

课程教学论理论教育丛书

丛书主编 胡来林 彭小明



# 物理教学中的逻辑

WULIJIAOXUEZHONG DE LUOJI

叶建柱 蔡志凌 著



科学出版社

课程教学论理论教育丛书  
丛书主编 胡来林 彭小明

# 物理教学中的逻辑

叶建柱 蔡志凌 著

科学出版社

北京

# 版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229;010-64034315;13501151303

## 内容简介

本书比较系统地讨论物理教学中的逻辑问题,是逻辑学知识在一些物理教学中的具体问题上的应用,包括:从逻辑的角度论物理概念的教学(讨论了物理概念的分类、物理概念的定义、物理概念教学的逻辑过程,提出物理概念教学的逻辑要求)以及从逻辑的角度论物理规律的教学(讨论了物理规律教学的逻辑过程,提出物理规律教学的逻辑要求,分析了物理规律教学过程中常见的逻辑错误,如关于物理规律的表述);介绍物理教学中常用的逻辑方法;讨论逻辑规律与物理教学;探讨物理探究式教学中有关的逻辑问题(如问题、假设以及推理与论证等);最后研究物理习题教学中的逻辑。

本书可作为师范院校物理学专业本科生的选修课教材,也可以作为物理课程与教学论专业硕士生的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

物理教学中的逻辑/叶建柱,蔡志凌著. —北京:科学出版社,2013. 1

(课程教学论理论教育丛书)

ISBN 978-7-03-036093 9

I. ①物… II. ①叶… ②蔡… III. ①中学物理课—教学研究  
IV. ①G633.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 281747 号

责任编辑:曾 莉 黄彩霞 / 责任校对:董艳辉

责任印制:彭 超 / 封面设计:苏 波

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

武汉市首壹印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

开本:787×1000 1/16

2013 年 1 月第 一 版 印张:13 3/4

2013 年 1 月第一次印刷 字数:285 000

定价:39.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

# “课程教学论理论教育丛书”序

## 改革教师教育课程,提高本科教学质量

我校的师范教育属于教师的职前教育,旨在培养具有比较扎实的教育理论基础,并能灵活运用理论知识于中小学教学实践的优秀教师。教师教育课程,对于学生建构系统的教育理论体系,树立正确的教育理念,增强从事教育的责任感,培养教学的基本能力,具有重要的意义。

从调查来看,全国教师教育课程现状令人担忧:教师教育课程教学思路较窄,需要拓宽;教师教育课程理论知识陈旧,需要重构;教师教育课程教学理论性过强,需要加强实践训练;教师教育课程教学手段落后,需要提倡学科与现代信息技术整合;教师教育课程学生学习兴趣不浓,需要用实践性的、艺术性的教学手段激发;教师教育课程教学效果较差,需要实行整体的、综合的改革。

### 一、开设多元课程,形成较为合理的“课程群”

通过近几年的改革,目前我校教师教育系列的课程学分由原来的 23 学分提高到 43 学分,占总学分数的比例由 14.4% 提高到 23.9%。其中,主修专业中教师教育课程为 23 学分,辅修专业总学分为 20 学分,必修课程为 34 学分,选修课程至少 9 学分,如图 1 所示。

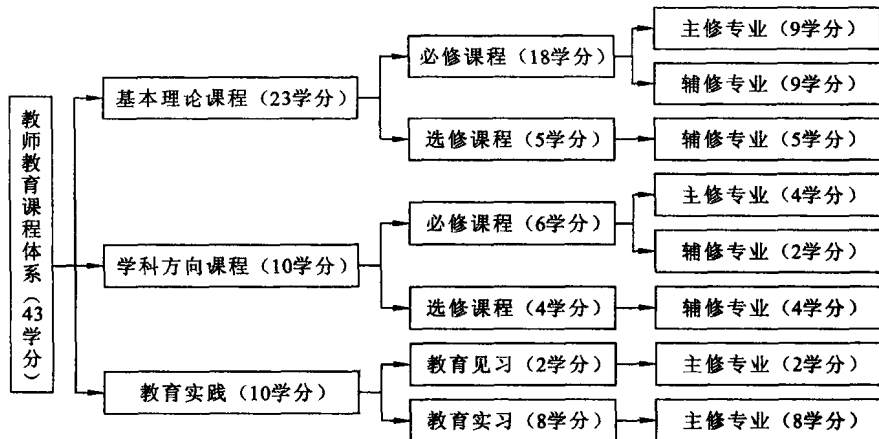


图 1

我校教师教育课程体系中“必修课程”包括现代教育技术、教育心理学、教育学原理、教师书写艺术、教师语言艺术、学科教育课程(教学法等)、微格教学、课程与教学改革、教育研究方法、综合实践活动课程、班级管理、学科教育课程和教育见习实习等;“选修课程”包括教师修养、教师专业发展、比较教育学、学生发展心理学、实用教育统计学、教学测量与评价、简明中外教育史、学习与教学策略(案例教学)、学校心理辅导(案例教学)、教育行动研究(案例教学)、教学资源设计与开发、课堂观察与分析技术(案例教学)、综合实践活动课程、学科教育课程等。

