

研究型教学20年

——理念、实践、物理

卢德馨

清华大学出版社

研究型教学20年

——理念、实践、物理

卢德馨



清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书是研究型教学的专著,作者描述了在南京大学、清华大学实施研究型教学的理念、过程、举措和效果。理论阐述清晰,观点鲜明,实践过程描述翔实,可操作性强,可作为教育、教学改革的案例供广大教师、教育工作者、教育学者研究与参考。本书在物理内容方面提供了原创的专题、案例、事件、素材等40余项,是物理教师和物理爱好者的珍贵资源。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

研究型教学 20 年:理念、实践、物理/卢德馨. —北京:清华大学出版社,2008.8
ISBN 978-7-302-18299-3

I. 研… II. 卢… III. 高等学校—教学研究—中国 IV. G642.0

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 116786 号

责任编辑:朱红莲

责任校对:赵丽敏

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京嘉实印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:148×210 印 张:5.5 字 数:154 千字

版 次:2008 年 8 月第 1 版 印 次:2008 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:26.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:028791-01

序

PREFACE

教育、教学是培养人。提高教学质量是教师和教育工作者不懈的追求。培育出合格人才、优秀人才是大家的期盼。

提高教学质量有很多事可做,生师比和生源的改善、高等教育结构调整、师资队伍建设等都是至关重要的。作为教师,合适的切入点是课程。我们以基础物理学课程为载体实施研究型教学。研究型教学是一种范式,有着极其丰富的内涵。其本意是在研究型大学中充分利用其巨大的资源优势着力提高教学质量、培养研究型人才。实际上可以有更广泛的适用性。教育、教学是长周期的。只有深入、持久、科学、细致地进行探索和实践才有望取得实质性的成效。追求立竿见影或哗众取宠必将成过眼烟云,还会误人子弟。我们在南京大学基础学科教学强化部、基础学科教育学院这样独特的平台上进行了长达 20 年的持续探索和实践。自 2003 年至 2008 年间又与清华大学的同行合作。在 3 个年级,以基础科学班学生为主的班级展开,历时两年半。本书对我们过去 20 年间从事的研究型教学的背景、酝酿、启动、调整、展开等作一回顾,向广大教师、教育工作者和教育学者提供尽可能多的信息和资源,以便大家能够对今后的进一步发展进行探讨。

教育、教学理念并不受学科领域限制。希望我们的思想适合国情、顺应现代科技发展趋势、符合教学规律、切合学校实际。这样才能引领教学活动健康发展。我们非常乐意与广大同行探讨。教学的各个环节,如资源利用、集成教学、开放、互动、讨论课、课程论文、提高习题课地位等既要体现指导思想又要具备良好的可操作性。我们尽可能地描述现实的过程,以供研讨。涉及学科的内容有:深入研究及科学地组

织教学内容,不断更新充实教材等。书中提供了原创的专题、案例、事件等 40 余项。涉及特别专业细节的内容放在“备课笔记”栏目中,供选择阅读。

本书的内容安排如下:第 1 章是背景,叙述了 20 世纪 80 年代以来的个人经历或感受的国际、国内教育、教学改革的环境,个人在教学和科学研究领域的经历,研究型教学如何在南京大学发端以及通过清华大学这个平台介绍给全国同行。第 2 章是教育思想,讨论当前或长期以来教育界的一些说法、做法和倾向性的观点。第 3 章~第 8 章是研究型教学的各个具体环节和实例,其中第 3 章开放、网络资源。讲述高层次人才培养要求掌握的第一手资料,要求利用网络高效地获得信息。特别提出了教师作为能动的资源的观点。第 4 章集成教学,首先阐述“以知识为载体传递思想”的观点,其次是通过集成构成案例完成传递思想的过程,再者是课堂教学的技术处理,例如,如何有张有弛地组织教学。附有 7 个案例。第 5 章互动、教学相长。突出了学生为中心的观点。归纳出课堂互动的几种模式,特别是我们所实施的学生主动模式。列举了 5 个现实的互动案例。介绍了组织第一次发言和讨论课的经验,描述了无时无地不互动的情景。第 6 章课程论文,内容包括课程论文的定位、选题指导、科学规范、文献引用、诚信教育,以及提高可操作性的种种举措,衍生的多种形式的交流。附有两篇选题报告和 50 个论文题目。第 7 章精品题解,阐述了把培养探究精神的任务赋予习题,使之跻身主流地位。列举了 5 个精品题解作为示例。第 8 章教学内容研究。有 7 个经典和历史公案。有前沿内容和常规内容研究的例子。提出了关于结构调整和内容更新的观点。第 9 章关于教育技术是比较技术性的论述和建议。所有章节都尽可能附有参考文献。

