

高等院校选用教材系列

# 新编大学物理学

邓明成 编 著

王柏龄 蔡建乐 副主编  
黄述熙 郑采星



科学出版社  
Science Press

面向 21 世纪试用教材

# 新编大学物理学

邓明成 编 著  
王柏龄 蔡建乐 副主编  
黄述熙 郑采星

科学出版社

2000

## 内 容 简 介

本书是面向 21 世纪工科大学物理试用教材。它是现代物理思想、概念、研究方法和现代教育思想、教学方法为基准并根据现代工程技术对物理学的基本需求编写的。有一个比较完整的现代化的概念结构体系。本书分为四篇十二章,书首有绪论,书末有结束语,构成一个不可缺少的整体。第一篇力学包括:时空对称性与三大守恒定律,狭义相对论和广义相对论,机械振动与机械波,量子力学基础。第二篇电磁学包括:静电场,静磁场,电磁场与电磁波,相对论电磁学简介,波动光学。第三篇统计物理学和热力学基础。第四篇非线性物理学简介包括:熵与耗散结构理论,混沌,分形,非线性光学。教学参考时数 120 学时。

本书可作为重点工科院校工科类学生的基本教材,可供一般工科院校工科类学生选用,对物理专业学生和大学物理教师也有参考价值。

### 图书在版编目(CIP)数据

新编大学物理学/邓明成编著.-北京:科学出版社,1999.9

(高等院校选用教材系列)

ISBN 7-03-007789-X

I. 新… I. 邓… III. 物理学-高等学校-教材 IV. 04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 32119 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号  
邮政编码:100717

北京双青印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

\*

1999 年 9 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2000 年 4 月第二次印刷 印张:22 1/4

印数:3 001—6 000 字数:520 000

定 价: 30.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

## 序

科学技术在迅速发展,物理学不断地揭示出许多新的现象、规律,正如鲁道耳夫·派尔斯所说:“我们必须认识到,像物理学这样一个学科是一直在变化着的。”为此,人们有理由要求:物理学的进展也应平行地反映在物理教学的进展上,这就是说,对于物理教学,今天的它应不同于昨天的它,而明天的它又将不同于今天的它,作为理工科大学的一门重要基础课程——大学物理学(university physics),或称基础物理学(introductory physics)的改革要求就愈加迫切。

从本世纪中叶以来,无论国内与国外,这门课程的教材模式基本上是五、六十年代所通用,它在过去的四、五十年中起过积极作用;但是,在这三、四十年中物理学又有了长足的发展,有些学科前沿且已渗入到化学、生物学、工程技术等各方面,广大物理教师急切地需要有一本能反映时代脉搏的新教材;它应在有限的时间内,介绍少一些内容,却又要使学生理解得更深刻一些;它必须引入更多一些现代物理内容,并作为课程的重要部分;它的各部分内容应不是孤立的,而是相互交叉形成一条线链。我们也已经看到,从80年代后期,国际上纷纷涌现基础物理改革的浪潮,例如,美国自1987年就有“大学基础物理学规划”(the introductory university physics project,简称IUPP),它是由美国国家科学基金委员会(NSF)支持、美国物理教师协会(AAPT)主持的国家课题,历时10年之久,先后提出了四种教改模式,目前还在实践之中。这一事实说明,大学物理学的教材改革,是一艰苦、长期的过程。

大学物理学的改革虽是人们的共识,但是,对于为什么要改,怎样改,却有许多不同的见解。编写一本具有现代气息,具有一定先进特色的大学物理学教材,作者除了要具有雄厚的业务基础、丰富的教学实践经验外,更要有对教育事业的挚着热情和创新意识,才能将作者的观点、思路、见解融汇于教材之中。湖南大学邓明成、王柏龄、蔡建乐三位教授为主编写的《新编大学物理学》具有鲜明的时代特色,他们对传统的工科物理教材作了深入调查研究,认为传统的工科大学物理的内容结构体系必须进行改革,其中有与高中物理重复的问题、有与后继课程分工、覆盖问题,更有要以20世纪的物理学为基础,必须在课程中及早引入相对论与量子力学基础,使学生体验到它们是现代科学技术的两大支柱。从而,他们提出了以现代物理思想、概念和方法改编经典物理学,加强近代物理。作者用较少的篇幅,既阐明了经典物理的核心内容,又勾画了近、现代物理中的重要内容,前后贯通、首尾衔接,从而回答了普遍存在的为什么要改和怎样改的问题。《新编大学物理学》反映出作者的创新意识,是工科大学物理教学改革中的一种新的尝试,是教材现代化的一种模式,是值得推荐使用的。

