

物理实验创新研究

——“非常规”物理实验设计制作能力培养

刘炎松 著



冶金工业出版社

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

本书由山西大同大学基金资助出版

物理实验创新研究

——“非常规”物理实验设计制作能力培养

刘炎松 著

北京
冶金工业出版社
2009

内 容 提 要

本书从物理新课改对未来教师的要求,分析了当前师范院校物理实验教学中存在的盲点;阐述了“非常规”物理实验的理论基础,“非常规”物理实验方案与器具的开发设计研究和“非常规”物理实验制作技巧;并以“非常规”物理实验方案设计为手段、以“创造技法”为主要方法,对高等师范院校物理师范生实施专题培训,培养他们的创造能力,探索师范院校物理专业培养师范生实验课程资源开发设计制作能力和创新方法的有效途径,为物理教师教育课程体系中增设相关课程的必要性和可行性提供研究依据。

本书可作为师范院校本专科生选修课教材,中学物理教师继续教育培训教材,也可作为中学物理教师教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

物理实验创新研究:“非常规”物理实验设计制作能力培养/
刘炎松著. —北京:冶金工业出版社,2009.3

ISBN 978-7-5024-4824-0

I. 物… II. 刘… III. 物理课—实验—教学研究—师范大学—教学参考资料 IV. G633.72

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第019102号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷39号,邮编100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 朱华英 美术编辑 张媛媛 版式设计 张青

责任校对 栾雅谦 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-4824-0

北京百善印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2009年3月第1版,2009年3月第1次印刷

850mm×1168mm;1/32;6.375印张;157千字;191页;1-2000册

20.00元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街46号(100711) 电话:(010)65289081

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

基础教育课程改革强烈冲击着我国现有的教师教育体系，对培养未来教师主力军的高等师范院校提出了新的更高的要求，它要求未来教师具有课程资源开发的意识和能力，作为未来物理教师的高等师范物理师范生就应该具有利用生活资源开发物理实验的意识和能力。而当前的高等师范院校侧重了对物理师范生在条件良好情况下实验教学技能的发展，忽视或淡化了在“条件不良”情况下有效开展实验教学活动的能力，或者说，轻视了对物理师范生自主开发利用实验课程资源的意识与能力的培养，这与基础教育物理课程改革对师资的要求出现一定差距。本书旨在探讨以“非常规”物理实验方案设计为手段、以“创造技法”为主要方法，对高等师范物理师范生实施专题培训，培养物理师范生的创造意识、创造精神、创造性思维和实践能力，探索高等师范院校物理学专业培养师范生实验课程资源开发设计制作能力和创新方法的有效途径，为物理教师教育课程体系中增设相关课程的必要性和可行性提供研究依据。

“‘非常规’物理实验”的概念是内蒙古师范大学物理与电子信息学院张伟教授在物理新课程改革背景下提出的，他从资源利用与开发的视角，将物理实验分为两大类：“非常规”物理实验和常规物理实验。作者有幸在导师张伟教授的指导下，完成了内蒙古自治区高等教育科学研究“十一五”规划课题“高师物理师范生‘非常规’物理实验教学能力培养研究”的子课题：物理师范生“非常规”物理实验设计制

作能力培养研究。在此对导师的指导和支持表示感谢!

同时感谢山西大同大学的领导,是他们提供了我脱产学习的机会。

由于水平所限,书中不妥之处,请同行专家、学者不吝赐教。

作者

2008年11月

目 录

| | |
|---|----|
| 1 引 言 | 1 |
| 1.1 研究现状 | 1 |
| 1.2 问题提出 | 5 |
| 1.3 研究意义 | 7 |
| 1.3.1 理论意义 | 7 |
| 1.3.2 现实意义 | 8 |
| 2 “非常规”物理实验概念辨析 | 11 |
| 2.1 从资源开发与利用的角度对物理实验分类研究的 必要性 | 11 |
| 2.2 “非常规”物理实验的内涵 | 13 |
| 2.3 “非常规”物理实验与“自制教具”、“低成本 实验”以及“课外实验”的关系 | 14 |
| 2.3.1 “非常规”物理实验与自制教具的关系与 区别 | 14 |
| 2.3.2 “非常规”物理实验与“低成本物理实验” 的关系与区别 | 16 |
| 2.3.3 “非常规”物理实验与“课外物理实验” 的联系与区别 | 18 |
| 3 理论基础 | 20 |
| 3.1 基于情境学习理论的生态化物理教学 | 20 |
| 3.1.1 基础教育新课程的生态化取向 | 20 |

