

教育部 特级教师 计划

中国 特级教师 文库

第三辑



陈友道 著

# 中学物理设计性实验案例

研究

人民教育出版社

教育部特级教师计划·中国特级教师文库

(第三辑)

# 中学物理设计性实验

ZHONGXUE WULI SHEJIXING SHIYAN

## 案例研究

ANLI YANJIU

陈友道 著

人民教育出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

中学物理设计性实验案例研究/陈友道著.

—北京:人民教育出版社,2005

(中国特级教师文库·第三辑)

ISBN 7-107-18862-3

I. 中...

II. 陈...

III. 物理课—教案(教育)—中学

IV. G633.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 085287 号

人民教育出版社出版发行

(北京市海淀区中关村南大街 17 号院 1 号楼 邮编: 100081)

网址: <http://www.pep.com.cn>

人民教育出版社印刷厂印装 全国新华书店经销

2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月第 1 次印刷

开本: 890 毫米×1 240 毫米 1/32 印张: 5.875 插页: 2

字数: 144 千字 印数: 0 001~2 000 册

定价: 15.40 元

《中国特级教师文库》

## 编审委员会

(按汉语拼音字母排序)

主	任	袁贵仁							
常	务	主任	管培俊	韩绍祥	魏国栋				
副	主	任	委员	吕达	吕玉刚	宋永刚	徐岩		
编		委	管培俊	韩绍祥	刘立德	鹿旭忠	吕达		
			吕玉刚	宋永刚	汤才伯	唐京伟	王莉		
			魏国栋	魏运华	谢维和	邢克斌	徐岩		
			张民选	赵江	朱保江				
秘	书	冯卫斌							

# 《中国特级教师文库》

## 出版前言

特级教师是国家为了表彰特别优秀的中小学教师而特设的一种既具先进性、又有专业性的称号。自1978年邓小平同志首倡在全国建立特级教师制度以来，已有数万名中小学教师荣膺这一称号。二十多年来，作为“师德的表率、育人的模范、教学的专家”的特级教师，以其高尚的师德，树立了人民教师的崇高形象；以其科学的教学方法和精湛的教学艺术，促进了教育教学质量的提高；通过指导青年教师等方式，带动了教师队伍整体素质的提高。许多特级教师不仅在教育教学改革实践中作出了突出贡献，而且在教育教学理论研究方面也进行了积极的探索。多年来，特级教师把他们对教育教学的思考和实践经验整理成文或撰写为专著发表、出版，为推动我国中小学教育理论的研究和发展作出了重大贡献，为广大教师提高教育教学水平提供了很好的学习材料，受到了广大教师的欢迎与好评。

为了培养一批在教书育人和教育教学研究方面造诣高深的中小学特级教师，造就若干名在教育界有重要影响的教育名师和教育家，并通过他们的带动和辐射作用，促进中小学教师队伍整体素质的进一步提高，推动中小学更好地实施素质教育，根据《面向21世纪教育振兴行动计划》的总体部署，教育部于1999年组织实施“跨世纪园丁工程·特级教师计划”。“特级教师计划”的一项重要内容是资助特级教师研究总结教研教改成果、出版教育教学专著，即《中国特级教师文库》（以下简称《文库》）。

编辑出版《文库》，既有利于更好地发挥特级教师的典型示范

和辐射作用，推广其优秀的教改实验、教育教学研究成果和成功经验；同时，也为全国广大中小学教师提供了展示成果、交流心得、相互切磋的园地，为教育科学研究工作者提供了大量的信息和丰富的资源，有助于教育理论研究更好地服务于教育教学实践。《文库》既可用作在职教师培训的生动教材，也可作为教师职前培养的重要学习内容。《文库》将分辑分批出版。

《文库》第一辑、第二辑是在教育部人事司领导下进行的；全国各省、自治区、直辖市教育厅（教委）对《文库》的编辑出版给予了大力支持；上海师范大学、上海申泰教育培训中心等受编委会委托为《文库》做了大量工作；各卷作者在繁忙的工作之余，不辞辛劳，孜孜以求，认真撰写，为《文库》付出了许多心血。在此，谨向他们深表诚挚的谢意！《文库》编辑出版工作中存在的不足之处，敬请广大读者给予批评指正！