卢德馨

2008 年 7 月

目 录

CONTENTS

1	背景	1
	研究性学习和研究型教学	1
	从教经历 研究情结	3
	一次重要的对话	8
	良好的开端 独特的平台	10
	三进清华 发展机遇	13
	参考文献	18
2	教育思想	19
	本科生介入研究	19
	知识传授	22
	抽象思维	23
	师生关系	25
	教学研究	27
	参考文献	29
3	开放、网络资源	31
	广泛使用参考文献	31
	广泛使用互联网	32
	事件和作品	35
	事件 1 暗能量	36
	事件 2 微波背景辐射	37

事件 3 中微子质量	37
作品 1 伊辛模型	38
作品 2 范德瓦耳斯方程	38
作品 3 自旋	38
教师是能动的资源	40
备课笔记	41
参考文献	42
4 集成教学	43
集成案例 传递思想	43
案例 1 开普勒问题	44
案例 2 找出本质的东西	47
告知、罗列、平行案例和关联	48
一节课的安排实例	50
备课笔记	52
案例 1 开普勒问题(补遗)	52
案例 2 找出本质的东西(见前集成案例案例 2)	53
案例 3 电磁场是一个整体	53
案例 4 符合实验结果就是好理论吗	54
案例 5 创造性工作和好工作	55
案例 6 一个伟大的理论包含 3 个错误	57
案例 7 事物的数量方面有时候是重要的	57
参考文献	59
5 互动、教学相长	60
互动体现学生是学习的中心	60
课堂互动的模式和案例	61
案例 1 引力自能	62
案例 2 摩擦力	62
案例 3 离心机中的病毒	63
案例 4 子弹孔的熵变	64

案例 5 热膨胀	64
第一次发言和讨论课	65
讨论题 1 刚体平衡和稳定性 1	66
讨论题 2 刚体平衡和稳定性 2	68
讨论题 3 上抛物体会落在抛出点吗	69
其他形式的互动	71
备课笔记	73
讨论题 1 案例 5 详解	73
讨论题 2 讨论题 3 详解	76
参考文献	80
6 课程论文	81
课程论文的定位和指导	81
文献引用	87
诚信教育	89
提高可操作性	90
多种形式的交流	93
附录 1-1 课程论文选题报告之一	95
附录 1-2 课程论文选题报告之二	97
附录 2 课程论文题目 50 例	100
参考文献	101
7 精品题解	103
习题环节的定位	103
超越常规的解	105
精解的提炼	110
备课笔记	111
精解 1 带子的展开	111
精解 2 旋转漏斗	118
精解 3 弹性摆	122
精解 4 临界分叉点	125

精解 5 落体佯谬。台上一分钟及其支撑工作档案	128
附录	139
参考文献	139
8 教学内容研究	141
经典内容的研究	141
课题 1 运动学	142
课题 2 热力学势	142
课题 3 sp 杂化轨道	142
课题 4 哈勃定律	142
课题 5 迈克耳孙-莫雷实验	143
课题 6 施特恩和盖拉赫实验	144
课题 7 密立根油滴实验与学术不端行为	144
前沿内容的研究	146
常规内容的研究	146
结构调整和内容更新	148
进展 1 矮行星	148
进展 2 暗能量	149
进展 3 中微子	149
进展 4 宇宙背景辐射	149
关于教材建设的旧文摘录 ^[1~3]	149
备课笔记	151
电磁感应：一道期中考试题的研究	151
参考文献	156
9 教育技术	158
电子教案 信息量	158
写屏 板书	159
遥控器 无障碍讲授与对话	160
技术层面的内容	161

