

物理学 思想与方法论 研究

王
泽
农
著



南京师范大学出版社

物理学思想与方法论研究

王泽农

南京师范大学出版社

物理学思想与方法论研究

王泽农 著

*

南京师范大学出版社出版发行

江苏省南京市宁海路 122 号 邮编: 210097

江苏省新华书店经销 南京京新印刷厂印制

*

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 6.5 字数 140.6 千

1996 年 10 月第 1 版 1996 年 10 月第 1 次印刷

印数 1—3000

ISBN7-81047-971-X/O·2

定价: 12.00 元

(南京师大版图书若有印、装错误可向承印厂退换)

前 言

笔者从事物理教学卅余年，深感物理学在形成人们的世界观，养成正确的思想和工作方法等方面所起的重要作用。作为一名物理教师，不但要掌握物理学主要分支的基本知识和方法，还应对物理学的理论结构、基本思想、基本方法、基本思维规律有所了解。我从 1987 年起开设了《物理学方法论》这门新课，所编写的《物理学方法论概要》一书得到东南大学恽英教授的指正。恽英先生在为该书所作的序中指出：“长期的教学实践给我们一个很迫切的愿望，教师在传授、分析、探讨物理知识的过程中应该教给学生更多的方法，使学生懂得科学家们是如何在接受他人长期积累的事实与经验的基础上，经过艰苦的、创造性的劳动，才能提出、解决一些新的物理现象和规律，并能将理论用之于实践的。只有学到科学研究的方法，才能真正长期受用，获取新的成果。教师、学生都应该有意识地学习一点科学方法论，物理教师理解和掌握物理学的思想和方法论，其意义是不容置疑的。”

物理学所阐述的基本思想与方法，对于物理教师也好，物理学研究工作者也好，无疑是知识的核心和探究新知识的途径。我们常为一项新发现新发明而喜悦，还应为隐藏或显现的思想和方法而思索，去探究未知的物理世界。

在一些同仁、朋友的建议下，笔者将 1992—1993 年旅美期间在加州北岭大学所作的演讲稿及近年教学所思所得就物理学的方法论原理和主要思想两个课题集成一册，以期能抛砖引玉。

王泽农

1996. 10.

序 一

陆 琰

物理学是自然科学中最为基本的一门科学，无论从历史作用，或者从前沿发展看，物理学对人类文明都已经起了和正在起着十分重要的作用。源出于热学研究的蒸汽机的发明（瓦特）导致了一场深刻的工业革命；法拉第电磁感应定律的发现揭开了电气化时代的序幕；麦克斯韦预言并经赫兹发现的电磁波开辟了无线电时代，从此人们有了电报、广播、电视；肖克莱、巴丁、布莱坦对半导体的研究发明了晶体管，开创了微电子学，使小小的计算机如此神通广大；激光的发明来源于爱因斯坦用光子观点对普朗克公式的重新推导等等。

物理学是研究物质世界最基本规律的科学，内容十分丰富、十分深刻，又十分有用，往往是高科技的基础和源泉，现代文明离不了它。事实上，物理学不仅具有重要的应用价值，而且往往有非常深刻的哲学含义，为什么物理学的研究和发展如此成功，其中包括有非常丰富的经验，研究其思想和方法实在是十分重要的。王泽农先生撰写的《物理学的思想与方法论研究》一书就是阐述这方面的一本比较详细的书，书中阐述了决定论与非决定论；对称与破缺；有序、无序与混沌；分析与综合；演绎与归纳等等。书中还特别详细地讨论了假想实验，这是一个非常重要的理论方法。书中对于佯谬

和悖论以及对于对称性的讨论也是颇为生动有趣的。这些问题确实发人深思，无论对于物理学的研究或者学习都是很有用的。

虽然关于科学思想和科学方法方面的书籍已有不少，但这本书还是很有特色的。这本书集中于物理学领域，用了大量实际例子来阐述物理学的思想和方法，而且，特别着重于从教学的角度来说明问题，因而这本书固然对于一般的物理工作者有参考价值，而尤其对于物理教学工作者，是更为有用的。

1996.10.

