



世纪高等学校公共基础课规划教材
教育部世行贷款教改项目成果

大学物理学



王建邦 主编

第一卷 经典物理基础



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



04
294
:1
2007



世纪高等学校公共基础课规划教材
教育部世行贷款教改项目成果

大学物理学

(第一卷 经典物理基础)
第2版

主编 王建邦
参编 张旭峰 杨 军
刘兴来 闫仕农

机械工业出版社

本书根据教育部世行贷款教学改革项目的成果和教育部非物理类理工科大学物理课程教学基本要求编写而成。全书共两卷,本书为第一卷,主要内容有力学、场物理学、波动学和热学。

本书的一大特色,也是新的尝试是,除在叙述上力求深入浅出、概念准确,并尽量以具体的实例使内容更加生动外,还在讲述基本概念和基本物理规律的同时,具体阐述所学内容中应用的物理学研究方法。特别是,本书在体系结构上还在每章后又增加了一小节“物理学方法简述”,进一步简要介绍相关物理学的研究方法,提示读者应用这些研究方法的要点,同时以练习题的方式,让学生自己通过归纳、总结、亲身体验和练习来掌握这些研究方法,达到既增长知识,又提高能力的教学目的,实现既学习知识又培养能力的目标。

本书为高等院校理工科非物理专业大学物理基础课教材,也可作为高校物理教师、学生和相关技术人员的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学. 第一卷, 经典物理基础/王建邦主编. —2
版—北京: 机械工业出版社, 2007. 2

21 世纪高等学校公共基础课规划教材

ISBN 978-7-111-11450-5

I. 大... II. 王... 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 015015 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 李永联 版式设计: 霍永明 责任校对: 刘志文

封面设计: 马精明 责任印制: 李 妍

北京铭成印刷有限公司印刷

2007 年 2 月第 2 版第 1 次印刷

170mm × 227mm · 15.125 印张 · 588 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-11450-5

定价: 29.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010)68326294

购书热线电话: (010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010)88379723

封面无防伪标均为盗版

第2版前言

2003年由机械工业出版社出版的《大学物理学》第一卷“工程基础物理”与第二卷“近代工程物理”已印刷3次。虽然在每次重印时对发现的问题做了局部修改,但为适应教学形势的发展,需要重新进行修订。现将修订情况简介如下:

第一,本书的一大特点,也是作者新的尝试是,紧密结合书中的物理内容,具体阐述了物理学乃至现代科学中常用的研究方法,以使学生在物理知识的同时,在思维方式和科学方法的学习与掌握方面得到良好的培养和训练。具体做法是,书中每章后结合该章教学内容,增加了一小节“物理学方法简述”(以下简称“简述”),简要介绍相关物理学的研究方法,并提醒读者需采用的学习方法,同时通过练习题的方式,让学生自己通过归纳、总结,亲身体验和练习主要的研究方法,从而达到既增长知识,又提高能力的教学目的。

不过,物理学方法论是一门学科,内容丰富,体系庞大。因此,本书每章增加的“简述”不可能也没必要周全详尽,或按一般“物理学方法论”教材的章节次序选材,尽管这可能会使人有些支离破碎的感觉。另外,由于只作“简述”,也不意味着该章知识点只与该节“简述”的方法有关,教学中也不必受“简述”的限制。只要我们在教学实践中不断探索如何将“知识、能力、素质”融为一体的方法,相信会出现更多的可供选择的方式,为提高教学质量服务。

第二,为满足许多非物理专业采用本教材的需要,本次修订中将第一卷“工程基础物理”改为“经典物理基础”;将第二卷“近代工程物理”改为“近代物理基础”。本书权且将20世纪前的物理学称为“经典物理”,20世纪后的物理学称为“近代物理”。我们知道这种分法并不确切,但作为非物理专业的基础课程,这种分类尚能满足教学的需要。

随着我国高等教育由“精英化”向“大众化”阶段的发展,以及越来越多的青年教师走上讲台,为突出重点,第2版每章前提出了“学习本章要求掌握”的内容。教学中有关“了解、理解与掌握”的内容,本是有机结合在一起的,如何让学生从整体上把握它们的关系,还需教师多予指点。

