

高等学校试用教材

# 普通物理学

第一册

(第三版)

程守洙 主编  
江之永

高等教育出版社

高等学校试用教材

# 普通物理学

第一册

(第三版)

程守洙 主编  
江之永

高等教育出版社

本书1961年8月第一版，1964年2月第二版，1978年9月第三版。全书分三册。第三版与前两版相比，内容变动较大，很多章节是重新编写的。

本书可作高等工业院校各专业物理课的试用教材，也可供综合大学和高等师范院校非物理系的物理课教学参考使用。

本书责任编辑：汤发宇。

本书原由人民教育出版社出版。1983年3月9日，上级同意恢复“高等教育出版社”；本书今后改用高等教育出版社名义继续印行。

高等学校试用教材

## 普通物理学

第一册

程守洵 主编  
江之永

\*

高等教育出版社出版

四川省新华书店重庆发行所发行

重庆新华印刷厂印装

\*

开本787×1092 1/32 印张13<sup>2</sup>/<sub>16</sub> 字数316,000

1961年8月第1版 1978年9月第3版

1984年2月第10次印刷

印数1,416,001—1,456,100

书号 13010·0234 定价 0.95 元

## 第三版前言

本书以程守洙、江之永等改编《普通物理学》1964年第二版为基础，以1978年教育部制订的《中学物理教学大纲(试行草案)》为起点，并适当考虑了当前学生的实际而编写的。在编写过程中，学习了兄弟院校的先进经验，借鉴了部分国外教材。同时力求以辩证唯物主义思想为指导，切实贯彻少而精、理论联系实际等原则，努力做到：加强基础理论的内容和叙述；加强近代物理的观点和知识的介绍；加强对学生分析问题和解决问题能力的培养。

本书采用国际单位制。物理量名称和符号基本上采用国家标准(1977年讨论稿)。

本书的讲授时数估计在160学时左右。全书分三册，第一册包括力学、气体分子运动论和热力学基础；第二册为电磁学；第三册包括光学、波动、量子物理等。为了贯彻因材施教原则，除基本内容外，还编入一些要求较高的基础理论，目录中标以\*号，作为选讲或自学用。本教材对高等数学有一定要求，因此建议物理课安排在一年级第二学期开设。

为了教学方便，我们收集了较多的思考题、习题，其中难度较大的标以 $\Delta$ 号，可根据不同情况选用。书后有若干附录，供教学参考。

由于我们水平有限，时间仓促，书中缺点和错误在所难免。衷心希望使用本书的同志多提宝贵建议和意见，使它能逐步提高和完善起来。

本书由程守洙(上海交通大学)和江之永(同济大学)主编。参加编写工作的有：上海交通大学(胡盘新、朱詠春、吴锡龙、秦树

艺), 同济大学(周涵可、宋开欣), 上海纺织工学院(陈光清、汤毓骏), 上海化工学院(华寿荪、高守双), 上海机械学院(骆加锋), 上海铁道学院(钟季康), 上海科技大学(马连生[前]、张关荣[后]), 并由陈光清、胡盘新、朱詠春、宋开欣、汤毓骏负责定稿. 在编写过程中, 西南交通大学盛克敏同志等给予大力支持和协助, 特在此表示感谢.

本书由北方交通大学余守宪, 上海化工学院周昌寿, 上海师范大学许国保, 天津大学李金镗等十五所院校的代表通过会议的形式讨论审阅, 提出了许多宝贵的意见, 对此我们表示衷心的感谢.

上海市高等工业院校物理学编写组

1978年9月

## 第 二 版 序

这本书是以1961年出版的上海高等工业学校物理学编写组所编《普通物理学》为基础改编的。与旧版比较,这一版变动较多,有不少内容完全改写过。

这一版基本上是按1962年所订试用教学大纲的内容编写的。对基础理论作了加强。对旧版中某些要求过高或偏重具体技术应用的部分作了压缩或删减,例题和插图增加了。全书篇幅较旧版缩减了约三分之一,我们希望这样的变动能够有利于课堂教学和学生复习。