序 二

黄 涛

《物理学思想与方法论研究》的编写出版是王泽农副教授为物理教育界做了一件大好事。我之所以为此书写一个序，一方面是因深感物理学思想和物理学研究方法在形成人们的世界观、养成正确的思维方式等方面起着重要的作用，应该把书中涉及到的物理学思想与方法论的研究成果推荐给广大的物理教师和学生；另一方面是因熟知编著者在繁重的行政和教学工作重担下撰写的艰辛和对事业的执著，应该把成书的背景介绍给读者。

1995年6月，我在美国加州大学洛杉矶分校的书店里碰见了正在买书的王泽农副教授，他手里拿着“The Philosophy Behind Physics”、“HyperSpace”、“About Time”等书，他在出访讲学期间还念念不忘收集资料和钻研物理学思想及方法论方面的专著。我知道，他为写这本书，运用了从事物理教学三十余年的经验与底蕴，化了近十年时间的研究和资料积累。早在1984年他就编写了《物理学方法论概要》，结合哲学、形式逻辑、辩证逻辑、认识论和方法论等多种学科的知识与物理学的理论和物理教学工作的实践进行研究，1987年为物理专业学生开设了《物理学方法论》新课。1992—1993年他在加州大学北岭分校访学期间写下了10万字的书稿，对多年来讲课的

内容和研究的心得进行整理。回国后，他在担任学院主要行政领导又兼教物理专业课的繁忙情况下坚持撰写工作，终于将研究成果总结在这本书的方法论和物理学思想两大部分之中。

这本书分为方法篇和思想篇。方法篇主要从物理学研究的基本方法出发，从方法论和认识论的角度阐述了物理现象的观察与实验方法、物理学理论的思维与探求方法、数学方法、辩证逻辑方法和系统科学的基本方法，还探讨了物理学理论体系的方法原理。思想篇主要讨论物理学至今所认识的客观世界及其最基本思想，重点探讨了因果关系、对称与非对称、时间的特性、有序、无序与混沌的概念、现代真空观念等。

物理学的发展有其辉煌的历史，在本世纪里物理领域曾创造过两次革命性的理论：相对论和量子力学。大家知道，爱因斯坦的相对论提出了新的时空观和可与光速比拟的高速物体的运动规律。量子力学是关于物质电磁辐射以及它们相互作用的现代理论。他们对物理学的发展都起了很大的作用。物理学没有终止。随着一些大型高功率的加速器的建成，研究宇宙间物质存在形式、结构和运动规律的物理新理论会应运而生，它将在更深的层次，更广的概括性方面突破以前的理论。有的物理学家预言，这种理论很可能就是全新的理论，弦论是对以前粒子物理理论的自然概括，但又有革命性理论内容，不管物理学以何种速度和形式向前发展，它的基本思想和基本方法却总能给人以启迪。因此这本书对青年学生、物理教师、物理研究工作者和其它有兴趣于物理与哲学交叉学科的同志来说均有益处。

目 录

方 法 篇

第一章 物理学方法论的内容与意义	(3)
一、自然科学方法、方法论和物理学方法论	(3)
二、自然科学方法论的内容分类	(5)
三、学习方法论的意义	(5)
第二章 物理学及其方法论发展简史	(8)
一、古代自然科学的萌芽	(8)
二、经典物理学的建立	(12)
三、近代物理学的形成与发展	(15)
第三章 物理学理论的探索	(18)
一、理论发现从问题开始	(18)
二、探索的方法与途径	(20)
三、机遇的作用	(21)
第四章 观察与实验	(24)
一、观察方法及其训练	(24)
二、实验方法的分类	(25)
三、理论的指导作用与实验安排的原则	(27)
四、实验研究方法的特点	(29)