第2版两卷的选材与第1版基本相同,对应总教学时数为128~144学时,建议第一卷为64~72学时,第二卷为64~72学时。在本次修订中,修改了第1

版中出现的某些不确切的提法，尽量做到物理概念准确，但又不深究其内涵。

本次将第1版中的部分例题作为了习题，同时对原来的习题整体上也作了调整，以求进一步做到教学内容、例题、习题与学生教学实际的有机结合。

编 者

2007.2

第1版前言

据不完全统计, 目前全国工科类大学物理课本有一百多种, 其中不乏许多精品。为何还要编写本教材? 主要是因为我们从1997年开始, 介入了工科物理教学改革, 曾承担过原山西省教委教学重点课题“工科大学物理教学内容改革的探索与实践”(1997.1~1999.12)以及正在承担的教育部世行贷款资助课题“物理课程与相关课程交叉、渗透的研究与实践”(2000.8~2003.6)。在多年的教学改革实践中, 我们不断地从全国各兄弟院校借鉴了许多宝贵的经验, 不断地从许多大学的优秀教材中吸取了丰富的营养, 为了延伸、拓展物理知识与加大大学物理教学改革的力度, 为了在高校扩招的新形势下探讨提高地方性工科院校大学物理教学质量的新途径, 我们感到有必要依据多年教学改革实践与探索的收获与经验, 为地方性工科院校的学生编写一本新的大学物理教材。既然如此, 这本教材又具有哪些特点呢? 第一, “雅俗共赏”。这里提出的“雅”与“俗”, 指的是不同层次的读者, “共赏”是期望他(她)们都能喜欢。因此, 本书涉及的基础物理内容及例题与习题有深有浅, 有简有繁, 任读者自行选择; 针对不同层次的学生, 教师也有相当的回旋余地; 第二, “师生对话”。因为本书是针对地方性工科院校学生撰写的, 由于读者的知识基础与认识能力有限, 因此在撰稿过程中, 我们尽量采用一种与读者进行广义对话的方式, 展开全书的内容, 不时地提出问题, 并且在书中用黑体字来突出各种问题, 以吸引读者的注意力, 激发读者的兴趣, 引导读者思考, 这也是我们编写本书的一种新的思路, 能不能起到预期的效果, 还要在实践中检验; 第三, “工程基础”。目前, 我国高校有21个工科大类, 69个专业, 在各种专业教学计划中, 学时数均不到总学时的5%的大学物理, 作为工程基础课程, 其内容究竟是些什么? 应当选哪些? 这也许还是目前一个没有定论的问题。为此, 我们在编写过程中, 基本上仍然遵循传统教材框架, 但尝试着将内容次序调整为: 质点力学、质点系力学、连续体力学、场物理学(以真空电磁场为主, 引力场与标量场适度)、波动学(含机械振动, 机械波与光波)和热学(热力学与分子动理论); 第四, “一分为二”。为了加强近代物理学内容的教学, 突出基础物理教学在工科科学素质教育中的核心作用, 我们从1997年开始教改试点时, 就将大学物理课程中的经典物理(我们称为工程基础物理)与近代物理(我们称为近代工程物理)分别在两个学期开设, 即第二学期开经典物理, 第三学期开近代物理。从99级以后, 我们进而将近代工程物理安排在第五学期开出, 而第三学期和第四学期开物理实验。因此, 本卷自成体系, 又与第二卷互相呼应;

第五,“时数匹配”。教学内容与教学时数是一对矛盾,在处理这一对矛盾时,我们注意了既要解放思想又要实事求是,在本卷的教学组织中,教学内容与教学时数安排如下:力学12学时(质点力学4学时,质点系力学2学时,连续体力学6学时),场物理学20学时(静电学6学时,静磁学6学时,变化电磁场6学时,引力场与标量场2学时),波动学14学时(机械振动2学时,机械波4学时,波动光学8学时),热学14学时(热力学6学时,分子动理论8学时)。

