



新视野教师教育丛书·学科课程与教学系列

# 中学物理课程与教学论

◎冯杰著



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS

未名启迪·新视野教师教育丛书·学科课程与教学系列

# 中学物理课程与教学论

冯 杰 著



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS

## 内 容 简 介

本书从教育心理学和现代课程论的角度,全面系统地介绍了中学物理教学论与课程论的基本原理以及中学物理教学研究的基本问题。

本书的内容包括中学物理课程的基本理论,中学物理教学的基本理论,开展物理和科学课程教学研究的方法指导,物理教育心理学以及物理教育和科学教育的发展趋势等。本书有助于提升中学物理教师和科学课程教师的专业理论素养。

本书可以作为物理教育本科专业中学物理教学法课程的教科书,也可以作为“课程与教学论·物理”硕士专业、物理教育硕士学位课程的教科书,可以供中学物理教师、科学课程教师职业培训参考,也可以供从事物理教育研究的专业人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

中学物理课程与教学论/冯杰著. —北京:北京大学出版社, 2011.9

(新视野教师教育丛书·学科课程与教学系列)

ISBN 978-7-301-18328-1

I. ①中… II. ①冯… III. ①物理课—教学研究—中学 IV. ①G633.72

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第256422号

书 名: 中学物理课程与教学论

著作责任者: 冯 杰 著

丛书策划: 姚成龙

责任编辑: 陈斌惠

标准书号: ISBN 978-7-301-18328-1/O·0833

出版发行: 北京大学出版社(北京市海淀区成府路205号 100871)

网 址: <http://www.pup.cn>

电子信箱: [zyjy@pup.pku.cn](mailto:zyjy@pup.pku.cn)

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62754934 出版部 62754962

印 刷 者: 三河市富华印装厂

经 销 者: 新华书店

787毫米×1092毫米 16开本 22.5印张 547千字

2011年9月第1版 2011年9月第1次印刷

定 价: 45.00元

---

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话:(010) 62752024 电子信箱: [fd@pup.pku.edu.cn](mailto:fd@pup.pku.edu.cn)

# 序 言

一段时间以来，无论是物理教育本科还是“课程与教学论·物理”全日制硕士研究生、物理教育硕士的学位课程，都主要研究中学物理教学的基本理论和基本方法，对涉及中学物理教学论课程的研究不多。目前，作为基础教育改革的基础性工程，国内外都是从课程改革入手的，所以物理课程研究已经成为中学物理教学论的基本组成部分，而且随着社会需求的提高，还需要增加中学物理教学研究方法的內容。冯杰老师编写的《中学物理课程与教学论》将以上三部分结合起来，立足于物理学、教育学和教育心理学的基本原理，依据中学物理教育的基本规律、当代基础物理教育发展的趋势和“课程与教学论·物理”全日制专业硕士研究生、物理教育硕士专业的培养目标，追踪当前基础教育中物理新课程全面改革的教学实际，立足于对物理教育本科专业和“课程与教学论·物理”研究生进行物理教育基本理论、方法和基本研究能力的培养。其特点体现在以下几个方面。

1. 全面展示物理课程与教学论的新理论体系。该书分为三大篇，其中心内容分别是物理课程论、教学论和教学研究。考虑到物理教育本科专业和“课程与教学论·物理”研究生的培养目标的层次性，该书给出了相关内容的具体教学要求，在全面展示物理课程与教学论的理论体系的同时，以突出教学上的通用性和选择性，研究上的普遍性和深入性。

2. 紧密配合基础教育改革的动态。第一篇中学物理课程论，在讨论物理学和物理教育的相互关系的基础上，探讨了物理课程及其起源与演变，初步讨论了初中和高中的物理课程标准和科学课程标准的理念、结构和內容；有选择地初步地分析了我国初中、高中和科学课程新教材的內容体系和结构特点，使学生领略基础物理新课程改革的概况。

