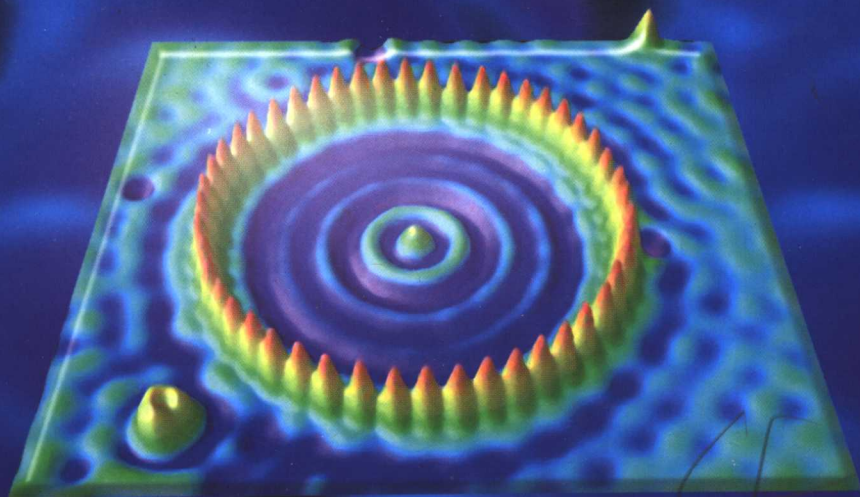


大学物理基础

(上册)

吴百诗 主编



 科学出版社
www.sciencep.com

内 容 简 介

本书是在西安交通大学吴百诗教授主编的《大学物理(新版)》的基础上修改而成.本教材秉承原书的指导思想,切实加强基础理论,着力培养学生分析问题、解决问题和独立获取知识的能力.同时本教材在内容、例题、习题等方面在原书的基础上有所精简,难度适中.

全书共分上、下两册.本书为上册,包括力学和热学两部分.力学重点为功和能以及三个守恒定律;热学包括热力学基础和气体动理论.

本书可作为大学物理教学学时数为 90~120 的工科大学各专业、理科与师范院校非物理专业的教材.

图书在版编目(CIP)数据

大学物理基础(上册)/吴百诗主编. —北京:科学出版社, 2005
ISBN 7-03-014457-0

I. 大… II. 吴… III. 物理学-高等学校-教材 IV. O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 103759 号

责任编辑:杨 波 吕 盛/责任校对:刘小梅
责任印制:安春生/封面设计:耕者设计室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005年1月第一版 开本:B5(720×1000)

2005年1月第一次印刷 印张:19 1/2

印数:1—3 000 字数:362 000

定价:20.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

前 言

本书是根据 2001 年科学出版社出版的《大学物理(新版)》修改而成的.《大学物理(新版)》出版后,编者们在出版社广泛地听取了使用该书学校师生们的意见,一些学校(主要是教学时数在 128 以上的学校)的师生们反映该书内容丰富、图文并茂,书中物理概念、物理基础理论阐述准确、清楚,注意对学生能力的训练和培养,对学有余力的学生提供了进一步深入学习的空间,全书在取材和编写上都有所改革.另一些学校(主要是教学时数在 100 左右的学校)的师生们则反映,该书内容较多、要求较高,在现有学时范围内较难使用.考虑到后一类学校师生们的意见,为适应学时较少学校教学使用需要,特对《大学物理(新版)》进行了修改,形成了这套《大学物理基础》.

本次修改主要删除和简化了原书中一些要求偏高或带有星号的内容.例如,力学部分删除了一般平面曲线运动中的加速度、惯性力的概念、势能曲线的讨论、质心运动定理、变质量动力学简介、角速度矢量和角加速度矢量等;热学部分删除了玻尔兹曼分布律、气体的内迁移现象、熵的宏观表示等,简化了实际气体的性质.电磁学部分和其他部分也作了相应的简化和删除.

本次修改还删除和调整了原书中一些难度偏大、要求偏高的例题和复习思考题.以力学为例,力学前 4 章中原有例题 69 个,这次修改、删除了 37 个,原有复习思考题 70 个,本次修改、删除了 24 个,其他部分也作了相应地删除或调整.

