

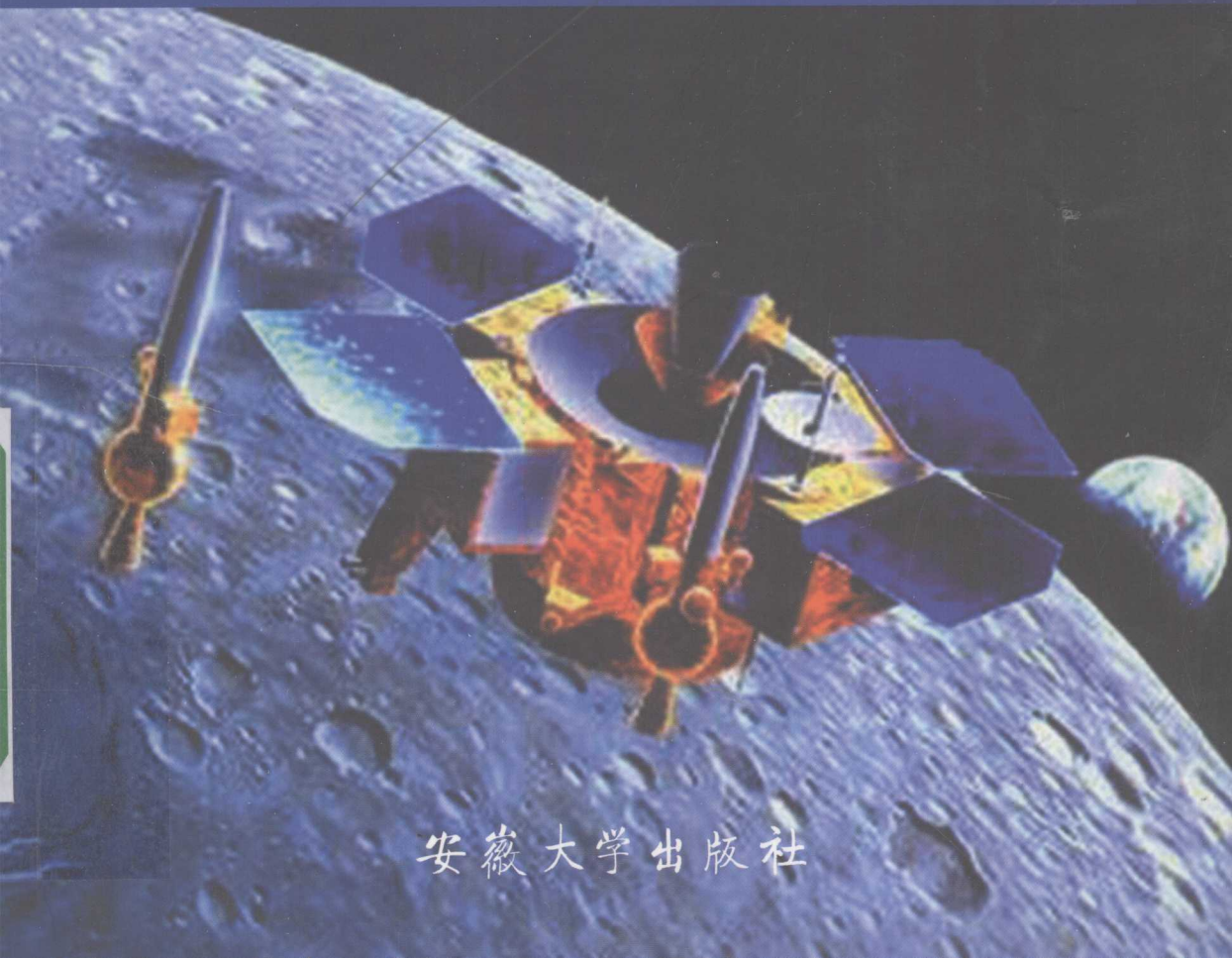
高等院校21世纪课程教材

College Textbook Series for 21st Century

# 大学物理学

上册

韩家骅 主编



安徽大学出版社

高等院校21世纪课

College Textbook Series for 2

04/342

:1

2008

# 大学物理学

上册

韩家骅 主编

杨德田 杨青 郭建友 汪洪 编著

安徽大学出版社

## 内容提要

本书是根据教育部最新颁发的“非物理类理工学科学物理课程教学基本要求”，结合多年教学实践编写的。全书分上、下两册，上册包括力学、狭义相对论和电磁学；下册包括热学、振动、波动、光学、量子物理、原子核物理和粒子物理、分子与固体、天体物理学和宇宙学等。另有一套完整的电子教案(《大学物理学电子教案》)与本书配套。