| | | |
|----------|-----------------------------------|-----------|
| 3.1.2 | 有效教学的生态化取向与情境学习理论的基本观点 | 21 |
| 3.1.3 | 生态化物理教学的概念与特征 | 23 |
| 3.1.4 | 生态化物理教学过程设计的基本特征 | 25 |
| 3.2 | 创造力的相关概述 | 28 |
| 3.2.1 | 创造力的普遍性和可开发性 | 28 |
| 3.2.2 | 创造性思维与创造力 | 29 |
| 3.2.3 | 创造力的测评 | 30 |
| 3.3 | 几种主要创造技法 | 31 |
| 3.3.1 | 头脑风暴法 | 31 |
| 3.3.2 | 希望点列举法 | 33 |
| 3.3.3 | 缺点列举法 | 33 |
| 3.3.4 | 检核目录法 | 34 |
| 3.3.5 | 特性列举法 | 35 |
| 4 | “非常规”物理实验方案与器具开发设计研究 | 37 |
| 4.1 | “非常规”物理实验方案与器具设计原则 | 37 |
| 4.1.1 | 目的性原则 | 38 |
| 4.1.2 | 熟悉性原则 | 39 |
| 4.1.3 | 简易性原则 | 40 |
| 4.1.4 | 参与性原则 | 42 |
| 4.1.5 | 关联性原则 | 44 |
| 4.2 | “非常规”实验方案与器具设计的一般程序 | 45 |
| 4.2.1 | 了解环境资源可利用状况 | 46 |
| 4.2.2 | 确定“非常规”物理实验内容 | 47 |
| 4.2.3 | 根据实验内容选择生活资源 | 48 |
| 4.2.4 | 具体实验方案与器具设计 | 50 |
| 4.3 | “非常规”物理实验方案与器具设计专题研究 | 75 |

| | | |
|-------|------------------------------------|-----|
| 4.3.1 | 针对实验主题的“非常规”物理实验方案 设计案例研究 | 76 |
| 4.3.2 | 针对具体实物的“非常规”物理实验方案设计 案例研究 | 103 |
| 5 | “非常规”物理实验器具的制作技巧 | 120 |
| 5.1 | 金属板金属丝的加工技巧 | 120 |
| 5.1.1 | 金属板的整平 | 120 |
| 5.1.2 | 金属板的弯制 | 120 |
| 5.1.3 | 金属板的裁剪 | 121 |
| 5.1.4 | 金属丝的校直 | 121 |
| 5.1.5 | 金属丝的加工工艺 | 122 |
| 5.1.6 | 金属板的锡焊接技术 | 123 |
| 5.2 | 木材料的加工技巧 | 127 |
| 5.2.1 | 配料 | 127 |
| 5.2.2 | 刨料 | 128 |
| 5.2.3 | 划线 | 129 |
| 5.2.4 | 打眼 | 129 |
| 5.3 | 玻璃的加工技巧 | 130 |
| 5.3.1 | 平板玻璃的切割 | 130 |
| 5.3.2 | 玻璃管材的切割 | 131 |
| 5.3.3 | 玻璃瓶的切割 | 132 |
| 5.4 | 塑料的加工技巧 | 134 |
| 5.4.1 | 塑料的切割 | 134 |
| 5.4.2 | 塑料的弯制 | 134 |
| 5.4.3 | 塑料的黏合 | 135 |
| 5.4.4 | 泡沫塑料的制作工艺 | 135 |

| | |
|--|-----|
| 6 利用“非常规”物理实验培养物理师范生创造力 | |
| 的实验研究 | 137 |
| 6.1 实验总体设计 | 137 |
| 6.1.1 实验目的和假设 | 137 |
| 6.1.2 实验设计中被试的选择和实验设计方法 | 137 |
| 6.1.3 实验中的变量和测量工具 | 138 |
| 6.1.4 培训内容、时间安排 | 138 |
| 6.2 实验研究 | 139 |
| 6.2.1 “创造力”测量（前测） | 139 |
| 6.2.2 “头脑风暴法”专题实验 | 139 |
| 6.2.3 “希望点列举法”和“头脑风暴法” 的专题实验 | 140 |
| 6.2.4 “缺点列举法”和“头脑风暴法” 的专题实验 | 141 |
| 6.2.5 “检核表法”的专题实验一 | 142 |
| 6.2.6 “检核表法”的专题实验二 | 142 |
| 6.2.7 “特性列举法”的专题实验 | 142 |
| 6.2.8 制作 | 143 |
| 6.2.9 “创造力”测量（后测） | 144 |
| 6.3 实验结果 | 144 |
| 6.3.1 实验前测结果 | 144 |
| 6.3.2 关于“头脑风暴法”专题实验结果 | 145 |
| 6.3.3 关于“希望点列举法”和“头脑风暴法” 专题实验结果 | 145 |
| 6.3.4 关于“缺点列举法”和“头脑风暴法” 专题实验结果 | 146 |
| 6.3.5 关于“检核表法”专题实验结果 | 147 |