教育部师范教育司

人民教育出版社

2005年7月

# 《中国特级教师文库》

## 总 序

《中国特级教师文库》由人民教育出版社出版，很有意义。编辑出版这套《文库》目的有二：一是支持一批特级教师总结自己多年教育教学实践，促进特级教师在思考、总结、提炼、升华实践经验的过程中登临新的境界。所以，《文库》的出版列入了教育部“跨世纪园丁工程”的“特级教师计划”。二是推广特级教师教育教学改革实验、教育科研的成果与经验，将特级教师在一所学校、一个地区的带动、示范作用扩大到更广的范围。后者是主要的目的。

改革开放二十余年来，我国基础教育的发展取得了历史性的成就。教育事业的发展有赖于建设的加强。课程教材建设、校舍校园建设、图书资料建设、仪器装备建设、后勤服务建设、教育信息化建设等等，这些建设都是教育事业发展的不可缺少的支撑；但是，对于教育事业来说，最重要的建设是教师队伍建设。决定教育质量的最关键的因素是教师的素质；决定教育水平的最关键的因素是教师队伍的水平。今天，我们实施基础教育课程改革，全面推进素质教育；我们建设高质量、高水平的基础教育；我们围绕全面建设小康社会的目标构建现代化的国民教育体系，最重要的工作依然是加强教师队伍建设。我们必须努力建设一支数量适当、结构合理、富有活力的高素质、专业化的教师队伍。我们只有把这项工作看得很重很重、抓得很紧很紧、做得很实很实，我们发展教育事业的宏伟蓝图才能够高质量、高效益地成为现实。

评选特级教师是我国新时期加强中小学教师队伍建设的一项重

有创造性的重要举措。特级教师是“师德的表率、育人的模范、教学的专家”。他们既有丰富的实践经验，又有较高的理论素养；不仅在教育教学实践方面成就突出，在教育教学科研方面也多有建树。有不少特级教师在教育教学的思考和研究方面有自己独到的精辟的见解。而这些见解不会是概念的推演，而是在长期的丰富的实践基础上总结升华出来的思想。这些思想是鲜活的，也是富有营养的。倡导、支持特级教师撰写专著，并且将特级教师的专著荟而萃之，出版《文库》，是一项对中小学教师队伍建设很有意义的工作。向为《文库》编辑出版作出贡献的同志们表示敬意。

《文库》第一辑在第十九个教师节来临之际面世，希望它能够受到广大教师的欢迎和珍视。

王湛

2003年8月于北京

（《中国特级教师文库》第一辑出版于2003年。这是时任教育部副部长、国家总督学的王湛同志为《文库》作的总序）



# 目 录

前 言	(1)
第一章 物理设计性实验的地位和作用	(3)
第一节 物理设计性实验的地位	(3)
一、物理设计性实验在物理学发展中的地位	(3)
二、物理设计性实验在物理教学中的地位	(4)
第二节 物理设计性实验的作用	(5)
一、物理设计性实验在物理学发展中的作用	(6)
二、物理设计性实验在物理教学中的作用	(7)
第二章 物理设计性实验的设计原则、思维方法 和数据处理方法	(10)
第一节 物理设计性实验的设计原则	(10)
一、科学性原则	(10)
二、精确性原则	(11)
三、探究性原则	(11)
四、安全性原则	(12)
五、简便性和直观性原则	(12)
六、趣味性原则	(13)
第二节 物理设计性实验的设计思维方法	(14)
一、模拟法	(14)
二、转换法	(14)
三、放大法	(15)

四、比较法 .....	(15)
五、替代法 .....	(16)
六、累积法 .....	(16)
七、留迹法 .....	(17)
八、控制变量法 .....	(17)
第三节 物理设计性实验的数据处理方法 .....	(18)
一、平均法 .....	(18)
二、图像法 .....	(19)
三、描迹法 .....	(20)
四、直接比较法 .....	(21)
五、列表法 .....	(21)
第三章 高中物理设计性实验题分析 .....	(22)
第一节 高中物理力学设计性实验题分析 .....	(22)
一、设计测量动摩擦因数 .....	(23)
二、设计测量弹丸平抛的初速度 .....	(24)
三、设计测量平均速度 .....	(25)
四、设计测量摩擦力 .....	(27)
五、设计测量膜层厚度 .....	(30)
六、设计验证动量守恒定律 .....	(31)
七、设计测量重力加速度 .....	(34)
八、设计测量匀变速直线运动的加速度 .....	(37)
第二节 高中物理热学设计性实验题分析 .....	(39)
一、设计验证查理定律 .....	(39)
二、设计估测室内温度 .....	(41)
三、设计测定大气压强 .....	(42)
四、设计验证玻意耳定律 .....	(45)
五、设计处理实验数据 .....	(47)