参加本卷编写的教师有:张旭峰(第一章、第二章、第三章)、刘兴来(第四章、第五章、第六章)、王建邦(第七章、第八章、第十六章、第十七章)、闫仕农(第九章、第十章)、杨军(第十一章、第十二章、第十三章、第十四章、第十五章)。

张三慧先生通读了全书,并认真修改,同时对全书的取材与布局提出了宝贵意见,使我们受益匪浅,在此向张先生表示衷心的感谢。

编 者

目 录

前言	
绪论	1
第一部分 力学	3
第一章 质点力学	4
第一节 质点运动学	4
一、位置矢量	4
二、运动学方程	5
三、位移矢量	5
四、速度矢量	7
五、加速度矢量	9
六、笛卡儿坐标系的运用	12
七、运动学的两类问题	12
第二节 牛顿运动定律	14
一、牛顿运动定律的内容	14
二、牛顿定律的应用	19
第三节 质点的基本运动	
定理	21
一、质点动量定理	21
二、质点动能定理	24
三、质点角动量定理	27
第四节 物理学方法简述	34
习题	36
第二章 质点系统的守恒定律	39
第一节 动量守恒定律	39
一、质点系的动量定理	39
二、质心概念简介	41
三、动量守恒定律	43
四、火箭飞行原理简介	45
第二节 机械能守恒定律	46
一、质点系动能定理	47
二、质点系内力做的功	48
三、质点系统的内势能	49
四、机械能守恒定律	51
第三节 质点系角动量守恒	
定律	53
一、质点系角动量	53
二、质点系角动量定理	53
三、质点系角动量守恒条件	54
四、有关守恒定律的补充说明	55
第四节 物理学方法简述	56
习题	58
第三章 连续体力学	60
第一节 刚体定轴转动	60
一、刚体运动的类型	61
二、刚体定轴转动运动学	62
三、定轴转动动力学	65
四、定轴转动刚体的角动量守恒	
定律	71
第二节 固体的形变和弹性	73
一、弹性体中的应变和应力	74
二、胡克定律	77
三、弹性体中的波速	82
第三节 理想流体及其运动	86
一、理想流体的定常流动	86
二、流体运动的描述方法	88
三、连续性方程	92
四、伯努利方程	94
第四节 物理学方法简述	97
习题	99
第二部分 场物理学基础	102
第四章 真空中的静电场	103

第一节 库仑定律	103	第四节 磁场对载流导线的作用	157
一、电荷	103	一、安培定律	157
二、库仑定律	105	二、磁场对载流平面线圈的作用	160
三、静电力叠加原理	107	第五节 毕奥-萨伐尔定律	162
第二节 电场 电场强度	108	一、毕奥-萨伐尔定律	162
一、静电场	108	二、运动电荷的磁场	168
二、电场强度矢量	109	第六节 磁场的高斯定理	170
三、点电荷电场的电场强度	111	一、磁场的几何描述	170
四、点电荷系电场的电场强度	111	二、磁通量	171
五、连续分布电荷电场的电场强度	112	三、磁场的高斯定理	172
第三节 高斯定理	119	第七节 安培环路定理	172
一、电场线	119	第八节 物理学方法简述	179
二、电通量	121	习题	181
三、高斯定理	123	第六章 变化的电磁场	183
四、高斯定理的物理意义	125	第一节 电磁感应定律	183
五、高斯定理的应用	126	一、电磁感应现象的发现	183
第四节 静电场的环路定理 电势	130	二、法拉第电磁感应定律	184
一、静电场是保守力场	130	三、楞次定律	187
二、静电场的环路定理	132	四、涡电流现象	189
三、电势能、电势差和电势	133	第二节 电路中的电磁感应 互感与自感	192
四、静电场的能量	135	一、互感	193
五、电势的计算	136	二、自感	194
第五节 物理学方法简述	140	三、磁场能量	196
习题	142	第三节 动生电动势	198
第五章 真空中的稳恒磁场	144	一、电源电动势	198
第一节 磁现象	144	二、动生电动势	200
一、电流的磁效应	144	三、动生电动势产生过程中的能量转换	202
二、磁力	145	第四节 感生电动势 涡旋电场	203
第二节 磁场 磁感应强度	147	一、涡旋电场	203
第三节 磁场对运动电荷的作用	149	二、感生电动势	204
一、洛伦兹力	149	三、感生电动势与动生电动势	205
二、带电粒子在电场和磁场中的运动	152	四、感生电动势的计算	208
三、霍尔效应	153		