1

Chapter 1

背景

目前,“研究型教学”在我国高等教育界出现频率很高,有用以教改立项的、有申报成果的,也有用来作装饰、美化的。人们对研究型教学的理解和实施千差万别。我们试图对其由来、内涵作一些探究,并对我们 20 余年的实践作一回顾。希望能够以此一窥研究型教学的真谛。

研究性学习和研究型教学

1998 年美国卡耐基教育基金会发表了“Boyer 报告”：“重建本科教育,美国研究型大学发展蓝图”^[1~3]。当时见过一个中文译本,在国内有很大影响。报告中针对美国占高校总数 3% 的 125 所研究型大学群体推荐了 10 种改变研究型大学本科教育的途径。前两条分别是:

(1) 把研究为本的学习作为标准 (make research-based learning the standard)

研究型大学中本科教育需要重新强调大约百年前杜威 (John Dewey 1859—1952) 所指出的观点:学习是基于有指导的发现而不是信息的传递。

(2) 构建探究为本的第一学年 (construct an inquiry-based freshman year)

其中 Research-based learning 和 Inquiry-based learning 也常常翻译成研究性学习和探究性学习。也许这就是研究性学习或研究型教学的来由。报告所推荐的途径都有具体实施的项目和学校作为依据。其中列举了 21 所大学的 20 个项目,部分如下:

麻省理工学院	本科研究机会
Delaware 大学	问题为本的学习
纽约州立大学 Stony Brook 分校	本科研究创新
芝加哥大学	学院研究机会
斯坦福大学	二年级对话和研讨班
普林斯顿大学	三年级独立工作和四年级论文

报告还涉及其他多个方面:排除交叉学科学习的障碍;沟通技巧;创造性运用信息技术;顶峰体验;研究生助教;教师激励制度等。

从该报告的体例而言,是面向全国的综合性的研究报告,而不是单一项目;就列举的各学校所实施的项目来看,时间跨度很大,没有一个特定的起始时间。尽管报告主要论述研究型大学的本科教学,其中精辟的论点和深邃的思想还是具有比较普遍的启发性和指导性的。

作为在研究型大学工作的一线教师,我对这份报告非常感兴趣。除了身份的原因,本人的工作也是引起共鸣的潜在因素。早在 1990 年我曾著文^[4]对本科生的基础课教学作了研究,实际上那是对此前一个阶段实践的小结。内容涉及:

- 关于基础课的改造和自学能力的培养问题;
- 关于综合运用知识的能力;
- 关于形象思维和抽象思维;
- 关于互动对话;
- 关于考试和课程论文。

其中文章的核心内容诸如学科交叉内容的处理、前沿和基础的关系;综合运用知识的能力和顶峰体验;互动对话;本科生研究训练等和 Boyer 报告提及的项目有共通之处。我们有些举措特色非常鲜明,如集中反映学生科学研究训练介入程度和实施效果的课程论文环节。我

们文中提到了1987级学生已经出了论文集,由冯致光教授作序。2002年访问北美时与某名校交流学生论文,发现在分寸把握、资源利用、内容覆盖、规模和水平等方面都有一些独到之处。为方便起见,姑且以1987年我们所实施的研究型教学为起点。实际上当然要更早一些。例如在1985年,时为气象系三年级学生的谈哲敏已经结合课程进行了有关降水问题的一项研究。他现在是长江学者奖励计划特聘教授、年轻的气象学家,也是南京大学教学主管。他清楚地记得1985年主讲老师去宿舍和他探讨课题的情形。

此外,文章中有些思考,例如形象思维和抽象思维问题,现在看来仍然是有意义的。

研究型教学本意是在研究型大学中充分利用其巨大的资源优势着力提高教学质量、培养研究型人才。也许我们可以把培养对象确立得更广泛一些:培养科学人才或者人才的科学素养。由于我曾担任系主任、院长和教改特区负责人,更有一番特别的感受。也许从比较广义上说培养目标的审定、教学的组织、教学计划的制定、课程的设计都属于研究型教学范畴。在Boyer报告中更有信息技术的应用、助教、奖励制度等。我们在此将重点讨论课程的设计和教学过程。