六、设计研究气体的能量守恒 .....	(49)
第三节 高中物理电学设计性实验题分析 .....	(50)
一、利用伏安法设计测量电阻 .....	(51)
二、利用滑动变阻器设计电路 .....	(57)
三、设计测量电压表的内阻 .....	(60)
四、利用电阻箱、电流表设计测未知电阻 .....	(61)
五、利用图像设计处理实验数据 .....	(62)
六、电阻的串、并联电路设计 .....	(64)
七、电路图的设计 .....	(67)
八、设计解决电学黑箱问题 .....	(79)
九、利用传感器设计控制电路 .....	(87)
十、设计制造电子秤 .....	(89)
十一、省电电路的设计 .....	(90)
第四节 高中物理光学设计性实验题分析 .....	(93)
一、设计测定玻璃的折射率 .....	(93)
二、设计测量液体的折射率 .....	(98)
三、设计几何光路图 .....	(100)
第四章 高中物理竞赛中的设计性实验 .....	(103)
第一节 设计测量未知物理量 .....	(105)
第二节 设计实验原理 .....	(109)
一、用电桥法测电阻的实验原理 .....	(111)
二、电势差计的原理、结构和使用方法 .....	(116)
第三节 设计处理物理实验数据 .....	(119)
一、函数法 .....	(120)
二、图像法 .....	(121)
三、外推法 .....	(124)
第四节 设计性实验操作题 .....	(126)

第五节 设计实验步骤·····	(133)
<b>第五章 怎样做好高中物理设计性实验·····</b>	<b>(137)</b>
第一节 物理设计性实验中的误差·····	(137)
一、物理实验误差的产生·····	(138)
二、物理实验误差的分类·····	(138)
三、认真设计好物理实验方案·····	(140)
第二节 物理设计性实验中的有效数字及读数·····	(142)
一、有效数字·····	(142)
二、有效数字的读数·····	(143)
第三节 加强演示实验和学生实验的学习·····	(143)
<b>附录 高中物理设计性实验能力训练题·····</b>	<b>(145)</b>
<b>主要参考文献·····</b>	<b>(176)</b>

## 前 言

《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》中明确提出：“实施素质教育，就是全面贯彻党的教育方针，以提高国民素质为根本宗旨，以培养学生的创造精神和实践能力为重点。”这充分反映了党和国家对培养学生的科学素质、创造精神和实践能力的重视。培养科学素质是基础，创新是一个国家兴旺发达的动力。这本《中学物理设计性实验案例研究》就是为了适应当前形势的需要而编写的。

阅读本书可以帮助教师培养高中学生的观察能力、想像能力、逻辑思维能力、组织能力、表达能力、分析综合能力和创造能力。

近几年的高考，在加强基础知识和基本技能考核的基础上，特别注意考查学生的能力，包括考查学生的实验设计能力，如上海高考试题近年来就明显体现了高中物理实验设计的思想，这类试题将是今后高考的热点。本书将对此问题进行深入探讨。

本书共分为五章。第一章着重讲述了物理设计性实验的地位和作用。第二章讲述了物理设计性实验的设计原则、思维方法和数据处理方法。第三章按力学、热学、电学和光学的顺序，列举了大量物理设计性实验例题，进行了详细的剖析，以抛砖引玉。为了让学有余力的学生进一步深造，提高学习物理的兴趣和水平，特编写了第四章：高中物理竞赛中的设计性实验。第五章是怎样做好高中物理设计性实验，主要讲误差、有效数字、加强演示实验和学生实验