《新编大学物理学》的作者,在处理经典物理学与近、现代物理学方面是有其特色的,因为处理这两部分内容是改革中的一大关键。经典物理在大学物理学中依然是重要的,它对解决工程技术中的问题仍然是必须的,但却应以现代的观点来审视、来处理;同时,加强近代,并不意味着“新”就是好,而是研究在基础物理课程中要融入哪些近、现代物理,融入

的理由是什么、深广度如何等等。本书作者对此作了很好的回答。

《新编大学物理学》所遵循的基本原则中：从整体到局部都采用逻辑有序结构，目的是使教材现代化。例如，作者既重视力学在物理学中的重要地位，却又不拘泥于传统的结构体系，从时空对称性与三大守恒定律开篇，揭示空间平移对称性、时间平移对称性和空间旋转对称性依次与动量守恒定律、能量守恒定律与角动量守恒定律相联系，反映出对称性的原理和研究方法在物理学中的重要地位。这就从一较高的视点来审视几个守恒定律，使读者有耳目一新之感，明显地比中学的力学上了一个“台阶”。再则，作者将读者从低速物体的机械运动开始研究，较快地领入了高速物体的运动规律及微观粒子的运动规律，介绍了狭义相对论（也介绍一些广义相对论）和量子力学基础，这样，现代物理的两大基础就能较早地呈现到读者面前，使他们对新的概念及早认识，才可能理解这一绚丽多彩的物理世界。也许有人会担心学生是否能接受！那么，作者在试点班对这两部分的调查，学生的反馈信息是：它们对“提高科学素质”、“学习现代科技”和“物理概念现代化”是很重要和重要的比例约达 90%，说明这种改革是相当成功的。当代世界著名物理学家吴健雄教授曾说过：“进步道路上的绊脚石是，也一向是，不容许怀疑的传统”，我们在改革的道路上应该深省她的警句！

如果说，精选经典力学中的核心内容还较易做到，那么，对电磁学的改革，国际上不少学者认为是比较难处理的，因为它既重要又“传统”。《新编大学物理学》的作者，一方面保持概念结构体系的完整性，精选内容，另一方面又加强了相对论电磁场理论，将力学篇中的相对论延伸到电磁学中，这会使读者有前后呼应的感受。作者更注意电磁学规律在工程技术上的应用，如介绍了磁流体发电、超导的应用等，从电磁学总体来说，虽比“传统”内容有所增添，却因遴选适当，可用学时反而有所减少。

基础物理中应强调统计物理，其必要性是国内外学者所公认的；基础物理中应引入更多一些近、现代物理内容也是人们的共识，只是如何遴选内容，却是仁者见仁，智者见智，有不同的见解是必然的，却都有一定的论点与依据。凡是“新”就应纳入基础物理的范畴，必然为大多数学者所不取，本书作者在热力学、统计物理的基点上，着重论述了五个态函数及其在工程上的相关应用，也是该书的一个特色。在众多纷纭的近、现代物理内容中，除了前述的两大支柱外，鉴于当今许多物理现象、规律已不再只是线性的，非线性物理既是现代物理学的基本内容，又对 21 世纪的新技术有着重大影响，它将为读者开拓一个新的物理世界。作者选取了熵与耗散结构理论、混沌、分形和非线性光学四个部分，而且在每一部分中都适当地涉及到它们分别在天体、医学、生物、建筑等其他学科领域中的应用，注意到物理学科与其他学科之间的渗透、交叉。

全书的“结束语”指出了物理学和现代工程技术面临的重大问题，天体物理、粒子物理的两大难题，简短介绍了 21 世纪将得到开拓的新技术，披露了物理世界的当今概貌；用众多的历史事实，揭示出许许多多的年轻物理学者的创见对人类作出了的重大贡献；鼓励学生们要勇于创新、敢于探索，又要脚踏实地，具有严谨的科学作风，才能锻炼成为 21 世纪的栋梁之材。可见作者的用心良苦。

凡事开头难，《新编大学物理学》作者既有勇气、敢于创新，又注意到教材的科学性，反映时代的先进性，也注意学生的可接受性，他们在试用这本新教材中，从学生那里得到的反馈信息，充分说明了这些特点。所以，这本教材必将在大学物理教材改革的浪潮中经受