本书的内容紧紧围绕“大学物理课程教学基本要求”，难度适中，物理概念清晰，论述深入浅出，体现了视点高、创意新和内容现代化的特色。本书可作为普通高等院校非物理类专业的大学物理课程教材，也可供相关专业的师生选用和参考。

---

## 图书在版编目(CIP)数据

大学物理学·上册/韩家骅主编. —合肥:安徽大学出版社,2008.1

ISBN 978-7-81110-374-8

I. 大... II. 韩... III. 物理学—高等学校—教材 IV. 04

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第202711号

## 大学物理学(上册) 韩家骅 主编

- 出版发行 安徽大学出版社(合肥市肥西路3号 邮编230039)  
联系电话 编辑部 0551-5108397 发行部 0551-5107716  
电子信箱 ahdxcchps@mail.hf.ah.cn  
网 址 www.ahupress.com.cn  
书 号 ISBN 978-7-81110-374-8  
经 销 全国新华书店  
印 刷 合肥现代印务有限公司  
开 本 710×1000 1/16  
印 张 20.5  
字 数 378千  
责任编辑 刘中飞  
封面设计 孟献辉  
定 价 26.00元  
版 次 2008年1月第1版  
印 次 2008年1月第1次印刷

如有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换

## 物理学中常用物理常量表

物理量	符号	2002 年国际科技数据 委员会推荐值	计算取值	单位
真空中的光速	$c$	$2.997\ 924\ 58 \times 10^8$	$3.0 \times 10^8$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
阿伏加德罗常量	$N_A$	$6.022\ 141\ 5(10) \times 10^{23}$	$6.02 \times 10^{23}$	$\text{mol}^{-1}$
牛顿引力常量	$G$	$6.672\ 42(10) \times 10^{-11}$	$6.67 \times 10^{-11}$	$\text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$
摩尔气体常量	$R$	$8.314\ 472(15)$	$8.31$	$\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
玻耳兹曼常量	$k$	$1.380\ 650\ 5(24) \times 10^{-23}$	$1.38 \times 10^{-23}$	$\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$
理想气体的摩尔体积	$V_m$	$22.414\ 10(19) \times 10^{-3}$	$22.4 \times 10^{-3}$	$\text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
基本电荷	$e$	$1.602\ 176\ 53(14) \times 10^{-19}$	$1.60 \times 10^{-19}$	C
里德伯常数	$R_\infty$	$109\ 737\ 31.534$	$10\ 973\ 731$	$\text{m}^{-1}$
电子质量	$m_e$	$0.910\ 938\ 26(16) \times 10^{-30}$	$9.11 \times 10^{-31}$	kg
质子质量	$m_p$	$1.672\ 621\ 71(29) \times 10^{-27}$	$1.67 \times 10^{-27}$	kg
中子质量	$m_n$	$1.674\ 927\ 28(29) \times 10^{-27}$	$1.67 \times 10^{-27}$	kg
原子质量单位	$m_u$	$1.660\ 538\ 86(28) \times 10^{-27}$	$1.66 \times 10^{-27}$	kg
真空磁导率	$\mu_0$	$4\pi \times 10^{-7}$	$4\pi \times 10^{-7}$	$\text{N} \cdot \text{A}^{-2}$
真空电容率	$\epsilon_0$	$8.854\ 187\ 817 \dots \times 10^{-12}$	$8.85 \times 10^{-12}$	$\text{C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$
电子磁矩	$\mu_e$	$9.284\ 770\ 1(31) \times 10^{-24}$	$9.28 \times 10^{-24}$	$\text{J} \cdot \text{T}^{-1}$
质子磁矩	$\mu_p$	$1.410\ 607 \times 61(47) \times 10^{-26}$	$1.41 \times 10^{-26}$	$\text{J} \cdot \text{T}^{-1}$
中子磁矩	$\mu_n$	$0.966\ 237\ 07(40) \times 10^{-26}$	$9.66 \times 10^{-27}$	$\text{J} \cdot \text{T}^{-1}$
核子磁矩	$\mu_N$	$5.050\ 786\ 6(17) \times 10^{-27}$	$5.05 \times 10^{-27}$	$\text{J} \cdot \text{T}^{-1}$
玻耳磁矩	$\mu_B$	$9.274\ 015\ 4(31) \times 10^{-24}$	$9.27 \times 10^{-24}$	$\text{J} \cdot \text{T}^{-1}$
玻耳半径	$a_0$	$0.529\ 177\ 210\ 8(18) \times 10^{-10}$	$5.29 \times 10^{-11}$	m
普朗克常量	$h$	$6.626\ 069\ 3(11) \times 10^{-34}$	$6.63 \times 10^{-34}$	$\text{J} \cdot \text{s}$