本次修改对各章习题也作了适当的调整,删除了一些难度偏大的习题,删除量约为原习题量的 $1/4 \sim 1/3$.

综合上述,经过本次修改,本书篇幅约减少了 $1/3$.

本次修改保持了《大学物理(新版)》的特点,同时编者认为经过这次修改,本书对教学时数在 100 左右的学校是适用的.

吴百诗

2004 年 11 月

《大学物理(新版)》序

物理学研究的是物质的基本结构及物质运动的普遍规律.它是一门严格的、精密的基础科学.物理学的新发现、所产生的新概念及新理论常常会发展为新的学科或学科分支.它的基本概念、基本理论与实验方法向其他学科和技术领域的渗透总是毫无例外地促成该学科或技术领域发生革命性变化或里程碑式的进步.历史上几次重要的技术革命都是以物理学的进步为先导的.例如,电磁学的产生与发展导致了电力技术和无线电技术的诞生,形成了电力与电子工业;放射性的发现导致了原子核科学的诞生与核能的利用,使人类进入了原子能时代;固体物理的发展导致了晶体管与集成电路的问世,进而形成了强大的微电子工业与计算机产业;激光的出现导致光纤通信与光盘存贮等一系列光电子技术与产业的诞生.微电子、光电子、计算机技术以及与之相匹配的软件正在使人类进入信息社会.

当前,科学技术发展的学科交叉与结合特征更为突出.物理学正在进一步与生物学、化学和材料科学结合,使后者的研究向更深的层次发展.因此可以毫不夸张地说,物理基础是学好各自然科学和工程技术科学的基础.工科大学学生们物理基础的厚薄将会影响他们日后的工作适应能力和发展后劲.物理学教育对于大学生素质教育的作用是什么任何学科都无法取代的.

从本书内容来看,作者在处理经典内容和近代内容关系上,采取了保证和加强经典和近代基础理论知识的同时,用适当的方式,有节制地介绍现代物理和现代科学技术知识,这无疑是十分正确的.毕竟这是一本作为基础课的工科大学物理教材,而不是本学科前沿领域发展情况的述评.本书例题量大,并增加了“解题思路和方法”,这有利于训练和培养学生的科学思维方法和分析、解决问题的能力.

要教好、学好大学物理课程,一本好的工科大学物理教材是重要条件.吴百诗教授主编的这本《大学物理(新版)》既体现了重基础、重能力、重素质的教学改革要求,又参考了国内外物理教学发展趋势和我国工科物理多年教学经验及当前教学实际.本书也适用于有志更新或强化自己的物理知识的工程技术人员.读者研读这本书一定会学到比较系统的物理知识,并提高自己的创新能力.

《大学物理(新版)》的出版是对物理教材建设和工科大学教育的一大贡献,是对培养新世纪科技人才的一大贡献,特为之序.

中国科学院院士
西安光机所原所长 侯 洵

2000年3月

《大学物理(新版)》前言

著名科学家、原中国科学院院长卢嘉锡先生在一次报告中谈到,关于适应 21 世纪需要的人才应具备什么样的知识结构和有关教材改革问题时,有两段话,对我们考虑教学和教材改革问题有重要参考价值(文字未经本人审阅),现介绍如下:

(1)有一点却是十分清楚的,这就是要**加强基础课程的教学**.大家知道,50 年代中期,我们要搞两弹一星,当时集中了一批人才,其中许多是物理学家,如钱三强、邓稼先、王淦昌、彭桓武、王承书、朱光亚、周光召、于敏等同志,他们中有的**是搞实验物理的,有相当一部分是搞理论物理的,……他们没有辜负党和国家的期望,做出了很大贡献.**

(2)教学内容和课程体系改革是涉及面很广、影响极其深远的改革,系统性、科学性很强.改革一定要遵循教学规律和科学发展规律,要处理好传统内容和现代内容的关系,要处理好传授知识和培养能力的关系,**教学内容和教材必须是成熟的、稳定的、基础的理论知识,不可能也不应该将当代科学的所有东西都放进去.**

大学物理是低年级学生的一门重要基础课,它的作用一方面是为**学生打好必要的物理基础**;另一方面是使**学生初步学习科学的思维方法和研究问题方法,这些都起着增强学生适应能力、开阔思路、激发探索和创新精神,提高人才科学素质的重要作用.**打好物理基础,不仅对学生在校学习起着十分重要的作用,而且对学生毕业后的工作和在工作中进一步学习新理论、新知识、新技术,不断更新知识都将产生深远的影响.