住考验,成为一本师生喜爱用的新教材。

中国物理学会国际物理教育信息交流中心主任  
欧洲GIPEP,美国AAPT会员,东南大学教授

许瑛  
一九九九年五月

## 前 言

大学物理教材要现代化,是当今世界各国的共识,也是各国大学物理教师正在积极探索解决的课题。工科物理教材的现代化,是我国工程教育现代化的迫切需要,是培养面向 21 世纪高科学素质科技人才的迫切需要。我们为此进行了长期的研究与实践,编写了本书。

本书是面向 21 世纪工科物理试用教材。它是以现代物理思想、概念、研究方法和现代教育思想、教学方法为基准并根据现代工程技术对物理学的基本需求编写的,有一个比较完整的现代化的概念结构体系。本书的概念结构体系有以下特点:(1)从整体到局部都采用逻辑有序结构。不采用逻辑有序结构,工科物理教材不可能全面现代化,就难以满足工程教育现代化对工科物理的基本需求。(2)从整体到局部保持概念结构体系的完整性。(3)每一章的核心概念突出,重点明确。(4)全书从绪论到结束语构成一个完整的体系,缺一不可。

本书的基本内容,是既兼顾传统工程技术所需要的经典物理学,又反映近代、现代及与现代工程技术相结合的物理内容。物理学是科学技术的基础,物理教育是工程技术教育的基础。没有前者将脱离我国当前工程教育的实际,没有后者将影响我国工程教育在 21 世纪的竞争力。本书的安排是两部分内容约各占 50%。因此,本书的内容比较广泛,能为培养面向 21 世纪高科学素质科技人才提供较宽实的物理基础知识、物理思想和研究方法。这些知识、思想和研究方法是培养创造型科技人才所必需的。

本书编写宗旨是把“先进性、科学性、完整性、实用性”结合为一体,遵循以下九项原则:(1)用现代物理思想、概念和方法统帅全书,改造经典物理学,建立一个现代化的、完整的、统一的物理图像。(2)以现代教育思想为指导,把科学素质教育放在首位。(3)突出物理学的基本特征。物理学是一门实验科学,基本概念的介绍,物理定律的确立,只要有可能都以实验和物理现象为基础。(4)突出工科物理的基本特点。物理学与现代工程技术相结合,满足工程技术现代化对物理概念、原理和研究方法的基本需求。(5)用现代工程教育大系统观进行研究。把工科物理置于整个工程教育现代化之中进行研究,建立一个不同于任何课程的概念结构体系,内容不与高中理科物理、工科物理实验、电工学重复,概念结构体系不与理论力学等工程技术型课程重叠。(6)用对比法进行研究。将工科物理传统教材与发达国家同类教材进行对比研究,与国内典范改革教材进行对比研究,集诸家(包括传统教材)之所长,建立一个先进、科学、完整、实用的概念结构体系。(7)确立工科物理知识结构的基本特征。物理知识结构由基本概念、基本定律、物理思想、研究方法和物理精神组成。以基本概念为核心,物理思想为灵魂,研究方法为纽带,把“五基”融为一个整体。(8)用辩证唯物史观进行研究。以主要物理学家的思想、观念、研究方法为线索,介绍基本概念、基本定律的形成和发展过程,变“静态”物理学为“动态”物理学。(9)少而精。精选内容(包括例题和习题),精心编

排，篇幅限定在 52 万字左右，学时限定在 120 左右。

为便于学生学习，编有本章提要、思考题、习题及其参考答案。

参加编写本书的还有文利群、王鑫、彭军、柯丽华四位老师。

沈抗存、靳九成教授主审本书，提出了许多重要修改意见，在此表示由衷的感谢。

邓泉洲先生对本书全部线图进行了设计和绘制，在此表示深切的谢意。

湖南大学学校领导、教务处、教材料、应用物理系对本书的编写和出版给予了极大关心和支持，土木系、化学化工学院、机械学院的数百名学生对本书的试用给予了密切配合。在此谨向他们表示衷心感谢。对热诚支持本书编写工作的国内和校内的专家、教授、老师及其他人员表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限，错误和不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