## 希腊字母

字 母		英文注音	字 母		英文注音
大写	小写		大写	小写	
A	$\alpha$	alpha	N	$\nu$	nu
B	$\beta$	beta	$\Xi$	$\xi$	xi
$\Gamma$	$\gamma$	gamma	O	$\omicron$	omicron
$\Delta$	$\delta$	delta	$\Pi$	$\pi$	pi
E	$\epsilon$	epsilon	P	$\rho$	rho
Z	$\zeta$	zeta	$\Sigma$	$\sigma$	sigma
H	$\eta$	eta	T	$\tau$	tau
$\Theta$	$\theta$	theta	$\Upsilon$	$\upsilon$	upsilon
I	$\iota$	iota	$\Phi$	$\varphi$	phi
K	$\kappa$	kappa	X	$\chi$	chi
$\Lambda$	$\lambda$	lambda	$\Psi$	$\psi$	psi
M	$\mu$	mu	$\Omega$	$\omega$	omega

# 前 言

本书是根据教育部最新颁发的“非物理类理工科大学物理课程教学基本要求”，参考当前国内外物理教材改革动态，结合我们多年的教学实践经验编写而成。本教材按照最新“基本要求”，与传统教材相比，新增加了流体力学、几何光学、固体中分子和电子、天体物理和宇宙学等内容。

为了适应当前高等教育的发展趋势，我们在教材内容的现代化及讲法上做了一些探索和改革。尽量处理好经典物理内容与近代、现代物理内容之间的关系，既考虑到经典物理是学生后续课程和能力、素质培养所涉及的主要知识内容，也注意到在经典物理内容中渗透近代、现代物理的观点、概念和方法；讲法上避免或简化复杂的数学推导，突出物理本质，建立鲜明的物理图象，概念的引入力求明确、完整，基本内容中的难点和疑点均做深入浅出的剖析，并配备了足够数量的具有针对性的例题和习题；结合物理学的新发展和教学特点，在传统教学内容框架下，适当增加了“阅读材料”的选读内容，突出反映物理学科的时代性、应用性以及物理学的最新发展成果，这样既可以开阔学生视野，又能让他们感到所学知识与时代同步，以提高他们的学习兴趣；在讲述物理知识的同时，注意介绍科学建模思想、物理学发展史、科学家创新精神、研究问题的唯物辩证方法和解决问题的能力，以有利于学生知识、能力、素质的协调发展。

全书分上、下两册，上册包括力学、狭义相对论和电磁学，下册包括热学、振动、波动、光学、量子物理、原子核物理和粒子物理、分子与固体、天体物理学和宇宙学等。书中除阅读材料供学生选读外，凡冠以“\*”号的章节供教师根据课时数和专业的需要选用。本书可供普通高等院校用作110~150学时的非物理类大学物理课程教材。经过适当裁减后，该书也可用于面向经济管理专业70学时左右的大学物理课程教材。

参加编写的几位教师,都具有多年教学经验,在编写过程中编者进行了多次认真的讨论,并互相修改书稿.因此,全书体现了各位编者的教学经验和风格,同时也具有较好的整体性和系统性.