本书是根据编者们原先编写的《大学物理》(修订本)修改而成.该书 1995 年曾获国家教委优秀教材一等奖.改编中注意了保持原有的风格和特点,包括重物理基础理论、重分析问题解决问题能力的训练和培养,以及结合我国工科教学实际,使教材便于教和学.在此基础上,力图在不过多增加教学负担的情况下,多介绍一些新知识,扩大读者的视野,提高读者的综合科学素质.

编者们对一些问题的认识和改编中的一些具体作法是

(1)在处理经典物理和近代物理关系上,编者们认为,经典物理不但是学习工科各专业知识的基础,而且也是学习近代科学技术新理论、新知识的理论基础.不仅如此,经典物理当今在科学和技术各领域仍然是应用最广泛的基础理论.而且大学物理中的经典部分对训练和培养大学低年级学生科学思维方法和分析问题解决问题能力的作用**是其他课程所不能代替的.**因此,在大学物理课程和教材中必需的经典物理内容应予切实保证.在大学物理课程和教材中加强近代物理内容

是必要的. 编者认为, 加强近代物理, 应首先是加强那些学习新理论、新知识所必需的近代物理基础理论, 主要是量子物理和统计物理有关的基本概念和基本理论. 基于这样的认识, 编者认为, 原国家教委颁布的“高等工业学校大学物理课程教学基本要求”中关于经典和近代物理内容分配和要求当前还是合适的.

为了满足教学内容选择的灵活性和学有余力读者的需要, 扩大教材的适应性, 在经典物理和近代物理基础理论部分都写了一些带星号的内容, 如经典变质量力学、多自由度线性系统振动、隧道效应等, 此外, 还在附录中给出矩阵光学、混沌等少量专题, 供有兴趣的读者参考.

(2) 编者认为, 着力于训练和培养学生的科学思维方法. 分析问题解决问题的能力, 帮助低年级学生打好物理基础, 提高他们独立获取知识的能力是在基础课教学中, 贯彻加强科学素质培养的一种重要途径. 为此, 精选了例题和复习思考题, 加大了例题和复习思考题量, 对例题的求解过程注意解题思路和方法的引导. 书中尝试着写了多条“解题思路和方法”, 意在向读者介绍如何用刚学过的理论去分析问题的思路和方法, 同时也起着回顾、复习、小结有关内容的作用. 由于这种作法系初次尝试, 各条写法、深度不尽一致, 写的是否中肯, 尚待使用中不断总结、改进提高.

(3) 考虑到工科大学物理课涉及面宽、内容多、而教学时数少的具体情况, 本书在保证物理基础理论的前提下, 尽量在不过多增加教材篇幅和教学负担的情况下, 采取多种形式向读者介绍新知识, 特别是我国当前科研和技术领域的新成就, 以扩大读者新知识面, 激发学生爱国激情和学习积极性. 具体作法有:

① 结合相关内容, 插入教师可以不讲而由学生自己阅读研究的小段内容, 对这些内容尽可能地配以照片、图表. 例如, 火箭、卫星、太阳系、天体、热泵、激波等等. 有些远超出大学物理范围的重要内容, 也提一二句, 使读者稍有所知, 如量子霍尔效应、分数量子霍尔效应等, 待以后需要时, 再专门学习.

② 有些和教学内容结合紧密, 而且应用十分广泛的新知识、新技术等, 按大学物理水平写了冠以星号的专节, 供读者参考, 如核磁共振、穆斯堡尔效应、光的多普勒效应等.