3. 注重实践性和理论性的有机结合。第二篇中学物理教学论，主要研究中学物理教学的基本理论和基本方法，这是物理教学法的传统知识，也是本课程的核心內容；每章之后列开放式的思考与练习，作为每次的课后练习，让学生课后通过利用课程资源进行思考、研讨和模拟研究，注重理论性和实践性的有机结合，起到“举一反三、触类旁通”的效果。

4. 突出物理教育研究方法的教育。第三篇中学物理教学研究，主要研究中学物理评价和开展教学研究的基本方法。注重引导学生初步了解物理教育实际环境，紧密追踪高中物理新课程的实施和改革进程；学习开展物理教育研究的基本方法，初步分析物理教育实践中的实际问题和基础物理教育改革中热点、难点问题，逐步培养学生理解、体会和掌握物理教育研究的基本方法。

5. 具有动态式的前瞻性。该书在注重物理课程论与教学论体系的相对完整的同时，

积极吸收物理教育科学研究和物理学教学改革的新成果，使该书处于一个具有相对完整和相对开放，具有一定前瞻性的动态系统之中。这样既有利于该书的不断完善，又有利于学生的学习，特别是有利于“课程与教学论·物理”研究生的学习。

目前，《中学物理课程与教学论》专著颇多，特色颇少，内容大同小异。该书是编者根据他多年教学积累的经验 and 研究成果，结合目前课程与教学论的研究特点整合而成，该书的撰写是一次有益尝试，希望对物理课程论学科的进一步发展发挥有益的作用。

胡炳元

2011年5月于华东师范大学

<b>第一篇 中学物理课程论</b>	<b>1</b>
<b>第一章 物理学与物理教育</b>	<b>3</b>
第一节 物理学的特点	3
第二节 物理教育及其特点	10
<b>第二章 物理课程论与物理课程标准</b>	<b>13</b>
第一节 物理课程及其起源与演变	13
第二节 初中物理课程标准解读	23
第三节 高中物理课程标准解读	30
第四节 科学课程标准解读	33
<b>第三章 物理新课程教材分析与研究</b>	<b>41</b>
第一节 初中物理新课程教材分析与研究	41
第二节 高中物理新课程教材分析与研究	49
第三节 科学课程教材分析与研究	60
<b>第二篇 中学物理教学论</b>	<b>73</b>
<b>第四章 中学物理教学论基础</b>	<b>75</b>
第一节 中学物理学习心理学	75
第二节 中学物理教学原则	88
第三节 中学物理教学过程	90
第四节 中学物理教学方法	92
<b>第五章 中学物理实验教学</b>	<b>99</b>
第一节 物理实验的学习心理及思维特征	99
第二节 物理实验分类及教学目标	102
第三节 物理演示实验的教学过程	105
第四节 物理实验的科学探究教学形式	111

<b>第六章 中学物理概念教学</b>	120
第一节 物理概念学习的思维特征	120
第二节 中学物理概念的含义、分类和特点	127
第三节 物理概念的教学过程	130
第四节 物理概念教学的基本模式	132
<b>第七章 中学物理规律教学</b>	143
第一节 物理规律学习的思维特征	143
第二节 物理规律的特点和分类	145
第三节 物理规律的教学过程	147
第四节 物理规律教学的基本模式	149
<b>第八章 中学物理问题教学</b>	164
第一节 物理问题学习的思维特征	164
第二节 物理问题教学的作用和类型	169
第三节 物理问题的教学过程与物理习题课	175
第四节 物理习题教学的方法举例	178
<b>第九章 中学物理复习教学</b>	186
第一节 物理复习教学的心理学基础	186
第二节 物理复习的教学过程	188
第三节 物理复习教学的基本模式	191
<b>第十章 中学物理课外实践活动</b>	206
第一节 中学物理课外实践活动的特征和要求	206
第二节 中学物理课外实践活动的组织和指导	213
第三节 中学物理课外实践活动与研究性学习	215
<b>第十一章 中学物理课教学设计</b>	220
第一节 中学物理课教学设计	220
第二节 中学物理教师的备课	224
第三节 中学物理课的说课	229
第四节 中学物理教学的课时计划——教案	236
<b>第三篇 中学物理教学研究</b>	243
<b>第十二章 中学物理实验研究</b>	245
第一节 中学物理实验方法及教学目标研究	245
第二节 新课程力学实验研究	248

