



全国教育科学“十一五”规划课题研究成果

大学物理学 上册

主 编 廖耀发

副主编 陈义万 熊才高 阎旭东

 高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS



全国教育科学“十一五”规划课题研究成果

大学物理学

Daxue Wulixue

主 编 廖耀发

副主编 陈义万 熊才高 阎旭东



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容简介

本书根据教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会 2008 年制定的《理工科类大学物理课程教学基本要求》的精神,结合编者多年的教学实践与研究成果编写而成。书中涵盖了基本要求的全部核心内容和少量的拓展内容,份量适当,难度适中,概念清晰,层次分明,注重启迪,方便教学。

本书分上、下两册,上册内容包括力学,振动与波,电磁学三部分;下册内容包括热学,光学,近代物理基础以及现代科学与高新技术的物理基础专题选讲四部分。以上各部分均本着“保证基础,突出现代,联系实际,方便教学”的原则进行选材与编写,以提高可读性与可教性。

为了方便教学,本书精选了例题与习题,并将部分内容标记了*号,以供不同教学需求的师生选用。此外,与本书配套出版的《大学物理学学习指导书》,按本书的章节顺序编排,包括“基本要求,知识结构,内容提要,重点难点,方法技巧,习题解答”六部分内容。

本书适合于培养应用型人才的一般院校非物理类专业大学物理课程(少学时)教学使用,也可供相关的科技工作者和社会读者参考。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学.上册/廖耀发主编. —北京:高等教育出版社, 2011.1

ISBN 978-7-04-030893-8

I. ①大… II. ①廖… III. ①物理学-高等学校-教材 IV. ①04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 246107 号

策划编辑	高建	责任编辑	王硕	封面设计	于文燕
责任绘图	尹文军	版式设计	余杨	责任校对	殷然
责任印制	朱学忠				

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 山东省高唐印刷有限责任公司

开 本 787×960 1/16
印 张 16
字 数 300 000

购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landraco.com>
<http://www.landraco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2011 年 1 月第 1 版
印 次 2011 年 1 月第 1 次印刷
定 价 22.10 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 30893-00

前 言

本书根据教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会 2008 年制定的《理工科类大学物理课程教学基本要求》精神，吸收了我们过去对大学物理教学改革的研究成果，特别是我们近年来参与承担的“十一五”国家级课题《我国应用型人才培养模式研究》物理类子课题的研究成果，借鉴了鄂、桂、皖三地部分物理老师的先进教学理念，按照“研究—实践—再研究—再实践”的原则编写而成。

在本书的编写过程中，我们重点借鉴了国内同类教材的先进思想，保持了我们过去所编教材（廖耀发，邓远霖，吴参，李坤仲，沈霖生，潘超英等，《大学物理学》，华工版，1988；廖耀发，孙端清，郑树文，梁荫中，陶作花等，《大学物理教程》，武测版，1992；廖耀发，张立刚，张兆国，田旭，李长真等，《大学物理》，武大版，2000；廖耀发，张立刚，阎旭东，孙向阳，申文光等，《大学物理教程》，高教版，2006）的特色，本着“加强基础，突出应用，反映近代，方便教学，浅而简明”的原则，精选了本书的内容，重构了本书的体系，力争使本书特色更加鲜明，更加适合于（物理课程）少学时的工科专业选用，做到“开卷有益”。

本书分上、下两册出版。上册包括力学，振动与波，电磁学三大部分；下册包括热学，光学，近代物理基础及现代科学技术的物理基础专题选讲等部分。它们涵盖了教育部新的“基本要求”的全部核心内容，涉及了“基本要求”少量的扩展内容。我们认为，这些内容对于“培养应用型人才”来说是非常必须的。

为了方便教学，我们对书中的某些内容标记了“*”号，以供不同专业的师生选用。对于学时更少的专业师生，也可跳过它们而不讲，这对全书的系统性影响也不大。

本书由廖耀发担任主编，陈义万、熊才高、阎旭东担任上册副主编，谢国秋、李云宝、王栋担任下册副主编，参加编写的单位及人员有湖北工业大学商贸学院廖耀发、熊才高、张哲、鞠剑平、刘天海；湖北工业大学陈义万、阎旭东、别业广、闵锐、李文兵；安徽黄山学院谢国秋、刘仁臣；武汉科技大学李云宝、周怡、李钰；广西工学院鹿山学院王栋、谭敏；深圳职业技术学院陈琪莎（插图）。

