

物理方法论原理

陈 奋 策

(福建教育学院数理系 福州 350001)

杨振宁教授曾谈到西方物理学家对哲学这个词的理解,它有两种截然不同的含义:一种是哲学家的哲学,还有第二种哲学是指对物理问题长、中距离(甚至短距离)的看法和用什么办法解决。他认为西方物理学家的成功不是由于第一种哲学,而是由于他们的第二种哲学。

物理学家在探索物理规律建立新理论时,自觉或不自觉地遵循应用一些准则(如简单性、统一性准则)是第二种哲学的重要方面。我们把这些准则称为方法论原理。

一、物理方法论原理

所谓方法论原理即是方法论的一般原理,它是比一般研究方法更高的抽象(一般研究方

法包括观察、实验、模拟、科学抽象、理想化、比较、分类、类比、归纳、演绎、分析、综合、证明、反驳、科学假说和数学方法等),两者是相互影响、相互联系的,具有一致性和转化性。物理方法论原理是介于哲学原理和物理学理论之间,对物理学探索和物理学理论的建立和发展起启示指导作用的普遍原理,并且建立了它们之间的比较完整的体系。

方法论原理可以总结、归纳为以下若干条。

- (1)解释原理:经验事实可以被纳入到一定的物理学理论体系之中,并可以从物理直观、数学形式和认识论角度去说明这种纳入的合理性。
- (2)简单性原理:描述客观事实的理论所包含的

1. 科学知识是科学观念的基础,但有了科学知识并不一定会树立科学的观念。学生一方面在课堂上学了很多物理概念、物理规律,另一方面却不能对社会上流行的伪科学现象加以辨析,甚至连辨析的意识都没有,这说明我们的物理教学还是“经院式”的教学模式,在国外,基础科学教育早已不是原有意义上的单纯的科学本身,它已经由科学教育扩展为“科学、技术与社会”(英文缩写 STS)教育,这种思想启示我们。在基础物理教育中,应把课本知识与社会生活联系起来。

另外在物理知识的讲授中,要经常穿插科学发现和发明的历史以及物理学家奋斗的故事,通过讲述科学应用正、反面社会影响,严肃地提醒学生注意科学的社会后果。科学观念和科学品质的形成需要这样经常性的熏陶、喻示。通过不断积淀、孕育而逐步升华。

2. 在学生了解基本现象的基础上,引导学生对现象进行分析、综合、归纳、抽象出基本概念和规律,形成物理知识,指引学生探索问题的思路,建立学科的框架结构,体味物理学思想和

物理学家的研究方法。在教学方法上,发挥学生的积极性、主动性和独立性,由系统讲授转向重点讲授与自学、讨论相结合,重点讲框架、讲思路和思维方法,启发学生勤于思考、悟物穷理,努力锻炼他们的自学能力,逐步养成不轻信、不盲从,善于独立思考和自己探求问题答案的习惯。动手能力差是我国学生的通病,不仅要加大培养动手操作测试的能力,更重要的是通过实验课使学生掌握实验方法、实验设计思想,在理论教学和实验教学中还要充分利用现代教学手段。只有这样,才可能有效地培养他们的科学能力。

3. 马克思说得好:“对于没有音乐感的耳朵来说,最美的音乐也毫无意义。”物理学规律之美是通过科学家的分析、归纳,构筑起理论架构才被显示出来的。所以感受这种自然规律之美,要有一定的科学素养,在讲授中要讲出物理之美,没有对科学的高层认识是难以感受的。学生也只有感受到这种美,并以此为动力,才能勤奋求知、刻苦钻研,迈入科学的殿堂,进而达到在科学美的天堂中自由翱翔的境界。

