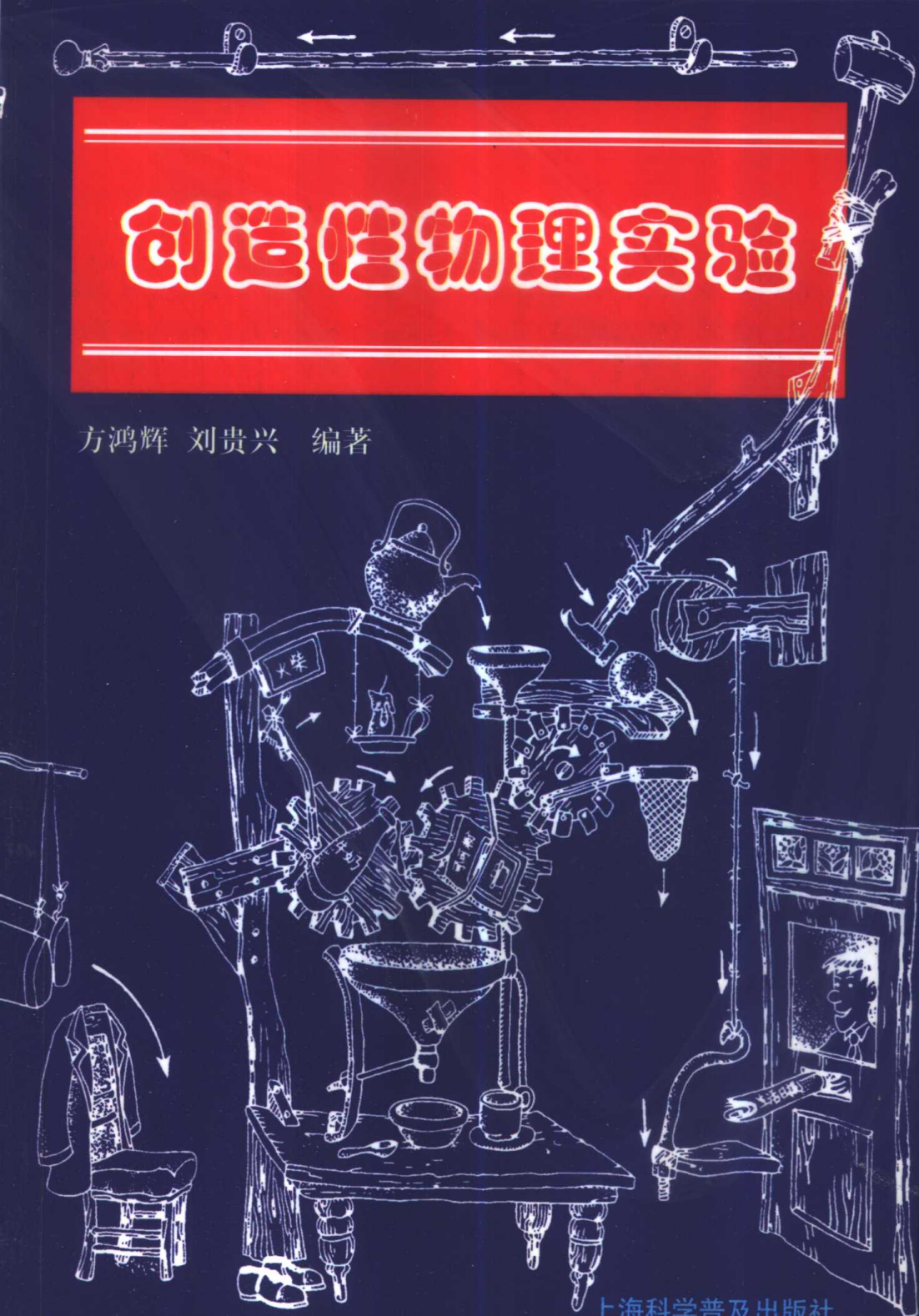


# 创造性物理实验

方鸿辉 刘贵兴 编著



上海科学普及出版社

# 创造性物理实验

方鸿辉 刘贵兴 编著

上海科学普及出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

创造性物理实验/方鸿辉,刘贵兴编著. —上海:上海科学普及出版社,2000.6 (2001.7 重印)