③ 书中放了一些照片(每章至少两张), 其中有的是结合教学内容, 但限于学时, 工科大学物理教材中一般不专门写, 或只顺便提两句, 例如, 对长度、时间、质量的定义, 这次我们结合我国计量科学研究院基准测量设备照片作了稍多一点介绍. 也有的和教学内容并不直接联系, 这些照片向读者介绍科学技术新成就, 扩大读者眼界, 照片下都有相对多一点的文字说明, 虽然在收集各类照片时得到许多单位的支持和帮助, 但毕竟遇到不少困难. 本希望这部分内容能搞得更好些, 但现在做的尚不能令人满意. 编者认为, 这种尝试是有益的, 但有待在实践中进一步完善.

④ 本书还介绍了几位物理学家, 如法拉第, 爱因斯坦等, 他们不但在物理学中

作出了划时代的重大贡献,而且道德高尚,爱好广泛,堪称为人楷模。

(4)本书体系未作大的调整。编者认为“大学物理”教材体系是国内外经过长期教学实践形成的,因此对体系进行大的改革,宜认真总结过去教学实践中的经验,明确原有体系存在什么问题、改什么、怎么改?大的体系改革应经过仔细论证,通过试点,成功后再根据具体情况(条件)进行推广。

(5)本书分上、下两册,上册包括力学和电磁学部分;下册包括热力学、气体动理论、波动和波动光学、狭义相对论、量子物理和凝聚态物理有关知识简介等。

本书与现有多数教材安排上两点不同。一是在热学中,先讲热力学后讲气体动理论,二是将电磁学放在热学前面,对前者,编者认为对工科学生应首先要求他们掌握热学的宏观规律,在此基础上学习气体动理论,从而在微观意义上对宏观热现象的本质以及如何采用统计平均方法建立宏观量与微观量的联系等有个初步了解。对后者只是为了与后继课程的配合和安排上的方便,对于先讲气体动理论,后讲热力学,或者是先讲热学后讲电磁学,现在这种安排也不会有任何影响。参加本书编写的有焦兆焕、张孝林、李甲科、王小力、周瑞云、李锦泉、徐忠锋、陈光德等。李普选、张俊武、刘会玲同志为本书插图及出版方面做了不少工作。

(6)本书出版有配套的多媒体光盘和张孝林教授主编的《大学物理(新版)学习指导》,指导书中包括了本书中全部习题的解答。

(7)本书编写中仔细地考虑了我国目前工科大学物理教学实际,包括教学课时数实际、学生实际等,以使本教材有利于教师教和学生学。为了便于教学中使用本书,我们提供了一个教学内容学时数参考分配方案(见下页)。

(8)为本书提供照片的单位有:中国科学院物理所、力学所、化学所、高能物理所、等离子体所、近代物理所、合肥国家同步辐射实验室,中国计量科学研究院、中国空气动力研究与发展中心、中国航天总公司、北京天文台、新疆天文台、哈尔滨工业大学、北京航空航天大学等,在此对他们深表谢意。

(9)编写本书得到西安交通大学教务处和大学物理教学中心的大力支持。

(10)全书采用SI单位制。本书中用到的物理量符号、单位和量纲列于书前。

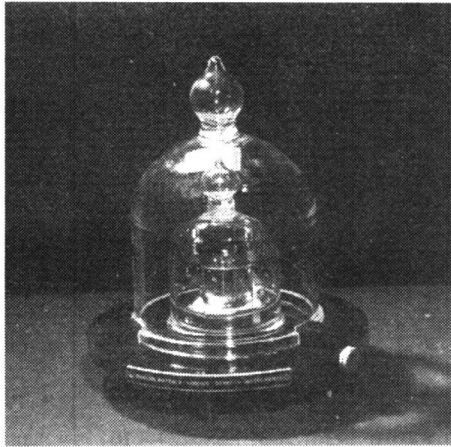
由于编者们的学识和教学经验的限制,书中不当之处和错误在所难免,还望使用本书的师生和同志们指正。

吴百诗

2000年7月

基本物理常数表(1986年国际推荐值)