的问题。最后按力学、电学、热学、光学和高中物理竞赛中的设计性实验的顺序，组合了一套高中物理设计性实验能力训练题，供读者参考。

在写作本书的过程中，笔者得到了各级领导和一些专家的关怀，得到了同行的具体帮助，在此一并表示谢意。

陈友道

2005年4月18日

于四川省宣汉中学

宣汉中学物理竞赛题组编者陈友道

## 第一章

# 物理设计性实验的地位 和作用

## 第一节 物理设计性实验的地位

物理学是以实验为基础的学科，物理实验是物理课程的重要组成部分，在培养学生的创新精神与实践能力方面具有重要作用。《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》明确提出：“实施素质教育，就是全面贯彻党的教育方针，以提高国民素质为根本宗旨，以培养学生的创造精神和实践能力为重点。”《普通高中物理课程标准（实验）》中指出：“开设‘物理实验专题’模块，目的是使学生较为深入地学习物理实验的有关理论、方法和技能；进一步提高学生的实验素养，激发学习实验探究的兴趣；增强学生的创新意识；培养学生实事求是、严谨认真的科学态度；养成交流与合作的良好习惯；发展学生的实践能力。”物理实验和科学探究不仅是物理教学中的重要内容和学习方式，也是物理教学中的教学目标。而中学物理设计性实验正是以创新为核心，培养学生实验迁移能力的一种高层次的综合能力考核。为了培养学生的动手能力和创新精神，必须加强中学物理实验教学，特别是物理设计性实验教学。

### 一、物理设计性实验在物理学发展中的地位

在古代物理学的发展中，如阿基米德的浮力实验、托勒密的光

学折射实验、赵友钦的小孔成像和照度实验等，都离不开物理实验的设计。

在经典物理实验的发展中，物理设计性实验也占有很重要的地位。从伽利略发现自由落体定律的经过，我们可以看到伽利略对实验的科学设计以及对假设进行的修正和推广。在实验设计中把实验和数学结合起来，既注意逻辑推理，又依靠实验检验。设计时，有意识地在实验中抛开一些次要因素，创造理想化的物理条件。既要力求使实验条件尽可能符合数学要求，以便获得超越这一实验本身的特殊条件的认识，又要设法改变实验测量的条件，使之易于测量。

在现代物理实验的发展中，物理设计性实验同样在物理学的发展中占有很重要的地位。现代物理是从实验发现开始，并在实验中发展起来。实验与物理理论越来越紧密地结合，成为不可分割和相互依赖的结合体。物理实验更加需要理论的指导，在理论的预测和条件范围内去进行，而不是盲目地瞎碰，所以物理实验设计显得更加重要。当代前沿的物理实验越来越成为大规模的集体、综合的工程，它的设计、建设和运转、使用都需要各方面的共同合作来完成。

## 二、物理设计性实验在物理教学中的地位

物理设计性实验是物理教学的重要基础、重要内容、重要方法和重要手段。加强物理实验及其教学的研究，对于促进物理教学及其改革具有重要的意义。而物理设计性实验，对于培养学生的创造能力显得特别重要。

### （一）物理设计性实验是高中物理教学的重要内容

物理设计性实验及其教学是高中物理课程和高中物理教学的一个重要组成部分，它既是高中物理教学的重要基础，又是高中物理教学的重要内容、方法和手段。而中学物理设计性实验就是根据



实验目的,运用掌握的物理概念、物理规律、实验方法,选择熟悉的器材、仪器进行设计实验方案。高中物理设计性实验对学生综合运用所学知识的能力和创造能力要求比较高,但是它所用的器材、原理、方法都渗透在学生实验、演示实验和课本知识之中,在设计高中物理操作实验时,只是要求学生将它们创造性地组合。因此,在高中物理实验教学中,应该有目的地培养学生的观察能力和思维能力,有意识地让学生了解所用仪器、器材的性能和使用方法,通过实验,弄清原理、熟悉方法、触类旁通,全面提高学生的实验能力,从而有效地培养学生的物理实验设计能力。

## (二) 物理设计性实验是培养学生能力的重要方法和手段

物理设计性实验是我们根据研究的具体目的,利用一定的仪器设备,人为地制造、控制或模拟自然现象。通过观察和实验,使学生知道探索发现物理规律的过程,培养和提高学生的观察能力、逻辑思维能力,培养学生的实验动手能力和创造能力,帮助学生掌握科学的学习方法。所以,高中物理设计性实验是培养学生能力的重要方法和手段。

## 第二节 物理设计性实验的作用

加强演示实验和学生实验,通过观察现象,进行具体操作,使学生获得具体的明确的认识,这是理解概念和规律的必要的基础,观察和实验对培养学生的观察和实验能力,培养实事求是的科学态度,引起学习兴趣,具有不可替代的作用。

有条件的学校应该适当增加学生实验的次数,特别是增加高中物理设计性实验。加强对学生实验的指导,要求学生认真思考,手脑并用,既要独立操作,又要善于和别人合作。

教育要面向现代化,面向世界,面向未来。为了提高全民族的素质,我们必须加强物理实验教学。物理学是一门以实验为基础的