1999 年 5 月



# 目 录

序	
前言	
绪论	1

## 第一篇 力 学

<b>第一章 时空对称性与三大守恒定律</b>	6
§ 1-1 描述质点运动的物理量	7
§ 1-2 惯性系 力学相对性原理	10
§ 1-3 绝对时空观 伽利略变换	15
§ 1-4 功 动能 势能	19
§ 1-5 空间平移对称性与动量守恒定律	21
§ 1-6 空间旋转对称性与角动量守恒定律	25
§ 1-7 时间平移对称性与能量守恒定律	30
§ 1-8 碰撞	34
本章提要	35
思考题	37
习 题	37
<b>第二章 狭义相对论和广义相对论</b>	41
§ 2-1 狭义相对论的基本原理	42
§ 2-2 狭义相对论时空观	43
§ 2-3 狭义相对论的质量、动量和能量	47
§ 2-4 质量、能量、动量和力的洛仑兹变换	51
§ 2-5 广义相对论简介	52
本章提要	57
思考题	58
习 题	58
<b>第三章 机械振动与机械波</b>	60
§ 3-1 简谐振动 位相	60
§ 3-2 简谐振动的合成	65
§ 3-3 波的基本概念	67
§ 3-4 惠更斯原理 波的衍射	70
§ 3-5 平面简谐行波	71
§ 3-6 波的干涉 驻波	75
§ 3-7 多普勒效应	79

本章提要 .....	82
思考题 .....	84
习 题 .....	85
<b>第四章 量子力学基础 .....</b>	<b>88</b>
§ 4-1 光的波粒二象性 .....	89
§ 4-2 康普顿效应 .....	92
§ 4-3 德布罗意的物质波假设和驻波思想 .....	93
§ 4-4 波函数 薛定谔方程 .....	96
§ 4-5 定态薛定谔方程和驻波思想的应用 .....	98
§ 4-6 海森伯不确定关系 .....	104
§ 4-7 氢原子理论 .....	107
§ 4-8 原子的壳层结构 .....	112
§ 4-9 激光 .....	113
§ 4-10 原子核的基本性质和结构 .....	117
§ 4-11 核磁共振 .....	119
本章提要 .....	124
思考题 .....	126
习 题 .....	127

## 第二篇 电 磁 学

<b>第五章 静电场 .....</b>	<b>131</b>
§ 5-1 电荷守恒定律 .....	131
§ 5-2 电场和电场强度 .....	132
§ 5-3 静电场的环路定理与电势 .....	135
§ 5-4 电势梯度 .....	138
§ 5-5 电介质 .....	140
§ 5-6 静电场的高斯定理 .....	142
§ 5-7 电容 静电场的能量 .....	145
§ 5-8 稳恒电场 .....	150
§ 5-9 静电的应用 .....	154
本章提要 .....	157
思考题 .....	158
习 题 .....	159
<b>第六章 静磁场 .....</b>	<b>161</b>
§ 6-1 磁场 磁感应强度 .....	161
§ 6-2 运动点电荷和电流的磁场 .....	163
§ 6-3 磁场高斯定理和安培环路定理 .....	166
§ 6-4 安培力 .....	170
§ 6-5 洛仑兹力 .....	174

§ 6-6 磁介质 .....	178
本章提要 .....	181
思考题 .....	182
习 题 .....	183
<b>第七章 电磁场与电磁波</b> .....	185
§ 7-1 法拉第电磁感应定律 .....	185
§ 7-2 动生电动势 感生电动势 .....	187
§ 7-3 自感 互感 .....	189
§ 7-4 磁场能量 .....	192
§ 7-5 麦克斯韦电磁场理论 .....	194
§ 7-6 电磁波 .....	198
§ 7-7 磁记录原理 .....	203
§ 7-8 超导 .....	204
本章提要 .....	210
思考题 .....	212
习 题 .....	212
<b>第八章 相对论电磁学简介</b> .....	215
§ 8-1 电场强度的洛仑兹变换 .....	215
§ 8-2 电场力的洛仑兹变换 .....	218
本章提要 .....	220
思考题 .....	221
习 题 .....	221
<b>第九章 波动光学</b> .....	222
§ 9-1 光的相干性 .....	223
§ 9-2 光的干涉 .....	225
§ 9-3 光的衍射 .....	230
§ 9-4 光的偏振 .....	236
§ 9-5 液晶 .....	243
§ 9-6 光纤通信 .....	246
本章提要 .....	249
思考题 .....	253
习 题 .....	253

### 第三篇 统计物理学和热力学基础

<b>第十章 统计物理学基础</b> .....	256
§ 10-1 理想气体压强和温度的统计解释 .....	256
§ 10-2 能量均分定理 理想气体的内能 .....	259
§ 10-3 麦克斯韦-玻尔兹曼统计分布 .....	260
§ 10-4 气体分子的碰撞 气体内的迁移现象 .....	265