第三节	新课程热学实验研究	253
第四节	新课程电磁学实验研究	255
第五节	新课程光学实验研究	267
第六节	新课程近代物理学实验研究	273
第七节	新课程物理课外实验研究	279
第十三章	中学物理教学的评价方法	284
第一节	常模参照测验与标准参照测验	284
第二节	物理试卷的编制方法	286
第三节	物理课堂教学的评价方法	289
第四节	物理新课程学生评价体系及应用研究	296
第五节	科学新课程学生评价体系及应用研究	304
第十四章	中学物理教育研究中的测量与统计方法	309
第一节	物理教育测量中的统计指标	309
第二节	物理教育测量中的统计方法	322
第三节	研究资料的描述与统计分析	324
第十五章	中学物理教育研究导论	334
第一节	物理教育研究课题概述	334
第二节	物理教育研究的选题	336
第三节	物理教育研究的基本方法	342
第四节	物理教育研究的方法与步骤	346
<b>参考文献</b>		<b>350</b>



# 第一篇

## 中学物理课程论

---

21世纪初，新一轮基础教育改革在全国范围内展开，首先是课程的改革。教育部制定了新的课程标准，终止了原来各科的教学大纲，让基础教育适应社会发展的需求，由“应试教育”向以提高国民素质为宗旨的“素质教育”迈进。接着，依据新的课程标准，彻底转变思想观念，全面更新了基础教育的教材。与此同时，展开全国范围的课程改革与教学改革的理论与实践研究。

第一篇中学物理课程论主要研究物理课程及其起源与演变、初中物理课程标准、高中物理课程标准以及科学课程标准，内容包括物理学与物理教育、物理课程论与物理标准、物理新课程教材分析与研究。以下做详细讨论。



# 第一章 物理学与物理教育

作为物理学师范生或者物理课程论的研究生，我们已经学习了普通物理学，正在或者已经学习了理论物理学，已经明白物理学是研究物质结构、物质相互作用和运动规律的自然科学。这只是对于物理这门科学在学术意义上的一种界定。而我们所面对的“物理学”，作为大学生或者研究生，它同时又是一门课程；作为未来的物理教师或者物理教育研究者或者物理学研究者，有必要从教育意义和研究方法的层面上去进行一番再认识、再分析，以挖掘蕴含在其中的自然科学、技术、美学、教育和人文知识等丰富内涵，以期领悟物理学、物理教育及其相互的关系，认识近代许多的物理学大师同时又是一代物理教育宗师取得辉煌硕果的无穷奥秘。

## 第一节 物理学的特点

从文化的角度，物理学是人类文明的精华之一；从科学性质的角度，物理学是人们对无生命自然界中物质的转变的知识做出规律性的总结；从研究对象的角度，物理学是研究物质结构、物质相互作用和运动规律的自然科学。从哲学的角度，物理学是寻找宇宙各种序 (orders)、对称性 (symmetry) 和对称破缺 (symmetry-breaking)、守恒律 (conservation laws) 或不变性 (invariance) 以及物质各种低级运动形式的普遍规律。从物理学发展历史和传播的角度，“物理”一词的最先出自希腊文 φυσικ，原意是指自然。古时欧洲人称呼物理学作“自然哲学”。日语中“物理”一词起自于我国明末清初科学家方以智 (1611—1671，字密之，明末清初画家、哲学家、科学家。崇祯十三年进士) 的百科全书式著作《物理小识》。

“物理”二字出现在中文中，是取“格物致理”四字的简称，格：推究；致：求得。《礼记·大学》：“致知在格物，物格而后知至。”即探究事物的形态和变化的原理，从而获得知识。