杨德田编写了第一、五章,杨青编写了第二、三、四、六章,郭建友编写了第七、十九、二十一章,汪洪编写了第八、九、十、十一章以及第十五章第八节,韩家骅编写了第十二、十三、十四、十五章,程干基编写了第十六、十七章,张战军编写了第十八章,刘艳美编写了第二十章,张文亮制作了《大学物理学电子教案》,最后由主编韩家骅教授统稿、核定.

感谢史守华教授审阅了全部书稿,并提出了宝贵意见;感谢刘中飞同志在本书编写、出版过程中所作的联络、协调工作;感谢所有关心本套教材的教师与同行.编者真诚地希望得到广大读者的批评和建议.

编 者

2007年11月于安徽大学

目  
录

**CONTENTS**

绪 论	1
第一章 质点运动学	5
§ 1-1 质点运动的描述	5
§ 1-2 圆周运动	14
§ 1-3 相对运动	21
习题一	26
第二章 牛顿运动定律	28
§ 2-1 牛顿运动定律	28
§ 2-2 物理量的单位和量纲	30
§ 2-3 牛顿定律的应用举例	31
*§ 2-4 非惯性系 惯性力	37
习题二	40
第三章 功能原理和机械能守恒定律	42
§ 3-1 变力的功 动能定理	42
§ 3-2 保守力与非保守力 势能	48
§ 3-3 功能原理及机械能守恒定律	52
习题三	59



第四章 动量定理与动量守恒定律 .....	61
§ 4-1 质点和质点系的动量定理 .....	61
§ 4-2 动量守恒定律 .....	66
§ 4-3 质心 质心运动定理 .....	68
习题四 .....	73
第五章 角动量守恒与刚体的定轴转动 .....	76
§ 5-1 角动量与角动量守恒定律 .....	76
§ 5-2 刚体的定轴转动 .....	82
*§ 5-3 刚体定轴转动中的功能关系 .....	89
*§ 5-4 刚体进动 .....	94
*§ 5-5 对称性和守恒定律 .....	95
习题五 .....	98
第六章 理想流体的基本规律 .....	101
*§ 6-1 流体动力学的基本概念 .....	101
*§ 6-2 伯努利方程及其应用 .....	103
习题六 .....	109
阅读材料之一 经典力学大厦的建立和发展 .....	109
第七章 狭义相对论力学基础 .....	115
*§ 7-1 迈克尔逊—莫雷实验 .....	116
§ 7-2 狭义相对论的两个基本假设 .....	118
§ 7-3 洛伦兹坐标变换和速度变换 .....	119
§ 7-4 同时的相对性、长度收缩和时间延缓 .....	122
§ 7-5 相对论动力学基本方程 .....	127
*§ 7-6 相对论的质量、动量和能量的关系 .....	129
*§ 7-7 广义相对论简介 .....	133
习题七 .....	136
阅读材料之二 爱因斯坦和世界物理年 .....	138

第八章 静电场	142
§ 8-1 电 荷	142
§ 8-2 库仑定律	144
§ 8-3 电场强度	148
§ 8-4 高斯定理	155
§ 8-5 电场力做功 电势	163
§ 8-6 电场强度和电势的关系	169
习题八	173
第九章 静电场中的导体和电介质	176
§ 9-1 静电场中的导体	176
*§ 9-2 静电场中的电介质	182
§ 9-3 有电介质时静电场的高斯定理	188
§ 9-4 电容 电容器	191
*§ 9-5 电容器的串联和并联	195
§ 9-6 静电场能量	197
习题九	203
第十章 电流和磁场	205
§ 10-1 电流 电流密度	205
§ 10-2 稳恒磁场 磁感应强度	211
§ 10-3 毕奥-萨伐尔定律	214
§ 10-4 磁场的高斯定理	218
§ 10-5 安培环路定理	221
§ 10-6 带电粒子在电磁场中的运动	226
§ 10-7 磁场对载流导线的作用	232
§ 10-8 磁力的功	237
*§ 10-9 物质的磁性	239
习题十	251