§ 10-5 量子统计 .....	268
本章提要 .....	270
思考题 .....	271
习 题 .....	272
<b>第十一章 热力学基础</b> .....	<b>273</b>
§ 11-1 热力学第零定律 温度 .....	273
§ 11-2 热力学第一定律 内能 .....	274
§ 11-3 热力学第一定律对理想气体准静态过程的应用 .....	278
§ 11-4 节流过程 焓 .....	282
§ 11-5 循环过程 卡诺循环 .....	283
§ 11-6 热力学第二定律 .....	285
§ 11-7 熵 .....	287
§ 11-8 绝对零度 热力学第三定律 .....	293
§ 11-9 焓 .....	294
本章提要 .....	298
思考题 .....	300
习 题 .....	301

## 第四篇 非线性物理学简介

<b>第十二章 非线性物理学简介</b> .....	<b>304</b>
§ 12-1 熵与耗散结构理论 .....	305
§ 12-2 混沌 .....	313
§ 12-3 分形 .....	322
§ 12-4 非线性光学 .....	324
本章提要 .....	329
思考题 .....	330
<b>结束语</b> .....	<b>332</b>
<b>习题参考答案</b> .....	<b>337</b>
<b>常用物理常数</b> .....	<b>342</b>

## 绪 论

物理学是研究物质的基本结构和基本运动规律的科学。物理学的基本概念和基本规律具有极大的普遍性,它为很多自然科学、工程技术提供了理论基础和实验技术。物理学的思想和方法,对自然科学的研究和工程技术的发展有指导作用。正因为如此,物理学又是一门带头学科,它与其他自然科学相互渗透,形成了一系列交叉学科,如生物物理、化学物理、海洋物理、大气物理、地球物理、天体物理等等,从而促进自然科学更快地向前发展。中国科学院院士、中国物理学会理事长冯端指出:“物理学作为严格的定量的自然科学的带头学科,一直在科学技术发展中发挥极其重要的作用。过去是如此,现在是如此,展望未来也是如此”。

物理学是科学技术之母,物理学的发展对人类生产力的提高起了极大的推动作用。可以这样说,物理学发展的每一次重大突破,都引起了一次工业革命。第一次是17、18世纪,牛顿(I. Newton)力学的建立和热力学的发展,有力地推动了其他科学的发展,蒸汽机的制造和机械工业的发展,引起了第一次工业革命——实现了工业生产的机械化。第二次是19世纪,在法拉第(M. Faraday)-麦克斯韦(J. C. Maxwell)电磁理论的推动下,成功地制造了发电机、电动机、各种电器和电讯设备,引起了第二次工业革命——工业生产的电气化。第三次是20世纪以来,由于相对论和量子力学的建立,人类的认识深入到了原子核的内部结构和基本粒子这一层次,实现了核能和人工放射性同位素的利用,促成了半导体、核磁共振、激光、电子计算机等新技术的发明,推动了材料科学、生命科学、宇宙科学等许多科学的发展,引起了第三次工业革命——核能的利用和工业生产的自动化。目前,物理学家将研究的眼光转向耗散结构、混沌、超导、等离子态和非线性物理,若能取得重大突破,将在21世纪引起第四次工业革命。

物理学的发展源远流长,古希腊有亚里斯多德(Aristotle)的《物理学》,我国战国时期的《墨经》等书也有不少物理知识的记述,但直到16世纪中叶才形成一门独立的学科。16世纪以来物理学的发展可分为三个阶段。16世纪至19世纪的物理学称为经典物理学,它包括牛顿力学,迈耶(J. R. Mayer)、焦耳(J. Joule)、克劳修斯(R. Clausius)、玻尔兹曼(L. Boltzmann)等人建立起来的热力学和统计物理学,以法拉第和麦克斯韦为主要创始人的电磁学和电动力学(包括光学)。20世纪初至40年代的物理学称为近代物理学,它包括爱因斯坦(A. Einstein)的狭义相对论和广大相对论,以德布罗意(P. L. V. de Broglie)、薛定谔(E. Schrodinger)、海森伯(W. Heisenberg)、狄拉克(P. A. M. Dirac)为主要创始人的量子力学和量子统计物理学。20世纪50年代以后的物理学称为现代物理学,它包括激光,核物理,粒子物理,固体物理以及混沌、耗散结构等非线性物理学。近代物理学和现代物理学已成为现代科学技术的源头和动力,也必将成为21世纪科学技术(包括工程技术)的理论基础。