| | | |
|-------|-----------------------|-----|
| 6.3.6 | 关于“特性列举法”专题实验结果 | 150 |
| 6.3.7 | 关于制作实验结果 | 150 |
| 6.3.8 | 关于实验后测结果 | 151 |
| 6.4 | 分析与讨论 | 155 |
| 6.4.1 | 关于创造性思维的流畅性分析 | 155 |
| 6.4.2 | 关于创造性思维的变通性分析 | 158 |
| 6.4.3 | 关于创造性思维的新颖性分析 | 159 |
| 6.4.4 | 关于创造性思维的精细性分析 | 160 |
| 6.4.5 | 综合分析 | 161 |
| 6.5 | “非常规”物理实验课程设置探讨 | 163 |
| 6.5.1 | 课程目的 | 164 |
| 6.5.2 | 课程内容 | 164 |
| 6.5.3 | 授课方式 | 165 |
| 6.5.4 | 课程的评价 | 167 |
| 附 录 | | 168 |
| 参考文献 | | 191 |

1 引 言

1.1 研究现状

实验是物理学的基础，因此实验也是中学物理教学的基础。在物理教学中运用实验可以给学生学习物理创设有意义的、真实的情境，使学生能主动建构物理知识和发展能力。而教师是实验情境的创设者，教师的实验素养决定着基础物理教学是否以实验为基础。在现行的高等师范院校物理教育专业课程中，用来培养高师物理师范生实验能力与实验教学能力的课程主要有“普通物理实验”、“近代物理实验”、“中学物理教学法实验”等，其中“中学物理教学法实验”对培养师范生成为合格的中学物理教师具有重要的作用。许多高师院校物理学专业，在这方面进行了积极教学改革探索。

(1) 北京师范大学的做法。一是强调基础，发展能力。强调基本仪器和基本工具的使用，强调基本实验方法和实验技术，使学生掌握演示实验常用仪器的原理、结构及使用方法，注意培养学生的观察能力、操作能力和思维能力。

二是突出学生的主体性。要求学生进行教学角色的转变，学生是“演员”，教师是“导演”，教学中注意以学生为主体，充分发挥他们的主动性；学生以双重身份出现，既当学生，又当教师；学生自行处理实验中的问题，同时结合讲解进行演示，要求学生初步设计实验、改进仪器和自制教具。

三是重视现代化教学手段在物理实验中的应用。

四是严把考核关。

(2) 哈尔滨师范大学的做法。一是加强物理教学法课程体系

建设,编写实验教学法大纲,更新教学内容,呈现系统化教材。第一,形成较完整的实验教学教材体系,教材主要内容应包括:中学物理实验教学概论,实验教学中实验能力的初步规范(包括实验能力的培养、实验设计与自制教具),中学物理实验教学研究 with 实验基本技能训练。第二,选择基本工艺技术和中学物理教学中重要的、有难度的一些实验作为训练和研究的内容(实验内容选择主要考虑基础性、典型性、设计性的实验)。第三,实验教材的编写上注重贯彻能力的培养,把它贯穿到实验教学的各个环节之中,教材的编写要考虑到培养学生分析问题、解决问题、处理数据、整理与总结能力。要求学生自己设计实验方案,寻找实验结果遵循的关系式,结论自己得出。第四,利用实验室原有的设备,挖掘仪器的功能,加强理论与实验的结合。

二是建立新的课堂实验教学模式。第一,教师集中讲授中学物理实验教学的概论,让学生认识到开设实验教学法的意义和作用。第二,具体实验操作阶段。学生最好1~2人为一活动小组,学生分组人数不宜太多,太多易产生依赖心理,不利于学生讨论问题。学生在实验前要预习,把预习提纲写在作业本上;实验中发现的问题,展开小组讨论、研究,解释不清或找不到答案的问题请教指导教师给予解答;让学生掌握实验成功的关键;将实验报告改为笔记加作业形式,重点引导学生思考、研究实验教学问题,积累实验教学经验;实验中,采用小组轮换教学模拟训练法;每个学生既当学生,又当先生,即在下次实验,本组要有一个担任下组本题目实验的讲授指导任务,小组成员轮流担任,给同学提供教学训练的机会,激发学生学习兴趣,提高教学效率。开展小制作活动。第三,总结阶段。期末,教师针对实验教学过程中出现的问题,有争议的答案,今后应进一步需要探讨的问题做概括总结。开放实验室,学生进行综合性复习,准备迎接操作考试和笔试,同时整理笔记,