第五节 位移电流	212	二、多个同方向、同频率谐振动的合成	259
一、恒定电流的连续性	213	三、二维振动的合成	261
二、电流连续性方程	214	* 第三节 阻尼振动与受迫振动	
三、电流恒定条件	215	简介	263
四、电容器的充、放电	216	一、阻尼振动	263
五、位移电流假设	218	二、受迫振动	266
第六节 麦克斯韦电磁场方程组	220	第四节 物理学方法简述	267
第七节 物理学方法简述	222	习题	268
习题	223	第十章 机械波	270
第七章 引力场简介	226	第一节 机械波的形成与描述	270
第一节 牛顿万有引力定律	226	一、机械波的产生	270
第二节 引力场强	228	二、机械波波方程	271
第三节 保守力场的图示——势能曲线	229	第二节 平面简谐波	272
第四节 物理学方法简述	233	一、波的几何描述	272
习题	235	二、简谐波波函数	273
第八章 标量场	236	三、波场中的相位分布与传播	274
第一节 势函数与场强度	236	第三节 波场中的能量与能流	279
一、等势面	236	一、介质中任一质元的能量	279
二、电势梯度	238	二、波强度	281
第二节 物理学方法简述	241	第四节 波的叠加与干涉	282
习题	242	一、波的叠加原理	283
第三部分 波动学基础	244	二、波的干涉	283
第九章 机械振动	245	第五节 驻波	286
第一节 简谐振动	245	一、从波的干涉看驻波的形成	286
一、质点振动系统	245	二、从固有振动的角度看驻波	289
二、简谐势	246	第六节 物理学方法简述	293
三、简谐振动的运动学特征	247	习题	295
四、描述简谐振动的特征量	249	第十一章 光的干涉	297
五、简谐振动的几何表示	251	第一节 光波及其相干性	298
六、简谐振动的能量	255	一、光波的相干条件	299
第二节 简谐振动的叠加	256	二、非相干叠加	300
一、同一直线上两个同频率谐振动的合成	257	三、获得相干光的方法	301
		第二节 分波前干涉	302
		一、杨氏实验	302

二、光程	305	第五节 物理学方法简述	358
第三节 分振幅薄膜干涉	307	习题	359
一、物像之间的等光程性	307	第四部分 热物理学基础	361
二、等倾干涉	308	第十四章 热力学第一定律	362
三、等厚干涉	315	第一节 热力学中的基本	
第四节 物理学方法简述	320	概念	362
习题	322	一、热力学系统	362
第十二章 光的衍射	324	二、系统状态与状态参量	362
第一节 光的衍射和惠更斯-菲		三、准静态过程	364
涅耳原理	325	第二节 功、热量和热力学能	366
一、衍射现象的分类	325	一、功	366
二、惠更斯-菲涅耳原理	325	二、系统的热力学能	369
第二节 单缝衍射	327	三、热量	371
一、实验装置与光路	327	第三节 热力学第一定律	371
二、光强分布公式	328	第四节 气体的摩尔热容	372
第三节 圆孔衍射	332	第五节 理想气体的热力学	
第四节 光学仪器的分辨		过程	373
本领	333	一、等体过程	373
第五节 光栅衍射	335	二、等压过程	373
一、平面透射光栅的强度分布		三、等温过程	374
公式	336	四、绝热过程	374
二、光栅衍射图样的特点	338	五、绝热线与等温线	375
* 三、光栅光谱	341	第六节 热力学循环	377
第六节 物理学方法简述	344	一、循环过程	377
习题	345	* 二、制冷机	378
第十三章 光的偏振	347	第七节 物理学方法简述	379
第一节 光的偏振态	347	习题	381
一、自然光	347	第十五章 热力学第二定律	382
二、线偏振光	349	第一节 卡诺循环	382
* 三、椭圆偏振光和圆偏振光	349	一、卡诺循环的 4 个过程	382
四、部分偏振光	351	二、卡诺循环的效率	384
第二节 偏振片 马吕斯		三、卡诺定理	385
定律	351	第二节 可逆过程与不可逆	
第三节 光在反射和折射时的		过程	385
偏振	354	一、实际热力学过程的不可逆性	386
* 第四节 晶体的双折射现象	356	二、理想热力学过程的可逆性	387