物理学作为科学技术的基础科学和带头学科,有它自身的特点。物理学的主要特点有:(1)物理学是一门实验科学,它是观察、实验和科学思维相结合的产物。基本概念形

成和基本规律的发现都是通过观察、实验和科学的思维与抽象建立起来的。物理学发展到今天,在物理学家预言的新理论的指导下进行新实验的这一模式,显得更为重要并取得了许多巨大成功。(2)物理学的基本结构是由基本概念、基本定律、基本思想、基本方法和基本精神五部分组成的。在这“五基”中,基本概念结构体系是核心。基本定律是基本概念之间的本质联系。基本思想是物理学家建立基本概念结构体系所遵从的指导思想,是物理学的灵魂。基本方法是物理学家建立基本概念结构体系所用的研究方法、途径和手段,是科学素质的集中体现。基本精神是物理学家建立基本概念结构体系时所表现出来的优秀品质和崇高的科学精神,它是推动物理学向前发展的动力。我们学习物理学,就是要抓住“五基”这个重点。(3)物理学与数学和辩证唯物主义哲学有着密切的关系。物理学是一门定量的科学,它比任何其他科学更需要数学;物理学的发展又将大大促进数学的发展。如牛顿在创立牛顿力学的过程中,也促成了微积分的诞生,他不仅是一位伟大的物理学家,也是一位伟大的数学家,是微积分的创始人之一。法拉第提出“场”的概念之后促成了“场论”数学的建立和发展,麦克斯韦把“场论”数学用于电磁学建立了麦克斯韦电磁场理论,完成了电、磁、光的大统一。物理学和哲学是一对同生共长的同胞兄弟,从亚里士多德的《形而上学》和《物理学》开始就是如此。牛顿把他的力学称之为《自然哲学的数学原理》,牛顿力学的建立促成了机械唯物论的大发展。爱因斯坦相对论的创立与他的哲学思想密切相关,相对论的时空观又完全证明了辩证唯物主义的正确性。爱因斯坦逝世前两周说过:“本世纪初只有少数几个科学家具有哲学头脑,而今天的物理学家几乎全是哲学家”。可见物理学与哲学关系之密切。学习物理学,可以大大加深我们对辩证唯物主义的理解。(4)物理学所研究的对象,几乎都是根据实际情况和需要利用科学抽象和概括的方法建立起来的理想模型。理想模型包括理想化客体(如质点、刚体、弹簧振子、理想气体、点电荷、点光源、均匀电场……等等)和理想化过程(如匀速直线运动、简谐振动、简谐波……等等)。运用理想模型研究物理问题,是一种重要的科学研究方法,这种方法也适用于自然科学和工程技术的研究。

物理思想能启迪学生的创造思维和灵感,是培养开拓型人才的火种。基本的物理思想有:(1)物质不灭和运动守恒的思想。动量、能量和角动量三大守恒定律无论对宏观世界和微观世界都是普遍成立的。(2)物质的各种运动形式具有统一性的思想。物理学家自觉运用这一思想取得了许多巨大的成就,实现了三次大统一。一是牛顿力学实现了天体和物体的机械运动的统一;二是麦克斯韦电磁场理论实现电、磁、光的统一;三是现代物理的研究实现了电磁相互作用和弱相互作用的统一。四种相互作用(引力相互作用、电磁相互作用、弱相互作用和强相互作用)的大统一研究也取得了很大进展。(3)自然界存在着各种各样的对称性的思想。物理学家在这一思想指导下,攻破了一个又一个难关,获得了一系列的重大发现,已成为现代物理学研究的指导思想。(4)抓主要矛盾的思想。这一思想的具体运用就是针对不同的研究对象建立不同的理想模型以便寻找它们所遵循的客观规律。(5)针对不同的运动形式采用不同的研究方法的思想。如机械运动具有三大特性——相对性、矢量性和瞬时性,就采用参照系、矢量数学和微积分的方法进行研究;分子热运动具有统计性,就采用统计方法进行研究;振动与波的基本特性是它的周期性和叠加性,就引入位相概念采用周期性函数及其叠加的方法来进行研究……

物理学的方法是人类智慧的结晶,是开发智力和提高能力的重要途径。物理学的

研究方法遵循着“实践—认识—再实践—再认识以至无穷”的认识规律,具体说来主要有:

