

# 中学物理 新思维

于克明 编著

数量级估计与估算问题

物理学内部的横向探讨

黑箱

创造性思维与物理教学

物理学习中的整体意识

原始的物理问题

力培养纵横谈

山东教育出版社

# 中学物理新思维

于克明 编著

山东教育出版社

2002年·济南

## 图书在版编目(CIP)数据

中学物理新思维/于克明编著. — 济南: 山东教育出版社, 2001

ISBN 7-5328-3326-7

I. 中… II. 于… III. 物理课 - 教学研究 - 中学  
IV. G 633.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 090364 号

## 中学物理新思维

于克明 编著

---

出 版 者: 山东教育出版社

(济南市纬一路 321 号 邮编: 250001)

电 话: (0531)2023919 传真: (0531)2050104

网 址: <http://www.sjs.com.cn>

发 行 者: 山东教育出版社

印 刷: 山东新华印刷厂临沂厂

版 次: 2002 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

印 数: 1—3000

规 格: 850mm×1168mm 32 开本

印 张: 15.125

字 数: 353 千字

书 号: ISBN 7-5328-3326-7/G·3122

定 价: 16.90 元

---

(如印装质量有问题, 请与印刷厂联系调换)

## 教师出版基金第二届理事会

|   |   |     |                 |             |                 |
|---|---|-----|-----------------|-------------|-----------------|
| 顾 | 问 | 吴阶平 |                 |             |                 |
| 名 | 誉 | 理   | 事               | 长           | 赵志浩 宋木文 吴爱英 柳 斌 |
|   |   |     |                 |             | 董凤基 杨牧之 邬书林 滕昭庆 |
|   |   |     |                 |             | 车吉心 张小影 吴尚之     |
| 理 | 事 | 长   | 高挺先 官本欣         |             |                 |
| 副 | 理 | 事   | 长               | (以下按姓氏笔画为序) |                 |
|   |   |     | 王卓明 刘廷奎 孙永大 张士保 |             |                 |
|   |   |     | 张立升 陈光华 陈学振 钟永诚 |             |                 |
| 常 | 务 | 副   | 理               | 事           | 长 孙永大           |
| 秘 | 书 | 长   | 赵 猛             |             |                 |
| 副 | 秘 | 书   | 长 咎 亮           |             |                 |
| 理 |   | 事   | 王世农 王卓明 王洪信 刘廷奎 |             |                 |
|   |   |     | 孙永大 杜希福 杨文辉 李华文 |             |                 |
|   |   |     | 李建军 张士保 张立升 张华纲 |             |                 |
|   |   |     | 陈光华 陈学振 陈 钟 邹 健 |             |                 |
|   |   |     | 赵 猛 钟永诚 咎 亮 官本欣 |             |                 |
|   |   |     | 曹宏遂             |             |                 |

## 教师出版基金第二届书稿评审委员会

(以姓氏笔画为序)

|             |   |     |     |     |     |
|-------------|---|-----|-----|-----|-----|
| 顾<br>委<br>员 | 问 | 任继愈 | 刘国正 | 吴文俊 | 季羨林 |
|             | 员 | 于 漪 | 王炳照 | 王富仁 | 刘知新 |
|             |   | 刘祚昌 | 齐 涛 | 孙永大 | 邹 健 |
|             |   | 张双棣 | 张志勇 | 张恭庆 | 陆俭明 |
|             |   | 周玉仁 | 周振鹤 | 赵彦修 | 胡壮麟 |
|             |   | 侯明君 | 袁行霈 | 顾明远 | 顾振彪 |
|             |   | 郭齐家 | 崔 峦 | 阎金铎 | 彭实戈 |
|             |   | 彭聃龄 | 蒋绍愚 | 裘锡圭 |     |

## 内 容 简 介

本书是于克明教授在《中学物理研究》讲义的基础上,经过10年的实践和探索编写而成的.书中提出了21世纪物理教学改革、进行素质教育的许多新概念和新思想,并通过大量典型例子,把它们融合到实际应用中去.特别是对如何提高学习效率、提高认识事物的洞察力、培养创新能力,以及独立解决问题的能力进行了深入地剖析和探讨.

本书有较强的实用性、科学性、趣味性和可操作性,在文理渗透、编排结构等方面也具有一定的特色.

本书是专门为中学物理教师而写的一本参考书,也可以作为教育学院物理专业继续教育的教材和师范院校物理系的选修教材.对高中学生也有一定的参考价值.