研究型教学为学生提供了将来研究的坚实基础。研究或探究的过程可以增强学生发现、创造和求知的热情、可以拓宽他们的知识面、可以加深对物理基本原理和本质的理解。处理问题的技巧和能力也可以得到训练。这意味着在最普通的意义上这种模式可以改善课程的质量。

从教经历 研究情结

研究型教学并没有完全统一的定义和模式,往往因实施者的个人经历、理解、所在的环境(学校、系科、课程、生源)不同而有各种不同的、丰富多彩的表现形式。这里介绍个人的从教经历,希望通过这种陈述可以帮助理解目前我们的想法、做法形成的背景,有助于对它们的评价或在形成、实施自己的模式过程中获得参考。

1964年我毕业于南京大学物理系理论物理专门化。刚毕业就参

加了“农村社会主义教育运动(四清)”。返校后分在基础物理教研室,担任了外系普通物理实验主任。这一年印象最深的有两件事:一是好几位资深的老师参加了带实验,有的后来成了科学院院士。二是除了带实验,所有时间都用来维修仪器,晚上和周末全部都在实验室里度过。期间把实验和实验讲义全部更新了一遍。一年以后“无产阶级文化大革命”就开始了。在这场史无前例的运动开始后两到三年时间里,高校全部卷入了政治运动。然而最高层对教育有几个非常有影响的指示:

根据毛泽东主席 1966 年 5 月 7 日《五七指示》中,关于教育的内容:“学生也是这样,以学为主,兼学别样,即不但学文,也要学工、学农、学军,也要批判资产阶级。学制要缩短,教育要革命,资产阶级知识分子统治我们学校的现象再也不能继续下去了。”

1967 年 10 月 14 日,在新中国的教育史上,是一个值得记住的日子。这天,中共中央、国务院、中央军委、“中央文革”小组联合发出《关于大、中、小学校复课闹革命的通知》。此前一年有余,因为“文化大革命”的爆发,所有学校的招生和课程运行均陷于停顿状态,处在所谓“停课闹革命”时期。这个通知发布后,自 11 月起,大部分中小學生陆续回到课堂,新生也开始入学。但恢复高考制度的通知,则是在差两天整整十年之后的 1977 年 10 月 12 日,由国务院发布的。

根据毛泽东 1968 年 7 月 21 日对《从上海机床厂看培养工程技术人员的道路》的调查报告所作的批示:“大学还是要办的,我这里主要说的是理工科大学还要办,但学制要缩短,教育要革命,要无产阶级政治挂帅,走上海机床厂从工人中培养技术人员的道路。要从有实践经验的工人农民中间选拔学生,到学校学几年以后,又回到生产实践中去。”

此后“教育革命”活动就逐步开展起来了。我们去上海参观了当时的教育革命典型“同济五七公社”和“上海机床厂道路”。回来以后就着手筹备建设校办工厂。从此也开始了我为期 8 年的“可控硅厂”厂长生涯。建厂、生产过程对我们这些参与者的动手能力、实验技术和管理能力是非常好的锻炼。8 年中我坚持学习,也进行了一定的研究。

期间读过两部书对我影响很大。1969 年秋安排大部分人员去农场,建厂过程稍停顿。我去农场带了英文版的朗道理论物理丛书,晚上

在昏暗的灯光下啃书。这也许不合时宜,但是当时的气氛相对宽松,并没有因此被整。这套书是我学生时代就非常欣赏的经典,仔细重读收益颇多。办厂后期读了 Fetter 和 Walecka 所著的《多体系统的量子理论》(*Quantum Theory of Many-Body Systems*)。吉林大学吴式枢老师推荐给蔡建华老师,再由蔡推荐给我读。一段时间曾经有一位同事和我一起研习,后来由于我坚持所有正文和习题中能够计算的东西都要推导、计算,工作量巨大,使得他望而却步,而我则乐在其中,使我的计算能力得到发挥和进一步提升。读后我曾说过这本书不简单,只有三个错误。这个说法得到了当时系里计算能力可能是最强的姚希贤老师的认同,也有人不服气。后来有人策划翻译此书。有一位年轻的同事和两位资深的教师参与其事。一次在系图书室遇到那位同事,他把我叫住说,你说的只有三个错误怎么我已经发现有五个了。一看,原来五个不是错误而是他没有读懂,就只好给他解释一番。随后,他又拿一段翻译文字稿给我看,让我对翻译的文字和修改的文字作评论。我说修改得非常好。他大吃一惊又不以为然:改得这样乱七八糟还说好?我说写原来的文字的人基本语法没有把握,理解错了,而修改者所以改得那么绕来绕去,是此人水平很高又非常仁义,尽可能地改去错误却保留了原来的文字。他不说什么就悻悻然离去了。