### 一、物理学的特点

首先，物理学是一门实验科学。

物理学是以实验为基础的科学，它的根基在实验，一切理论都要以实验作为唯一的检验基准。人们对物理问题总是在观察、实验的基础上，在经过一系列的科学抽象，从现象深入到本质，从感性上升到理性，最后形成物理理论 (假说)；而物理理论在经过可重复科学实验的反复检验后，又进一步系统化而形成一门学科，这就是物理学。追根溯源，可以看到，物理学最开始源于观察与实验，而又必须经受实验的检验，而观察与实验的最初原动力是人们的生产实践，是人们追求探索自然的奥秘。认识到这一点，才能从本质上理

解物理学。

观察和实验是进行物理学研究的基本方法，是获得感性材料、探索物理规律、认识物理世界的基本手段，也是检验物理理论的唯一标准。这两种基本方法在物理学的框架下的确切含义是观察与实验。

观察：主要是指人们对物理现象在自然发生的条件下（即对现象不加控制）进行考察的一种方法。单纯的观察受到自然条件的种种限制，因而具有被动性。

实验：是人们根据研究的目的，利用科学仪器和设备，设法控制或模拟物理现象或过程，排除次要因素，突出主要因素，在最有利的条件下研究自然规律的方法。

自然科学的发展开始于观察，当人们不满足于自然条件下去观察研究对象，要求对研究对象进行积极干预时，就要使用实验的方法。科学从观察阶段进入实验阶段是一种质的飞跃。特别是在近代物理学的发展中，物理学的实验方法不仅促进了理论的诞生，而且愈来愈成为现代物理学各分支领域的重要工具。

提供事实、验证理论、测定常数、推广应用这四个方面基本上概括了实验在物理学发展中的作用。正如我国著名物理学家张文裕教授所指出的，“科学实验是科学理论的源泉，是自然科学的根本，也是工程技术的基础”，“基础研究、应用研究、开发研究和生产四方面要紧密结合在一起，必须有一条红线，这条红线就是科学实验”。

伽利略（Galileo Galilei, 1564—1642）倡导理论与实验相结合，用实验来验证理论的正确性，开创了以实验为基础、具有严密逻辑理论体系的近代科学。随着时代的发展，物理实验在社会科学中延伸，发挥着巨大的作用。例如：激光的实验技术不但在物理学中发挥作用，而且在生命科学中也获得广泛应用。激光对微生物细胞的生长、代谢、生理性能和遗传特性等方面的实验研究，为工农业微生物育种提供了实验技术。而利用激光的高温高压作业性能优势，又可将激光作为手术刀，在眼科、胸科、牙科等手术中都有广泛的应用。再如物理学中的遥感实验技术也成为近代研究地理学的重要手段。利用遥感实验技术采集数据，可以深入了解地球资源、自然灾害、生态环境等方面的情况和动态变化，等等。

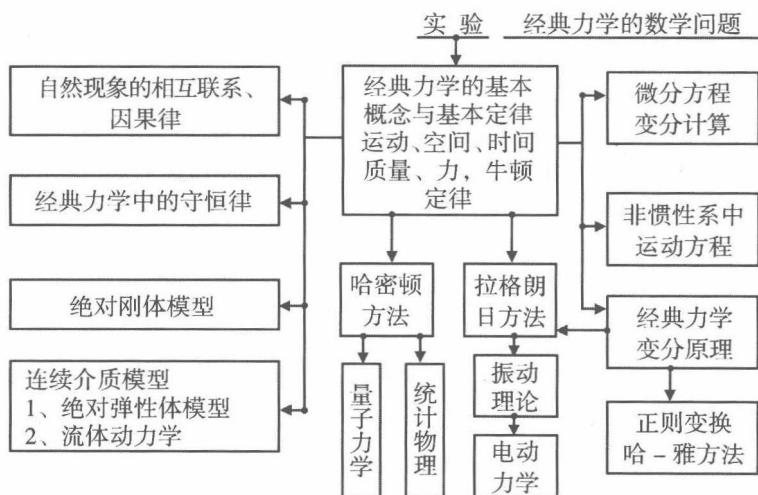


图 1-1-1 经典力学的学科体系结构图

第二，物理学是一门严密的理论科学。

物理学以物理概念为基石，以物理学定律为主干，建立了经典物理学、现代物理学及其各分支物理学科严密的逻辑体系。

物理学的认识成果是通过一系列物理概念来加以总结和概括的。物理学的完整体系就是由力、质量、动量、能量、场和量子等反映物质运动基本特点的物理概念和与这类概念相联系的基本定律，以及运用逻辑推理得到的一系列结论和原理所组成。