第五章 理论思维的形式与方法	(31)
一、理论思维的形式	(31)
二、科学抽象和理想化方法	(39)
三、再论推理的几种形式	(44)
四、分析、综合法与物理学	(47)
五、证明与反驳法	(57)
六、再论佯谬	(59)
第六章 物理学研究中的创造性思维	(70)
一、科学研究中的形象思维	(70)
二、直觉、灵感与创造性思维	(72)
第七章 物理学理论的建立与理论体系的方法原理	(74)
一、假说的形成及其作用	(74)
二、假说的检验	(76)
三、物理学理论的特征	(77)
四、物理学理论体系的方法原理	(79)
五、公理化方法	(83)
第八章 数学方法及其应用	(87)
一、数学方法的特点和作用	(87)
二、运用数学方法解决问题的步骤	(90)
三、物理学对数学的促进作用	(91)
四、计算机的应用与计算物理	(92)
五、理论研究方法的特点	(93)
六、相似理论与量纲分析	(94)
第九章 物理学理论的发展	(97)
一、自然科学理论的修改、淘汰和重建	(97)
二、关于科学发展模式的几种见解	(98)

第十章 辩证逻辑与物理学方法论.....	(102)
一、形式逻辑与辩证逻辑	(102)
二、关于辩证逻辑的规律问题	(103)
三、辩证思维的基本形式与方法	(104)
四、物理学方法论与辩证逻辑的关系	(105)
第十一章 系统科学与系统科学基本原理.....	(107)
一、系统科学简介	(107)
二、系统科学的基本原理	(110)

思 想 篇

第一章 物理学的基本思想.....	(117)
一、物理学所认识的世界	(117)
二、物理学所确立的思想要点	(124)
第二章 物理学所认识的因果关系.....	(128)
一、可逆的决定论因果关系	(128)
二、可逆决定论因果关系中的对称性原理	(133)
三、不可逆的决定论因果关系	(134)
四、决定论因果关系的相对论意义	(137)
五、量子论对于因果关系的理解	
——非决定论的因果关系.....	(138)
六、宏观系统远离平衡态的随机性模型	(140)
七、关于因果关系的基本要求	(141)
第三章 对称、对称破缺与非对称	(143)
一、对称、对称破缺与非对称的一个简单例子.....	(143)
二、对称性的实质与分类	(144)

三、物理定律的对称性,不可观测量与守恒定律···	(148)
四、因果关系的等价原理与对称性原理	
——科学推论中的一个可能运用·····	(150)
五、近似对称与对称破缺的思考·····	(151)
六、孤立系统演变过程中的对称性问题	
——对称性与熵·····	(153)
七、几个重要的非对称问题·····	(154)
八、超对称的意义·····	(156)
九、分形理论中的对称性·····	(157)
第四章 时间的基本特性·····	(160)
一、时间概念的基本特征概述·····	(160)
二、辩证唯物主义的时间概念·····	(161)
三、经典力学的绝对时间·····	(162)
四、近代物理学中时间的基本属性·····	(163)
五、关于当代物理学中时间概念发展方向的评述···	(167)
第五章 有序、无序与混沌·····	(171)
一、有序、无序与混沌·····	(171)
二、混沌学引起的观念变化·····	(172)
第六章 物质与真空·····	(175)
一、实物与场·····	(175)
二、现代真空观·····	(176)
三、真空的暴涨与宇宙的开端·····	(177)
主要参考文献·····	(181)

方 法 篇

当科学发现向前进了，科学
发现的艺术也会再向前进。

——（英）F·培根

式 志 篇

卷 十 七 式 志 篇 與 志 卷 十 七

式 志 篇 與 志 卷 十 七

附 錄 一 (英) —

第一章 物理学方法论的内容与意义

我们学习或者研究物理学,必须掌握物理学的基本规律,要使学习或研究更加有效,还必须掌握物理学的基本结构、基本方法,学会物理学的思维方式、它的方法论原理。对于物理教学来说,不但要传授知识,更重要的是要传授方法。固然,方法与方法论原理可以在知识的学习中不断积累起来。然而,自觉地掌握这些原理,无疑对于工作更有帮助。