第十一章 变化的磁场和变化的电场	256
§ 11-1 电磁感应定律	256
§ 11-2 动生电动势和感生电动势	259
§ 11-3 自感和互感	272
§ 11-4 磁场的能量	277
*§ 11-5 电感和电容电路的暂态过程	280
§ 11-6 位移电流	281
§ 11-7 麦克斯韦方程	287
习题十一	290
阅读材料之三 低温下的奇迹——超导现象	292
习题答案	299
附录 A 国际单位制(SI)	307
附录 B 书中物理量的符号及单位	309
参考文献	313

# 绪论

物理学是研究自然界所有层次上的物质结构和基本运动规律的科学分支；物理学是一门实验科学，它是观测和科学思维相结合的产物；物理学既是一门带头学科，又是科学技术之母。电磁理论的建立、电报的应用成为电磁波为人类服务的开端，也成为人类进入电气时代的重要标志。相对论的创立和量子理论的发展，又使人类进入原子能和信息化的时代。现代科技极大地改变了人们的生存状态和思维方式。由物理学发展起来的新方法和新技术，必将继续成为新技术革命的源泉和生长点。

物理学是形成世界概念的原始学科。物理学给我们提供了这个世界的结构和动力学的图象，这种图象远远超出了人类的想像力，却又同时得到实验的证实，并往往更容易被理解。这种图象若按照从最小到最大、从最轻到最重、从最慢到最快、从最冷到最热、从最亮到最暗、从最疏物质到最密物质、以及从宇宙的起始到今天的方式排列，无论考虑何种量纲，它们的两个极端都在 20 多个数量级以上。譬如，今天人们认识范围的尺度，小到  $10^{-17}$  cm，大到 100 亿光年或  $10^{23}$  km，相差达  $10^{45}$  数量级，而且有充分证据表明，许多物理规律如能量守恒、相对论和量子规律等，都是普遍适用的。这不能不使人产生敬畏的感觉，爱因斯坦说得很妙：“宇宙间最不可理解的事物就是，宇宙是可以理解的。”

作为自然科学基础的现代物理学，已经发展出众多的科学分支，物理学通过宏观、微观和对复杂系统的透视，以前所未有的深度和广度推动人类了解自然，从更深、更广的层次揭示自然界的奥密。在这个过程中，许多物理学的新思想、新理论、新方法和新技术涌现出来，使人类的生产力和生活方式发生了巨大的变化，对现代社会和人类文明产生了非常重要的影响，为人类知识财富大厦增添新的内容。

总之，物理学博大精深，研究方法系统、新颖，创造思想层出不穷，因而学习大学物理是培养和发展自己的能力结构系统和提高科学素质的重要途径。

那么，怎样学习物理学呢？读书主要靠自己，对于大学生来说尤其如此。一般来说，大学生在校学习，应该抓好“预习、听课、复习、做习题、总结”这五个环

节. 这个看似简单, 但能持之以恒地认真做到, 绝非易事. 再一点就是学习的计划性, 这样就不会让空堂和晚自习在晃悠中过去. 入学时, 大家基本上是在同一起跑线上, 但由于各人在课余时间使用上的不同, 日久天长就会形成差距. 这是需要提醒和应引起注意的.

在这里, 对于如何学好物理学, 我们提几点参考意见.

第一, 要思考. 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.” 显然, 不管哪种方法, 哪个环节, 关键在于都要“思考”, 而且不仅要“勤于思考”, 还要“善于思考”. 华罗庚也指出: “首先应不只看到书面上的, 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.