参加本书改编工作的有程守洙、朱詠春、胡盘新(上海交通大学),江之永、魏墨鑫(同济大学),黄德昭(华东化工学院),汤毓骏(华东纺织工学院)等。

在这里特别应该指出并表示衷心感谢的是:这一版本曾经高等工业学校普通物理课程教材编审委员会的全体委员,通过会议的形式讨论审阅,提出了许多宝贵的意见。

编 者

1964年1月

书中物理量的符号及单位

量的名称	符号	单位名称	单位代号		用国际制基本单位表示的关系式	备注
			中文	国际		
长度	$l, s$	米	米	m	m	
面积	$S$	平方米	米 <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	
体积	$V$	立方米	米 <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	1升=10 <sup>-3</sup> 米 <sup>3</sup>
时间	$t, \tau$	秒	秒	s	s	
位移	$s, \Delta r$	米	米	m	m	
速度	$v, u$	米每秒	米/秒	m/s	m·s <sup>-1</sup>	
加速度	$a$	米每秒平方	米/秒 <sup>2</sup>	m/s <sup>2</sup>	m·s <sup>-2</sup>	
角速度	$\dot{\theta}$	弧度	弧度	rad	rad	
角速度	$\omega$	弧度每秒	弧度/秒	rad/s	rad·s <sup>-1</sup>	
角加速度	$\alpha, (\dot{\omega})$	弧度每秒平方	弧度/秒 <sup>2</sup>	rad/s <sup>2</sup>	rad·s <sup>-2</sup>	
质量	$m$	千克	千克	kg	kg	
力	$F, f$	牛顿	牛	N	m·kg·s <sup>-2</sup>	1牛=1千克·米/秒 <sup>2</sup>
重力	$G$	牛顿	牛	N	m·kg·s <sup>-2</sup>	
正压力	$N$	牛顿	牛	N	m·kg·s <sup>-2</sup>	
摩擦力	$f, T$	牛顿	牛	N	m·kg·s <sup>-2</sup>	
张力	$T, A$	牛顿	牛	N	m·kg·s <sup>-2</sup>	
功	$A$	焦耳	焦	J	m <sup>2</sup> ·kg·s <sup>-2</sup>	1焦=1牛·米

能	$E, (H)$	焦耳	焦	J	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$	
动能	$E_k$	焦耳	焦	J	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$	
势能	$E_p$	焦耳	焦	J	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$	
功	$P$	瓦特	瓦	W	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$	1 瓦=1 焦/秒
摩擦系数	$\mu$	—	—	—	—	
动量	$p$	千克米每秒	千克·米/秒	$kg \cdot m/s$	$m \cdot kg \cdot s^{-1}$	
冲量	$I$	牛顿时	牛·秒	N·s	$m \cdot kg \cdot s^{-1}$	
力	$M$	牛顿时	牛·米	N·m	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$	
转动惯量	$J$	千克米平方	千克·米 <sup>2</sup>	$kg \cdot m^2$	$m^2 \cdot kg$	
角动量(动量矩)	$L$	千克米平方每秒	千克·米 <sup>2</sup> /秒	$kg \cdot m^2/s$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-1}$	
冲量矩		牛顿时米秒	牛顿时·米·秒	N·m·s	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-1}$	
压力(压强)	$p$	帕斯卡	帕	Pa	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$	1 帕=1 牛/米 <sup>2</sup> 1 标准大气压 =1.013×10 <sup>5</sup> 帕
热力学温度	$T$	开尔文	开	K	K	
摄氏温度	$t$	摄氏度		°C	K	$t^{\circ}C = (T - 273.15) K$
摩尔质量	$M$	千克每摩尔	千克/摩尔	$kg/mol$	$kg \cdot mol^{-1}$	
分子质量	$\mu$	千克	千克	kg	kg	
分子有效直径	$d$	米	米	m	m	
分子平均自由程	$\lambda$	米	米	m	m	



(续表)

量的名称	符号	单位名称	单位代号		用国际制基本单位表示的关系式	备注
			中文	国际		
分子平均碰撞次数	$\bar{Z}$	次每秒	1/秒	1/s	$s^{-1}$	
碰撞截面	$\sigma$	靶恩	靶恩	b	$m^2$	1 靶恩 = $10^{-28}$ 米 <sup>2</sup>
分子浓度	$n$	每立方厘米	1/米 <sup>3</sup>	1/m <sup>3</sup>	$m^{-3}$	
热量	$Q$	焦耳	焦	J	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$	
比热	$c$	焦耳每千克开尔文	焦/(千克·开)	J/(kg·K)	$m^2 \cdot s^{-2} K^{-1}$	
热容	$C$	焦耳每开尔文	焦/开	J/K	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$	
定容摩尔热容	$C_V$	焦耳每开尔文	焦/开	J/K	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$	
定压摩尔热容	$C_p$	焦耳每开尔文	焦/开	J/K	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$	
比热容	$\gamma$	—	—	—	—	
内摩擦系数	$\eta$	帕·秒	帕·秒	Pa·s	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-1}$	
导热系数	$k, (\lambda)$	瓦每米开尔文	瓦/(米·开)	W/(m·K)	$m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot K^{-1}$	
扩散系数	$D$	米平方每秒	米 <sup>2</sup> /秒	m <sup>2</sup> /s	$m^2 \cdot s^{-1}$	
粘滞	$S$	焦耳每开尔文	焦/开	J/K	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$	