第三节 热力学第二定律	390	二、实验结果分析	420
一、不可逆过程与热力学第二定律的表述	390	三、速率分布函数的物理意义	423
二、熵和热力学第二定律的数学表述	391	四、用速率分布函数求分子速率的统计平均值	424
第四节 物理学方法简述	398	* 第五节 玻耳兹曼分布简介 ...	427
习题	400	一、重力场中微粒按高度的分布	427
第十六章 热平衡态的气体分子动理论	401	二、玻耳兹曼密度分布律	428
第一节 理想气体的压强公式	402	第六节 物理学方法简述	429
一、气体分子热运动的基本特点	402	习题	430
二、理想气体的微观模型	404	第十七章 气体中的输运现象	432
三、大量分子集体的统计性假设	404	第一节 气体的黏滞现象	433
四、理想气体压强公式的导出	406	一、实验现象	433
五、关于导出压强公式的几点说明	408	二、黏滞力的实验规律	434
第二节 理想气体温度的统计意义	408	第二节 气体的扩散与气体的热传导现象	435
一、理想气体的温度公式	408	一、局域平衡假设	435
二、温度的统计意义	409	二、实验规律与微观机制	436
第三节 能量均分定理	411	第三节 物理学方法小结	437
一、自由度	411	习题	439
二、能量按自由度均分定理	413	习题参考答案	440
三、理想气体的热力学能	414	附录	446
四、理想气体的热容	415	附录 A 量纲	446
五、经典理论的缺陷	415	附录 B 我国法定计量单位和国际单位制(SI)单位	447
第四节 气体分子的速率分布律	417	附录 C 希腊字母	447
一、麦克斯韦速率分布律的实验测定	418	附录 D 物理量的名称、符号和单位(SI)	448
		附录 E 基本物理常数表(1986 年国际推荐值)	451
		物理名词索引(中英文对照)	452
		参考文献	471

绪 论

物理学是一门重要的基础科学。物理学的发展不仅推动了整个自然科学的发展,而且对人类的物质观、时空观、宇宙观以及整个人类文化都产生了而且还将继续产生极其深刻的影响。物理教育不但有助于培养一个人处理复杂事物和探索未知领域的能力,而且对所有人都是提高文化素质的一个重要手段。很难设想,一个缺乏基本物理学知识的工科院校毕业生会是一个“综合性复合型”的高素质人才。

一、物理学是近代科学技术的基础

物理学经过数百年的发展,已是一个拥有十几个二级学科、近一百个三级学科的大系统。物理学与其他自然科学及其技术的广泛结合和应用,对整个人类文明产生了深远的影响,如当代自然科学重大的基本问题:揭示物质结构之谜、宇宙的起源和演化、地球的起源和演化、生命与智力起源、非线性科学和复杂性研究等以及当今技术发展的重要前沿:微电子与计算机技术、通信技术、生物技术、新材料技术、激光技术、航天技术与空间资源开发等,无一不与物理学息息相关。大学物理课程虽不是物理学中的一个子学科,但教学内容中有不少是经过千锤百炼的基本知识的精华,课程体系完整,层次分明,十分有利于给学生打下扎实的基础。当今,随着科学技术日新月异的发展,人类已步入知识经济时代,作为新世纪从事产业工作的工程技术人才,需要适应科学技术迅猛发展及世界上产业竞争日益加剧的新形势,因此,物理基础不是削弱而是应进一步加强。