原子核的发现与卢瑟福的名字是分不开的. 1909年, 他的学生盖革和马斯登在对 $\alpha$ 粒子轰击原子的实验中, 从大量的观察记录中, 发现了 $\alpha$ 粒子居然约有八分之一的几率被反射回来. 对此, 卢瑟福感到很惊奇, 后来他说, 这件事好像有人对他说: “将一支手枪对着一张纸开火, 一颗子弹却弹了回来”一样. 他充分尊重实验事实, 经过思考, 他用丰富的想象力和判断力, 提出了原子结构的有核模型. 但这一模型存在两大困难: 其一是电子绕核做椭圆运动, 这是一种加速运动, 按照经典电磁理论, 电子要辐射能量, 大约只要 $10^{-10}$  s 电子就会落到核上, 发生坍塌, 这与原子的稳定性相矛盾; 其二是, 在坍塌前原子连续辐射, 应得连续光谱, 这与原子分立的线光谱相矛盾. 尼·玻尔经过思考, 靠他非凡的直觉, 把原子核式模型同普朗克的量子假说和光谱学这几个相距较远的物理学研究领域联系起来, 提出了原子结构的玻尔模型. 它虽然只是一种半经典半量子化的理论, 还很不完善, 但是, 这却迈出了从经典理论向量子理论发展的极为关键的一步, 为现代物理学指明了正确的研究方向, 是原子和量子理论发展史上的一个重要里程碑.

因此, 我们在学习知识时, 不仅应该对自己不断提出“是什么”、“为什么”和“怎么样”的问题, 而且还有一个最值得深思的问题, 那就是“我们是如何知道我们所知道的东西的”.

第二, 要抓住概念. 李政道说, 对学生来讲, 会计算、能记住, 考试考得不错, 都不是最重要的, 最重要的是物理观念的掌握问题. [美] K. W. FORD 在《经典和近代物理学》中指出: “弄懂了物理概念, 也就懂了物理学, ……弄懂一个概念 (即一个物理量), 是指知道它的定义、量纲、单位, 以及在各种物理条件下它的典型数值, 还要知道它所涉及的方程”. 还指出, 在“最基本”的力学概念中, 空间和时间很可能是最重要的, 其次应是动量、能量和角动量这三个主要概念. 这些概念在力学中之所以重要, 是因为它们在守恒定律中, 在解运动问题时都很有用,

都经历了物理学 20 世纪大变革而成为相对论和量子力学新理论中的主要概念,并且都通过与自然界对称性原理的关系而在物理学中建立了更稳固的基础。”

基本概念是核心,是物理思维的基础,基本定律(理)是基本概念之间的本质联系。因此,掌握物理概念是学好物理学的关键。物理学发展史告诉我们,概念不是一成不变的,观念的改变将带来理论的突破。譬如,经典物理学一向认为能量是连续的,并将这一传统观念当成金科玉律。但用它研究黑体辐射却带来了“紫外灾难”,这表明了经典理论的局限性。普朗克冲破了传统观念的束缚,提出了能量分立性的思想,这是物理学领域基本概念的重大变革。在量子假说和能量子概念的基础上得到了普朗克辐射公式,消除了“紫外灾难”,量子的问世,标志着量子论的诞生。

再如,爱因斯坦冲破了机械论的束缚,摒弃了绝对空间和绝对时间概念,代之以唯物主义自然观,明确了空间与时间的相对性,创立了相对论,撰写了物理学的新篇章。

因此,我们不能因循守旧,迷信权威,要善于及时抓住新事物,改变观念,推动物理学的发展。

第三,要注意方法的掌握。科学家的创造性思维及正确科学方法的运用,是 20 世纪物理学取得一系列重大突破性成果的一个重要原因。物理学的研究方法,系统新颖,丰富多彩。仅就大学物理学上册来讲,我们就碰到(理想)模型法、隔离体法、矢量法、微元法、微积分法、量纲分析法、对称性方法、补偿法、类比法和科学假说等等。要掌握好这些方法,除了要好好领悟教材内容外,还要通过做题去摸索、去把握,下面我们简单地说一下模型法、类比法和科学假说。

物理学研究中发展出一种十分成功的研究方法,叫做“模型”的研究方法。所谓模型,并不一定指看得见、摸得着的实体模型,如我们在质点运动学中所列举的那样,而更广泛地指理论模型;如原子的“有核模型”、玻尔模型等。这实际上是一种抓主要矛盾的方法,任何复杂事物,总包含许多矛盾,但在一定条件下,必有一个矛盾是主要的,把它突出出来,暂时除去次要矛盾,便成一个“模型”。弄清楚主要矛盾后,再考虑次要矛盾,如此一级一级作近似,就可能逼近实际,而在每一步上,都可以用数学方法尽可能精确地加以研究,所以模型方法是物理学为什么能够最成功和最大量地运用数学的根本原因。