# 序

在中学的各门课程中,物理课在提高学生的科学素质方面起着无可替代的作用.中学阶段,特别是高中阶段,正是青少年独立思考和创造意识发展的阶段.然而一个时期以来由于高考的压力,许多中学都在高中阶段拿出一年的时间进行“题海操练”和各种各样的“摸底考”和“模拟考”.教师钻研教学的精力被束缚在“考题分析”、“考题分类”、“解题程式”、“解题方法”中,把活生生的物理学教成“解题术”.这种做法大大摧残了学生主动探索精神的发展,与素质教育的精神是背道而驰的.高考的压力是个社会问题,本人无意指责谁,只想在此抒发一下我们对下一代国民素质沉重的忧虑心情.在这种情况下读到营口师专于克明老师的这本《中学物理新思维》,使人顿然有耳目清新的感觉.

好多年前,于克明老师把他做这项教学研究的想法和我谈了,我感到很有意义.现在这本书经他十年的努力终于完成了,我为他庆幸.本书摆脱中学教学大纲(实际上是强制高考命题的大纲)的羁绊,写得生动活泼,兴趣盎然,虽然这本书也包含许多例题,但一看便知,作者是在启发学生的好奇心和求知欲.是在教学生真正的思维方法,不是在传授解题术,不是为了应试.总之,这是一本进行科学素质教育的好书.我衷心祝愿本书能早日出版,并受到广大中学教师和学生的欢迎.

北京大学 赵凯华

2000年5月

# 致读者

筹划写这本书,已经整整 10 年了.

10 年来,伴随着世纪的更替、社会的变革,物理教学正经历着从应试教育向素质教育的转化.作为 21 世纪一名合格的物理教师,应当具有什么样的专业素质?如何提高教与学的效率?怎样培养学生独立分析、解决实际问题的能力?《中学物理新思维》从这些方面进行了一些新的思考和探索,希望能对中学物理教师和师范院校物理系在校生以及初、高中学生有所帮助和启迪.

本书在多年教学实践和积累大量资料的基础上,汲取了国内外当代教育思想的精华,提出了物理教学的一些新概念和新思想.如“整体意识的建立”、“物理学习中的反馈与控制”、“自然黑箱与实用黑箱”、“第二个物理框架”、“原始问题和应用物理问题”、“物理教学中的挫折教育”等,并用现代系统论的基本思想把以上观点统一起来.书中的主要章节已经写成 20 多篇论文在《大学物理》、《物理通报》、《物理教学》、《物理教师》等杂志上发表.

为了更具有实用性,本书不去刻意追求心理学、逻辑学等方面有关概念的严谨和规范,而着重探讨它们在物理教学中的实际应用,并尽可能通过例题和习题“深入浅出”地阐述物理思想,表述科学方法.书中介绍的物理模型、等效法、类比法、设想法等概念和方法及一些解题范例,读者应当学会创造性地运用,做到具体问题具体分析,切忌机械教条地套用.对于中学生读者,本书着力于“治本”而不是“治标”,即引导学生从整体上掌握物理

思想和运用巧妙灵活的思维方法,提高认识事物的洞察力,并注意到学习能力和研究能力的培养.

为了具有较好的可操作性和便于初、高中学生有选择地阅读,本书对例题和习题都做了相应的标记(详见“阅读指南”),并在后面附有答案和提示.为了克服思维定势的负迁移,其中也有少量习题作为防止机械套用的“陷阱”.最后一章结束后,又附设了没有按各章顺序编排的综合练习题,使读者可以在没有任何框子的前提下,综合检查自己学到的技巧和方法.

此外,本书还注意到知识的科学性和趣味性,并在文理渗透、学科综合等方面进行了一定的尝试.

在本书的编写和实践过程中,多次得到北京大学赵凯华先生的热情指导和帮助,并得到营口师专校领导的大力支持,得到营口师专物理系主任杨来福、营口教师进修学院李慧等老师的帮助和指教,在此表示衷心地感谢.

由于本人水平和精力所限,书中一定存在一些缺点和错漏,真诚地希望本书的读者给予批评指正.

一生痴求圆夙梦,十年心血化路桥.

但愿本书能为物理教学的改革与发展尽一点微薄之力.

作者

2000年9月

## 阅 读 指 南

1. 本书编写和收集了 326 个例题和 276 个习题(包括思考题及综合练习题).每道题都说明一个问题或表明一种方法.为了便于不同层次的读者有选择地阅读,我们做了如下的标记:凡带“ $\Delta$ ”号的属于初中范围内的题目(约占 35%);凡带“\*”号的属于大学范围内的题目(约占 4%);其余为高中范围内的题目(约占 61%).在本书的后边附有习题参考答案和提示.