我校这样的教师教育课程体系基本形成了主修课程与辅修课程互补,必修课程与选修课程并重,理论学习与实践训练兼顾的局面,建构起教师教育的课程群,满足了学生不同的需求。

## 二、开展教学改革,积极建构独特的教学模式

我校在教学上不断进行教学改革,努力改变一元的教学目标、陈旧的教学内容、单一的教学方法、僵化的教学模式和不科学的评价方式。

教学目标是通过教学,使学生达到预期的结果。我校一直努力改革教师教育课程单一、重视理论知识的教学目标。严格按照我们党的教育方针,落实教学目标。德育、智育、美育合一;认知、情感、技能并行;教育、教养、发展共进;知识和能力、过程和方法、情感态度 and 价值观并重,全面实现育人目标。

教学方法是师生双方为完成教学任务所采取的活动方式。我校一直重视多种教学方法的运用。改革传统教学“满堂灌”“一言堂”的讲授法,改“传话”为“对话”,提倡“平等”和谐民主的师生关系,发挥学生积极性、主动性,确立学生“主体性”地位,采用“问答法”“谈话法”“讨论法”“研究法”“实践法”等教学方式进行教学。

教学模式是建立在一定的教学理论上,为实现特定的教学目标而设计或形成的一种教学模型。我校一直努力改革传统的“讲授式”(复习—授新—巩固—应用)的教学模式,倡导运用“学导式”(自学—质疑—诱导—练习)、“发现式”(诱导—提问—研究—解决)、“体验式”(设境—活动—体验—感悟)、“师徒式”(示范—模仿—练习—迁移)等模式进行教学,并与新课程改革密切结合,培养学生的创新精神和实践能力。

《基础教育课程改革纲要(试行)》指出,要“建立促进学生全面发展的评价体系。评价不仅要关注学生的学业成绩,而且要发现和发展学生多方面的潜能,了解学生发展中的需求,帮助学生认识自我,建立自信。发挥评价的教育功能,促进学生在原有水平上的发展。”“建立促进教师不断提高的评价体系。强调教师对自己教学行为的分析与反思,建立以教师自评为主,校长、教师、学生、家长共同参与的评价制度,使教师从多渠道获得信息,不断提高教学水平。”我校一直努力改革过去“重知识轻能力、重结果轻过程、重理性轻情感、重书本轻实践、重课内轻课外、重笔试轻口试、重量评轻质评、重少数轻多数、重他评轻自评、重选拔轻发展”的评价弊端,强调评价的促进、激励功能,淡化评价的甄别和判定功

能。重视形成性评价、定性评价、社会评价、学生的自我评价与学生之间互相评价,实现师范类课程评价的多元化。

### 三、运用现代信息技术,大面积提高教学质量

原教育部部长陈至立指出:“在开好信息技术课程的同时,要努力推进信息技术与其他学科教学的整合,鼓励在其他学科的教学广泛应用信息技术手段,并把信息技术教育融合在其他学科的学习中。各地要积极创造条件,逐步实现多媒体教学进入每一间教室,积极探索信息技术教育与其他学科教学的整合。”中小学学科教学要现代化,教师教育课程更要强调与现代信息技术整合。我校大力提倡教师教育课程广泛使用“微格教室”和“多媒体教室”进行教学,实现教育教学现代化。

《基础教育课程改革纲要(试行)》也指出:“大力推进信息技术在教学过程中的普遍应用”,“促进信息技术与学科课程的整合,逐步实现教学内容的呈现方式、学生的学习方式、教师的教学方式和师生互动方式的变革”,“充分发挥信息技术的优势,为学生的学习和发展提供丰富多彩的教育环境和有力的学习工具”。朱慕菊在《走进新课程》中提出:“不断地把人类在社会生产与生活中创造出来的新技术、新设备加以改进并运用于教学活动中,这是人类教学进步的重要动力,是教学效率和效果得以不断提高的重要物质保证。”时代在发展、社会在进步、科学技术突飞猛进,以电脑、网络、多媒体为主要内容的现代信息技术正在改变着人类、改变着社会、改变着我们的学习方式,因此,现代信息技术运用于师范类课程是时代的必然。只有这样,我们的教师教育课程才能“面向现代化、面向世界、面向未来”。

教育要现代化,首先是教学手段(媒体)的现代化。时代一日千里的发展,社会蒸蒸日上的进步。教育也要与时俱进。目前,我国许多省市中小学已大量使用多媒体辅助教学,这促使我们师范类课程教师必须要熟练使用多媒体。现代教育理论认为,多媒体教育有四大功能,一是提高课堂教学信息传播的质量和效率;二是丰富学生的学习资源;三是有利于实现教学过程优化;四是有利于扩大教学规模。据此,我们要大力提倡现代信息技术与学科教学的整合。目前,我校建有文科实验大楼,有足够的微格教室,并基本普及多媒体教室,我校教师教育课程教师基本做到全程运用多媒体进行教学,并常去“微格教室”上课训练,使“现代化教学媒介”服务课堂教学,发挥了“现代信息技术”应有的作用,从而大大提高了教学效率。