再看类比方法在科学发现和理论构建中的作用。所谓类比方法,是根据两个或两类对象之间某些方面的相似性,而推出它们在其他方面也可能相似的一种逻辑思维方法。类比推理的客观基础是事物之间存在着普遍联系的本性。类比方法是科学研究中非常有创造性的思维方式,在物理学发展中它的作用、地位不容忽视。

例如,电磁学中电与磁的相似性(有相似公式和定律),不但反映了自然界的对称美,而且也说明电与磁之间有一种内在联系.法拉第正是从电与磁的对称性出发,由电能生磁大胆猜想磁能生电,经历近10年的艰苦实验研究,终于发现了电磁感应现象,继而建立了电磁感应定律.除了电与磁可类比外,力与电类比的例子也不少.如库仑定律与牛顿万有引力定律的相似;静电力的保守性与重力保守性的相似;电势能与重力势能的相似等等.

科学假说是科学发展的重要形式.正如恩格斯在《自然辩证法》一书的札记中指出:“只要自然科学在思维着,它的发展形式就是假说.一个新的事实被观察到了,它使得过去用来说明和它同类的事实的方式就不中用了,从这一瞬间起,就需要新的说明方式了——它最初仅仅是以有限数量的事实和观察为基础,进一步的观察材料会使这些假说纯化,取消一些,修正一些,直到最后纯粹地构成定律.”

例如,对光的本性的认识,早在1672年,牛顿就提出了光的“微粒说”,认为光由微粒组成,可解释光的反射、折射,但不能解释光的衍射和干涉现象.后来惠更斯提出光的“波动说”,既可以解释反射、折射,也能够解释光的衍射,从此两个学说一直在争论中不断发展.直到19世纪初,在光的干涉、衍射实验的支持下,波动说才为人们普遍承认.到19世纪末,麦克斯韦和赫兹更肯定了光是电磁波.那时,光的波动说似乎完全占了上风.可是到了20世纪初,对光的本性的认识又有了一个螺旋式的上升.为了解释光电效应,1905年爱因斯坦提出了“光子”假说.到1917年爱因斯坦又提出了光子有动量的假说,并且提出了光的本性是波粒二重性.光的波粒二重性为一系列实验所支持.

另外,20世纪初从普朗克提出能量量子化假说开始,经过爱因斯坦的光量子假说、玻尔的原子结构模型假说、德布罗意的物质波假说,直到描述微观粒子运动的薛定谔方程的建立,这是一个从量子论提出到量子力学诞生的大致过程,从中也充分体现了假说在物理学理论构建中的重要作用.当然,假说是否正确,还必须由进一步的实验来验证.

最后,要努力打好数学基础.笛卡儿说,科学的本质是数学.没有数学,科学是难以想象的,因为数学给科学以定量特征和预言能力.物理学是一门量化的科学,需要用数学来表达它的概念.16和17世纪,经典力学的创立和发展的过程,也正是物理科学数学化的过程,所以说,科学的“数学化”也是源自于物理学的榜样.科学数学化的要点有二:(1)科学知识的演绎综合,即建立欧几里德式的定理化体系;(2)科学规律的定量表达,即给物理量以严格的定义,并用数学公式表达出它们之间的关系.物理学离不开数学,同时数学也在物理学中找到了用武之地,两者相互促进,相得益彰.这一点,我们在这里就不多讲了.

# 第一章

## 质点运动学

自然界的一切物质,都处于永恒运动之中.物质的运动形式是多种多样的,物理学是研究物质运动中最普遍、最基本运动形式规律的一门学科.它包括机械运动、分子热运动、电磁运动、原子和原子核运动以及其他微观粒子运动等,其中又以机械运动最简单.力学就是研究物体机械运动的规律及其应用的学科.

力学分为运动学和动力学,其中只研究物体的位置随时间的变化而不究其原因的部分,称为运动学.本章讨论质点运动学,其主要内容为质点运动的描述和相对运动等.