彼此独立的假设或公理最少,而包含的信息却增大。(3)统一性原理:物理学的统一包括内容上的统一和数学形式上的统一。(4)数学化原理:物理世界的一切规律原则上可以在数学上找到它们的表现。(5)守恒原理:包括物质的守恒、运动的守恒、物质运动的守恒。(6)对称性原理:原因中的对称性必反映在全部可能的结果的集合中,即全部可能结果的集合中的对称性至少有原因中的对称性那样多;守恒量与对称性相联系。(7)对应原理:物理学上任何一种新理论,当把它应用于普遍性较少的理论所适用的情况时,这种新理论必定可以化为与它相对应的被实验证实了的经典理论。(8)互补原理:在描述自然时,必须将互斥而又互补的概念结合在一起,才能形成对现象的完备描述。(9)可观察性原理:理论观念要有经验根据,理论要与观察(包括直接和间接)相符。(10)基元性原理:每门科学抓住的都是物质链条上的一个确定的“片断”。(11)相对性原理:任何普遍有效的物理规律,必须对于坐标变换保持不变性。(12)真和美的统一原则:物理理论不仅要接受实践标准(真)的检验,同时也要接受美学标准的检验。除了以上12条原理外,还有定域性原理、整体性原理,有序原理,等等。

二、教学中渗透方法论原理

赵凯华教授指出,基础物理课是培养提高学生科学素质、科学思维方法和科学研究能力的重要基础课,注意培养学生科学素质、提高教学质量是我国基础物理教学改革的一个重要课题。本文仅就如何在教学中多方位地渗透方法论原理,使学生在掌握物理知识的同时,掌握获得知识的方法,提高他们的科学素质,谈谈本人的体会。

1. 方法论原理应做为介绍物理方法论的一个重要方面

方法论原理与一般方法有相互联系,例如:数学化原理的实际应用就是数学方法,统一性原理是类比方法的基础之一,基元性原理与分析法有关,整体性原理与综合法有关,对应原理、可观察性原理与模型法有关,等等。

能量守恒定律、动量守恒、角动量守恒、质量守恒定律、电荷守恒、重子数守恒、轻子数守恒等都是守恒原理的内容。普朗克常数 h 、光速 c 等守恒量与守恒原理有关。

爱因斯坦只用两个基本假设:相对性原理和光速不变原理就导出了洛仑兹变换,从而使牛顿力学方程和麦克斯韦的电磁方程都能满足相对性原理,得到一个简单而自洽的动体电动力学,除了爱因斯坦的方案之外,还有其他解决方案。最有名气的如洛仑兹的固定以太收缩理论,但是洛仑兹的理论需要11个假设才能弥合理论上的裂隙,而爱因斯坦的相对论,只需两个假设,一下子少了9个!而且对相对论量子理论的建立也显示了威力。

2. 挖掘教材中方法论教育因素

物理学的认识首先从确认观察和实验事实开始,力图从理论上去解释它们——解释原理,在不同的理论可以解释同一组现象的情况下,就需要用简单性原则在这些理论之间进行选择。另外,物理学理论力图对物理世界作统一整体的解释,这种要求在方法论上具体化为世界的物理图景的统一原理和物理学知识的数学化原理;对称性原理和守恒性原理把这一要求具体化了。

例如,天体力学的发展和成就充分说明了这点。哥白尼从天文观察发现行星不规则运动是很难用地心说解释的天文现象之一,托勒密体系用许多附加的“本轮”、“均轮”来解释,仍困难重重,哥白尼提出了日心说,且认为天体的运动是均匀的圆运动和复合圆运动,简洁、明快又直观地解决了行星运动不规则问题,虽然在历法计算精确性方面还不及地心说,但仍得到了科学家的拥护。开普勒当时想根据哥白尼学说,用数字形式再现第谷的观察结果,从而发现了行星运动三大定律及数学公式。他放弃了哥白尼的圆周运动,用椭圆代替,这不仅非常符合第谷的观测数据,而且一举废除了极为复杂的描述行星轨道的偏心轮、本轮的组合。为人们提供了一幅太阳系极为简明的图系,牛顿在探索为什么行星运动会服从开普勒三定律时,运

