。如我们在推导串联电路的总电阻规律时,借助于它的概括性更高的上位概念—欧姆定律,作如下演绎:

$$R_{\text{总}} = U_{\text{总}}/I_{\text{总}} = (U_1 + U_2)/I_{\text{总}}, \text{ 又因为 } I_{\text{总}} = I_1 = I_2, \text{ 所以 } R_{\text{总}} = R_1 + R_2.$$

同样,此时演绎所依赖的一般原理—欧姆定律正是由实验归纳的方法得来的。

正向以上说明的那样,归纳(从物理现象到数学表达)和演绎(从数学到物理)是相互依赖、相互补充的。阿基米德原理除了以归纳方式得出以外,还可以由数学演绎推证出来;串联电路总电阻的规律也可以由实验归纳得出。

在物理学史上,以归纳为主而获致成功的科学家是不胜枚举的,他们善于判断为了达致原理需要那些数据,如何采集数据,通过分析与综合得到结论。

然而,演绎也是一种强有力的认识论手段,爱因斯坦就认为:“适合于科学幼年时代的以归纳为主的方法,正在让位给探索性的演绎法”。

这说明,不同科学家在问题解决中有着个性差异,有的善于归纳,有的善于演绎。又由于受到二元论哲学的影响,他们往往将归纳与演绎对立起来,非此即彼,这是一种保守的科学研究态度。

具体地说,归纳是一种从物理现象引导出数学表示的认识论态度和手段,所获得的往往是一般的原理,有着广泛的适用范围,能够使知识不断扩大与加深,因而形成一个人的“非特殊迁移”能力结构;演绎是一种从数学推演到物理的认识论态度和手段,它着重于问题地解决,能够形成一个人的“特殊迁移”能力结构。

正因为如此,归纳和演绎应成为物理教学过程中的两个核心。

二、观察、实验和实证主义

经典物理学是一门建立在观察和实验基础上的实证科学,因此,形成正确的观察、实验观是物理学者必备的品质。

伴随着自然科学实验方法的巨大成功,19世纪

30年代,法国哲学家孔德创立了实证主义哲学。

实证主义强调一切科学知识都必须建立在来自观察和实验的经验知识的基础上,观察本质上是被动的、消极的直观过程,观察获得的感性材料是客观事物直接给予的,而科学理论的真实性必须由实验来证实;哲学附属于科学,反对形而上学,视形而上学为无意义的“假问题”。

然而,自然科学中的观察不是无意识的,而是主体有意识地发挥感觉器官的功能,形成感性的反映形式的基本方法。法兰克福学派代表人物之一的霍克海默在20世纪30年代最早意识到这一点—即中性的观察是不存在的,经验事实总是为知识或理论所中介。

哲学家汉森曾经这样来说明理论对观察的污染,假如第谷和开普勒两人一起去看日出,因为两人持有截然不同的理论体系,所以会发生如下的情况,开普勒看到太阳不动,地球围绕太阳转动;而第谷看到地球不动,太阳围绕地球转动。又如约里奥·居里夫妇在1932年发现了中子,却企图将其解释为一种康普顿效应,仅仅一个月后,重复了居里夫妇实验的查德威克在《自然》杂志上公布了这一成果,这样,由于原有理论的干扰,小居里夫妇拱手将中子的发现权让给了查德威克。值得一提的是,McCloskey & Kaiser在1984年公布了这样一个认知心理学的实验研究,让儿童看一个玩具电动火车拖一个载有球的平板车,在某一时刻,球从移动的平板车的洞中掉出来,儿童被要求首先预测球的掉落路线(70%的儿童认为它会直接掉落,而不是一条抛物线轨迹),然后与其观察到的实际情况相比较,许多儿童竟声称球正像自己预料的那样是按直线掉下来的!这说明人类具有使观察符合自己理论的心向。

需要注意的第二个问题是观察对客体地干扰,为了表达清晰,我们超出经典物理学体系,来看量子力学中著名的“量子基诺佯谬”,20世纪70年代,美国得克萨斯大学的米斯拉和苏达山发现,在连续测量的条件下,原子核就不会发生衰变。1989年在美国的国家标准和技术研究所,当研究人员用激光扫描核材料时,它的衰变减缓了,在连续扫描时,核的衰变停止了,实验结果有力地支持了量子基诺佯谬。可见,当我们借助科学仪器去认识一个客观对象(特别是微观客体)时,会对客体产生干扰。

遗憾的是,虽然中性的观察并不存在这一哲学成果已问世约40~70年了,但它却没有在经典物理

学教材体系中得到多少重视, 学生往往会不假思索的全盘接收观察所得的经验材料, 认为这些材料都是客观事物按本来面目直接给予我们的, 在其中并未夹杂任何理论的加工。这种态度往往导致思考活动受到原有理论的束缚, 又由于采用了受到污染的数据, 造成科研活动的失败。