- (1)观测、实验法。这是研究物理学及其他科学的基本方法。绝大多数物理定律,如牛顿诸定律、三大守恒定律、库仑(C. A. Coulomb)定律、电磁感应定律等等,都是采用这种研究方法发现的。
- (2)科学思维法,包括数学分析法、数理统计法和辩证思维法等。运用这种方法才能建立起定量的物理学。才有近代物理学、现代物理学的创立和发展。
- (3)形象类比法。如法拉第提出“力线”、“力管”、“场”的概念之后,麦克斯韦将此与流体力学理论相类比,引入矢量函数并用“通量”和“环流”来描述电场和磁场,建立了完整的电磁场理论。
- (4)理想实验法。所谓理想实验,是将实际实验的方法和步骤用于未知的或不能实现的领域,进行逻辑推导和理性研究,以发现基本的物理原理。这种方法是物理学的一种重要的研究方法。伽利略(G. Galilei)运用这种方法发现了惯性定律。爱因斯坦运用这种方法建立了相对论理论。海森伯运用这种方法发现了量子力学的不确定性原理。
- (5)模型研究法。模型法是对比较复杂的研究对象,根据掌握的有关资料,先提出一种形象、具体、便于思维和推理的设想或模型,然后再根据设想或模型进行理论推理和实验检验,这是物理学研究中常用的一种方法。物理学中的许多假设,如安培(A. M. Ampere)的分子电流假设,麦克斯韦的涡旋电场和位移电流假设,普朗克(M. Planck)能量子假设,爱因斯坦光子假设,德布罗意物质波假设等都是这样提出来的。
- (6)判决实验法。实践是检验真理的唯一标准。判决实验是指对物理理论正确与否起判决作用的实验。具体说来,就是根据某一理论预言某一现象,能用实验方法证实这一现象的实验叫做该理论的判决性实验。如康普顿(A. H. Compton)效应是光的波粒二象性的判决性实验,电子的衍射实验是德布罗意物质波假设的判决性实验等等。

宇宙统一于它的物质性。列宁指出:“世界上除了运动着的物质之外,什么也没有。”物质、运动、时间、空间是一个整体。时间、空间是物质运动的基本属性,它不可能离开物质的运动而独立存在,时间和空间对运动的物质还有反作用,这不但是辩证唯物主义的基本观点,也为近代物理和现代物理的研究所证明。物质有两种形态:实物和场。实物是能量高度密集的空间,场是能量弥散的空间。真空也具有物质性,它是场的基态,并且具有3K的背景温度。运动有两种特性:粒子性和波动性。因此,物理学中最基本的概念有八个:物质、运动、时间、空间、实物和场、粒子和波。真空中的光速 $c$ 是物质运动速度的上限,即任何物质(包括光子)的运动速度都不可能超过光速,这称之为光速不可超越法则,它是自然界的基本法则之一。真空中的光速 $c$ 还将时空分为两个领域:低速时空和高速时空。物质运动速度远小于光速 $c$ 的时空叫低速时空,物质运动速度接近于光速 $c$ 的时空叫高速时空。普朗克恒量 $h$ 又将时空分为宏观和微观两部分。牛顿力学只能说明宏观低速时空中物体的运动规律。麦克斯韦电磁场理论也只适用于宏观领域。微观时空中物质的运动,遵守量子力学规律。高速时空中物质的运动,遵守相对论力学规律。牛顿力学是相对论力学和量子力学的极限情形。由此可见,真空中的光速 $c$ 和普朗克恒量 $h$ ,是物理学中两个最基本的自然常数。但是,无论是高速时空还是低速时空,宏观领域还是微观领域,动量、能量和角动量三大守恒定律总是成立的。

大学物理是工科学生的一门重要的基础课。学习大学物理有利于促进学习系统的发展。学习系统是由认知结构、智力结构、能力结构、学习心理品质结构这四个子系统组成的。认知结构分为两个层次:生活认知结构和科学认知结构。工科大学教育,主要是发展