作业上交。

(3) 其他院校的做法。

贵州师范大学的做法是：

采用半开放教学法实验室促进高师物理师范生教学能力的提高；洛阳师范学院的做法是：以“自主探索”的方式开展中学物理教学法实验课；河南师范大学的做法是：针对教学法实验课独有的特点：“要让别人懂”，对物理师范生进行“讲、演”训练；通化师范学院的做法是：在中学物理教法实验中全面推行研讨式教学等等。

从以上这些学校在“中学物理教学法实验”课程的教学实践，我们可以看到他们改革的共同点：突出了高师院校师范性的特点，注重了对未来物理教师实验操作技能、完成实验报告技能、组织实验教学技能的培养。即侧重了对物理师范生在条件良好情况下实验教学技能的发展，忽视或淡化了在“条件不良”情况下有效开展实验教学活动的的能力，或者说，轻视了对物理师范生自主开发利用实验课程资源的意识与能力的培养，这与基础教育物理课程改革对师资的要求出现一定差距。主要表现在以下几个方面：

第一，没有更好地体现新课程的基本理念：“从生活走向物理，从物理走向社会”。物理学之所以成为自然科学的基础，是因为它是一门具有方法论性质的科学。通过物理课程对学生进行规范的科学方法与技能训练，是提高学生科学素养的目标要求之一。因此，对物理师范生进行实验教学能力培养是无可非议的。然而，高师院校在“中学物理教学法实验”课程上，侧重了在优越条件下对物理师范生进行实验教学能力的培养，这种具有“学院式”倾向的教师教育，导致师范生们对物质条件的过分依赖以及对理想实验条件的追求，不利于他们将物理与日常生活实际关联意识的养成。这样培养出来的物理教师难以适应新课程理念下

的物理教学，难以促进物理实验教学走向真实生活世界、走向现实生态环境，难以沟通学生在校学习与社会学习之间的联系，因此，难以促进中学物理实验教学健康发展。

第二，没能更好地让高师物理师范生“因地制宜”、学会开发实验课程资源。传统课程资源开发主体是学校之外的课程专家和学科专家。这种由专家主导的课程资源开发和利用，关注全国范围内学校教育的共同特征，即关注学校的“共性”，而忽视了地方特色和具体的学校情境。由于我国幅员辽阔，各地存在很大的差异，经济发展不平衡，教育发展水平也不一样。因此，这种关注“共性”的课程资源开发不能反映地方的差异性和不同的学校文化，难以发挥教师个性化教学，因而不能关照学生的个性发展。新课程的一个重要理念，就是要求教师参与课程改革，把课程开发的权利还给教师。教师是课程资源开发的主体，不能忽视教师在课程资源建设中的积极作用。在以往的中学物理教学法实验教学中，侧重了对物理师范生“条件满足”情况下实验教学能力的培养，淡化了对他们“因地制宜”、积极利用本土环境资源开展实验教学能力的培养。因此，在优越的实验条件下培养的未来物理教师，难以适应在物质条件相对贫乏地区有效开展实验教学的需要。

第三，高师物理师范生的创造力没有得到更好的培养。大量的事实表明，创造技法的学习与训练对于提高人的发明创造能力是有帮助的。梅多与帕内斯等在美国布罗大学通过对330名大学生的观察和研究，发现受过创造性思维教育的学生在产生有效的创见方面，与没有受过这种教育的学生相比，平均提高94%。而目前国内高等师范院校物理学专业开设的中学物理教学法实验课程中，很少运用“创造技法”对物理师范生实施创造力的专题培训。可以预见，如果未来物理教师不懂创造技法、缺乏创造意识和创造能力，那么，结合物理学科教学来培