本书由武汉大学梁荫中教授担任主审。梁教授非常认真、仔细地审阅了全书的所有内容，提出了很多很好的修改建议，为本书质量的提高起到了极大的

促进作用。

由于编者水平所限，书中缺点错误在所难免，敬请广大师生和读者批评指教，不胜感谢。

编者

2010年4月

目 录

绪论	1
----	---

第一篇 力 学

第一章 质点运动学	9
1.1 质点运动的描述	9
1.2 圆周运动	14
1.3 相对运动	18
习题	20
阅读材料 机遇只偏爱有准备的人	22
第二章 牛顿运动定律	24
2.1 牛顿运动定律	24
2.2 牛顿运动定律的应用	27
习题	32
阅读材料 牛顿	34
第三章 机械能守恒定律	36
3.1 功与功率	36
3.2 动能定理	39
3.3 保守力与非保守力 势能	42
3.4 功能原理与机械能守恒定律	44
习题	47
第四章 动量守恒定律	49
4.1 动量定理	49
4.2 动量守恒定律	52
* 4.3 质心与质心运动定理	54
习题	57
第五章 刚体的定轴转动 角动量守恒定律	60
5.1 刚体定轴转动的描述	61
5.2 刚体的角动量与转动惯量	63
5.3 刚体的转动定律	67
5.4 角动量守恒定律	69
* 5.5 转动刚体的功能关系 飞轮	71

习题	73
----------	----

第二篇 振动与波

第六章 简谐运动	79
6.1 简谐运动的特征	79
6.2 简谐运动的描述	81
6.3 简谐运动的能量	85
6.4 简谐运动的合成	86
习题	90
第七章 波动	94
7.1 波的产生与传播	94
7.2 平面简谐波的波函数	97
7.3 波的能量与能流	100
7.4 波的干涉	102
7.5 驻波 半波损失	104
7.6 波的衍射	107
7.7 多普勒效应	108
习题	110

第三篇 电 磁 学

第八章 真空中的静电场	115
8.1 电荷 库仑定律	115
8.2 电场强度	117
8.3 高斯定理	122
8.4 静电场的环路定理 电势能	129
8.5 电势	131
*8.6 电场与电势的微分关系	135
习题	137
第九章 静电场与导体和电介质的相互作用	141
9.1 静电场中的导体	141
9.2 电容	145
9.3 有电介质存在时的静电场	148
9.4 电场的能量	154
习题	156
阅读材料 静电的利与弊	158

第十章 恒定电流的磁场	161
10.1 恒定电流	161
10.2 磁场 磁感应强度	164
10.3 毕奥-萨伐尔定律	166
10.4 恒定磁场的高斯定理	170
10.5 恒定磁场的安培环路定理	173
习题	177
阅读材料 物理学中的类比法	180
第十一章 磁场对电流和运动电荷的作用	182
11.1 安培定律	182
11.2 磁场对载流线圈的作用	184
11.3 磁场对运动电荷的作用	186
习题	189
第十二章 磁场与介质的相互作用	193
12.1 介质的磁化	193
12.2 磁介质中的安培环路定理与高斯定理	194
*12.3 物质的磁性	197
习题	201
第十三章 电磁感应	202
13.1 电磁感应的基本定律	202
13.2 动生电动势与感生电动势	205
13.3 自感与互感	211
13.4 磁场的能量	214
习题	216
阅读材料 法拉第	220
第十四章 电磁场与电磁波	222
14.1 位移电流与全电流	222
14.2 麦克斯韦方程组的积分形式	224
14.3 电磁波	226
习题	229
阅读材料 麦克斯韦	230
习题参考答案	232
附录	243

绪 论

0.0.1 何谓物理学

物理学是一门研究物质结构、运动形态以及物质之间相互作用规律的自然科学。

物理学所研究的物质结构，主要是指构成物质的层次，以回答物质究竟是由什么样的最基本（最小）的单元所组成？物质是否是无限可分的？

物理学所研究的运动形态，主要是指机械运动、热运动、电磁运动、原子、原子核和粒子的运动，它们是自然界最基本、最普遍的运动形态。

物理学所研究的相互作用，主要包括引力相互作用、弱相互作用、电磁相互作用和强相互作用。引力相互作用是一种十分微弱的长程作用，在宇宙构成及其演化中起着重要作用；弱相互作用是一种短程作用（作用半径约 10^{-18} m），是引起粒子间某些过程（如衰变）的重要因素；电磁相互作用也是一种长程作用，是使电子与原子核相聚形成原子的主要动力；强相互作用亦为短程作用，其作用半径约为 10^{-15} m，是形成原子核的主要动力。四种相互作用的强度比为 $10^{-38} : 10^{-13} : 10^{-2} : 1$ 。