### 四、重视实践教学,强化学生的实践操作能力

自然主义教育家卢梭说:“我们主张我们的学生从实践中去学习。”教师教育课程是教学生学会教书育人的课程,理应让学生动手、动口、动脑,训练实践能力。我校积极提倡、强调学生通过观摩、见习、评课、说课、试讲、微格教学、实习、写教学总结、写教学调查报告、写教学论文、组织学术沙龙、参加学术会议等教学实践环节提高学生的实践能力。

教育见习是教师教育课程的重要内容之一。它有助于师范生将理论学习与中小学校

的教育教学实践结合起来,并验证教育理论,从而在思想和业务两方面为毕业教育实习做好准备。我校的教育见习分班主任工作见习、学科教学见习。见习方式方法也多种多样,有听(听课)、看(观察)、问(访问)、议(评议)等。我校目前安排教育见习是“定期两周”见习制。这一制度好处在于学生有目的、有计划、有组织地“参与”活动,但时间短、形式不灵活。我校正在进行“非定期见习”制度改革,安排多次见习。

教育实习是师范教育专业的一门重要课程,是教师教育课程的核心部分,是培养合格的中小学教师不可或缺的教学环节,在培养未来教师的过程中具有极为重要的作用。中小学教育实习的目的在于使师范教育专业的学生将他们所学到的基础理论、专业知识和掌握的基本技能,综合运用到中小学教育教学中去,以培养他们开展中小学教育实际工作能力。我校的教师教育体制,特别是实习制度需要实行整体改革。如果能顺利推行实施旨在高校与地方合作共同培养中小学“准教师”的全新的“县校共育”实习方案,那将非常有利于学生实践能力的提高和适应中小学能力的培养。

说课是教师针对特定的教学内容,向同行或考评人员系统地阐述自己对教材理解、学情分析以及教学设计的一种教研活动。我校要求学生在较短的时间内(一般为10分钟)讲清“教什么”、“怎么教”,以及“为什么这样教”之类的教学问题,从而展现自己的思维过程,显示自己对课程标准、教材的理解程度,驾驭教材和课堂的水平,以及运用教育教学理论的能力。说课是综合考评学生的学科专业知识、教材分析能力、教学设计能力、语言表达能力、对教育理论的实际应用能力等的有效手段。

为了加强师范生基本技能的教学与训练,并配合我省每年实施的“师范生教学技能竞赛”,我校还利用课余时间积极组织学生进行教学设计、板书设计、多媒体课件设计、模拟上课、说课、即兴演讲等科目训练,培养和增强师范生的实践能力,进一步促进教师教育的发展。由于我校一贯重视见习、实习、说课等实践教学,因此学生实际操作能力一直都比较强。

### 五、“请进来,走出去”,注重与中小学保持密切的联系

教师从教是一门“实践性”特强的职业,不是靠知识的传授、理论的学习就能学会的。它要重视“言传身教”,甚至“手把手”的带。所以教师教育课程必须贴近中小学,注重实践。为了加强师范类教育的直观性、实践性,我校经常邀请中小学名师来校上“示范课”,观看“全国特级教师上课实录”录像,甚至我校还要求有中小学经验的教师教育课程老师自己亲自上“示范课”,取得良好的效果。

为了加强与中小学联系,了解中小学,熟悉中小学,与中小学“衔接”,我校还选拔长期在中小学任教富有经验的骨干教师来校兼任师范类课程。这样做,一方面提高了学生的实践能力,另一方面也积极促成了地方学科教学名师的成长。

我校还积极提倡教师教育课程老师走出去参加有关“新课改”教研活动,了解“国内外教研动态”;并积极选派教师教育课程老师出去进修、访学,学习最新理论,提高业务素质。

另外,为地方中小学服务是教师教育课程教育的主要任务,因此我校也积极提倡教师教育课程老师应有“本土”意识,去中小学指导教育实验,引领教研,培训教师,为地方教育教学服务。

## 六、开展科研活动,加强学生的素质教育

教学和科研是一枚硬币的正反面。我校不但强调教师教学教研工作,还一贯重视抓学生的科研工作,让学生在一个良好的科研氛围中得到感染、熏陶。我校有为学生专门设置的创新研究项目和创业项目,积极让学生参与“科研项目”研究,并参与教师“课题研究”,在老师的指导下,有许多学生在国家级教育类核心期刊上发表过教育教学的论文。

当然,师范生的科研工作主要是教育调查、教学实验和文献钻研。在此基础上学习调查报告、实验报告和教学论文的写作。教育调查报告的撰写是对学生全面综合的考核,对学生进行科学研究的训练,培养学生多种能力,是促进学生早日成才的很好手段。教育调查,主要调查了解中小学教学的目的、内容、特点和方法、学生学习的兴趣以及他们掌握基础知识和基本技能的程度,了解课改的新情况,以促使学生更深入地认识学科教学的规律,提高对教育理论的认识,培养科学精神和深入细致的工作作风。我校很重视教育调查报告的写作,实习期间要求每个实习生,应对中小学学科教育的现状作出较为深入的调查,并将调查结果写成调查报告。

