



全国高等师范专科学校教材

普通物理学

(师专二年制化学专业用)

主编 汪昭义

华东师范大学出版社

普通物理学

(师专二年制化学专业用)

主审 陈家森
主编 汪昭义

编写组成员(按姓氏笔划为序):

方天华 吴高题
李仁大 汪昭义

华东师范大学出版社

普通物理学
(师专二年制化学专业用)
汪昭义 主编

华东师范大学出版社出版发行
(上海中山北路 3663 号)

新华书店上海发行所经销 吴县光福印刷厂印刷
开本: 850×1168 1/32 印张: 15.75 字数: 395 千字
1989 年 6 月第一版 1989 年 6 月第一次印刷
印数: 1—3,000 本

ISBN7-5617-0444-5/N·018 定价: 3.70 元

出版说明

党的十一届三中全会以来,师范专科教育有了很大的发展,但是,作为师专教学三大基本建设之一的师专教材建设,却始终没有得到很好的解决。长期以来,师范专科教材基本上是借用本科的教材,不但借用师范本科教材,而且还借用综合大学的本科教材,不适合师范专科的特点,影响了师范专科的教学质量。近几年来,有的地区和学校为了改变这种状况,也零星地编写了一些师专教材,可是,不成套,有的科甚至编写了几种,质量参差不齐。虽对师专无教材的局面有了部分改变,但终因没有一套全国统一的、高质量的教材而限制了师专办学效益的提高,也给师专的教学管理和评估工作带来了许多困难。

为了进一步发挥师专的办学效益,彻底改变师专没有适合自己特色的教材的局面,国家教委师范司在1987年制订了《二年制师范专科学校八个专业教学计划》;继之又约请了全国有教学经验的专家、教授编写了这八个专业的《教学大纲》;1988年7月在长春市东北师范大学又召开了全国二年制师专教材编写出版规划会议,会上研究制订了《1988~1990年二年制师专八个专业教材编写出版规划》。八个专业是:中文、历史、政治教育、数学、物理、化学、生物和地理。同时,还准备组织编写二年制音乐、美术、体育和英语专业教材。

在国家教委师范司的统一部署、各省市自治区教委的大力帮助和出版社的积极组织下,聘请了一些长期从事师专教学工作,具有丰富的教学实践经验和较高学术水平的教授或副教授担任各科主编。各位主编根据国家教委师范司拟定的《关于编写二年制师

专教材的指导思想和基本原则》及各科《教学大纲》的精神,组织编者收集资料,综合研究,争取编出一套具有师专自身特色的教材,以适应师专教育的迫切需要。

现在,在各方面的大力支持下,经过主编和各位编写人员的努力和辛勤劳动,这套教材将陆续面世。我们热忱地欢迎师专的广大师生使用它,并在使用过程中,多提宝贵意见,使之不断完善,不断提高,以保持与当代科学和师专教育实践的同步发展。

1989年1月

前 言

本书是为师专化学专业学生学习普通物理学而专门编写的，应该说这是师专系统的一个重大事件。因为在过去还没有一本统一的适用于师专系统的普通物理学教科书，它必然会使师专学生的学习受到影响。这次由四位长期工作在师专物理教学第一线的、积累了丰富的教学经验的教师，根据教学大纲的要求和学生的具体情况，在较短的时间内编写出本书，虽然时间仓促，很多问题还来不及经过十分仔细的推敲和琢磨，它仅仅是一个雏型，但它毕竟具有师专的特色，更加切合师专的实际，是师专系统自己的教科书，应该值得庆贺。有了它以后，还可以通过师专全体师生的实践，不断地加以充实、更新和提高，使它的内容更加切合实际，组织得更加科学，体系更加完整，说理和表达更加严密，提炼出一本更加完美的教材来。

华东师范大学 陈家森

1988年12月

绪 论

§ 0.1 物理学的意义和研究对象

在我们周围的世界都是物质的，它们都处在运动和发展之中。人类最初对物质运动及其表现的认识，是直接通过感知了解的，然后向更广和更深的层次探索，大到天体和宇宙演变，小到原子，乃至基本粒子。在这两个大小悬殊的极端之间，排列着物质世界中各种不同层次的实体，它们在结构上互相结合、彼此重叠，尽管被认识的程度还不完善，但这确实是一幅相差 10^{41} 倍的巨大而深远的全景式图象。