例如，图 1-1-1 展示了经典力学的学科体系结构：

从这个例子可以看到，物理学的理论逻辑严密，具有高度的系统化，环环相扣，这也意味着物理思维的严谨性。

第三，物理学是一门定量的精密科学。

物理是一门定量的精密科学，从物理概念转变为物理量开始，它利用种种数学表述手段为理论与实践（实验）开辟道路、使物理学的结论可随时加以严格验证。

物理学中的一些基本定律与公式，正是物理量之间函数关系在一定条件下规律性的反映。这说明物理学与数学之间的关系是极为密切的。数学作为研究物理学的一种重要方法和工具，其作用主要是：为物理学提供了描述物理概念和规律的简洁、精确、形式化的语言和表达式，简化和加速了思维进程；提供了对观测材料进行科学抽象的手段，促进了物理规律和理论的建立，为分析和解决具体物理问题提供了计算工具。

例如，著名的麦克斯韦方程组表示如下：

$$\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{s} = \sum q_0$$

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{s} = 0$$

$$\oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \iint_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{s}$$

$$\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum I_0 + \iint_S \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \cdot d\vec{s}$$

在麦克斯韦方程组中，电场和磁场已经成为一个不可分割的整体。该方程组系统而完整地概括了宏观电磁场的基本规律，并预言了电磁波的存在。

当牛顿定律以一个简洁的方程式  $(\vec{F} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = m\vec{a})$  表达了经典力的核心概念的时候，物理对象之间的关系是明白的，感性是直观的，力就是物理对象之间的时空关系。但是，对于电磁场，人们却无法用一个方程式来表达场之间的关系，而必须用一组方程同时表达它们之间的关系。电磁场的方程式各自有独立的实验意义而又相互依存，它们是同一个物理对象、同时又具有不相同的物理现象的本质抽象，它们的共存性是在实验和思想实验中被发现和被归纳总结出来的，它们必须同时共存于同一个方程组之中——这就是它们的物理本质，因此，在这个意义上，麦克斯韦方程组是一组彼此相关的公理，它以特殊的数学方式表达了一种物理存在。也正是在这种意义上，麦克斯韦方程组表现了它在物理学史中的里程碑式的意义，即第一，它以不同的数学方程式表达了在时空中具有不同物理现象的物理存在，在这个意义上它继续了经典物理学；第二，它以方程组的形式表达了场的存在，体现了电与磁的本质——共存性关系，在这个意义上，它又是显著的非经典的。

描述电磁物理存在的麦克斯韦方程组的数学形式使物理学的数学严密性得到了充分的

体现。

第四，物理学是一门研究物质运动形式最一般规律和应用十分广泛的基础科学。

物理学是一门被人们公认为最重要的基础科学。物理学取得的成果极大地丰富了人们对物质世界的认识，有力地促进了人类文明的进步。正如国际纯粹物理和应用物理联合会第 23 届代表大会的决议《物理学对社会的重要性》指出的，物理学是一项国际事业，它对人类未来的进步起着关键性的作用：探索自然，驱动技术，改善生活以及培养人才。上世纪初相对论和量子力学的建立，为物理学的飞速发展插上了双翅，取得了空前辉煌的成就，以至于人们将 20 世纪被誉为“物理学的世纪”。

再如，爱因斯坦发现，质量的减少与能量的释放相对应，释放出来的能量等于减少的质量乘以光速的平方，即  $E=mc^2$ 。基于相对论的结论，可以断定，在最重的原子核发生核反应时，即大量质子和中子组成的重核分裂为较小的核时，就释放出能量。1952 年 10 月 31 日，太平洋埃尼威托克岛第一颗氢弹的爆炸，如图 1-1-2 所示。这正是把相对论运用到了原子核物理学，从而使原子能的释放成为现实。