(创造性教育系列)

ISBN 7-5427-1506-2

I. 创… II. ①方…②刘… III. 物理学-实验-方法  
IV. 04-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 30442 号

责任编辑 陈英黔

## 创造性物理实验

方鸿辉 刘贵兴 编著

上海科学普及出版社出版

(上海曹杨路 500 号 邮政编码 200063)

---

新华书店上海发行所发行 常熟高专印刷厂印刷

开本 787 × 1092 1/32 印张 11.125 字数 244000

1999 年 2 月第 1 版 2001 年 7 月第 3 次印刷

印数 9201—12200

---

ISBN 7-5427-1506-2/O·29 定价: 13.00 元

为了我国下个世纪的长远发展，我们必须进一步更新教学内容与方法，大力开展以创新精神为核心的素质教育，全面提高各级各类教育的质量和水平。

陈至立

动手动脑开发

智力培养能力

张民生  
一九九一年十一月

## 序

从人类认识的观点来看,总是先有事实,再有概念。至于概念能否上升为理论,然后又反过来指导实践,乃是属于更高阶段的事情,也往往是不容易做到的事情。理论工作当然十分重要,但从认识的规律来说,观察现象总是第一性的,其后才能进行思考和分析,才能科学地理解,并归纳或演绎为理论。

科学发展到今天,观察现象已经不能单单依靠自然发生的现象,而绝大多数需要用实验的方法来观察。然而实验是需要一定条件的,有些还要求严格的环境和精密的仪器,这在一般青少年对知识的学习或技能的训练中,并不随处可得。因此如尽可能用易于获得的条件来进行实验,以提高青少年的兴趣,使他们愿意来观察和思考,从而传播科学知识,加深科学概念,提高科学素质,鼓励科学创新,开发科学潜能,是很有意义的。

《创造性物理实验》正是为了达到这一目的而作的努力。作者汇集了他们多年实践的成果,为青少年提供了丰富的精神食粮。我希望这一种努力能得到全社会的重视,充分发挥其社会效益;也希望更多的青少年能够在烟波浩渺的知识海洋中汲取饮尝,并因此步入科学殿堂之门。

华 中 一

1997 年 4 月 写于复旦大学



# 格物致知与创新思维

## ——致读者

物理学是研究物质运动普遍规律和物质基本结构的科学。物理学的发展以及物理学自身的研究特点都决定了它是一门以实验为基础的学科，即强调观察，强调研究事物本质和规律的实践活动。实验是科学认识的基础，是判断认识是否具有真理性的标准，是理论与实践相互作用的表现形式之一。物理实验可以纯化、简化或强化和再现物理学研究的对象，延缓和加速自然过程，为理论概括准备充分的、可靠的客观依据；物理实验也可以超越现实生产所及的范围，缩短人们的认识周期。因此，物理实验是物理学理论的直接基础。现代物理学的发展用已经确定的理论来指导实验，以探索新的领域，就显得特别重要了。

近年来，我国曾向美国等一些科技较发达的国家选送一部分优秀的物理专业本科生、硕士生或访问学者，去攻读学位或作学术交流。这些学生或专家到国外后，导师与同行们普遍反映：中国学生或学者具有令人叹服的演绎推理能力、解题思维能力和精湛的语言表达能力。但一进入实验室，往往会显得动手操作能力和创造性思维能力远不如其他国家的研究生或学

者。著名学者丁肇中教授在这方面也曾深有感慨：“我是受传统教育长大的。到美国进大学念物理的时候，起先以为只要很‘用功’，什么都遵照老师的指导，就可以一帆风顺了，但是事实并不这样。一开始做研究便马上发现不能光靠老师，需要自己作主张、出主意。当时因为事先没有准备，不知吃了多少苦。最使我彷徨恐慌的，是当时的唯一办法——以埋头读书应付一切，对于实际的需要毫无帮助。”

上述状况折射出我国传统物理教学中的薄弱环节：较注重对学生演绎推理和解题分析能力的培养，而忽视对学生独立工作能力，尤其是物理实验操作能力、实验思想方法以及创造性思维诸方面能力的培养。这一局面的形成除了物理实验物质条件不充裕外，对物理实验重要性缺乏应有的认识恐怕是更为主要的原因。