物理学所研究的时空跨度非常巨大。就空间而言，从 10^{-15} m（质子半径）到 10^{26} m（可探测到的类星体的最远距离）的尺度均属其研究范围。就时间而论，从 10^{-43} s（普朗克时间）到 10^{39} s（质子的寿命）都在其研究之列。

0.0.2 物理学研究方法

在漫长的发展进程中，物理学形成了一套自己的研究方法，归纳起来，大致如下：

1. 提出命题

物理命题的提出，常用观察与归纳方法来实现。

观察是指在不改变自然现象本来面目的情况下，从多方面去对自然现象进行分析、判断，以求得对问题的正确认识。

归纳是根据问题的内容及性质，突出主要因素，忽略次要因素，筛选出能反映待研究问题的特征，尽量使之既能与实际情况较好地相符，又便于使问题简化，易于研究。

2. 论证与检验

命题的论证常用模型与演绎方法进行。

模型法是指将待研究问题按照“突主略次”的原则进行加工、抽象、化成模型，以供研究。例如，质点模型的提出就是其中的典型代表，它将对问题的研究作用甚微的物体形状大小忽略，而突出在问题的研究中有重要作用的质量，将物体抽象成为一个仅有质量的代表点——质点，从而使经典力学问题的研究大为简化，易于进行。

演绎法是指从已知原理出发，通过逻辑推理和数学演算来使命题获得论证。例如，高斯定理及安培环路定理的提出便是演绎法获得成功的佐证。

理论正确与否的检验常用实验方法来进行。实验是指在人工控制的前提下，将自然界中所发生的现象予以重现，以便对自然现象进行反复观察与研究。实验是科学研究的重要手段与方法，其要点将在实验课中详细介绍。

3. 修改与更新

物理学是一门理论与实验紧密结合的学科。实验若无理论作指导，不仅可能走弯路，而且所发现的事实结论也可能毫无用处；反过来，理论若无实验来支持，便很可能变得与大自然毫无关系。因此，任何理论均必须接受实验（实践）的检验。如果实验证明理论是对的，则这种理论就是真理；如果实验证明理论只有部分正确，则应对其作修改；如果证明它是错误的，就要对其进行否定与更新。

4. 预言与假说

当新事实与旧理论不相符合时，常用假说或预言去说明。

假说（或预言）是在一定的观察、实验的基础上对自然现象的本质提出的说明方案，其正确与否尚需根据进一步的实验和观察来验证。如果实验与观察证明它是正确的，则这种假设便可上升为真理；如果证实它只有部分正确，则应予以修正；如果证实这种假说完全不对，则应予以否定。

应该指出，假说也是认识事物本质的一种重要方法，其基础在于正确的观察与实验。例如，爱因斯坦的光子假说就是基于大量光电效应的实验事实提出的，由于它反映了客观事物的本质，因而很快便成为光电效应的理论基础。

0.0.3 物理学对科学技术的影响

1. 物理学与自然科学

大家知道，自然科学主要是指物理学、化学、生物学、天文学等学科。化学、生物学、天文学等学科，它们除了一些自身的规律性外，在很大程度上是应用物理学的理论及方法来解决它们各自的问题，其前沿分支，多半都与物理学的发展相联系。如量子化学，量子生物学，近代天文学等，无不包含着物理学的成就。可见，物理学是自然科学的基础。

2. 物理学与工程技术

物理学对工程技术的影响十分深远。已故机械大师，原清华大学教授刘仙洲老先生对此说得既具体，又形象——“理为工之基，工为理之用”。可以毫不夸张地说，没有物理学的发展，就不可能有工程技术的今天：牛顿力学及热力学的建立，推动了机械制造业的发展与革新；法拉第、麦克斯韦等人建立的电磁理论，推动了电力、电器设备制造业的发展，使电能广泛地用于工农业生产与人类的日常生活中；相对论、量子力学的建立和发展，改变了人们对时空和微观世界的认识，导致了核能、半导体、高温超导及纳米材料的发现与应用，促进了许多新兴学科的诞生；电磁、统计、波动、光学理论的综合应用，促进了激光、信息技术，特别是光纤通信技术的发展与应用，使人们能充分享受科学进步所带来的方便与文明。英籍华人高锟因为在这一方面所作的贡献而获得了2009年的诺贝尔物理学奖。