2. 本书既可以从头至尾地系统学习,也可以有目标地选读部分章节.高中生可以“跳着读”,初中生可以“挑着读”.关于本书的阅读方法,请参考第 215 页《读者参考(三)》.

作为百花园中的一片绿叶  
献给祖国的 21 世纪

# 目 录

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| <b>第一章 导论</b> .....         | 1   |
| 第一节 新世纪的思考 .....            | 2   |
| 第二节 系统论的基本思想 .....          | 4   |
| 第三节 从系统论看物理学 .....          | 7   |
| 习题和思考题 .....                | 18  |
| <b>第二章 物理学内部的横向探讨</b> ..... | 21  |
| 第一节 物理模型 .....              | 21  |
| 第二节 极值问题 .....              | 34  |
| 第三节 对称性 .....               | 50  |
| 第四节 叠加性 .....               | 68  |
| 第五节 状态与参量 .....             | 75  |
| 第六节 临界问题 .....              | 80  |
| 读者参考 一、谈建立物理模型的成功与失败 .....  | 87  |
| 习题和思考题 .....                | 92  |
| <b>第三章 创造性思维与物理教学</b> ..... | 101 |
| 第一节 创造性思维 .....             | 101 |
| 第二节 发散思维和收敛思维 .....         | 105 |
| 第三节 逆向思维和怀疑思维 .....         | 113 |
| 第四节 等效法和类比法 .....           | 123 |
| 第五节 设想法和思想实验 .....          | 141 |
| 第六节 极端法和剔除法 .....           | 151 |
| 读者参考 二、关于等效法的几个专题讨论 .....   | 159 |
| 习题和思考题 .....                | 163 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| <b>第四章 物理学习中的整体意识</b> ..... | 173 |
| 第一节 整体意识的建立和运用 .....        | 173 |
| 第二节 守恒定律与整体意识 .....         | 186 |
| 第三节 信息与反馈 .....             | 193 |
| 第四节 物理学习中的反馈与控制 .....       | 196 |
| 第五节 物理学习中的系统方法 .....        | 206 |
| 读者参考 三、从“不求甚解”谈起 .....      | 215 |
| 习题和思考题 .....                | 216 |
| <b>第五章 黑箱</b> .....         | 224 |
| 第一节 黑箱概述 .....              | 224 |
| 第二节 电学黑箱 .....              | 228 |
| 第三节 光学黑箱 .....              | 239 |
| 第四节 力学黑箱 .....              | 247 |
| 第五节 实用黑箱 .....              | 251 |
| 习题和思考题 .....                | 255 |
| <b>第六章 数量级估计与估算问题</b> ..... | 262 |
| 第一节 物质世界的层次和数量级 .....       | 262 |
| 第二节 第二个物理框架 .....           | 269 |
| 第三节 数量级的估算与估测 .....         | 275 |
| 第四节 估算问题 .....              | 281 |
| 第五节 物理学习中的模糊问题 .....        | 292 |
| 第六节 数量估计在生活中的应用 .....       | 298 |
| 读者参考 四、估算问题杂谈 .....         | 304 |
| 习题和思考题 .....                | 307 |
| <b>第七章 原始的物理问题</b> .....    | 312 |
| 第一节 抽象问题和原始问题 .....         | 312 |
| 第二节 从原型到模型 .....            | 321 |

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| 第三节 定性和半定量的原始问题 .....      | 328        |
| 第四节 设计型实验 .....            | 338        |
| 第五节 应用物理问题 .....           | 348        |
| 读者参考 五、“设计型实验”实验题目编选 ..... | 366        |
| 习题和思考题 .....               | 370        |
| <b>第八章 能力培养纵横谈 .....</b>   | <b>379</b> |
| 第一节 科技论文与能力培养 .....        | 379        |
| 第二节 动手能力与创造能力的培养 .....     | 385        |
| 第三节 物理教学中的“挫折教育” .....     | 393        |
| 读者参考 六、关于物理习题的多重视角 .....   | 399        |
| 综合练习题(一)(初中部分) .....       | 404        |
| 综合练习题(二)(高中部分) .....       | 413        |
| 综合练习题(三)(高中部分) .....       | 420        |
| 附录1 一些物理量的部分典型值 .....      | 428        |
| 附录2 典型的共价键结合能 .....        | 436        |
| 附录3 基本物理常数 .....           | 436        |
| <b>习题答案与提示 .....</b>       | <b>438</b> |

# 第一章 导 论

北京颐和园昆明湖畔、万寿山的南麓有一座铜亭,铜亭下面耸立着一座高大的石牌坊,这座牌坊上的一幅对联——“境自远尘皆入咏,物含妙理总堪寻”,不禁引起游人的遐想与深思。