# 目 录

绪论 .....	1
----------	---

## 第一篇 力 学

第一章 牛顿运动定律 .....	7
§ 1-1 参照系 质点 .....	7
§ 1-2 直线运动中的位移、速度和加速度 .....	12
§ 1-3 运动迭加原理 曲线运动中的位移、速度和加速度 .....	29
§ 1-4 圆周运动 .....	41
§ 1-5 牛顿运动定律 .....	43
§ 1-6 牛顿运动定律应用举例 .....	55
§ 1-7 非惯性系中的力学定律 惯性力 .....	70
习题 .....	73
第二章 功和能 .....	90
§ 2-1 功 保守力的功 .....	90
§ 2-2 动能 动能定理 .....	101
§ 2-3 势能 *势能曲线 .....	105
§ 2-4 功能原理 .....	111
§ 2-5 机械能守恒定律 能量转化和守恒定律 .....	117
习题 .....	129
第三章 动量 .....	138
§ 3-1 动量 冲量 动量原理 .....	138
§ 3-2 动量守恒定律 .....	148
§ 3-3 火箭飞行原理 .....	156
§ 3-4 碰撞 .....	160
§ 3-5 质点的角动量和角动量守恒定律 .....	167
习题 .....	174

## 第四章 刚体的转动 .....182

§ 4-1 刚体的平动、转动和定轴转动.....	182
§ 4-2 力矩 转动定律 转动惯量 .....	187
§ 4-3 转动动能 力矩的功 .....	195
§ 4-4 *质心 *质心的运动定律 .....	199
§ 4-5 *刚体的平面运动.....	205
§ 4-6 刚体的角动量 角动量守恒定律 .....	212
§ 4-7 *进动.....	220
习题 .....	223

## 第五章 相对论基础 .....231

§ 5-1 伽利略相对性原理 伽利略坐标变换式 .....	231
§ 5-2 狭义相对论基本原理 洛伦兹坐标变换式 .....	235
§ 5-3 狭义相对论的时空观 .....	242
§ 5-4 狭义相对论动力学基础 .....	249
§ 5-5 *广义相对论简介.....	257
习题 .....	262

## 第二篇 气体分子运动论和热力学基础

## 第六章 气体分子运动论 .....265

§ 6-1 理想气体状态方程 .....	267
§ 6-2 气体分子运动论的压力公式 .....	273
§ 6-3 气体分子平均平动动能与温度的关系 .....	277
§ 6-4 能量按自由度均分原则 理想气体的内能 .....	280
§ 6-5 麦克斯韦速度分布律 .....	284
§ 6-6 *玻耳兹曼分布律 *重力场中粒子按高度的分布 .....	293
§ 6-7 分子的平均碰撞次数及平均自由程 *碰撞截面.....	296
§ 6-8 气体内的迁移现象 .....	304
§ 6-9 真实气体 范德瓦耳斯方程 .....	311
习题 .....	321

## 第七章 热力学基础 .....326

§ 7-1 热力学第一定律 .....	326
§ 7-2 热力学第一定律对于理想气体的等值过程的应用 .....	330
§ 7-3 绝热过程 多方过程 .....	338
§ 7-4 焦耳-汤姆孙实验 真实气体的内能 .....	346
§ 7-5 循环过程 卡诺循环 .....	348
§ 7-6 热力学第二定律 .....	355
§ 7-7 可逆过程和不可逆过程 卡诺定理 .....	357
§ 7-8 熵 熵增加原理 .....	362
§ 7-9 热力学第二定律的统计意义 .....	368
习题 .....	372

## 附录

I. 矢量(第一部分) .....	380
II. 国际单位制(SI) .....	392
III. 力学的单位制和量纲 .....	394
IV. 常用物理基本常数表 .....	397
V. 有关地球、月球、太阳的数据 .....	398
习题答案 .....	399

## 绪 论

自然界，无限广阔，丰富多采。形形色色的物质在其中不断地运动变化着。什么是物质？大至天体、日月星辰，小到微粒、原子、电子，都是物质。固体、液体、气体和等离子体，这些实物是物质。电场、磁场、重力场和引力场，这些场也是物质。总之，自然界的无数事物，形色不一，都是运动着的物质的不同形态。