0.0.4 物理学对社会科学的影响

物理学的规律、思想及方法不仅对科学技术的发展有着极大的引领作用，而且对社会和社会科学的发展也有着巨大的影响。众所周知，马列主义，特别是恩格斯和列宁的经典著作中就有着大量的关于物理规律的描述，指导着一代又一代的后来人去从事伟大的社会主义革命与建设。

前已叙及，物理学中的一条重要法则是“实（践）验是检验理论的标准。”20世纪70年代，我国的社会学者将之移植于社会科学，提出了“实践是检验真理的唯一标准”，为我国的改革开放大业提供了重要的理论依据，为国家的“民富国强”起到了极大的促进作用。

如今社会到处都在提“低碳经济”，说这是社会可持续发展的最好良方。但我们认为，从物理学的角度来看，若提倡“低熵（参见廖耀发，温度与熵，北京，高等教育出版社，1989）社会”则比提倡“低碳经济”更具普遍性，更有利于社会的可持续发展和进步。

0.0.5 如何学好大学物理

以物理学基础为内容的大学物理课程是高等学校理工各专业学生一门十分重要的通识性必修基础课。它所教授的基本概念、基本理论和基本方法是构成学生科学素质的重要组成部分，是一个科学工作者和工程技术人员所必备的素养。因此，学好大学物理不仅对培养学生树立科学世界观，增强学生分析和解决问题的能力有利，而且对于培养学生的探索精神和创新意识等方面也都是十分有益的。

我们认为，学好大学物理的关键是要突出十二个字：抓重点，重理解，勤

梳理,巧练习.

1. 抓重点

大学物理的每章每节都有它的重点. 重点就是章节的核心内容, 它包含了章节的基本概念, 基本规律及基本方法. 抓住了重点, 就等于抓住了章节的主要矛盾, 其他矛盾便会迎刃而解.

例如, 质点运动学一章, 其重点就是“三个概念”(位矢, 速度及加速度), “三条基本规律”(位矢的一阶导数为速度, 速度的一阶导数为加速度, 绝对位矢为相对位矢与牵连位矢之矢量和), “二种基本方法”[求导法: 知道位矢求速度及加速度; 积分法: 知道加速度求位矢(坐标)或速度]. 这些问题抓住了, 弄懂了, 整个运动学的核心问题也就完全掌握了.

2. 重理解

物理知识, 重在理解. 其基本含义有二: 一是要彻底弄清它的物理意义(是什么, 为什么是这样的, 如何理解和应用它), 并用自己的语言将它表述出来; 二是要弄清它与相近知识的联系与区别, 避免掉进“知识陷阱”, 这样才能使所学的物理知识吃得透, 记得牢, 用得活.

例如, 对于高斯定理的学习, 只要理解了场强的几何意义是代表电场线密度(通过单位面积的电场线数目), 而电场线又是由电荷发出的, 这样, 自然就很容易想到高斯定理的实质是讲通过封闭曲面的电场线总数目(电通量)大小的规律, 其数值当与封闭曲面内所含净电荷的多少成正比, 于是便很容易,

很自然地记住了其数学表达式 $\oiint_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S} = \frac{\sum q_i}{\epsilon_0}$, 很容易想起利用它可以简便地计算出对称电场的场强大小.

3. 勤梳理

勤梳理就是要将头脑中的物理知识像梳辫子一样经常进行复习整理, 达到像古圣人所教导的那样, 做到“吾日三省吾身”. 这一则可以理顺重点与一般的关系, 二则又可以使头脑的知识条理化, 系统化, 达到易于理解, 易于记忆之目的.

例如, 对于运动学一章的学习, 如果学完后, 我们能够按照前述的“三、三、二”原则来进行复习, 整理, 则全章的知识体系, 来龙去脉就显得非常清晰有序了——只要一提及速度, 我们马上就可以想到对其求导就是加速度, 对其积分就是坐标或位矢……这样, 全章的知识就显得更加有条有理, 更加好记好用了.

4. 巧练习

练习是大学物理学习必不可少的重要环节, 它一则可消化所学的知识, 二则可发现自己所学之不足.