经验的材料要加以仔细地审视, 它与原有理论的符合程度如何? 是否可由其他理论解释(如物理学史上为解释热现象而产生的“热质说”与“热运动说”, 在气体研究中出现的“静力学”和“动力学”两个模式等等理论竞争)? 只有这样, 才能全面、综合地看待问题, 得到证伪某一理论或科学发现的机遇。

霍克海默同时指出, 科学方法并不限于实验方法, 科学也要重视直觉和非实验方法, 因此, 经验并不是知识的唯一来源。事实上, 经典物理学和现代物理学中许许多多的“思想实验”同样导致了科学地发现。如伽利略为了验证自己“落体速度与下落距离成正比”的假设而设计的思想实验, 他假定物体下落第一段距离 l_1 时速度为 v_1 , 则所花时间为 $t_1 = l_1 / (v_1/2) = 2l_1/v_1$; 再下落 $l_2 = l_1$ 后, 速度为 $v_2 = 2v_1$, 则下落 $l_1 + l_2$ 的总时间为: $t_2 = (l_1 + l_2) / (v_2/2) = 2l_1/v_1 = t_1$, 这就是说, 下落第二段距离没花费时间, 这当然是荒谬的。从而否定了落体定律的这一研究方向, 转而通过斜面实验去获得正确的结论。又如伽利略曾由实验得出: 不同物体之间下落的速度差, 与介质阻力大小成正比。在这一基础上他进一步思考: 假如介质阻力消失, 落体将会怎样运动呢? 由逻辑推理: 速度差与介质阻力大小成正比, 现在假定介质阻力为零(在真空中下落), 那么速度差亦为零, 于是伽利略从思想实验中得出: 在真空中, 一切物体将以等速下落。这是一个了不起的思想成就, 在当时无法获得真空的限制下, 伽利略通过实验与逻辑推理相结合的方法, 得出了正确的结论。

正因为有伽利略、爱因斯坦、卡诺、薛定谔、海森堡等许许多多物理学家们思想实验的辉煌成就, 对形而上学与科学的关系, M. W. 瓦托夫斯基在其《科学思想的概念基础》一书中提出了远比实证主义成熟的观点: 形而上学可以看作科学的一部分, 即看作科学假说和理论在其中得到阐述的最一般的概念框架; 形而上学是一种观念的来源, 它可以对科学思想的不同部分进行系统化的指导; 形而上学的某些假定可以成为科学中的调节性、启发性观念, 它们形成科学家的基本世界观及其思维方式的深刻结构, 从

而也就对科学家起着调节或指导作用。

无可否认, 经典物理实验教学是实现探究性学习的重要手段, 一堂没有演示实验或学生实验的中学物理课在一定意义上是失败的, 只有通过实验操作, 才能使善于面对具体问题情境, 判断需要哪些数据, 如何选择(自制)、组装仪器, 如何采集数据, 进而将结果(物理现象)用数学表示出来。这种归纳的认识方法既然在经典物理学上取得过巨大成功, 也必然是物理初学者首先应具备的素养。但是, 我们也要充分认识到经验并非是科学认识的唯一来源, 看到在 1602~1609 年伽利略研究落体运动, 构建经典物理学大厦基石和 1902~1916 年爱因斯坦创立相对论这一现代物理学里程碑的关键时期, 发挥最大作用的并非是实验, 而是思辨的思想实验和直觉这一事实, 从而在教学中, 即重视可操作的实验, 也重视思想实验的介绍, 破除实验观念上的二元论思想。

三、机械论哲学原则

伴随着经典物理学的巨大成就, 伽利略、牛顿、笛卡尔等自然科学家以及托马斯·霍布斯(1588~1679)、拉·美特利(1709~1751)等哲学家把整个世界都看作一架遵循统一法则的机器, 由此建立了机械的哲学方法论, 它的主要原则有以下几个方面^[9]:

精确性和定量研究原则

为了突破宗教神学和亚里士多德体系对人类思想的桎梏, 在欧洲文艺复兴时期由达·芬奇(1452~1519)等在科学研究中引入了实验方法, 伽利略则将实验方法与数学演绎结合起来, 开创了定量研究的先河; 笛卡尔创立了解析几何学, 牛顿和莱布尼茨发明了微积分学, 从而依靠对实验数据地处理获得了大量的物理学定律, 并以这些定律为依据, 经数学演绎而得物理定理, 解决了生产技术中的许多问题, 极大地推动了生产力的发展, 为物理学赢得了崇高声望。