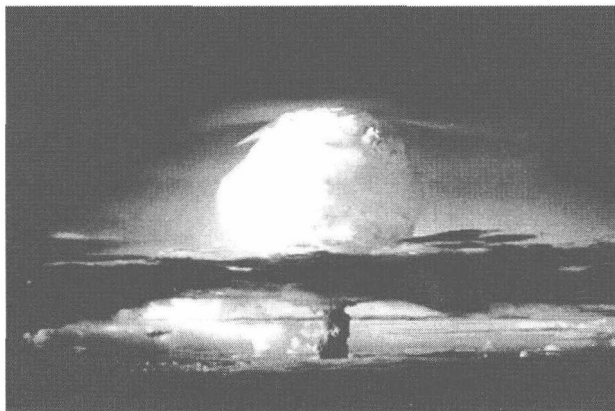


图 1-1-2 太平洋埃尼威托克岛第一颗氢弹的爆炸

第五，物理学是一门带有方法论性质的科学。

从物理学的早期萌芽到近现代发展，都以它丰富的方法论和世界观等充满哲理的物理思想影响着人们的思想、观点和方法，影响着社会思潮和社会生活，因此物理学曾被称为“自然哲学”、“科学方法论的典范”、“辩证唯物主义哲学的科学基础”、“现代科学哲学的支柱”等等。

诚如诺贝尔物理学奖得主、德国科学家玻恩 (Max Born, 1882—1970) 所言：“与其说是因为我发表的工作里包含了一个自然现象的发现，倒不如说是因为那里包含了一个关于自然现象的科学思想方法基础。”物理学之所以被人们公认为一门重要的科学，不仅仅在于它对客观世界的规律做出了深刻的揭示，还因为它在发展、成长的过程中，形成了一整套独特而卓有成效的思想方法体系。正因为如此，使得物理学当之无愧地成了人类智能的结晶，文明的瑰宝。

大量事实表明，物理思想与方法不仅对物理学本身有价值，而且对整个自然科学，乃至社会科学的发展都有着重要的贡献。有人统计过，自 20 世纪中叶以来，在诺贝尔化学奖、生物及医学奖，甚至经济学奖的获奖者中，有一半以上的人具有物理学的背景；——

这意味着他们从物理学中汲取了智能，转而在非物理领域里获得了成功。——反过来，却从未发现有非物理专业出身的科学家问鼎诺贝尔物理学奖的事例。这就是物理智能的力量。难怪国外有专家十分尖锐地指出：没有物理修养的民族是愚蠢的民族！

物理学的发展史告诉我们，在物理学发展过程中，每一次物理学思想上的“危机”都孕育着物理学上的一次重大的突破，而每一次重大的突破都会强烈地在当代乃至下一代的物理思想方法上留下不灭的印记。一个重要的物理学定律或定理的产生往往是一代人甚至是几代人的坚持不懈努力的结果。而在每一项成果的背后，总伴随着新的物理思想方法的产生，或用新的物理思想方法作为它的世界观的支撑点。物理思想方法是在物理学各个发展阶段中逐渐萌发出来并成长为这个阶段物理学最重要的，对促进和发展以后物理学认识有突出影响的物理学的主流思想方法，这些思想方法既体现在物理学家对他们研究领域和研究工作的思考、理解、认识以及创造性发展的过程中，也体现在与不同学派和不同观点的比较、切磋、争论以及逐渐为同行所认可的过程中。在一个时期占有突出主体地位的物理学思想和方法不仅给那个时期的物理学发展打上了深深的烙印，而且对以后物理理论的发展方向和速度产生着重大的影响。比如，关于光的波动和粒子二象性的问题。

第六，物理学是一门蕴涵着特殊文化的科学。

从广义来说，文化指的是人类历史实践过程中创造的物质财富和精神财富的总和。它包括科学文化和人文文化。同样地，物理学家在长期科学实践中所创造的大量物质产品与精神产品，也就构成了物理文化。物理文化是科学文化的重要组成部分。