一切物质都在不断地运动着、变化着，绝对不动的物质是不存在的。日月的运行、江河的奔流、生物的代谢，这些都是物质运动变化的例子。正如革命导师恩格斯所指明：“运动，就其一般的意义来说，就它被理解为存在的方式、被理解为物质的固有属性来说，它包括宇宙中发生的一切变化和过程，从单纯的位置移动起直到思维。”<sup>①</sup>物质运动形式是多种多样的，它们既服从共同的普遍规律，又各自有其独特的规律，对各种不同的物质运动形式的研究，形成了自然科学的各个分科。

物理学研究的是物质运动最基本最普遍的形式，包括机械运动、分子热运动、电磁运动、原子和原子核内的运动等等。

物理学所研究的运动，普遍地存在于其他高级的、复杂的物质运动形式之中，因此，物理学所研究的规律具有极大的普遍性。可以认为，物理学是除数学以外，一切自然科学的基础，也是当代工程技术的重大支柱。对物理学的这个评价，决非过甚其词。回顾物理学发展的全过程，可以加深我们对物理学重要性的认识。

物理学的发展已经经历了三次大突破。在十七、十八世纪，由于牛顿力学的建立和热力学的发展，不仅有力地推动了其他学科

<sup>①</sup> 恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社，1971年版，第53页。

的进展,而且适应了研制蒸汽机和发展机械工业的社会需要,引起了第一次工业革命,极大地改变了工业生产的面貌。到了十九世纪,在法拉第-麦克斯韦电磁理论的推动下,人们成功地制造了电机、电器和电讯设备,引起了工业电气化,使人类进入了应用电能的时代,这就是第二次工业革命。二十世纪以来,由于相对论和量子力学的建立,人们对原子、原子核结构的认识日益深入。在这样的基础上,人们实现了原子核能和人工放射性同位素的利用;而由于量子力学微观理论的成果,又直接促成了半导体、核磁共振、激光等新兴技术的发明。许多边缘学科发展起来了,新兴工业象雨后春笋,现代科学技术正在经历一场伟大的革命,人类进入了原子能、电子计算机、自动化、半导体、激光、空间科学等新技术的时代。

总之,现代物理学已成为基础学科中发展最快、影响最深的一门学科。本世纪以来,它一方面向认识的深度进军,另一方面又向应用的广度发展。它在发掘新能源、新材料以及革新工艺过程、检测方法等方面,都提供了丰富的实验资料和理论根据;而许多新技术新工艺的实现,又大大地发展了生产力。生产技术的发展,反过来也为物理学的进一步研究准备了雄厚的物质条件,形成相辅相成、齐头并进的局面。当代自然科学发展特点之一,正是科学研究和工业技术的关系日益密切,从研究到应用,从研究成果发展成新兴工业部门的速度愈来愈快,周期愈来愈短。工业技术不断地向自然科学提出新的课题要求解决,许多发现和发明,已很少带有偶然性,而是人们有意识地、有目的进行系统研究的结果。科学应当先行于技术,应当充分发挥理论对实践的指导作用。物理学与技术科学、生产实践的关系生动地体现了理论与实践之间的辩证关系。现在,在人类认识自然、改造自然的一系列重大课题上,现代物理学的各个分科都孕育着新的突破。可以预期,如果在基本粒子领域实现物理学的第四次大突破,能全面地揭露基本粒子内部

的结构和它们相互转化和相互作用的规律性的话，将给人类的生活以及各个自然科学领域带来巨大的影响。总之，未来的生产技术，将继续从现代物理学这片肥沃广阔的科学土壤中吸取营养，结出硕果。

物理学的发展过程，是人类对客观世界认识过程中的一个重要组成部分。物理学中不少规律和理论是直接由生产实践中总结出来的，但更多的物理发现却来自长期的科学实验，因此，科学实验和生产实践，都是推动科学技术发展的强大动力和源泉。物理学的研究方法一般是在观察和实验的基础上，对物理现象进行分析、抽象和概括，从而建立物理定律，进而形成物理理论，再回到实践中去经受检验。

物理定律一般是指实验定律而言的，是实验事实的总结，说明某些现象间的相互联系，或说明某些物理量之间的关系，常用文字或数学公式的形式来表述。精密的实验测量和严格的数学分析相结合，历来是物理学研究中的一个特点。当然，由于实验条件、实验仪器精确度等的限制，物理定律总有其一定的近似性和局限性，但是在一定程度上能够反映客观实际的规律性。