用他的“地面运动”定律于“天上运动”和微积分原理,最后又把统一性原理尽情发挥:他认为不但在太阳与行星之间、地球与月球之间有引力,宇宙里任何两个质点之间都有这样的引力,提出了万有引力定律,以简单明了的数学形式概括和解释了诸多的定律和事实,成为天体力学的基本公式。现代天体力学的成就,也雄辩地说明运用方法论原理的重要性。

再如从电磁现象中,科学家们总结出库仑定律、安培定律、毕奥萨伐尔定律、法拉第电磁感应定律、提出力线概念,麦克斯韦为综合以上四个定律对电磁力线进行数学描述,在安培定律加上位移电流一项,使麦克斯韦方法组成为优美对称形式。电磁场作为最简单的规范场,后来由杨振宁发展成了一般规范场理论,并促进了电磁作用与弱作用理论的统一。

3. 从辩证唯物主义观点剖析方法论原理

互补原理是自然科学自发地进行辩证思维的一个典型的例证,是为解释量子力学而发展起来的一种朴素的辩证表达方式。是现代自然科学正在产生辩证唯物主义的一个表现,有其积极、合理的一面,它与辩证哲学的关系应该予以阐明。在现代物理学中,不仅有波动性和粒子性的“互补”,而且有因果与机遇、决定与几率、连续与间隔、有序与无序、线性与非线性、平衡与非平衡,可逆与不可逆,吸引与排斥、等等的“互补”。在对自然进行描述时,必须使用两组相互对立、相互排斥、而又相互渗透、相互补充的物理概念,这些对立概念互补起来,才能给自然以完备的描述。

可观察原理体现了认识论的基本准则,是物理学产生、促进认识论发展的生动例子。它指出,实践是检验真理的唯一标准。对由理论基本公设得出的逻辑结果进行实验检验,容许

出现一些不能直接观察的量。如果在理论上发现有原则上不可观测的量,那么,不仅这种量不应当在理论中存在,而且理论本身也不能按原样存在,必须新的基础上加以改造,以便在新的形式下不出现这样的量。这一原理可成为新理论产生的契机。如绝对时空。以太观念的终结,爱因斯坦抛弃无观察效应的绝对时空和以太,认为时空是相对的,导致相对论的建立。

4. 从美学观点出发,对学生进行美学教育

和谐是美学标准的要素之一。物理学理论就是沿着和谐——不和谐——和谐的方向螺旋上升的。例如牛顿力学和经典电磁理论解释物理世界的成功,使当时的科学家赞美备至,后来发现了黑体辐射与热力学理论不和谐,迈克尔逊实验揭示了经典电磁理论中的不和谐,导致量子论和相对论的诞生,从而又使理论变得和谐了。又如开普勒探索行星运行三大定律时,把“次序与和谐”的美学标准当作启发思维的方法,结合以“真”,打破陈旧的美学思想,揭示了新的美学内容。

5. 在例题、习题课中讲解方法论原理

例如在电磁学中有很多应用对称性原理、对称性分析简化解题步骤的例子,在力学题目中有不少可应用坐标变换(基于力学规律在不同参照系中有相同的形式相对性原理)简化计算,通过这些例子和习题使学生从中体会和学会初步运用方法论原理。

教学实践和课后调查表明,在基础物理教学中渗透物理方法论、方法论原理教育,有利于提高学生学习物理的兴趣,对物理学整体上的了解和对物理知识的理解以及对物理方法论的全面认识提高了,分析问题和解决问题的能力增强了,学习效率提高了,对学生科学素质的提高有重要明显的作用。

全球变暖的地热证据

密执安大学的 Pollock 等搜集的地表以下地热温度记录表明,20 世纪在过去的五个世纪中是最热的。在首次进行的这一全球性考察中,研究人员通过分析北美、欧洲、非洲和澳大

利亚等地的钻井测量数据,证实本世纪地球表面平均温度增加了约 0.5°C ,而在过去的五个世纪中,地球温度总共上升了 1°C 。