物理学的实验学科性质在客观上体现了“真”；物理学创造的成果最终是为了造福于人类，它在目的性上体现出“善”；另外，物理学还在人的情感、意识等多方面反映了“美”。正因为物理学本身兼具真、善、美的三重属性，我们完全有理由说，物理不仅是一种文化，而且是一种高层次、高品位的文化。

物理学是求真的。物理最讲究实证，物理学家在科学研究活动中最基本的态度就是实事求是，坚守“实践是检验真理的唯一标准”的原则。正如物理学家费曼所说：“不论你的想法有多美，不论你多么聪明，更不论你名气有多大，只要与实验不符便是错了，简简单单，这就是科学”。可以说，物理学的发展史，就是一部不断修正错误、不断逼近真理的“求真”史。

物理学是从善的。物理学致力于将人从自然中解放出来，从必然王国走向自由王国，帮助人们不断认识自己，促使人的生活趋于高尚。这是物理学的价值取向和终极目标，因而物理学的本质是从善的；另外，物理学家的行为也是从善的。爱因斯坦曾这样评价居里夫人和以她为代表的杰出物理学家：“第一流人物对时代和历史进程的意义，在其道德方面，也许比单纯的才智成就更大”。他们那种严谨求实的态度、献身科学的精神，热爱人民的情怀等等，对于后人无疑是一份尤为珍贵的人文财富。

物理学是臻美的。德国物理学家海森伯（Werner Karl Heisenberg, 1907—1976）说过：美是真理的光辉；罗马哲学家普洛丁又说过：善是美的本原。由此，物理学因真而美、因善而美就是十分自然的了。物理的美属于科学美，主要体现于简单、对称和统一；对称则统一，统一则简单，它们构成了物理学的基本美学准则。

翻开物理学的篇章，可以发现到处都跳动着美的音符，体现了人们对美的追求与创造。仅以统一性为例。当代物理学的发展，正朝着两个相反的研究方向延伸：最宏大的宇

宙与最微小的粒子。令人感到惊讶的是，随着研究的深入，它们两者并非是分道扬镳、越走越远，反倒显示出不少殊途同归、相辅相成的迹象。例如，粒子物理学的一些研究成果常被天体物理学家所借鉴，用来探寻宇宙早期演化的图像；（正由于此，粒子物理学在某种意义上也被称为“宇宙考古学”）。反过来，宇宙物理学的研究也为粒子物理学家提供了丰实的信息与印证。于是，物理学中两个截然相反的分支，就这般奇妙地衔接在了一起——犹如一条怪蟒咬住了自己的尾巴。

又如，英国物理学家狄拉克（Dirac，1902—1984）首先发现，在自然界的某些物理量之间存在着下列引人注目的关系：

已知的宇宙半径/电子半径 $\approx 10^{40}$ ，已知的宇宙年龄/强衰变粒子寿命 $\approx 10^{40}$ ；

氢核与电子的库仑力/氢核与电子的引力 $\approx 10^{40}$ ；

在上述比数中，宇宙这个大的系统，与基本粒子这个小系统之间，竟然珠联璧合达到了如此完美的统一，让我们再次领略到了物理世界的美，一种动人心弦的壮丽的美。正是这许多美不胜收的事例，激发起人们对大自然由衷地赞叹与敬畏，难怪爱因斯坦会说：“宇宙间最不可理解的，就是宇宙是可以理解的”。

## 二、物理学的思维特征

物理学的研究，无论是概念的建立还是规律的发现、概括，都需要思维的加工，与一般的思维过程相比较，在共性之中，物理学科的思维又有其个性。对这种个性的准确了解和把握，有助于加强物理教学中的针对性和灵活性。

### （一）模型化

物理学科的研究，以自然界物质的结构和最普遍的运动形式为内容。对于那些纷繁复杂事物的研究，首先就需要抓住其主要的特征，而舍去那些次要的因素，形成一种经过抽象概括了的理想化的“典型”，在此基础上去研究“典型”，以发现其中的规律性，建立新的概念。这种以模型概括复杂事物的方法，是对复杂事物的合理的简化。而抽象概括和简化的过程，也正是人脑对事物的思维加工过程。模型就是一种概括的反映，就是概念，亦即是一种思维的形式。