1978 年南京大学举办了“全国格林函数研讨班”,由物理系多位老师和复旦大学的孙鑫老师分段讲授。我由于先期读了《多体系统的量子理论》那本书,在系里预讲期间作为听众表现了对物理的领悟和计算能力。开班时,作为青年教师荣任研讨班的助教工作:主要是编各部分内容的习题供与会者使用,并讲解解法。事后又在讲稿汇集出书^①时被蔡建华召去负责“协助核对全部的计算”。说是核对,其实工作量很大。最后我给每位作者发去一份要修改内容的备忘录要求确认,记得孙鑫的稿子几乎没有大的修改。蔡建华讲课和研究工作常常写在小纸片上或练习本纸上。那次他提供的稿子中有部分计算就是一张练习本纸。后来发现正面的所有公式都缺了右半边,而反面的都缺了左半

^① 蔡建华等. 量子统计的格林函数理论. 北京: 科学出版社, 1983

边,大概是掉了一页纸。核对完毕告诉蔡时他大吃一惊,说:哎呀,那本来就是论文稿,你等于这么短时间做了一篇论文。多年后(1986年)我们同时去悉尼 New South Wales University 访问和合作研究,他还提及此事。在悉尼期间正当 J. G. Bednorz 和 K. A. Müller 高温超导的文章^①发表。蔡建华看到文章后马上就意识到其重要性。因为当时期刊到达国内有相当的延迟。为了缩短时间差,决定马上就复印了发回国内去,寄给了合肥的中国科学技术大学的同行,对国内高温超导的研究起了推动作用。难怪后来原物理所所长管惟炎说蔡建华对中国高温超导研究的开展有一份功劳。我见证了这件事。这也算一个小插曲。

当时我们的校办厂生产的产品有高频和大功率器件,产品被用到电厂和大型弯管机上。在当时高教部办的双革四新展览会上我们的样品被放在显著的位置上,能够作出高质量的产品是因为我们与众不同的技术路线。当时比较多的是采取解剖样品仿造的方式。我们则利用我们业务知识的优势,采取从第一性原理出发,研究、设计。我和赖启基老师合作完成了那两个产品的设计,并完成了论文写作。这也是我除了毕业论文以外的最早的论文。这两篇文章投稿到某整流器研究所办的期刊。可是当我们看到论文发表时都傻眼了:文章是我们的,一字不差,然而作者却不是我们而是该研究所。后来我们组织人员出去参观、学习,也到了那个研究所,发现他们两个对应的研究室分别把那两篇文章印了,人手一份。在那特殊的年代,这种肆无忌惮的事你也可奈何。

在恢复招生以后,我回到了理论物理教研室。最早开的课是“热力学与统计物理”。研究工作也开始了。最早发表的论文是

卢德馨. 非晶磁体的相界和比热. 南京大学学报, 1980, 4: 29~40

用现在的眼光来看毕业那么多年才发表文章似乎晚了些。但是回过头来看,在那个特殊的年代很多事情被推迟了,完全不是个人所能够改变

^① J. G. Bednorz and K. A. Müller. Possible high T_c superconductivity in the Ba-La-Cu-O system. Z. Physik, 1986, B64: 189-193

的。然而,迟一点总比不断感叹“被耽误了”要强吧?随后,有文章送去国外发表

Dexin Lu and Chienhua Tsai. Phase transition and resonance line-shifts in magnetic superconductors, In: Shenoy, Dunlap, Fradin., eds. Ternary Superconductors, Elsevier North Holland, Inc. 1981