我国古代在观测天象、灌溉、建筑、航海和使用兵械等实践活动中，已积累了不少零星和片断的、称为自然哲学的知识，它是将自然界看作随其自身内部的规律而运动的对象，建立起来的一种自然观。尽管在中国这种自然哲学没有能发展成为自然科学，但在技术工程方面的成就是惊人的：火药、造纸、活字印刷、指南针等四大发明在世界文明史上占着十分重要的地位。

物理学研究自然界物质存在的各种基本形式、主要性质与内部结构，从而认识这些结构的组元及其相互作用、运动和转化的基本规律。随着实践的扩展和深入，物理学的内容时有更新，但归结底都是物质运动最一般的规律和物质的基本结构。由于物理学所研究的运动，普遍地存在于其他较高级和较复杂的物质运动形式（例如化学的、生物学的等等）之中，所以，物理学研究的物质运动规律，具有极大的普适性。例如，万有引力定律、能量的转化和守恒定律，对于宇宙间任何物体，不论其化学性质如何，或有无生

命，都一概遵从。这就决定了物理学的任务是力图寻找一切物理现象的基本规律，从而统一地理解所有物理事实。物理学家的这种努力和新物理规律的不断发现，都表明人们对物质世界的探究是无穷无尽的。

§ 0.2 物理实验和理论结构

物理学的发展是从实验现象的观测开始的，先形成假说，再经实验的检验，而建立起理论，并继续受到实验的检验，使理论日臻完善，不断更新。可见，物理实验既是物理学研究的基础或出发点，又是最后检验理论正确与否的唯一标准。

当然，单纯描述个别实验现象，而不进行系统地分析，是没有意义的。必须通过许多不同而又相互有关的实验所获得的大量资料进行比较、分析，抽象成物理模型，产生假说，形成概念，建立定律，再经广泛的概括，从而构成系统化的知识，这就是理论。理论能使许多实验事实联系起来；同时还一定程度上预言新的现象，进一步指导新的实验。将实验结果与理论的预期加以对比，而检验这个理论是否正确或有多大误差，以此再对理论进行修正或更新。这样，物理实验和理论之间相互依存、相互促进的关系，使物理学在理论与实际相结合的基础上稳步前进；如果没有理论指导，则实验上可能发现一大堆无用的事实；如果没有实验的约束和限制，则理论上可能得出一连串空想的结论。

物理学理论体系是包括假说、模型、概念、定律和定理，以一定的逻辑框架有序地组合起来的。它能解释广泛范围内的现象，并能回答现实中的有关问题。在物理学理论体系的构成和发展中，科学家对理论简明性的信念以及对世界图景统一性的追求，使得理论随着实验不断发展，甚至有时连基本理论框架都发生根本性的变革。

§ 0.3 物理学与其他科学和技术的关系

物理学是研究最普遍的物质运动形式的，这就使得它对整个科学的发展有着重要的影响，一直被认为是其他自然科学和各部门工程技术的基础。事实上，化学、生物学、天文学，甚至心理学中，都包含有许多物理现象。数学上的很多发现都和物理学有着密切的关系，而数学中的许多方法都在物理学中首先得到应用，既可描述物理现象和规律，并可提供最优美的表达形式。

近代科学的发展，更加促进了物理学与其他学科领域的联系，从而形成了许多边缘科学，这是物理学横向发展的新开拓。化学也许是与物理学最为密切的伙伴，它们有时甚至很难区分。难怪某些学者认为“物理学和化学分离开可能是件不幸的事。”近年来，随着物理学理论和实验研究手段与方法的进步，使这两门科学逐渐靠拢，并有着广阔的共同研究领域，互相渗透。一些物理学的基本内容，既是许多化学问题研究的直接需要，又是化学的理论基础。如物理学中的原子理论，在很大程度上由化学实验来证实；化学中的化学反应理论，在很大程度上总结在门捷列夫周期表内，各种元素之间的相互联系汇总了不同物质之间的化合规则，而这些规则最终可以从量子力学得到解释。