物理量	符号	数值	单位	不确定度 ($\times 10^{-6}$)
真空光速	c	299 792. 458	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	(精确)
真空磁导率	μ_0	$4\pi \times 10^{-7}$	$\text{H}\cdot\text{m}^{-1}$	(精确)
真空介电常量	ϵ_0	$8. 854 187 817 \dots \times 10^{-12}$	$\text{F}\cdot\text{m}^{-1}$	(精确)
牛顿引力常量	G	$6. 672 59(85) \times 10^{-11}$	$\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$	128
普朗克常量	h	$6. 626 075 5(40) \times 10^{-34}$	$\text{J}\cdot\text{s}$	0. 60
基本电荷	e	$1. 602 177 33(49) \times 10^{-19}$	C	0. 30
里德伯常量	R_∞	10 973 731. 534(13)	m^{-1}	0. 0012
电子质量	m_e	$0. 910 938 97(54) \times 10^{-30}$	kg	0. 59
康普顿波长	λ_c	$2. 426 310 58(22) \times 10^{-12}$	m	0. 089
质子质量	m_p	$1. 672 623 1(10) \times 10^{-27}$	kg	0. 59
阿伏伽德罗常量	N_A, L	$6. 022 136 7(36) \times 10^{23}$	mol^{-1}	0. 59
原子(统一)质量单位, 原子质量常数	m_u	$1. 660 540 2(10) \times 10^{-27}$	kg	0. 59
$1u = m_u = \frac{1}{12} m(^{12}\text{C})$				
气体常数	R	8. 314 510(70)	$\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$	8. 4
玻尔兹曼常量	k	$1. 380 658(12) \times 10^{-23}$	$\text{J}\cdot\text{K}^{-1}$	8. 4
摩尔体积 (理想气体)				
$T = 273. 15\text{K}$ $p = 101 325 \text{Pa}$	V_m	22. 414 10(19)	$\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}$	8. 4
斯特藩-玻尔兹曼 常量	σ	$5. 670 51(19) \times 10^{-8}$	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-4}$	34



在国际单位制中,质量的单位为千克(kg).1889年第一届国际计量大会决定,1千克质量的实物基准是保存在巴黎国际计量局中的一个特制的、直径为39毫米的铂铱合金圆柱体,称为千克原器.这个质量的千分之一定义为克(g).长度和时间的计量都已采用自然基准代替了实物基准,人们希望质量有一天也会采用自然基准.

目 录

前言

《大学物理(新版)》序

《大学物理(新版)》前言

教学内容学时数参考分配方案

基本物理常数表

力 学

第 1 章 质点运动学	2
1.1 质点位置的确定方法	3
1.2 质点的位移、速度和加速度.....	8
1.3 用直角坐标表示位移、速度和加速度	12
1.4 用自然坐标表示平面曲线运动中的速度和加速度.....	21
1.5 圆周运动的角量表示 角量与线量的关系.....	26
1.6 不同参考系中的速度和加速度变换定理简介.....	29
习题	34
第 2 章 牛顿运动定律	40
2.1 牛顿运动三定律.....	41
2.2 力学中常见的几种力.....	45
2.3 牛顿运动定律的应用.....	54
2.4 牛顿运动定律的适用范围.....	60
习题	61
第 3 章 功和能	67
3.1 功.....	68
3.2 几种常见力的功.....	71
3.3 动能定理.....	75
3.4 势能 机械能守恒定律.....	81
3.5 能量守恒定律.....	90
第 4 章 冲量和动量	98
4.1 质点动量定理.....	99

4.2 质点系动量定理	105
4.3 质点系动量守恒定律	107
习题	113
第5章 刚体的定轴转动	118
5.1 刚体运动的描述	119
5.2 力矩 刚体绕定轴转动的转动定律	126
5.3 绕定轴转动刚体的动能 动能定理	135
5.4 动量矩和动量矩守恒定律	141
习题	151
第6章 机械振动	158
6.1 简谐振动	159
6.2 谐振动的合成	172
* 6.3 阻尼振动和受迫振动简介	177
习题	182