合作者蔡建华和我同月同日生,是我老师辈的同事。直到可控硅厂早已关闭、设备全部瓜分殆尽他仍然叫我厂长。1981年秋以访问学者身份出国进行合作研究。此后又陆续出国工作,累计近3年。从1980年到2000年20年间每年都有文章发表,平均每年一篇多一点。最后一篇学术研究论文是

D Lu, K. Golden. Third-frequency-moment sum rule for electronic multilayers. Phys. Rev. 2000, E61: 926

在此期间我充分享受了科学研究的乐趣,还担任过一届教研室主管科学研究的副主任。研究使得我可以涉足未知领域、追求事情的本质、探究多种的可能。研究也使得我可以体验历尽艰辛后成功的喜悦和失败的挫折。在所有工作中做的最辛苦的工作是1983—1984年间做的

D Lu, K. Golden. Dynamical theory of classical surface plasma II. Commun. in Theor. Phys. (Beijing, China) 1985, 4: 21

这篇论文起源于国外期间的一场学术争论。当时我所在的研究团队和另外一个研究团队在一个具体问题上意见相左。那是关于低维多体系统的介电函数(或动力学极化率)中的一项符号究竟是正是负,双方持不同观点、争论有时。我仔细阅读了双方的文章,发现双方的结论都不是计算的结果,而是“从物理上说(on physical ground)如何如何”。我的感觉是应该算出来看,同时感觉依据我的能力是有可能一试的。当然,工作的难度也是无可置疑的。我不可能在一些前辈面前托大,有的人物的名字是过去在教科书上见到的,是“敬而远之”的人物,所以当时采取了不介入的态度。后来争论发展到非常尖锐的地步。由于双方都有极强的背景,都能够设法搞到对方给期刊编辑部的内部意见,语气之

尖锐似乎超出了学术之争。最后德高望重的 K. S. Singwi 教授携夫人前往波士顿出面调解,我仍然坚持不介入的态度。由于 Singwi 夫妇是印度人,我就在一旁聊印度和中国音乐、电影等,可是最后是“劫数难逃”。Singwi 问及我的意见,我就直说应该算出来看。大家有点起哄,我则认为不是不可能。于是 Singwi 说你是不是可以试试?我说可以试试,随即就回国了。除了日常工作以外就开始了长达 15 个月的计算工作。计算确实异常艰难,普通稿纸根本不能使用,后来用整张白报纸挂在墙上写,房间里俨然像贴了大字报。某次会议期间一些同行(记得有一位是上海冶金研究所的)去我家看到了那些“大字报”,后来就在一些同行中传开了。说来惭愧,做得那么“大”,其实与运算错误有关。我曾经有过连续 48 小时解析运算,不查任何数学手册或积分表而没有一个错误的经历。因此对自己的运算能力非常自信。那次运算过程中有一个符号错误,导致结果极其冗长,包含了几百项而无法化简。幸运的是最终找出了那个错误,圆满地完成了那项工作,结果非常简洁。

一次重要的对话

1984 年 8 月在苏州大学召开的学术年会上,碰到了理论物理研究所的于渌老师。一次晚饭后我们在姑苏“小桥流水人家”的景色中散步、聊天,他问及了我的工作,特别是用“大字报”作草稿纸的工作。一方面约我将稿件投到理论物理所主办的期刊 *Communication in Theoretical Physics*,说应该支持国内的学术刊物。后来在 10 月份送去稿件,几个月就刊出了。这个事件还留下了“余音”,1986 年 4 月参加了在复旦召开的中日双边物理研讨会。记得谢希德校长致辞欢迎,她以流利的英语说客人们来了天气好了,是客人们带来了阳光。我就那个文章的后续工作在会议上给了个报告,另外发表一篇文章,报告和文章如下:

Dexin Lu, Kinetic equation and normal modes of two-dimensional classical electron plasma. In: Xie Xide, ed. Proc. Sino-Japan Bilateral Workshop on Statistical Physics and Condensed Matter Theory.