公元前 400 年的《四书》之一的《大学》就曾告诫人们：一个人教育的出发点是“格物”和“致知”。也就是说，从探索物体中得到知识。用“格物致知”这个词来描述现代科学技术的发展规律和研究方法是再适当也没有了。现代物理学的基础就是实地探索，当然包括我们常说的物理实验。然而纵观传统的中国教育，并没有重视真正的“格物致知”。这可能是由于中国古时候的传统教育的目的并不是寻求新的知识。《大学》曾表示，“格物致知”旨在使人达到诚意、正心、修身、齐家和治国的境地，从而追求儒家的最高理想——平天下。可见，在那些年代，“格物致知”的真正科学意义被埋没了。这些封建色彩的传统理念也不会不对当代中国的物理教学带来某些负面影响。然而，真正的“格物致知”精神不但在学术研究中不可或缺，就是对应付极具挑战性的知识经济社会的今天也是不可缺少的。

中学物理实验是物理教学中极为重要的组成部分。只有把

物理实验操作与理论讲授相结合，才有利于每一位中学生深入理解物理概念与原理；也只有通过自己动手操作，仔细观察实验现象，独立思考实验结论，进一步提出大胆设想，形成的概念才是生动的，学得的知识才是一辈子也不会忘记的。

当前，我们的教育改革已深入到将应试教育转向素质教育轨道的阶段。教育界和社会各界对新世纪中学素质教育提出了很高的要求，要求广大中学生学会求知，学会做人，学会生存，学会发展，学会审美，学会合作，其核心乃是新时期的创新精神。而学生具有良好的实验素质是其中很重要的一环。要养成学生有一种“对客观世界怀疑求真”的态度，通过实践来发现事物的真相，以体会两千年前《大学》中所述的“格物致知”的真正意义：寻求真理的最佳途径是对事物的客观探索；而探索的过程不是消极的袖手旁观，而是有想象力的、有计划的、充满创造力的探索。这样一种“格物致知”的实验素质将成为中国文化的一部分。

再说，我们所强调的“科教兴国”，其最本质的、核心的问题是培养人才，培养具有创造性思维的人才。而创造性物理实验是培养创造性思维的重要途径之一。学生动手动脑，根据已知探索未知，教也好，学也好，做也好，均为了学会求知；在得到现有结论后，继续努力寻求方法，以科学求真，学会发展与合作精神；在实验和整个学习过程中贯通一种“出于蓝而胜于蓝”的创新开拓精神。奉献给广大中学师生的这本《创造性物理实验》就是本着上述思想编著的，并作为创造性物理实验范例，以激发广大中学师生的创造思维火花。这些实验绝大部分是密切配合中学阶段物理教学各知识点，以实验为主线，通过力学、声学、热学、电磁学和光学各个方面，展示现阶段中学物理实验体系。这些实验不仅操作简便，而且取材容易，其

中很大部分器材可通过学生自己动手，利用废弃物，化废为宝来制作。制作实验器材本身也是培养学生发散思维和创造思维的过程。不少伟大的实验物理学家都曾提倡用简易器材来做物理实验。在《中国科学院院士自述》中，著名核物理学家、两弹元勋钱三强院士在追忆他当年怎样受到一代宗师吴有训先生用简易器材所做的演示实验的吸引和熏陶，使学习兴趣转向物理时，有这样一段精采的叙述：

“他们（指吴有训、萨本栋先生——编者注）授课不照本宣科，对于基本概念和难懂的关节点重复地讲解，还边讲边演示，使初学者听得清晰，记得牢。一次，吴先生讲‘振动与共振’，他在讲堂横拉了一根长绳，在等距离地方垂下一根根短线，短线上各系着一个用过的大号干电池，共挂了八节电池。他表演时，先在横绳垂直方向推动第一节电池。第一节电池便开始作单摆运动，不一会儿摆动逐渐减弱，而第二节电池则开始自动摆动起来，以后各节也依次摆动起来。这些用最普通的试验器材作的形象表演，非常生动地显示了简谐运动和共振现象。在刚学力学时，简谐运动和共振现象都是比较难懂的概念，但经吴先生讲解和演示后，道理就比较容易懂了。这样，我的学习兴趣又渐渐转向了物理。”