例如, 卡文迪许在研究电荷间相互作用力时, 通过与万有引力定律的类比, 猜想“电的吸引力和排斥力很可能反比于电荷间距离的平方”。但是没有实验的支持, 使他无法公布自己的研究成果。法国科学家库仑为了研究同样的问题, 设计了精妙的“库仑扭秤”, 通过悬力矩与带电体所受静电力矩平衡后进行的一系列操作, 验证了上述构想, 从而使对带电粒子在电场中运动的定量研究成为可能。

在此, 我们不难理解经典物理学教学何以如此

注重对学生将概念、规律与数学运算相结合,进行定量研究能力地培养。

当前,随着新课程改革地实施,在物理教学中出现了一种弱化数学工具应用的趋势,并且认为这是一种减负(正如我们在降低教学内容的深、广度上所做的一样),然而,这种减负实质上是一种“形式主义减负”,随着知识水平的下降和数学手段的薄弱,教学将陷入恶性循环的怪圈,要不了多久,更高的“减负”呼声就会涌现。

众所周知,爱因斯坦在苏黎士工业大学学习时,对他的数学专业没有什么兴趣,而把时间都花在了物理的自学上,因此,即便有闵可夫斯基这样的数学大师作老师,他的数学功底也并不十分深厚,从而在创立广义相对论期间的1913年要在同学格罗斯曼的帮助下(采用黎曼几何),才能完成《广义相对论和引力理论纲要》这篇关键性的论文。

正因为如此,我们要比以往更加重视数学工具在物理学中应用的教学,否则会因数学手段及思维的匮乏而限制学生物理能力的发展。

分析方法和元素主义

分析是把事物分解为各个部分分别加以考察的方法,其基础是元素主义,即对任何事物的研究不仅首先要从分析开始,而且要一直分析到构成它的最小元素,对元素的充分认识是认识事物整体的基础和关键。

这一思维方法在经典力学中有深刻地体现,以平抛运动为例,它的轨迹是一条抛物线,不易把握。为此,我们将平抛运动分析为水平方向上的匀速直线运动和竖直方向上的自由落体运动。分别计算出两个方向上的位移、速度,通过合成方法就可以确定平抛物体任一时刻的位置、速度,这是对运动的分析;又如我们在研究单摆的周期时,为了找出回复力的大小,将摆球所受重力分析为沿圆弧切线方向和摆绳方向两个分力,由沿圆弧切线方向的分力提供回复力,这是力的分析。

在经典物理学中,体现着分析方法和元素主义原则的类似事例不胜枚举。

这种方法首先将复杂现象简单化并得出简单现象的规律,再应用叠加原理得到复杂现象的规律。是一种在宏观、低速的物理世界中经济有效的科研方法,也是通过经典物理教学要使学生生成的问题解决模式之一。

但是,这一原则认为在将各最小元素综合而成

整体的过程中不产生新质,分析—综合过程中存在着质的延续和量的守恒(加和性)这种特征也只能在经典力学体系中成立。

机械性和严格的决定论

罗素这样给出因果关系的定义:“给出一种事态 E_1 ,便有一种事态 E 和一个时段 T ,使得不论事态 E 何时出现,经过时段 T 之后, E_2 随即出现”。

因此,英国天文学家金斯这样来描述牛顿力学的机械决定论特征:世界状态是被粒子的位置和速度所定义的,位置的变化被速度所决定,速度的变化又被力所决定,力依次又为位置所决定,这样,如果我们知道任一时刻的世界状态,世界的未来状态也就被决定了。

正如金斯所描述的,在经典物理的动力学部分,有着严格的机械决定论特色。

若我们已知物体的受力情况,根据牛顿第二运动定律,可以求出该物体的加速度,再知道其初始条件,根据运动学公式,就可以确定该物体任一时刻的运动状态。一切运动都是力的作用下的机械运动,万物的运动和变化不过是链性传递着的作用力的结果。

当然,在量子力学中,机械决定论不再成立,对因果性也存在不同的认识。在决定论与非决定论尚未获得统一以前,我们只能在经典力学体系中贯彻着决定论的思维方式,而在量子力学中采用非决定论的思维方式。

通过经典物理学严格的决定论原则的教学,当可培养学生的“规则意识”,知道自然界是遵循规则的,前因决定后果。人作为自然的一员,社会的一员,也要遵循自然和社会的规则。

本文通过对经典物理学与哲学联系地探讨,希望能够生成物理教师的认识论、方法论意识,从而在教学中深入浅出地引导学生学习,大幅度降低学生的思维负担,使学生认识到物理并不神秘,并体验到她的美与和谐,激发起物理探究的兴趣来。