数学的发展虽然有其自身的特点，即可作为一种不受物质世界支配的独立逻辑结构而存在，但是物理学的需要确实促进了数学的发展。另一方面，数学还构成物理学理论和应用工程技术之间的部分桥梁。通过数学这一座桥梁，物理学理论与应用技术之间互相充实，派生出各种应用物理学科，例如微电子、激光等。物理学的每次重大突破，都会促进生产技术的变革，推动社会生产力的发展。

人们的生产和技术活动，需要物理学提供知识养料作为理论

指导，反过来也为物理学研究工作提供进一步开展科学实验的先进装备。因此，生产技术成了物理学研究的源泉和物理学发展的动力。

§ 0.4 物理学史和方法论

“物理学”一词出自希腊文，意为关于自然界的科学；我国“物理”一词则出自公元前二世纪的《淮南子》一书中：“故耳目之察，不足以分物理。”物理指的就是自然界存在的各种事物的道理，包括人对自然界广泛范围的各种认识。物理学的发展源远流长，明显可以分为三个时期：首先，16世纪以前的古代物理学处于其萌芽时期，基本上属于现象的描述、经验的总结和猜测性的思辨，主要以直觉的和零散的形式出现的、有关自然界的具体知识，也就是自然哲学的一个组成部分。

16到19世纪物理学逐步从自然哲学中分化出来，成为一门独立的科学。开始以哥白尼、伽利略为代表，由牛顿集大成而建立起经典力学，把天体和地面物体的运动统一起来。19世纪由迈耶尔、焦耳、玻尔兹曼等人建立起热力学和统计力学，确定了能量守恒和转化定律，找到了宏观现象和微观粒子运动之间的联系。以法拉第和麦克斯韦为主要创始人的电磁学和电动力学，把电、磁、光统一起来。这样，经典力学、热力学和电磁学就构成了经典物理学理论体系。

19世纪末、20世纪初物理学实验揭示了一系列新现象，特别是深入到微观世界和高速领域，导致了物理学的革命：爱因斯坦建立相对论，把物质、运动、时间、空间统一起来；由普朗克、玻尔、德布罗意与薛定谔等人建立起的量子力学，揭示了物质的波粒二象性，找到了微观世界运动的规律，进一步把实物粒子和场统一起来。这两大方面理论的建立，标志着跨入了近代物理学时期。

物理学的长足进展，使得其自身的研究方法不断地演变和革新。所谓物理学方法论，是指物理学根本的研究方法和对物理学理论的建立与发展起着指导作用的普遍原理。物理学研究方法，概括起来就是在观察与实验的基础上，运用逻辑思维与数学分析相结合的方法。

物理学方法论也离不开人类对客观世界的认识法则，即认识来源于实践，而实践的广度和深度又有着历史的局限性。与古代物理学相应的自然观，占统治地位的是原始的唯物论和朴素的辩证法。与牛顿力学体系相应的是形成了一种机械唯物论的自然观，即基本上坚持唯物主义立场，但把一切运动都简单地归结为机械运动，这种形而上学的观点阻碍了物理学的发展。19世纪物理学揭示了自然界不同运动形式之间的相互联系和转化，在此基础上诞生了辩证唯物论的自然观；随着20世纪以相对论、量子力学为支柱的近代物理学时期的到来，辩证唯物论的自然观也在不断丰富和发展。当前物理学的理论正被用来研究越来越复杂的对象及其运动，从分子凝聚态到化学反应，乃至探求生命的奥秘和解开宇宙起源之谜；并且物理学方法已经开始渗透到社会科学领域。这些都必将为科学技术带来革命性的变革，极大地促进人类文明的快速进步。

学习物理学这门基础课，必须系统地掌握物理学的基本理论和知识，并在实验技能和运用数学的能力以及研究方法等方面受到严格训练，为今后学习专业知识和树立辩证唯物主义的世界观打下必要的物理基础。