这种用简易器材的物理实验是大物理学家一以贯之推崇的，是描绘物理图景最直观、最“原汁原味”的。也正是这种用简易器材的实验把一个极富创造力的人才——钱三强吸引到物理学领域中来，给以后中国的原子核物理发展以极大的推动。

其实，用一些极其简易的器材来做物理实验，除了从就地取材和化废为宝经济角度出发，更考虑到简易器材有利于放手让学生课外自己动手操作，以培养学生独立实验的能力，让学生能充分观察实验全过程，从而能细细体察知识发生、发展的

来龙去脉，反复品味其深奥的物理原理。所以，大凡有经验的物理教育工作者都认为：小实验能揭示深奥的大道理。再说，对初学物理的中学生来说，复杂的仪器装置只有专门实验室才具备，而且常常会因为仪器结构的复杂和操作的繁复导致学生注意力分散，疏忽了对某些重要实验现象的观察。只要每一位学生都做有心人，自己动手，日积月累，就可制成一系列基本仪器和设备，从而充分利用这些物质基础，从小养成像物理学家那样的思维方式；自己提出课题，自己设计实验来验证，自己观察、分析作报告，自己总结实验结论并上升为理性认识。

随着科学技术的突飞猛进，目前中学物理实验手段也日益先进，诸如多媒体模拟演示等。但我们认为，究竟采用什么手段，还应从实验能展现物理图景的真实性、可实现性、经济性、地域性诸方面综合考虑，以“合适”为原则，并不是手段越“先进”越受教育界青睐的。相反，随着实验仪器的日益先进，学生动手能力却日益“退化”，不能不令教育界关注。我们编写此书的另一目的，是真诚地希望中学物理教学重视对物理实验返璞归真的追求。

本书所提供的近 200 例实验，只是给广大中学生读者提供一些可资参考的思想方法和操作范例。我们并不希望广大读者仅仅采用对待教科书那样的方式依葫芦画瓢式地重复去做，我们热切地期望广大读者通过这些范例的启示，充分激发自己的创造性思维；自己提出问题，自己用实验来验证或发现某些原理、规律，通过操作、观察、分析、建立明晰的物理模型和图象；确立牢固的物理思想，并拓宽知识面，增强动手能力，开发聪明才智，激发无尽的潜能，以推进“格物致知”。倘能达到这个目的，就是我们最大的愿望了。

限于篇幅，我们力求叙述简明，能用图示的尽可能配图，以

求直观。但愿我们这样做不会给读者平添阅读和理解上的困难。我们衷心希望广大读者对书中的疏漏和不妥之处给予指正，以便再版时更正。

方鸿辉 刘贵兴

1998年8月于上海

# 目 录

|                     |   |
|---------------------|---|
| 格物致知与创新思维——致读者····· | 1 |
|---------------------|---|

|               |   |
|---------------|---|
| 第一编 力学实验····· | 1 |
|---------------|---|

|                |   |
|----------------|---|
| 水滴运动的频闪观察····· | 1 |
|----------------|---|

|              |   |
|--------------|---|
| 会走路的玻璃杯····· | 3 |
|--------------|---|

|               |   |
|---------------|---|
| 小车的静止与运动····· | 4 |
|---------------|---|

|               |   |
|---------------|---|
| 不会上升的小气泡····· | 6 |
|---------------|---|

|             |   |
|-------------|---|
| 会升降的水面····· | 7 |
|-------------|---|

|              |   |
|--------------|---|
| 阿基米德惯性力····· | 7 |
|--------------|---|

|              |   |
|--------------|---|
| 两球相吸与相斥····· | 9 |
|--------------|---|

|            |    |
|------------|----|
| 抛物形水面····· | 10 |
|------------|----|

|             |    |
|-------------|----|
| 验证地球自转····· | 11 |
|-------------|----|

|            |    |
|------------|----|
| 把瓶捏扁了····· | 12 |
|------------|----|

|                   |    |
|-------------------|----|
| 小水滴与超高速流体动力学····· | 13 |
|-------------------|----|

|                 |    |
|-----------------|----|
| 砂子在旋转水中的运动····· | 14 |
|-----------------|----|