热 学

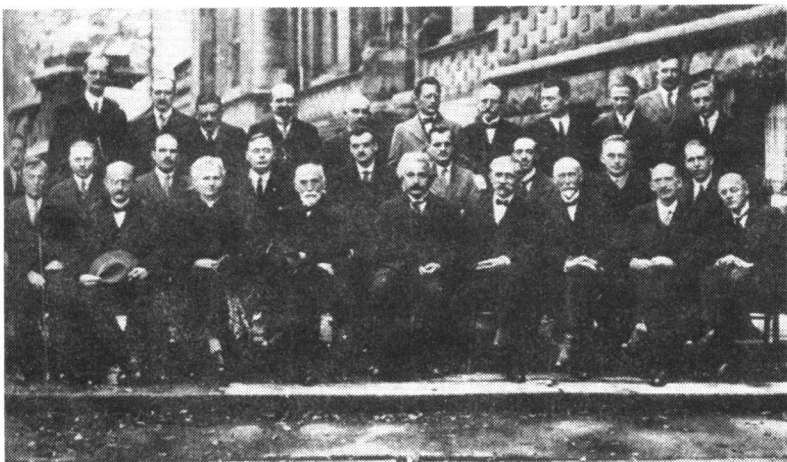
第7章 热力学基础	188
7.1 热力学的研究对象和研究方法	189
7.2 平衡态 理想气体状态方程	190
7.3 功 热量 内能 热力学第一定律	196
7.4 准静态过程中功和热量的计算	200
7.5 理想气体的内能和 C_V 、 C_p	204
7.6 热力学第一定律对理想气体在典型准静态过程中的应用	209
7.7 绝热过程	213
7.8 循环过程	217
7.9 热力学第二定律	222
7.10 可逆与不可逆过程	225
7.11 卡诺循环 卡诺定理	227
习题	232
第8章 气体动理论	239
8.1 分子运动的基本概念	240
8.2 气体分子的热运动	243
8.3 统计规律的特征	248
8.4 理想气体的压强公式	250
8.5 麦克斯韦速率分布定律	254

8.6 温度的微观本质	262
8.7 能量按自由度均分定理	263
*8.8 实际气体的性质	269
8.9 气体分子的平均自由程	273
8.10 热力学第二定律的统计意义和熵的概念.....	276
习题.....	281
附录 矢量简介	284
习题答案	294

力 学

力学是研究物体机械运动规律的学科. 一个物体相对于另一个物体的位置随时间变化, 或者一个物体内部各部分之间的相对位置随时间变化, 都属机械运动. 机械运动是物质最简单、最基本的运动形式. 几乎在物质运动的所有形式中都包含机械运动, 因而力学成为物理学和许多工程技术学科的基础.

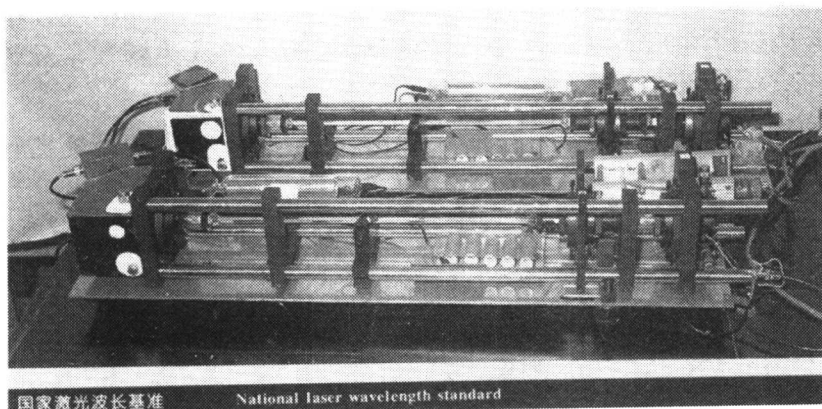
本书力学部分包括质点运动学和动力学、刚体的平动和绕定轴转动的运动学和动力学及机械振动基础等.



第五次索尔维会议与会者合影(1927)

索尔维物理会议是著名的国际物理学会议, 创立于 1911 年, 以后基本上 3~5 年举行一次, 参加会议的人数不多, 但都是来自世界各国最杰出的物理学家. 这个会议主要讨论物理学发展中有待解决的带有方向性的关键问题, 会议的结果对整个物理学乃至整个科学技术的发展都起着重要的导向作用. 照片为 1927 年召开的第五次索尔维会议参加者合影. 这次会议的主题是电子和光子. 参加会议的有 N. 玻尔、M. 玻恩、W. L. 布拉格、L. N. 布里渊、L. V. 德布罗意、A. H. 康普顿、M. 居里、德拜、P. A. M. 狄拉克、厄任费斯脱、A. 爱因斯坦、W. K. 海森伯、朗之万、W. 泡利、普朗克、里查孙、薛定谔.