目 录

绪论	1
§ 0.1 物理学的意义和研究对象	1
§ 0.2 物理实验和理论结构	2
§ 0.3 物理学与其他科学和技术的关系	3
§ 0.4 物理学史和方法论	4
第一章 牛顿运动定律	1
§ 1.1 质点运动的描述	1
§ 1.2 几种典型的质点运动	11
§ 1.3 牛顿运动定律及其应用	21
思考题与习题	32
第二章 动量 功和能	35
§ 2.1 动量 冲量 动量定理	35
§ 2.2 动量守恒定律	39
§ 2.3 功和功率	43
§ 2.4 动能 动能定理	46
§ 2.5 势能 保守力与非保守力	47
§ 2.6 功能原理 机械能守恒定律	52
*§ 2.7 碰撞	56
思考题与习题	62
第三章 刚体的转动	67
§ 3.1 刚体的定轴转动	67
§ 3.2 转动定律	72
§ 3.3 刚体转动的动能定理	79
§ 3.4 角动量 角动量守恒定律	83
思考题与习题	89
第四章 振动和波	92
§ 4.1 简谐振动	92

§ 4.2	谐振动的合成	102
§ 4.3	机械波的产生和传播 简谐波	110
§ 4.4	惠更斯原理 *波的衍射 波的干涉	122
	思考题与习题	129
第五章	狭义相对论	133
§ 5.1	伽利略变换和绝对时空观	133
§ 5.2	相对论基本假设 洛仑兹变换	138
§ 5.3	狭义相对论的时空观	143
§ 5.4	相对论的质量、动量和能量	147
	思考题与习题	153
第六章	气体分子运动论	156
§ 6.1	分子运动论的基本概念	156
§ 6.2	理想气体及其状态描述	159
§ 6.3	理想气体的压强和温度	162
§ 6.4	能量按自由度均分定理 理想气体的内能	167
§ 6.5	麦克斯韦速率分布律	172
§ 6.6	气体分子的平均碰撞频率和平均自由程	177
*§ 6.7	气体内的迁移现象简介	181
§ 6.8	实际气体的等温线 范德瓦耳斯方程	187
	思考题与习题	194
第七章	热力学基础	198
§ 7.1	热力学第一定律	198
§ 7.2	热力学第一定律对理想气体的应用	203
§ 7.3	循环过程 卡诺循环	214
§ 7.4	热力学第二定律	219
§ 7.5	可逆过程与不可逆过程	222
§ 7.6	卡诺定理	227
	思考题与习题	228
第八章	静电场	232
§ 8.1	电荷 库仑定律	232

§ 8.2	电场 电场强度	236
§ 8.3	电力线 高斯定理	243
§ 8.4	电场力的功 电势	250
§ 8.5	电场强度与电势的关系	256
§ 8.6	静电场中的导体 静电平衡	260
§ 8.7	电容和电容器	264
§ 8.8	静电场中的电介质	270
§ 8.9	静电场的能量	277
	思考题与习题	281
第九章	稳恒电流	285
§ 9.1	电流密度 欧姆定律的微分形式	285
§ 9.2	电流的功和功率 焦耳定律	293
§ 9.3	闭合电路和一段含源电路的欧姆定律 电动势	294
§ 9.4	基尔霍夫定律	300
	思考题与习题	304
第十章	稳恒电流的磁场	309
§ 10.1	磁现象 磁场 磁感应强度	309
§ 10.2	磁通量 磁场的高斯定理	313
§ 10.3	毕奥-沙伐尔-拉普拉斯定律	315
§ 10.4	安培环路定理	320
§ 10.5	磁场对运动电荷的作用 洛仑兹力	325
§ 10.6	磁场对载流导线的作用 安培力	332
§ 10.7	磁介质 磁化强度	337
§ 10.8	有磁介质存在时的安培环路定理 磁场强度	340
	思考题与习题	345
第十一章	电磁感应 电磁场	351
§ 11.1	电磁感应的现象及其规律	351
§ 11.2	动生电动势和感生电动势	355
§ 11.3	自感 互感	358
§ 11.4	磁场的能量	362