物理练习，贵在“巧练”，不在题多。这里说的巧练，主要是指要提高做题的质量与技巧，达到举一反三，触类旁通之目的。为此，我们应该要求自己，每做完一道题目都应从如下三个方面去进行自我小结：

- (1) 该题侧重检查我们哪些方面的知识？
- (2) 用什么方法做最简便？
- (3) 做该题的经验教训是什么？做完后有何心得及体会？

这样坚持下去，一则可使日后的做题速度大为提高，二则可使所学知识越用越活，故为“巧练”。

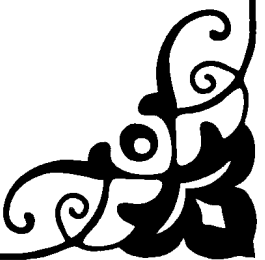
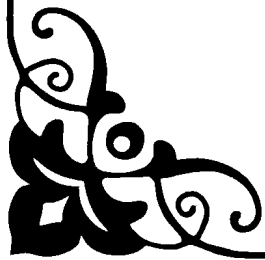


第一篇 力 学

物体与物体之间或物体各部分之间相对位置随时间的变化称为机械运动，它是物质最简单、最基本的运动形式，几乎所有的物质运动都包含有机械运动。

研究机械运动规律的学科称为力学。以牛顿运动定律为基础的力学称为经典力学（亦称牛顿力学），它是物理学的重要组成部分，同时也是工程技术的理论基础之一。因此，学好力学对后续课程的学习及解决工程实际问题都是很有意义的。

粗略地说，力学可以分为运动学、动力学和静力学三大部分。运动学主要研究物体的运动，但不涉及运动变化的原因；动力学主要讨论物体运动与受力的关系，而静力学则主要介绍物体在受力作用下的平衡问题。本篇只讨论运动学和动力学部分，它们是力学中最为基本的内容。



第一章 质点运动学

在很多情况下, 物体的形状和大小对物体运动的研究影响不大, 可以忽略. 这时便可将物体抽象成一个只有质量的点, 这样的点称为质点, 它是物理学中一个十分重要的模型, 可使复杂的物理问题得以简化, 易于讨论. 研究物体 (质点) 运动状态及其变化规律, 但不涉及变化原因的科学称为质点运动学. 除特别声明外, 本篇所讨论的物体均可作为质点来处理.

任何物体的运动都有相对性. 例如, 坐在教室里的人相对教室是静止的, 而相对于太阳却又是运动的. 因此, 只有事先指明了参考物体后, 运动才有确切的意义. 这种被选作参考的物体称为参考系. 为了定量地描述质点 (物体) 的运动, 通常需要在参考系上固联一坐标系. 本章用得最多的坐标系为直角坐标系, 它由相互垂直的 x, y, z 三个坐标轴所构成.

由于任何物体的运动都有方向性和时间性, 因此, 运动的分析和计算常常需要用到一定的矢量及微积分知识. 所以, 学习本章知识适当地复习一下高等数学中已经学过的矢量及微积分内容是非常必要的.

1.1 质点运动的描述

质点的运动常用如下一组物理量来进行描述:

1.1.1 位置矢量

位置矢量是描述质点所在空间位置的物理量. 如图 1.1 所示, 设某一时刻质点位于 P 点, 自坐标系的原点 O 引向 P 点的有向线段 $\overrightarrow{OP}$ 称为该时刻质点的位置矢量, 简称位矢, 以 $\boldsymbol{r}$ 表示.

随着质点的运动, 位矢 $\boldsymbol{r}$ 必随时间而变化, 换言之, 位矢 $\boldsymbol{r}$ 是时间的函数, 即

$$\boldsymbol{r} = \boldsymbol{r}(t) = x(t)\boldsymbol{i} + y(t)\boldsymbol{j} + z(t)\boldsymbol{k} \quad (1.1)$$

式中, $x(t), y(t), z(t)$ 分别为 t 时刻 $\boldsymbol{r}$ 在直角坐标系中三个坐标轴上的投影, $\boldsymbol{i}, \boldsymbol{j}, \boldsymbol{k}$ 分别

为 x, y, z 三个坐标轴上的单位矢量 (大小为 1, 方向分别沿各坐标轴正方向

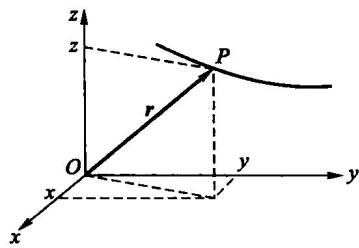


图 1.1 质点的位矢