物理学的理论则是通过许多不同的而相互有关的现象的研究，从一些已经建立起来的定律中，经过更为广泛的概括而得到的系统化的知识。体系完整的理论往往可以从少数几条比较简单的基本原理出发，说明一定范围内的各种现象，并且还能在一定程度上预言未知现象的存在，指导进一步的新的实践。例如麦克斯韦电磁场理论，不仅能解释各种电现象和磁现象之间的关系，而且预言了电磁波的存在及其传播速度，最后终于为实验所证实。又如，量子假说的建立和旧量子理论的演变，发展为量子力学理论。所谓假说，就是在一定的观察、实验的基础上提出来的，用来说明现象本质的一些基本论点或未成熟的方案。在科学认识的发展过程

中,假说是很重要的甚至是必不可少的一个阶段,经过不断的修改和考验,经证明为正确的假说,最后上升为定律,或是理论的一部分。理论不仅能解释已知现象,还能预言未知现象,因此我们决不能低估理论研究的重要性。如果在进一步的实践中,所发现的事实与这一理论有矛盾时,就得修改甚至放弃原有的理论,而建立更能反映客观实际的新理论。

物理学所研究的规律具有很大的普遍性,它与哲学的关系也就显得更为密切。恩格斯在他的伟大著作《自然辩证法》一书中,在阐述辩证唯物主义的最一般规律时,就曾引用了很多物理学中的现象、概念、定律和理论。

本世纪以来,近代物理学已经更为充实,更为提高,物理学中许多重大的发现,为辩证唯物主义世界观提供了有力的证据。相对论时空观以及物质二象性的确定、基本粒子的相互转化等等都是一些重要的例子。

但应该指出,每当物理学中有了新的发现,理论有了变革的初期,唯心主义者往往利用这一时机,作出种种歪曲的解释,阻碍物理学的发展。例如十九世纪末,物理学中有了许多重大的发现,如电子、放射性、光电效应等,在这些新的事实面前,古典理论遇到不可克服的困难。唯心主义者当时便乘机而起,提出“物质消灭”、物理学上“定律原理的普遍毁灭”、“物理学的危机”等种种荒谬的说法,曾使物理学暂时陷入混乱的局面。列宁在他的伟大著作《唯物主义与经验批判主义》一书中,对这种唯心主义的歪曲进行了彻底的批判,并深刻地解释了物理学中新发现的意义。新的发现说明我们的知识正在深化,旧定律和旧理论的局限性已经揭开,新定律和新理论即将创立。近代物理学的发展正是按列宁所指出的道路前进的。这里,还须指出,唯心主义者当时在自然科学领域中之所以能够得逞,也有自然科学工作者本身方面的原因。一些自然科



学工作者,在发展自然科学的事业中,往往由于缺少正确的辩证唯物主义的观点和方法,而受到了唯心主义形而上学的影响。由此可见,是否以辩证唯物主义世界观作为指导,对于发展现代科学事业,显然是关系到能否取得成就、以及取得成就的大小和快慢的重大问题。

毛主席在《实践论》和《矛盾论》等伟大著作中对马克思列宁主义哲学的认识论和方法论作了极为深刻的阐述和分析。在自然科学方面,毛泽东思想对于正确理解自然现象、研究和发展自然科学具有重大的指导意义。

要学好物理学,我们就必须更加自觉地努力学习马克思列宁主义哲学,学习毛主席著作,以辩证唯物主义世界观为指导,才能更加深刻地理解物理规律的意义,正确地掌握物理学的研究方法,从而在应用物理学的各方面知识时,具有牢固的基础。

高等工业学校肩负着培养又红又专的各类高级专门人才的重任。要使我们培养的工程技术人员,能在飞速发展的科学技术面前有所独创、有所前进,对人类作出较大的贡献,就必须加强基础理论的学习,特别是物理基础,显得更加重要。所以,物理学在高等工业学校中是一门重要的基础理论课。这就必须以辩证唯物主义为指导,通过学习,对物质最普遍、最基本的运动形式和规律有比较全面而系统的认识,能牢固掌握物理学中的基本概念和基本原理以及研究问题的方法,同时在科学实验能力、计算能力和抽象思维能力等方面受到严格的训练,提高分析问题和解决问题的能力,为适应四个现代化的要求,为赶超世界先进水平打下必要的物理基础。应该说明,普通物理学中所讲述的只是基本的内容,而且物理学和其他学科一样发展很快,新发现和新成果不断涌现,我们一方面要牢固地掌握物理学的基础理论,同样也要经常注意物理学的新成就,扩大知识面,为加快社会主义建设作出应有的贡献。