*§ 11.5 位移电流 电磁场基本方程的积分形式	365
§ 11.6 电磁振荡 电磁波	371
思考题与习题	377
第十二章 光学	382
§ 12.1 几何光学概述	382
§ 12.2 光的干涉	396
§ 12.3 光的衍射	410
§ 12.4 光的偏振	428
§ 12.5 光的量子性	437
§ 12.6 光的波粒二象性	444
思考题与习题	446
第十三章 原子的量子理论	452
§ 13.1 氢原子光谱 玻尔氢原子理论	452
§ 13.2 德布罗意波 测不准关系	462
§ 13.3 波函数 薛定谔方程	467
§ 13.4 量子力学对氢原子问题的处理	472
§ 13.5 电子的自旋 原子的壳层结构	478
思考题与习题	482
后记	485

第一章 牛顿运动定律

自然界是物质世界,即它是由不停地运动着的物质所组成的。在物质的各种运动形式中,最简单、最基本的是一个物体相对另一个物体、或者是一个物体的某些部分相对于其它部分的位置的变化。这种位置的变化称为机械运动。如星体在太空中的运动,机器运转中各部件的运动及车辆在行驶中相对位置的改变等等。力学就是研究机械运动规律及其应用的学科。

本章首先描述质点的机械运动,为了建立质点运动方程,引出了位移、速度和加速度等概念,并以此阐明了质点作直线运动、抛体运动和圆周运动的基本规律,最后详细地讨论牛顿运动三定律及其初步应用。

§ 1.1 质点运动的描述

一、质点

任何物体都有一定的大小和形状,运动时,物体上各点的位置变化,一般说来是各不相同的。因此,要精确描述实际物体的运动并不是一件十分简单的事。但在某些情况下,物体各点的运动状态完全相同,或者各点运动状态的差别可以忽略不计(物体本身线度远小于问题中其它线度),这时可以将物体抽象为一个只具有质量而无形状、大小的几何点,这种理想的模型称为质点。可否把物体当作质点,要看具体情况。例如研究地球绕太阳公转时,由于地球到太阳的平均距离(约为 $1.5 \times 10^8 \text{ km}$)比地球的半径(约 6370 km)大得多,地球上各点相对于太阳的运动可以看作是相同的,这

时,就可把地球当作质点。但是,在研究地球本身自转时,地球上各点的运动并不相同,这时就不可再把地球当作质点了。因此,把物体当作质点是有条件的,是相对的。

二、参照系和坐标系

1. 参照系 自然界中所有物体都在不停地运动着,放在室内桌上的书看来是静止的,但它是随地球一起绕太阳运动。太阳也不是静止的。自然界中大至天体,小至分子、原子、基本粒子,都无时无刻不在运动。所以,物体的运动是普遍的、绝对的。但是,要描述一个物体的机械运动,却又是相对的。因为在研究一个物体的机械运动时,总是指该物体相对另一个物体(或另一些物体)的位置发生变化而言的。所以要确定一个物体的位置,就必须选择另一个标准物体作参考。如观察公路上行驶着的汽车的位置变化时,最方便的是以地面上某一静止的物体作标准。研究行星绕太阳公转运动时,可以以太阳为参考,这时可认为太阳是静止的。这些为描述物体的运动而选定的物体(或物体组)叫做参照系。

不同的参照系对同一物体运动情况的描述是不同的。如在作匀速直线运动的火车上研究一物体自由下落时,若以运动着的火车为参照系,则该物体是铅直下落的,若以车站作参照系,则该物体的运动轨迹是向下的抛物线。因此,在阐述物体运动规律时,必须指明选用的是什么参照系。

在研究物体运动时,参照系的选择是任意的,它由问题的性质、要求和处理的简便程度决定。

2. 坐标系 物体的运动就是物体相对于参照系的位置的变化。为了定量地确定物体相对于参照系的位置,应该在参照系上建立一个固定的坐标系,最常用的是直角坐标系。它是在参照系中先选择一固定点 O ,称为坐标原点,通过这一点,作三条互相垂直的轴,分别标作 x 轴、 y 轴和 z 轴。物体在直角坐标系 $Oxyz$ 中处于 P 点,可以用 x 、 y 、 z 三个坐标值来确定(图1.1),如果物体在