第 1 章 质点运动学



在国际制单位中,长度的单位是米(m). 1791 年法国决定把通过巴黎的子午线长度的 $(40\,000\,000)^{-1}$ 规定为 1 米. 1889 年第一届国际计量大会决定,把这个长度用铂铱合金制成标准米原器,保存在巴黎国际计量局里,作为米的标准. 1960 年第十一届国际计量大会将长度的标准改为由氦-86 原子的 $2p_{10}$ 和 $5d_5$ 能级跃迁所对应的辐射的波长,并定义 1 米等于该辐射在真空中 $1\,650\,763.73$ 个波长. 1983 年第十七届国际计量大会决定用光速定义米,即 1 米等于光在 $(299\,792\,458)^{-1}$ 秒时间所经过路径的长度,同时规定了复现新的米定义的 8 种激光波长. 图为中国计量科学研究院研制的用以实现新的米定义的甲烷稳频 He-Ne 激光器($6.12\ \mu\text{m}$)波长基准装置.

运动学从几何观点来研究和描述物体的机械运动,不考虑物体的质量及其所受的力.本章讨论质点运动学,在引入质点、参考系、坐标系等概念的基础上,介绍质点位置的确定方法及描述质点运动的重要物理量——位移、速度和加速度,并讨论质点匀变速直线运动和匀变速圆周运动等.

1.1 质点位置的确定方法

1.1.1 质点的概念

任何物体都有大小和内部结构.物体运动时,一般说来,其上各点的运动状态是各不相同的.如果在所研究的问题中,物体上各点运动状态的差异只占很次要的地位,我们就可以忽略物体的大小和内部结构,把它看成一个有质量的几何点,叫做质点.例如在研究与地球绕太阳公转的有关问题时,地球的平均半径虽然大到6370 km,但是比起地球和太阳之间的平均距离(约为 1.5×10^8 km)来讲仍然是微不足道的,地球上各点运动状态的差别完全可以忽略不计,因而可以把地球看成质点.再如,原子大小的数量级只有 10^{-10} m,但在研究原子结构问题时,却不能把它当作质点.必须指出,一个物体能否被看作质点,主要决定于所研究问题的性质.

质点是一个十分有用的理想模型.在不少实际问题中,可以把所研究的对象看作质点,研究其运动规律并得到有价值的结果;而在另一些问题中,如研究刚体、流体、弹性体的运动时,一般说来不能把整个研究对象看作质点,但可以把它当作是由大量质点组成的,这样,通过研究“质点”运动,再采用高等数学方法处理,就有可能了解整个研究对象的运动规律,因此研究质点的运动规律也是研究一般物体运动规律的基础.

质点是从客观实际中抽象出来的理想模型,以后我们将要介绍的刚体、线性弹簧振子、理想气体、点电荷等都是理想模型.在科学研究中,常根据所研究问题的性质,突出主要因素,忽略次要因素,建立理想模型.这是经常采用的一种科学思维方法.这样做,可以使问题大为简化但又不失其客观真实性.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.

要确定一个质点的位置,或者要描述一个质点的运动,都必须选取一个或几个彼此没有相对运动的物体作为“参考”.这些被选来作为“参考”的物体称为参考系.在运动学中,一般来说,参考系是可以任意选取的,但应注意到在所选取的参考系中,能使问题的研究方便和简洁.至于在研究动力学问题时,参考系一般是不能任意选取的.对此,将在第2章作进一步说明.

1.1.2 质点位置的确定方法

确定质点位置的方法,通常有以下几种:

1. 坐标法

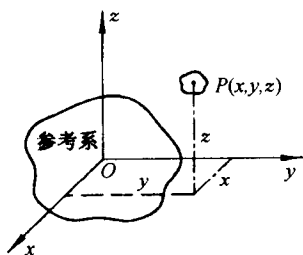


图 1.1

设某时刻质点在 P 点, 建立一个固结在参考系上的三维直角坐标系 $Oxyz$, 如图 1.1 所示, 这样 P 点在空间的位置就可以用直角坐标 (x, y, z) 来确定.