我校还重视学生的“素质教育”,改变“重书本应考知识的灌输和死记硬背,轻学生思想品德、身心健康和活动技能的发展”的应试教育现状,培养学生动脑、动口、动手的实践能力和创新精神,全面提高学生的科学素养与人文素养。

总而言之,我校的教师教育课程改革基于实践(教学技能),面向基教(学校实际),切合课改(改革潮流),立足地方(地方色彩),适应时代(与时俱进),借助媒体(信息技术),追求特色(创新个性)。通过教师教育课程改革与探索,促进了我校师范类课程新的理论体系的构建,培养学生驾驭教材、组织教学、研究教育的实践能力,提高本科的教学质量。

彭小明

2012年9月



# 前 言

编写本书旨在为师范院校物理学专业学生提供一本选修课教材,也可以作为物理课程与教学论专业硕士生的参考书。

进入新世纪后,基础教育改革如火如荼地展开了,中学物理教学的内容和方法都有了革命性的变化,尤其是探究式教学的大力提倡和研究性课程的开发,带来了许多新的问题,使得研究领域大大地得到拓展。最大的问题是,我们在中学物理教学实践当中经常发现所谓的“科学探究”形似而神不似。“神似”的缺失有很多种可能,如“科学精神”“教育民主”“批判意识”“交流合作”等因素的缺失都会导致“科学探究”形似而神不似。我们从我们的视角看到了逻辑的缺失,于是就有了新的课题。2004年,“逻辑在物理知识创新教学中的应用研究”和“理科知识创新教学中的逻辑问题研究”分别获得了浙江省教育厅科研项目和浙江省教育科学规划项目的立项。在此研究基础上,本书用了大量的篇幅讨论“物理探究式教学中的逻辑”问题。此外,本书的基本内容还包括:从逻辑学的角度认识物理概念,如概念的定义、概念的内涵和外延、概念的种类、概念间的逻辑关系、概念的限制和概括;如何对物理概念下定义;如何对物理概念进行划分;物理教学中物理概念的建立;逻辑判断;如何对物理规律进行表述;物理教学中物理规律的得出;逻辑推理与论证,以及逻辑推理与论证在物理教学中的运用;逻辑方法,如比较与分类、分析与综合、抽象与概括以及辩证逻辑的方法,掌握逻辑方法在物理教学中的运用;逻辑的基本规律以及在物理教学中的表现;物理解题中的逻辑问题,重点讨论物理解题障碍。

非常感谢温州大学科研处、教务处、教师教育基地多年来的大力支持,感谢同仁的帮助。感谢科学出版社编辑的帮助,使得本书顺利出版。

本书疏漏之处在所难免,请同仁不吝指正。

叶建柱 蔡志凌

2012年7月28日于温州大学

# 目 录

绪论 .....	1
第一章 物理学的知识体系 .....	8
第一节 物理概念 .....	8
一、什么是物理概念 .....	8
二、物理概念的内涵和外延 .....	9
三、概念间的逻辑关系 .....	16
四、概念的限制和概括 .....	18
五、怎样给物理概念下定义 .....	19
六、概念的划分 .....	22
七、物理概念的教学过程 .....	25
第二节 物理规律 .....	29
一、什么是物理规律 .....	29
二、物理规律的表述 .....	34
三、物理规律的教学 .....	39
第三节 物理学理论体系 .....	41
第二章 逻辑方法在物理教学中的应用 .....	43
第一节 普通逻辑方法 .....	43
一、比较与分类 .....	43
二、分析与综合 .....	47
三、抽象与概括 .....	54
四、各种逻辑方法的关系 .....	56
第二节 科学逻辑方法 .....	60
一、科学解释的逻辑方法 .....	60
二、科学预测的逻辑方法 .....	62
第三节 辩证逻辑方法在物理教学中的应用 .....	63
一、分析与综合辩证统一方法在物理教学中的应用 .....	64
二、由抽象上升到具体方法在物理教学中的应用 .....	65
三、逻辑与历史相统一方法在物理教学中的应用 .....	66
第三章 逻辑规律与物理教学 .....	68
第一节 普通逻辑的基本规律 .....	68
一、同一律 .....	68
二、矛盾律 .....	71
三、排中律 .....	73