养青少年的创造性、实施素质教育就会成为一句空话。

1.2 问题提出

世纪之交,我国启动的基础教育课程改革,是一场划时代的深刻变革。在这场改革中,其培养目标体现了时代的要求。要使学生具有初步的创新精神、实践能力、科学和人文素养以及环境意识,具有适应终身学习的基础知识、基本技能和方法,为学生全面发展和终身发展奠定基础。作为科学教育的重要课程之一的中学物理,负有培养学生科学素养的重要使命。近年来,虽然中学物理教学改革取得了显著成绩,但与新课程的要求仍有很大差距,其中物理实验教学环节薄弱。有些教师应试教育根深蒂固,把学校单纯地视为传播知识的场所,仍然固守“传道、授业、解惑”的教学观念。很多学校的实验教学基本上是用纸和笔“做”实验,学生与丰富的物理现象和事实的相互直接作用的机会甚少,应试成了学习物理的出发点和归宿。由于许多物理概念和规律不是在手脑并用的科学探究过程中形成的,导致学生缺少分析物理问题的思维表象,因此,不会分析物理图景和物理过程,学生的物理知识变成了僵化的死知识。由于学生年复一年地埋头于书山题海之中,面对着绝对理想化、模型化的题目,进行着毫无实际意义的演绎训练,越来越远离物理学的本来面目和科学方法,致使学生的思维能力得不到均衡的发展,形象思维、直觉性思维和发散性思维能力薄弱。虽然有些教师认识到了动手做实验的必要性,但又陷于另一误区,即按部就班进行刻板的技能训练。由于忽视主动获取信息、处理信息、交流信息和评价信息能力的训练,因此学生缺乏独立学习、独立思考的习惯,大胆提出问题和创新意识更是十分薄弱。这与培养学生生存能力、实践能力和创造能力的目标是背道而驰的。为了改变这种状况,使学生的学习建立在有意义的、

真实与复杂的情境之上，必须重视和改善物理实验教学。在这里，教师的观念和素质是十分重要的。

在新课程的实施过程中，一方面，教师要充分认识到物理实验在物理教学中的重要意义，认识到物理实验对提高学生的科学素养具有不可替代的作用，认识到学生不仅仅要掌握“知识与技能”，更要学习“过程与方法”，体味“情感、态度与价值观”；另一方面，教师要掌握一些改进物理实验、创新自制教具和开发低成本实验的思路和方法，要有随手使用身边的物品做实验的能力。

审视目前中学物理实验教学，绝大多数的教师还是重视物理实验教学的。但有些教师由于教育思想以及自身能力等多方面的因素，仍处于纸上谈兵的状态，缺乏因地制宜、创造条件开展实验教学活动相关能力的发展。一定程度上折射出高师院校物理学专业以往的教师教育中存在“盲点”。长期以来，高等师范院校物理学专业对师范生普遍重视的是利用学校实验室现有设备资源开展的物理实验教学活动的培养，而忽视了对他们利用实验室之外的生活材料、物品和器具等潜在资源与创生资源开展的物理实验教学活动的培养。有学者（张伟等，2005）把上述实验从资源视角做了分类，前一类实验称为常规物理实验，第二类实验称之为“非常规”物理实验，并对第二类实验的特点和教育价值进行了理论上的探讨。如何使未来物理教师更好地“因地制宜”、学会开发课程资源、创新“非常规”物理实验这一问题便摆在高师院校物理学专业课程改革面前。诚然，培养师范生的创新能力将成为培养他们“非常规”物理实验教学能力的核心内容。笔者以高师院校物理学专业低年级学生为研究对象、利用“非常规”物理实验以创造力培训为切入点，对高师院校物理学专业开设相关课程的可行性进行了实验研究。

1.3 研究意义

以“非常规”物理实验方案设计为手段、以“创造技法”为主要方法，对高师物理师范生实施专题培训，培养学生发散性思维的能力，探索高师院校物理学专业培养师范生实验课程资源开发设计能力和创新方法的有效途径，为物理教师教育课程体系增设相关课程的必要性和可行性提供研究依据，具有重大的理论意义和现实意义。

1.3.1 理论意义

物理新课改中，教师面临新课程、新教材、新教法的挑战，对物理教师的专业素质提出了新的要求，也为物理教师教育提出了新的课题。教师无疑是课程改革的实施者，是课程改革成败的关键，应该让物理教师享有课程开发的权力，并承担课程开发的责任。物理实验是中学物理教学的基础，开发实验课程资源是物理教师教学工作的一个重要组成部分。作为一种专业活动，实验课程资源开发需要一定的理论指导和专门训练。课程改革的经验和教训表明，任何课程都必须包括对教师专业素质的提升。为适应物理新课改对教师提出的期待和挑战，作为培养未来物理教师的高师院校物理学专业，应该增设相应的物理教育专业课程，加强物理师范生开展“非常规”物理实验方案设计能力的培养。只有物理师范生的专业素质提高了，才能保障未来的物理教师提高课程资源开发的意识和能力。

在理论界，对于实验课程资源的开发和利用问题的研究一直没有受到很好的重视。长期以来，人们往往认为物理实验课程资源无非是一些书面的材料、实验室正规厂家生产的器材，而自制的实验教具仅看作是为了解决实验器材短缺问题。这种对物理实验课程资源的理解，制约了人们对实验课程资源的认