|           |    |
|-----------|----|
| 水流爬坡····· | 16 |
|-----------|----|

|                |    |
|----------------|----|
| 你敢不敢做这个实验····· | 17 |
|----------------|----|

|                     |    |
|---------------------|----|
| 喷射火焰的风车 .....       | 17 |
| 小型脱水机 .....         | 18 |
| 模拟汽轮机的制作与实验 .....   | 19 |
| 水力反冲发动机的模拟实验 .....  | 21 |
| 喷汽小艇 .....          | 22 |
| 阿基米德与王冠 .....       | 23 |
| 被空气压扁的铁罐 .....      | 24 |
| 易拉罐自动吸水 .....       | 25 |
| 小孔怎么不喷水了 .....      | 26 |
| 简易移水管 .....         | 27 |
| 往盛满清水的杯里“倒”空气 ..... | 28 |
| 浮力消失了 .....         | 28 |
| 玻璃片托住一杯水 .....      | 29 |
| 卡片纸能托半杯水 .....      | 30 |
| 杯内的水为什么不会流出来 .....  | 32 |
| 液面升高了 .....         | 32 |
| 会自动上升的试管 .....      | 33 |
| 自动虹吸管 .....         | 34 |
| 简易液体密度计 .....       | 35 |
| 流速恒定的贮水器 .....      | 36 |
| 笛卡尔浮沉子 .....        | 37 |
| 听话的火柴头 .....        | 38 |
| 水面燃烛而不灭 .....       | 39 |
| 验证伯努利原理 .....       | 40 |

|                           |        |
|---------------------------|--------|
| 吹气使两盛水玻璃杯漏水 .....         | 42     |
| 简易喷雾器 .....               | 43     |
| 水流冲不走的乒乓球 .....           | 43     |
| 射流顶球 .....                | 44     |
| 有吸引力的水流 .....             | 45     |
| 水中旋涡环实验 .....             | 46     |
| 旋风的模拟实验 .....             | 49     |
| 七彩的振动膜 .....              | 53     |
| 肥皂膜驻波 .....               | 54     |
| 奇妙的肥皂膜振动图案 .....          | 55     |
| 简易光通信实验 .....             | 58     |
| 探讨 U 形管内水柱的振动 .....       | 61     |
| 解开铜喷洗的奥秘 .....            | 62     |
| 用硬币测吹气的速率 .....           | 64     |
| 模拟气垫船 .....               | 67     |
| 扶摇直上的水“火箭” .....          | 68     |
| <br><b>第二编 声学实验</b> ..... | <br>73 |
| 奇妙的射流载声 .....             | 73     |
| 水滴流打电报 .....              | 74     |
| 下雨监听器 .....               | 76     |
| 水滴流通信 .....               | 77     |
| 水流调制的激光通信 .....           | 79     |
| 奇异的水滴流光电话 .....           | 82     |

|                           |         |
|---------------------------|---------|
| 水滴流调制法测量音叉固有频率 .....      | 84      |
| 铝罐的共鸣实验 .....             | 87      |
| 空气柱的共鸣现象 .....            | 89      |
| 音乐与喷泉 .....               | 91      |
| 烛光与音叉的振动 .....            | 95      |
| 用耳机放大音叉的振动 .....          | 98      |
| 激光与音叉的振动 .....            | 100     |
| 压电陶瓷片与声音放大实验 .....        | 105     |
| 简易唱片制作 .....              | 109     |
| <br><b>第三编 热学实验</b> ..... | <br>113 |
| 牛奶瓶上的奇观 .....             | 113     |
| 不同金属的导热比较 .....           | 114     |
| 自喷水流 .....                | 115     |
| 冰与沸水共存 .....              | 116     |
| 水的对流实验 .....              | 116     |
| 哪一杯水凉些 .....              | 118     |
| 哪一杯水温下降快些 .....           | 119     |
| 哪个热水瓶保温好些 .....           | 120     |
| 炽热金属板上的水滴 .....           | 121     |
| 烧不开的水 .....               | 123     |
| 哪一杯水先烧开 .....             | 124     |
| 雨滴模拟实验 .....              | 125     |
| 间歇喷泉与煮咖啡 .....            | 125     |