四、同一律、矛盾律、排中律之间的联系和区别 .....	74
<b>第二节 辩证逻辑思维的基本规律</b> .....	75
一、对立统一思维律 .....	76
二、质量互变思维律 .....	78
三、否定之否定思维律 .....	80
四、辩证的充足理由律 .....	81
<b>第四章 物理探究式教学中的逻辑</b> .....	83
<b>第一节 物理问题提出的逻辑</b> .....	83
一、什么是“物理问题” .....	83
二、问题水平 .....	87
三、问题的价值 .....	93
四、提出问题的逻辑过程 .....	95
五、提出问题的教学研究 .....	101
<b>第二节 科学假说提出的逻辑</b> .....	106
一、什么是科学假说 .....	106
二、科学假说的教育价值 .....	110
三、形成假说的逻辑基础 .....	114
四、假说检验的逻辑方法 .....	118
五、假说向理论的过渡 .....	120
六、影响科学假说提出的障碍分析 .....	121
<b>第三节 物理教学中的逻辑推理与论证</b> .....	127
一、培养推理与论证能力的必要性和途径 .....	127
二、推理 .....	127
三、论证 .....	168
<b>第五章 逻辑与物理习题教学</b> .....	184
<b>第一节 物理解题的一般思维过程</b> .....	184
一、问题识别、转换与重构 .....	184
二、寻求解法和运用规律 .....	185
三、解方程,代数据计算 .....	188
四、检验结论 .....	188
<b>第二节 物理解题的逻辑思维方法</b> .....	188
一、极限思维方法 .....	188
二、对称处理方法 .....	189
三、等效变换方法 .....	189
四、近似处理方法 .....	190
五、图线处理方法 .....	191
<b>第三节 物理解题障碍研究</b> .....	191
一、物理解题的知识性障碍 .....	192
二、非智力心理障碍 .....	198
三、思维障碍 .....	199

# 绪 论

本书研究物理教学中的逻辑问题,指的是从逻辑学的角度来讨论一些物理教学中的问题,或者说是逻辑学知识在某些物理教学中的具体问题上的应用。因此,本书的研究对象仍然是物理教学问题,而非逻辑学问题。所以本书属于物理教学方面的教材,而非逻辑学方面的论著,这是首先需要说明的问题。

在很多物理教学研究方面的论文和著作当中,也会经常出现“逻辑”一词,但其含义多种多样。“逻辑”这个词原意本身就比较复杂,有理性、思想、规律性、语词、推理等各种含义。我国曾有人将“逻辑”意译为“论理学”“形名之学”“名学”“辩学”等,后来逐渐通用“逻辑”这一音译名。“从词源上看,‘逻辑’是个外来词。它可以被追溯到古希腊的‘逻各斯’(即 Logos),原意是指思想、言辞、理性和规律性等。中世纪欧洲逻辑学家开始更多地使用‘Logica’来表示逻辑。但到了近代,西方渐渐通用‘Logic’来表示‘逻辑’这门学科。在中国,严复是第一个把‘Logic’一词翻译为‘逻辑’的人,但他没有提倡和推广这个词。直到 20 世纪 40 年代,‘逻辑’这个词才在汉语中获得通用。”(李鸿才,2006)在现代汉语里,不同场合下使用的“逻辑”一词有着不同的意思。

(1) 指客观事物的规律、规律性,如“革命的逻辑”“生活的逻辑”。

(2) 指特殊的理论、观点或看问题的方法,如“你这简直是强盗逻辑”。

(3) 指思维的规律、规则,如“这几句话不合逻辑”“作出合乎逻辑的结论”。

(4) 指逻辑学这门科学。狭义地说就是研究推理形式的科学;广义地说就是研究思维形式、思维规律和思维方法的科学。

本书是在第(4)项的意义上使用“逻辑”一词的。

逻辑学是一门古老而又具有活力的科学。早在 2000 多年前,逻辑学就在希腊、中国和印度产生了,即古希腊的“形式逻辑”、中国先秦时期的“名学”以及印度佛教中的“因明”。19 世纪以来,逻辑学已发展成一个庞大而多层次的学科体系。

按门类分,有传统逻辑、现代逻辑和辩证逻辑。传统逻辑主要用自然语言研究人们日常思维的形式及其规律,包括传统演绎逻辑和传统归纳逻辑。现代逻辑主要指数理逻辑(也叫符号逻辑),是用人工语言和数学方法来研究逻辑,包括现代演绎逻辑和现代归纳逻辑。今天,高校里开设的“普通逻辑”已经吸收了现代逻辑的一些内容和方法,从而丰富和发展了传统逻辑的内容,但基本体系仍是传统的。辩证逻辑则是马克思主义哲学的组成部分,是研究思维辩证法的科学,要求人们必须从矛盾、运动、变化去把握事物,从整体上

理解和认识事物。辩证逻辑、数理逻辑、传统逻辑也称为逻辑科学的三个分支。

按层次分,逻辑科学既有基础学科,又有应用学科。应用学科分支繁多,难以尽述,如管理决策、事实谈判、计算机及自动化、科学发现、文章写作、讲演辩论、法庭审判、律师辩护等。物理教学中的逻辑问题研究是逻辑学在物理教学中的应用。当然,就目前而言物理教学中的逻辑问题研究还处于初级阶段,所应用的逻辑学知识还属于最基础、最粗浅的知识,涉及传统逻辑和辩证逻辑。