把握好物理模型的思维，是学生学习物理的困难所在之一。然而，在中学物理教学中，模型占有重要的地位。物理教学，首先是引导学生步入模型这个思维的大门，适应并掌握这种思维形式，具备掌握物理模型的思维能力。

### （二）多级性

任何一门学科，其内容都不会是孤立的存在，不可避免地会与其他学科有或多或少的联系。在本学科内，一个物理问题的提出、解决，其后所牵涉到的问题，可能有许多个环节，问题的解决所经历的思维过程，往往需要分作几个过程、阶段或几个方面、几步。须经历分析、综合的相互转换，往复循环，逐级上升。本文谓此特点为物理思维的多级性。

一般说，物理思维的多级性，亦包括了模型的转换。无疑，这种思维的多级性，要求更高的思维能力，这是对于思维能力培养的一次推进。而对于步入新阶段学习的学生来说，是一个新的水平，也是对思维惰性的一个冲击。从开设物理课开始，便须注意不断地引导并培养学生发现新问题、解决新问题的敏锐能力，鼓励学生勤于钻研、深于追究的思维品质。



### （三）多向性

许多物理问题的解决，并不只有一种办法。同一个问题，从不同的方面出发，用不同的方法，都可以得到同一个结果。

还有一些问题则不同，并不只有一个结果存在，需要作全面的分析。而解决这类问题所需要的思维过程，须是开放性的。即依据一定的知识或事实，灵活而全面地寻求对问题的各种可能的答案。这种特点，被称作发散思维或求异思维。

求异、发散是思维的灵活性、广阔性的体现，要求个体具有能从常规、呆板或带有偏见的思维方式中解脱出来，把思维从曾经历过的路上转移开来，以探求新的解决办法，又能从不同的角度、方向、方面去思考问题，用多种方法去解决问题。

而且，在思考中能灵活地进行分析和综合的转换，全面地把握问题，细心地权衡哪些思维是有利的，哪些思维是正确的。

### （四）表述的多样性

物理问题的表达方式也是多种多样的。例如表述物理规律，可以用文字叙述，也可以用公式表示，还可以借助于画图像。有些问题还可以用各种图示。概念的表述，亦有类似的方式。每一种表述，都是一种语言，同样是一种思维。

这种表述的多样性，在解决问题的过程中，要求首先对思维的方法要加以选择、优化。选择和优化是对思维的批判性品质的表现，也是思维灵活性品质的表现。物理教学，就需培养学生选择表述方式的意识，学会并掌握物理语言，准确地运用适当的语言思考、论述物理问题的习惯和能力。

### （五）思维的转换

思维的转换是物理思维的又一个特点。它要求个体及时地更换自己的思维方向，转换思维的方式，改变语言表达方式，以更简捷、有效的方式进行分析、综合。研究对象的转换、物理模型的转换、物理模型和数学模型的转换等是常见的。

思维的转换，既是物理思维的特点，也是学生学习物理解决困难的又一所在。

思维的转换，是思维的灵活性品质的体现，在物理教学中，需要有意识地培植这种品质。

### （六）假设与验证

为了解决某一问题的思维，所必须经历的步骤，一般说有如下四步，即发现问题、认清问题、提出假设、验证假设得出结论。而其中的假设与验证是思维过程的中心环节或关键环节。在解决有多种可能的问题时，结论与假设有关的，必须加以验证。验证假设的思维是人的认识深化的过程。验证的方法，可以是间接的方法，即推理的方法，也可以是直接的检查，即知觉的方法。但无论以怎样的方法来作验证，都直接地培养了学生思维的广阔性和深刻性。

### （七）等效思维

等效方法的运用，是物理思维的又一个特点。所谓等效，即效果相同。例如矢量的合成分解、等效电路等，都是简化复杂问题的方法。把复杂的对象等效作一个模型，以便能够应用已有的知识去处理。这种等效处理的方法本身，就是一种思维。

### （八）实践性

物理知识的另一个特点是它与实践的紧密联系。许多知识是实践观察的总结。