二、物理教育在培养学生正确的时空观、宇宙观、物质观方面有不可替代的作用

众所周知,物理学以极其丰富的事例揭示出物理现象中的对立统一及互相转化、量变到质变、局部与整体、现象与本质、特殊与一般、主要矛盾与次要矛盾、矛盾的主要方面与次要方面等等,对引导学生建立辩证唯物主义的世界观有积极作用。

三、物理概念、定义、假说与理论的形成与发展本身可以激发学生的求知欲,启迪创新精神

从物理学的发展历史及近代物理学的进展来看,一个物理理论的形成与发展

均要经历一个漫长而艰苦的不断探索、不断创新的过程。其中,许多年轻人富于幻想,很少框框,对新鲜事物具有强烈的好奇心和兴趣,在学习前人所积累知识的过程中或实验与理论的探索中,往往敢于大胆地推测、猜想,容易迸发出新鲜的物理思想火花,在关键时刻敢于摆脱传统束缚与非议,敢于创立新学说。虽然在工科院校中,由于大学物理课程涉及面广,教学时数却不多,不容易把学生引导到物理学的发展规律中去把握每一个概念与定律的实质,但配合教学内容精选若干典型事例,给学生展现一幅活生生的物理学图像,定能使受到很多启发和教育,可以激发学生的探索与创新精神。

四、丰富的物理方法论在培养学生能力上有其重要的作用

如前所述,物理学经过几百年的发展,已经能够说明小到分子、原子、原子核、粒子,大到恒星、星系、宇宙等的种种物理现象,并正在深入研究细小到粒子内部,广阔到宇宙整体以及种种非线性的复杂问题。与此同时,物理学发展了多种多样的研究方法。可以说,在物理学这个大系统中,物理学理论与物理学方法论是相互依存与相互作用的两个子系统。在一定意义上讲,它们之间的配合与协调推动着物理学的发展。有人说,所有科学大师都是他那学科的方法论专家,就包含着这一层意思。从另一角度看,物理学理论本身也具有方法论功能。这些由文字、符号、图像、公式组成的表象是人类对客观规律的正确反映,反之,它又是人类改造客观世界的工具。大学物理课程涉及物理学中许多基础知识的精华,学生在学习物理知识的同时,能不同程度地受到方法论的熏陶。

五、物理学在培养学生思维能力、发展学生智力方面有独特作用

人类在认识世界、获取知识的过程中,思维起着重要的作用。人脑是思维的器官,人的思维是大脑活动的产物。近代脑科学的研究表明,人的两个大脑半球是用根本不同的方式进行思维的。左脑思维具有单线性,是串联式的,擅长逻辑思维,所谓思路清晰,逻辑性强是左脑功能的表现;而右脑思维具有平行性,是并联式的,右脑是直觉判断的场所,直觉思维是与逻辑思维截然不同的另一种非逻辑思维方式,类似于灵感、顿悟,极富创造性。在学习大学物理课程中,不仅要进行抽象思维、逻辑推理、数字运算及分析等,即要运用和发展左脑功能,同时也要处理总体形象、空间概念、鉴别几何图形、记忆、模仿等,即也要运用和发展右脑功能。可见,大学物理在发展学生智力中具有独特和非常重要的作用。

第一部分

力 学

力学是经典基础物理课程中的一个重要组成部分，不仅与中学物理有着密切的关系，而且其中的物理概念、物理规律和研究方法又是整个大学物理的基础。

学习本部分时，要求读者能应用高等数学中的矢量和微积分概念来描述质点运动的矢量性和瞬时性；在牛顿定律的基础上，学习用演绎的方法研究质点运动中力的时间积累与力的空间积累的作用规律；了解在质点及质点系力学的基础上，如何对刚体、弹性体和流体等连续介质的基本力学规律展开讨论。读者在学习中除需运用中学物理的基础知识外，还要注意在本部分中对中学物理的延伸与拓展，特别是通过对理想体流体定常流动的分析，学习场论的思想和方法。

第一章 质点力学

在大量工程实际与生活实际问题中，机械运动如机器的旋转、平移，交通工具的行驶以及读者参与的各项体育运动等等是最基本、最直观、最简单的运动形态。质点力学就是研究物体机械运动的规律及其应用的学科。