那么,为什么在物理教学中会存在逻辑学问题呢?这是因为逻辑学与物理学以及物理教学都存在着密切的关系。

## 一、逻辑学与物理学的关系

列宁说过:“任何科学都是应用逻辑。”(列宁,1959)物理学是一门具体科学,与逻辑学有着密切的联系。首先,逻辑学以人类思维为研究对象。思维包括抽象(逻辑)思维、形象(直觉)思维、灵感(顿悟)思维。其中抽象(逻辑)思维是逻辑学的研究对象,抽象思维也是物理思维的主要方式。其次,逻辑规律和规则作为人类思维的一般规律和规则,物理思维应该遵循,不得违反。再者,运用逻辑可以帮助人们进行物理研究。例如,伽利略在研究自由落体的问题时,就成功地运用了逻辑推理的方法来批驳了亚里士多德的“重的物体下落得快,轻的物体下落得慢”的错误观点。伽利略说,如果重物比轻物下落得快,那么把重物和轻物拴在一起下落,将是什么结果呢?一方面,两物拴在一起,“重物”本来是“快的”,却被本来是“慢的”“轻物”拖了后腿,而“轻物”却因“重物”的带动而变“快”,所以两物拴在一起下落的速度应介于“重物”和“轻物”单独下落的速度之间;另一方面,两物拴在一起而变得更重,那它应该比“重物”单独下落时更快。由此引出了悖论,证明物体下落的快慢与物体轻重无关。又如,德布罗意物质波理论的提出就是运用类比推理的伟大成果,他将粒子与光子进行类比,从光子的“波粒二象性”推出微观粒子的“波粒二象性”。近代物理当中,物理学更是与辩证逻辑联系密切,日本物理学家武谷三男指出“量子力学却以独特的数学结构卓越而合理地把握了它,要理解这种逻辑结构,唯有辩证逻辑”(武谷三男,1975)。这些例子举不胜举。

爱因斯坦也说过:“在近代,西方科学的发展是以两个伟大的成就为基础的,那就是希腊哲学家发明的形式逻辑体系,以及通过系统的实验发现有可能找出因果关系。”(爱因斯坦,1976)形式逻辑体系的奠基人是亚里士多德,他的理论对科学产生重要影响的是三段论理论和科学证明理论,在他那里,逻辑是获得知识的工具。欧几里得几何是逻辑应用于科学的典型的演绎逻辑体系,以至于爱因斯坦赞叹说:“世界第一次目睹了一个逻辑体系的奇迹,这个逻辑体系如此精密地一步一步推进,以致它的每一个命题都是绝对不容置疑的——我这里说的是欧几里得几何。推理的这种可赞叹的胜利,使人类的理智获得了为取得以后成就所必需的信心。”(爱因斯坦,1976)此后,牛顿力学体系、热力学、麦克斯韦电

磁场理论、爱因斯坦相对论等物理学理论都仿效了这种体系,可见它对科学的影响之大。培根归纳法为近代实验科学开辟了道路。伽利略、玻义耳、达尔文等都应用归纳法在科学上取得了伟大的成就。牛顿的微积分方法富含辩证逻辑的思想。到了爱因斯坦那儿,“适用于科学幼年时代以归纳为主的方法,正让位于探索性的演绎法”(爱因斯坦,1972)。

所以人类科学文明史表明,逻辑是求知、认识真理、论证原理的有效工具之一,逻辑思维能力是人们认识自然、掌握客观规律、获取知识的必不可少的素质之一。因此,联合国教科文组织把逻辑学列为七大基础学科之一。在物理学研究中需要运用很多方法,如观察、实验、抽象、概括、分析、综合、归纳、演绎、模拟和假说等,还有数学的方法等,其中抽象、概括、分析、综合、归纳、演绎、模拟和假说等方法就属于逻辑的方法。

具体来说,在物理研究中,逻辑的参与大致有以下几个方面:

第一,观察和实验的准备过程。大多数情况下,物理实验是在一定的目的指引下,进行巧妙的设计和对结果的一定的预见性来进行的,这里面要应用逻辑思维,应用分析、综合、抽象、概括等逻辑方法;

第二,感性材料的整理过程。在观察实验的基础上获得的感性材料,必须经过整理加工,去粗取精、去伪存真、由此及彼、由表及里,经过一系列的逻辑过程,形成科学概念和科学规律;

第三,物理概念和物理规律等物理知识的表述。所得到的物理概念的定义,物理定律的表述都要遵循逻辑规则。英国理论物理学家保罗·戴维斯指出:“若想表达某个规律,那么,以质朴的、不可摇撼的逻辑为基础的表达便是最足以服人、最令人满意的表达方式。”(保罗·戴维斯,1995)

第四,从普遍的一般概念和规律推出一些特殊的概念和规律,也需要运用逻辑演绎方法;

第五,建立整个理论体系。爱因斯坦说,理论物理学的完整体系是由概念、基本定律以及逻辑推理得出的结论所构成的,“在任何理论著作中,导出这些结论的逻辑演绎几乎占据了全部篇幅。”(爱因斯坦,1976)