### § 1-1 质点运动的描述

#### 一、质点 参考系和坐标系

##### 1. 质点

一个物体相对于另一个物体的位置,或者一个物体的某些部分相对于其他部分的位置,随时间而变化的过程,叫做机械运动.任何物体都有一定的大小、形状、质量和内部结构.一般说来,物体运动时,其内部各点的位置变化常是各不相同的,而且物体的大小和形状也可能发生变化.但在有些问题中,如能忽略这些影响,就可以近似地把该物体看作是一个只有质量而没有大小和形状的点,称为质点.质点是一个理想模型,它可使问题大大简化.例如研究地球绕太阳公转时,由于地球至太阳的平均距离约为地球半径的  $10^4$  倍,故地球上各点相对于太阳的运动可以看作是相同的,所以在研究地球公转时可以把地球当作质点.但是在研究地球的自转时,显然就不能再把地球看作一个质点了.由此可知,一个物体是否可以抽象为一个质点,应根据问题的具体情况而定.

应当指出,将物体视为质点,这种抽象的研究方法,在实践上和理论上都是有重要意义的.当我们所研究的运动物体不能视为质点时,可把整个物体看成是由许多质点所组成,弄清这些质点的运动,就可以搞清楚整个物体的运动.所以,



研究质点的运动是研究一般物体运动的基础. 不仅如此, 而且这种从客观实际中抽象出理想模型的方法, 是物理学研究中经常采用的一种科学思维方法. 例如, 以后我们将要介绍的刚体、线性弹簧振子、理想气体、点电荷、无限长直导线、薄透镜、点光源、绝对黑体、原子的核模型等, 都是理想模型. 值得注意的是, 任何一个理想模型都有其适用条件, 在一定条件下, 它能否正确反映客观实际, 还要通过实践来检验.

## 2. 参考系和坐标系

我们知道, 物体的运动本身是绝对的, 但是对于运动的描述却是相对的. 为了描述物体的位置和运动而事先选作标准的另一物体或彼此间无相对运动的物体群称为参考系. 参考系的选择是任意的, 在讨论地面附近物体的运动时, 通常选地面作为参考系.

为了对运动做出定量的描述, 则必须在参考系上建立适当的坐标系. 坐标系实际上是由实物构成参考系的数学抽象. 实际中常用的坐标系有直角坐标系、极坐标系、自然坐标系、柱面坐标系和球面坐标系等. 处理问题时, 如果坐标系选择得当, 则可以使运动的描述变得简便, 处理问题的过程大为简化. 因此, 在具体问题中, 究竟选用什么坐标系, 惟一的原则就是使分析问题简便.

当选定坐标系以后, 矢量就可以用它在坐标轴上的分矢量来表示, 但它的方向却可以用正负号来表示. 已知矢量的坐标分矢量, 其指向与所选坐标轴的正向相同时为正, 反之为负. 未知矢量的未知分矢量可以暂不考虑其正负, 只用一个代数符号(字母)代表它即可, 计算结果, 它的量值连同方向(±号)自然分明. 当用一个未知矢量表示另一个未知矢量时, 也需考虑正负号, 其正负取决于二者的指向相同还是相反. 显然, 用坐标分矢量来表示矢量, 就可以以坐标分矢量的代数运算来代替矢量运算, 这样就使计算简便得多. 应该指出的是, 坐标分矢量的正负号规则应与物理规律的原始方程配套使用. 如在列方程(非求解方程)时, 所写的不是原始方程的形式, 而随意地将一些项移到了方程的另一边, 却仍然套用上述正负号规则, 这就会引起正负号的混乱, 最终导致错误的结果, 望能引起注意.

## 二、位置矢量 运动方程 位移

### 1. 位置矢量

在如图 1-1-1 所示的直角坐标系中, 在时刻  $t$  质点  $P$  的位置可用位置矢量  $\boldsymbol{r}$  来表示. 位置矢量简称位矢, 它是一个有向线段, 其始端位于坐标系的原点  $O$ , 末端则与质点  $P$  在时刻  $t$  的位置相重合. 从图 1-1-1 中可以看出, 位矢  $\boldsymbol{r}$  在  $Ox$  轴、 $Oy$  轴和  $Oz$  轴上的投影(即质点的坐标)分别为  $x$ 、 $y$  和  $z$ , 所以, 质点  $P$