是的,“物含妙理总堪寻”。可以想像,人们对大自然中天地万物的探索由来已久。千百年来,人类正是在对神奇而奥妙的大自然的探索中形成了今天的物理学。

物理学这个词来自希腊文的 physics(自然),因此,它最初是自然科学的总称,也曾经被称为自然哲学。在现代,它是自然科学的一门基础学科,是“研究物质运动最一般的规律和物质结构”<sup>①</sup> 的一门科学。

物理学既然产生于大自然,就应当成为探索和改造大自然、提高生产力、促进社会向前发展的有力工具。同时,学习物理学也应当是探索大自然奥妙的、令人兴奋的、有趣的探索活动。

那么,当前物理教学的现状如何? 21 世纪物理教学,特别是中学物理教学能否产生革命性的变革? 作为一个物理教师如何适应充满竞争和创新机制的新时代?

本章将就这些问题展开讨论,并简要介绍现代系统论的基本思想,以期将其渗透到物理教学实践中去,并把它作为以下几章的思想基础。

---

<sup>①</sup> 《辞海》,上海辞书出版社,1979 年版,第 1445 页。

## 第一节 新世纪的思考

时光逝水、岁月沧桑,人类历史的脚步已经踏入了充满希望、憧憬和创新意识的 21 世纪。

新世纪的钟声响过之后,一种时代的责任感和紧迫感油然而生.于是,我们将面临着一连串跨世纪的思考:

“学校是过去五十年来始终没有太大改变的地方之一”<sup>①</sup>这种状况还会维持得太久吗?

在滚滚而来的知识经济和社会变革的大潮中,物理教师如何经受“竞争上岗”的考验?

中学物理教学能否发生一场革命性的转变?素质教育的根本出路在哪里?……

首先,让我们看看物理教学的现状和存在的问题。

应当看到,近年来我国物理教学改革取得了很大的成绩,但由于几千年来传统教育思想的束缚,在当今的物理教学中,旧的教育思想和教育体制还没有发生根本性的转变。

由于种种原因,许多人把学习物理仅仅当作取得升学机会和毕业文凭的一种手段.死抠书本、死记硬背、咬文嚼字、题海战术、重概念轻实验、重解题轻能力、理论脱离实际的现象相当严重.因此,在物理教学中出现了许多怪现象.比如:

许多学生反映,“物理课最难学!”探索大自然奥秘的、有趣的物理学,在一些学生眼里成为枯燥、难懂、令人望而生畏的物理学。

在学生当中,许多善于解“木块擦木块、滑轮加斜面”一类题目的“高材生”动手能力很差,而善于做一些小制作、在日常生活

---

<sup>①</sup> 珍妮特·沃斯等,《学习的革命》,上海,三联书店出版社,1998 年第 2 版。

中动手能力很强的学生,却常常在物理学习中成绩平平,甚至处于中下游,即我们的物理教学对象中,存在着理论与实践的“剪刀差”,高分低能现象十分严重。

在物理教学的课堂上,有的初中教师让学生像背“三字经”、“百家姓”一样齐声诵读一段物理教材.这种现象竟然发生在 20 世纪即将结束的 1998 年.

在“全国初中应用物理知识竞赛”中,许多学校中的“学习尖子”纷纷“落马”,而一些取得全市前几名的优胜者却未能考入重点高中.

更令人深思的是,中华民族是世界公认的最优秀的民族之一,为什么一个世纪以来国内至今仍与诺贝尔物理学奖无缘?

正如杨振宁先生在一次学术报告中指出的那样,“我觉得中国过去几十年教物理的方法急需改正,要改变那种死念书的习惯.”

因此,21 世纪的物理教学,必须彻底摆脱陈旧的、机械的、八股式的教学模式,真正实现从应试教育向素质教育的转化.其根本出路在于教育观念和教育体制的转变;选拔人才的方式;高考、中考命题的变革,以及现代化的教学手段和教师自身素质的提高.国务院颁发的《中国教育改革和发展纲要》中指出,“振兴民族的希望在教育,教育的希望在教师”.这样,作为每一个 21 世纪的物理教师,要适应即将到来的疾风暴雨似的改革浪潮,必须使自身的科学素质提高到一个崭新的高度.

为此,本书以现代系统论及系统科学的基本思想为指导,对物理学及中学物理教学进行探讨与研究,并通过系统分析、深入思考、实例解剖及各种基本训练,培养从整体上探讨和解决实际问题的能力,特别是“把所学过的知识运用到不熟悉的地方去的能力”(雷树人),提高研究物理问题、进行物理教学的基本功和创造力.