## 二、逻辑学与物理教学的关系

从教学目标来说,逻辑学与物理教学的关系是密切的。物理学知识,包括概念、定律、理论,都具有三个方面的因素,即实验、数学和思想方法(霍尔顿,1983),其中的方法应包括实验方法、数学方法、逻辑方法,相对应的在物理教学中应该培养的能力有实验能力、应用数学能力、逻辑思维能力。

从教学设计和实施来说,物理教学与逻辑学的关系更为密切,因为教学是让学生理解物理,不仅理解物理知识,还要求学生科学探究的过程有所体验。为使学生准确理解并形成清晰的知识结构,同时使他的思维得到有效的训练,教学就必须具有逻辑性。

(1) 教学内容的表述应合乎逻辑,如概念的定义、概念划分、规律的表述。

(2) 教学过程的设计必须做到逻辑性强,才能使教学具有启发性,才能调动学生的思维参与整个教学过程。教学如果缺乏逻辑,学生的思维就会处于混乱无序的状态,无法启动并有序地发展,学生的思维就得不到训练。如果长期在逻辑性不强的教学的潜移默化下,学生的思维品质会受到负面的影响。

(3) 从宏观来说,整个课程的体系结构也应该与学科本身的逻辑结构相一致。

但是,实际情况并不乐观,物理教学中逻辑性不强甚至不符合逻辑的例子是很多的,说明对教学的逻辑性要求重视不够。

例如,有些高中物理教师在讲到关于力的分类时,常常说“根据力的性质来分,力可分为重力、弹力、摩擦力等;根据力的作用效果来分,力可分为动力、阻力、压力、支持力、向心力等”,就犯了概念划分中“子项相容”的逻辑错误。又如课程标准实验教材《高中物理选修1-2》第26页有以下叙述:“焦耳最初的实验是用搅拌的方法,将机械能转化为水的内能。他用绝缘材料将量热器包起来,使外界不能通过热传导来影响水的温度。然后借助两个砝码的下落,通过做功带动叶轮来搅动水,使水温升高。测量所做的功及水所获得的热量,就可以得出热功当量的值。”从字面看,这里的“水所获得的热量”似乎是指上述过程中“水所获得的热量”并且还是实验当中测量出来的,那么我们就要问:“热量是热传递过程当中内能转移的多少,此实验过程只有做功的过程没有热传递的过程,何来热量?”而且教材当中还强调了做功与热传递是两个本质上不同的过程,所以就引起了逻辑混乱,问题出在“缺少限制”。应该在“所获得的热量”前面加以“等效的热传递过程”的限制,写成“测量所做的功及计算水在等效的热传递过程中所获得的热量”,就不会有逻辑问题了。

又如,课程标准实验教材《高中物理必修2》第16~17页关于“线速度”的论述也有逻辑问题,教材是这样说的:

“圆周运动的快慢可以用物体通过的弧长与所用时间的比值来量度……比值 $\Delta s/\Delta t$ 反映了物体运动的快慢,叫做线速度。线速度也有平均值与瞬时值之分。如果所取的时间间隔很小很小,这样得到的就是瞬时线速度。

当 $\Delta t$ 足够小时,圆弧AB几乎成了直线,弧AB与线段AB几乎没有差别,此时,弧长 $\Delta s$ 也就是物体由A到B的位移 $\Delta l$ 。因此,这里的 $v$ 实际上就是我们在直线运动中已经学过的瞬时速度,不过现在用来描述圆周运动而已。为了区别于下面将要学习的角速度,命名时在速度的前面加了一个‘线’字。

线速度是矢量……”

在这一段论述当中,一开始是用“物体通过的弧长与所用时间的比值”来定义所谓的“线速度”的,那么“线速度”实际上是“速率”,而在下一页中“线速度”就变成了“速度”,只不过是为了区别于下面将要学习的角速度,命名时在速度的前面加了一个“线”字。这里犯了“偷换概念”的逻辑错误。

另外,在用演示实验进行教学时,逻辑不严密的问题很常见。演示教学中,有时是直

接演示现象,观察现象后,直接得出一个判断;有时需要在观察实验现象后进行推理得出结论,这时我们经常会发现逻辑上存在问题。例如,演示摩擦起电的实验中,摩擦后是否带电,是不能直接观察到的,需要通过其他现象推理得知,如通过验电器或吸引小纸屑等现象推知。有的教师是这样做的:先介绍验电器,说“如果带电体接触验电球,则验电器的金属箔片会张开。”接着演示,观察到金属箔片张开了,于是得出结论,摩擦过的物体(橡胶棒或玻璃棒)带电了。这样就构成了充分条件假言推理的无效式(肯定后件式),推理过程在逻辑上是无效的。实际上,如果有一定的逻辑学知识,就应该做这样的陈述“如果带电体接触验电球,则验电器的金属箔片会张开;如果物体没带电接触验电球,则验电器的金属箔片不会张开。”然后进行演示,若观察到金属箔片张开,则可推出物体带电,构成的是充要条件假言推理的肯定后件式,推理有效。关于这件事有一个小插曲更能进一步说明逻辑学知识对于物理教学的重要性。有一个实习教师在我指出了上述问题后,“改进”了他的陈述“如果带电体接触验电球,则验电器的金属箔片会张开;如果验电器的金属箔片不张开,则说明物体不带电”,实际上没有任何改进。因为说“如果带电体接触验电球,则验电器的金属箔片会张开”就等于说“如果验电器的金属箔片不张开,则物体不带电”,两者是等效的。