物理学本身是不断发展的,它的方法论,从古代的思辩,到现在的辩证思维,也在不断发展着。随着科学的不断发展,方法论也在不断充实新的内容。

一、自然科学方法、方法论和物理学方法论

所谓自然科学方法,指的是为了从实践上或理论上把握现实世界,为解决具体课题而采用的操作手段。它包含了各门科学中的具体方法,如物理实验的规划、设计、实施方法、实验数据的处理方法;物理学理论中具体运用的数学方法;理论思维在物理学各分支中的具体运用方法,如演绎方法在求解热学问题中的应用,力学和电学中使用的类比方法等;运用物理学理论解决具体问题所用的方法,如力学中的隔离法,波动学中的旋转矢量法等,都属于这个范畴。

物理教学的目的之一,应该让学生熟练地掌握这些具体

的物理学方法，但是只做到这一点是不行的，还应该让学生能够举一反三，培养学生的创新能力，这就需要领会科学方法本身的基本原理即自然科学方法论和物理学所阐明的主要思想原理。本书分方法篇和思想篇两大部分来阐述这两个问题，首先要说的是方法论问题。

我们通常所说的自然科学方法论，是关于科学研究方法本身规律性的科学，既要研究一般研究方法的功能和特点，又要研究这些一般方法在整体上互相联结、配合、渗透、移植的规律性问题。例如物理学关于观察和实验的一般规律，关于各种物理学模型的意义，关于由实验到理论的思维逻辑，关于数学工具的本质意义，关于物理学的基本结构体系等。

应该注意的是，各门自然科学的方法论有许多共性的内容，但也有它们的个性。例如生物学的方法论显然与物理学的有所不同。物理学是自然科学的基础，物理学方法论是自然科学方法论的基础。

不论是个别的具体方法，还是普遍的一般方法论原理，都必须以辩证唯物主义的哲学方法作指导，因为唯物辩证法是更高层次的科学方法，在学习具体方法和培养一般方法论思想的过程中，都必须以此作指导。这样一来，关于方法问题就有了三个层次：（1）自然科学各学科中的特殊方法。例如物理学中运用的特殊方法等。（2）自然科学各学科共同适用的一般方法。即自然科学方法论。物理学方法论是它的基础或一个分支。（3）既适用于自然科学又适用于社会科学、思维科学的最普遍的哲学方法。这就是在自然哲学、物理学哲学中所体现的方法。

二、自然科学方法论的内容分类

我们可以将自然科学方法论的内容，按不同的形式来分类。

如果以研究对象的规模和性质来分类，那么可以分为战略性的和战术性的两部分。所谓战略性的，是指科研规划的制定、选题方法、最优方案的选择和方针政策问题。所谓战术性的，又可分为经验层次的和理论层次的。经验层次的是指观察、实验、调查、分类、分析、概括的方法；理论层次的是指抽象、逻辑推理、数学描述、假说与理论等。

如果以方法本身是决定性的还是带有或然性的来分类，可分为常规方法和非常规方法。常规方法包括观察、实验、理论思维等等；非常规方法包括灵感、想象、猜测等等。当然，各种方法常常是相互联系，相辅相成，交替使用的。

此外，如果从自然科学理论本身的建立和形成的过程来研究方法论，则是比较符合人们的认识过程的。本书舍去了一些不必要的内容，而按照物理学理论的探索和物理学理论的建立与发展这个逻辑顺序来阐述。

三、学习方法论的意义

在科学史上，门得列耶夫在发现周期律时，用到分类和比较法；爱因斯坦创立广义相对论时，用到理想实验和数学方法；德布罗意发现物质波时，用到类比的方法。拉普拉斯说过：“认识一位天才的研究方法，对于科学的进步……并不