为了研究物体的机械运动，即研究一个物体相对于另一个物体的位置随时间的变化规律，或一个物体内部的一部分相对于其他部分的位置随时间的变化过程，我们需要对复杂的物体运动进行科学合理的抽象，质点就是一个被简化了的模型，即将有形有貌的实际物体抽象为一个点，这个点是含有质量、仅占据空间位置，却无表观形貌、无内部结构的理想化模型。

学习本章要求掌握

- 位矢、位移、速度、加速度的概念及其运算
- 牛顿运动三定律及求解一维变力作用问题
- 质点运动三定理及质点在平面内运动的简单问题

第一节 质点运动学

实践和理论研究表明，在一切宏观自然现象中，不论运动形态多么复杂，从物质的粒子性来看，最基本的运动形式就是质点的运动。质点运动学是力学中仅从几何的观点研究运动的学科，即如何描述质点运动。

一、位置矢量

质点相对参考系的位置可以在坐标系中定量描述。为此，取一参考系并在其中确定一个参考点 O ，见图 1-1。由参考点 O 引向质点所在瞬时位置 P 的有向线段 r ，称之为质点的位置矢量，简称位矢(或矢径)。

读者也许要问，为什么要用矢量来描写质点的位置呢？

首先，位置矢量既然是矢量，就一定包含了质点

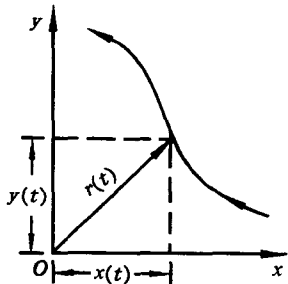


图 1-1

位置的两方面的信息,一是质点相对参考系固定点 O 的方位,二是质点相对参考系固定点 O 的距离,这也正是矢量所具有的两个基本特征。

其次,在经典物理学中,任何物理量(标量、矢量、张量等)都是用一组数表示的,这组数的值一般与坐标的选择有关,但只要参考点一定,矢量与所选坐标系无关。而且不论坐标系如何旋转,位置矢量是不变的,见图 1-2。

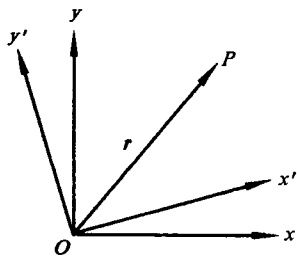


图 1-2

二、运动学方程

当质点运动时,表示质点位置的位置矢量 $\mathbf{r}$ 必定随时间在改变。也就是说,位置矢量 $\mathbf{r}$ 是时间的函数,即

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}(t) \quad (1-1)$$

上式称为质点的运动学方程或质点运动的轨道参量方程。无论是从运动学意义上还是动力学意义上看,物体的运动轨道问题都应当是一个首要问题,因为只要知道了函数式(1-1),就等于知道了此质点运动的一切情况。

在笛卡儿坐标系中可以用三个坐标分量来描述运动,即

$$\begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \\ z = z(t) \end{cases} \quad (1-2)$$

上式称为位矢的分量式,式(1-1)与式(1-2)的关系是

$$\mathbf{r} = x(t)\mathbf{i} + y(t)\mathbf{j} + z(t)\mathbf{k} \quad (1-3)$$

【例 1-1】求斜抛小球的运动轨道方程,见图 1-3。

【解】设小球从坐标原点以初速度 v_0 沿与水平方向成 θ_0 角的方向被抛出。在不计空气阻力的情况下,由式(1-2)得它的运动学方程分量式是

$$\begin{aligned} x &= v_0 \cos \theta_0 t \\ y &= v_0 \sin \theta_0 t - \frac{1}{2} g t^2 \end{aligned}$$

由此两式消去 t , 即得小球运动的轨道方程

$$y = \tan \theta_0 x - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \theta_0} x^2$$

图 1-3 中画出的是以相同的 v_0 、不同的 θ_0 抛出的小球的一系列运动轨道。

三、位移矢量

为了描写质点位置的变动,可以采用路程与位移两种物理量,但一般情况下