这些例子就不多举了。

新课程倡导探究式教学,让学生亲历科学探究的过程。有人据此认为教学过程要淡化逻辑,突出教学过程的随机性。其实不然。

时下有的所谓探究式教学犹如小孩过家家似的热热闹闹,徒有其表,形似而神不似。为什么会这样?如何使科学探究教学神形俱备,使学生能真正体验到科学探究的过程呢?

应该把它们丰富起来,这就需要加入一些科学定义和科学公式背后的有关科学本质的东西,需要多学科多角度审视它。从逻辑学的角度切入,我们发现,逻辑学有助于我们进行科学探究教学,尤其是科学逻辑。我们可以举一个例子来说明。在科学探究教学当中,提出猜想与假设是核心环节,很多研究者关注这个问题,也有不少硕士论文以此为题。但是,个别研究对与此相关的思维过程的逻辑理解不准确,其研究存在有待商榷之处。例如,有一篇硕士论文设计以下材料调查中学生的猜想与假设的思维过程:“一双很脏的黑皮鞋,表面上有很多灰尘,看上去黑黑的,一点也不亮,但只要我们去皮鞋上擦些黑色鞋油,再用鞋刷刷均匀后,它就会变亮,而且上油后,鞋面越擦越亮。对于这一现象产生的原因,请提出你的猜想。”(李奇云,2005)

笔者认为这个材料设计得不太合适。因为调查者原意是调查中学生的猜想与假设的,但针对这个材料,被调查者所要做的是应用已有知识(强调:被调查者确实已经学过相关知识)对事实现象进行科学解释,不需要提出假设。如果说被调查者对此所作的解释含有猜想的成分的话,那是由于他对已有知识的运用不力和对自己不自信造成的,并非原有知识的解释能力缺陷所致。这种情况下,解释者要做的是提高自身应用已有知识的能力,而不是提出什么新的假设。在科学上,科学家在遇到新的现象时,都是在已有知识确



实无法给出圆满解释的时候,才提出新的假设的。新的假设一定是对已有知识的超越,这个过程才具有创新的性质。

但是,逻辑学体系如此庞大,我们不可能系统地涉及。况且从我们的角度来说,也不需要过深地涉及。本书将不求系统地涉及传统逻辑、科学逻辑和辩证逻辑,同时不拘泥于它们,努力从教学的角度来思考问题。

### 三、物理教师学习一些逻辑学知识的意义

从以上简单的讨论就已经看出,逻辑学与物理学及物理教学有着密切联系。从这个角度来讲,物理学工作者特别是物理教师学习一些逻辑学知识,是有利而无弊的。英国一位名叫维斯特威的皇家督学写了一本论述科学方法教学的书。在他看来,一个成功的理科教师应当是这样的人:他知道自己的本门学科……读了大量其他科学方面的书籍……知道如何教学……能够流畅地表达……擅长操作……精于逻辑……具有哲学家的气质……熟悉科学史,能够与一群孩子一起坐下来给他们讲解关于天才科学家,如伽利略、牛顿、法拉第和达尔文的观察和判断误差及他们的生活和工作。不仅如此,他还是一个热情洋溢的人,对自己独特的工作满怀信心。

有的老师会说:我没有学过逻辑学,我照样把物理教得很好。实际上,物理教师在学习物理的过程当中,默会地掌握了一些逻辑的知识,就像儿童学说话的过程,他没有去学习语法,但他说的话也符合语法一样。因此,逻辑对物理教学的影响是隐性的。默会的知识个人的成分较多,不系统,不可言传,有时还似是而非。在物理教学当中,如果仅凭默会,过度依赖“做中学”,效率将会太低,效果也不能预测。如果能把“默会的”尽量“明言化”,把“自发”转化为“自觉”,我想效果必将不可同日而语。教师掌握常用的逻辑学知识,也有利于在教研活动当中的交流。例如,我们时常发现一些教师在争论某个问题,会出现偷换概念的错误,致使讨论没有积极的结果。如果学习一些逻辑学知识,就不会出现这种结果了。

联合国教科文组织把逻辑学与数学等学科并列为人类知识的基本学科之一,作为教师应该有所掌握。

教学是一门综合艺术,要搞好物理教学,不是单靠钻研物理所能做到的,这已是一个众所周知的事情。所以,作为物理教师学习一些逻辑学知识,对于自身的专业发展是有好处的。

### 四、研究物理教学中的逻辑问题的理论意义

学科的发展,从最初的技能训练性质的教学法逐渐地在理论上发展到学科教学论再到课程与教学论直到今天的学科教育学,学科教育学体系已初步形成,目前已有很多分支