学生的科学认知结构,即主要是为了提高学生的科学素质(包括工程技术素质)。物理学的基本概念是“解释自然的基本语言”,物理学的基本方法是研究自然科学乃至工程技术所需要的基本方法,物理思想是培养创造型人才的火种。因此大学物理是提高学生科学素质的基本教材。人的智力结构系统是观察力、注意力、思维力和想象力组成的有机整体。大学生的智力应以逻辑思维和辩证思维为核心,充分利用形象思维方式发展想象力(创造思维力)。物理学具有三大特点:(1)物理学的知识结构是科学技术中的基本结构,即是科学技术的母体,具有很强的再生能力,许多科学技术,如理论力学、材料力学、微电子学、激光技术、核磁共振技术等等,都是在物理学的基础上繁衍出来的。(2)物理学的知识结构具有广泛适用性,它能为科学技术提供基本理论、基本思路和思维模式。(3)物理学的知识结构是开放型的,具有巨大的活力和发展潜力,即具有很强的同化、迁移和再组织功能。所谓同化,是指将知识结构转化为学习者的认知结构和提高认知结构的质量。所谓迁移,是将认知结构输出去分析和解决实际问题。知识愈基本、愈概括,其共性愈强、覆盖面愈广,解决问题的能力愈高,人就愈聪明。所谓再组织,就是将自己掌握的知识结构即认知结构进行合理而科学的组合,这是发明创造必备的条件。知识的组织就是智慧,知识的重新组合就是创造。俄罗斯教育家乌申斯基(K. D. Usingski)说过:“智力不是别的,而是一个组织得很好的知识体系。”智力的价值就在于此,学习大学物理的价值也在于此。人的能力结构系统,是指普通才能、特殊才能和创造才能。对大学生来说,普通才能主要是指学习能力,包括表达能力、阅读能力、听讲能力和综合感受能力等。特殊才能主要是指专业技能,包括操作能力、实验能力和组织管理能力等。创造才能是指创新能力,包括科研能力、设计能力、信息变换能力和知识结构的重新组织能力等。在这三种能力中,普通才能是基础,但对社会能作出较大贡献的是特殊才能和创造才能。所以,对每一个大学生来说,在提高自己普通才能的基础上,要善于识别和发展自己的特殊才能,同时提高自己的创造才能,创造才能往往只表现在特殊才能的某一方面而不是平均地表现在各个方面。物理学的知识博大精深,研究方法系统、新颖,创新思想层出不穷,因而学习大学物理能很好地培养和发展自己的能力结构系统。学习心理品质结构系统,主要包括事业心、理想、奉献精神、兴趣、爱好、求知欲、好奇心、理智感、自信心、意志、信念、信仰、毅力等,是学习系统的动力系统和控制系统。大学生只有具备这些思想品质,才能勤奋好学、事业有成,对社会作出较大的贡献。物理学是带头学科、革命学科,许多物理学家充满了革命的精神,学习大学物理对于培养意志,提高心理品质因素有重要作用。

毛泽东说过:“不解决方法问题,完成任务就是一句空话。”我们的任务是学好大学物理,没有正确的学习方法当然是不行的。大学物理具有哲学的抽象性和概括性,具有高等数学的严密性和逻辑性,具有物理实验的实践性和操作性,学习起来难度较大,这是不容置疑的客观事实。从另一方面讲,具有适当难度的学习内容,往往是发展学生智力的桥梁。知难而进是我们应当具备的学习品格。成功、高效的学习方法必须符合学习的规律:乐学律、学思结合律、学用结合律、用思结合律。为此古人提倡的“博学之、审问之、慎思之、明辨之、笃行之”的十五字学习方法,很值得我们借鉴。学习方法当然应当因人而异,每位学生都应当根据自己的特点总结出一套高效率的学习方法,以适应大学阶段高难度、高速度、高信息量的教学过程的要求。但无论何种学习方法,都应当把“勤于思考、善于思考”放到中心地位。爱因斯坦说过:“学习知识要善于思考、思考、再思考,我就是靠这个方法成为科



学家的。”学习过程可分为四个阶段：把所学知识结构内化为认知结构，把认知结构活化为智力，把智力外化为能力，通过反复运用和情感系统的作用把认知结构升华为学习心理品质。在这四个阶段中，都必须通过思考才能取得较好的效果。学习要抓好五个环节：预习、听课、复习、作习题、总结。预习是准备，准备疑点、难点和问题，古人说“预则立，不预则废”，可见预习之重要。听课是输入，要做好课堂笔记：记思路、记要点、记补充内容、记问题。复习是消化：首先是进入状态“过电影”，然后针对结构、思路、疑点、难点进行复习和总结，必要时写出心得和体会。作习题是对所学知识结构起到深化、活化和固化的作用，要尽可能做到一题多解、举一反三。总结分为章、篇总结和全书总结三部分，总结的目的是使所学知识结构化、网络化、系统化，提高认知结构的内化质量。这五个环节是一个整体，缺一不可。在这五个环节中，一是要多思，二是要手勤，勤于作笔记和写好总结。此外还要树立“终生学习”的观点、学会阅读参考书，养成自学习惯，培养自学能力。至于如何读书，我国教育家冯友兰先生的经验是：“精其选、解其言、知其意、明其理”。我国大数学家华罗庚的经验是：“首先应不只看到书面上，而且还要看到书背后的东西”。即既要知其然，还要知其所以然。华罗庚还指出：“读书应当由薄到厚，再由厚到薄。”这是一个从量变到质变的过程，是一种融会贯通的学习方法，它对培养创造型人才是非常重要的。