质点在平面上运动时, 可在该平面上建立一个二维直角坐标系 Oxy , 质点的位置可用两个坐标 (x, y) 来确定.

最简单的情况是质点沿直线运动, 这时可在该直线上建立一个坐标轴, 例如 Ox 轴, 质点的位置只需用一个坐标 x 就可确定了.

用坐标法确定质点的位置, 当然不限于直角坐标系, 根据问题的不同特点, 也可以选用其他坐标系. 如平面极坐标系、球坐标系、圆柱坐标系等, 这里就不一一介绍了.

2. 位矢法

质点的位置, 还可以用一个矢量来确定. 设某时刻质点在 P 点, 我们在选定的参考系上任选一固定点 O , 由 O 点向 P 点作一矢量 \boldsymbol{r} , 如图 1.2 所示. \boldsymbol{r} 的大小和方向确定了质点相对参考系的位置, 称为位置矢量, 简称位矢.

以位矢 \boldsymbol{r} 的起点 O 为原点, 建立直角坐标系 $Oxyz$, 这样 P 点的直角坐标 (x, y, z) 也就是位矢 \boldsymbol{r} 沿坐标轴 x, y, z 的投影. 用 $\boldsymbol{i}, \boldsymbol{j}, \boldsymbol{k}$ 分别表示沿 x, y, z 三个坐标轴正方向的单位矢量, 则位矢可表示为

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

例如质点 M 某时刻 t 的坐标为 $(-3\text{cm}, 2\text{cm}, 5\text{cm})$, 如图 1.3 所示. 则该质点在 t 时刻的位矢为 $\boldsymbol{r} = -3\boldsymbol{i} + 2\boldsymbol{j} + 5\boldsymbol{k}$, 又位矢 \boldsymbol{r} 在时刻 t 沿 Ox, Oy, Oz 三坐标轴的投影为 $x = -3\text{cm}, y = 2\text{cm}, z = 5\text{cm}$. 用 $|\boldsymbol{r}|$ 表示 \boldsymbol{r} 的大小, 则

$$|\boldsymbol{r}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (1.2)$$

令 α, β, γ 分别表示 \boldsymbol{r} 与 x, y, z 三个坐标轴的夹角, 则有

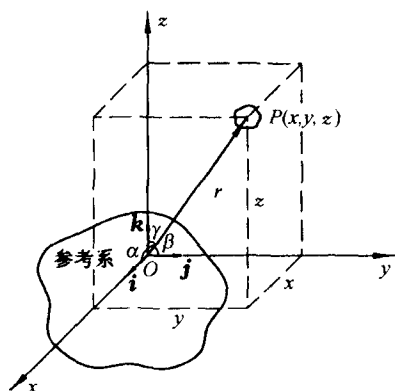


图 1.2

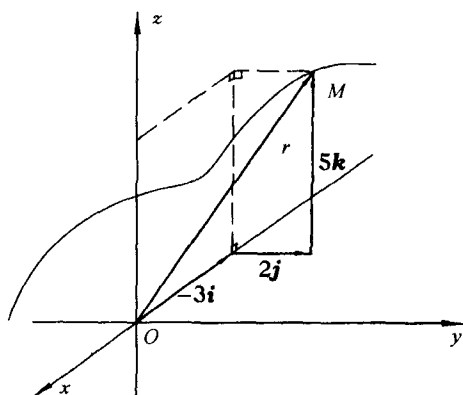


图 1.3

$$\left. \begin{aligned} \cos\alpha &= \frac{x}{|\mathbf{r}|} \\ \cos\beta &= \frac{y}{|\mathbf{r}|} \\ \cos\gamma &= \frac{z}{|\mathbf{r}|} \end{aligned} \right\} \quad (1.3)$$

3. 自然法

有些情况下,质点相对参考系的运动轨迹是已知的,例如,以地面为参考系,火车(视为质点)的运动轨迹(铁路轨道)是已知的.在这种情况下,可以采用如下的方法确定质点的位置:首先在已知的运动轨迹上任选一固定点 O ,然后规定从 O 点起,沿轨迹的某一方向(例如向右)量得的曲线长度 s 取正值,这个方向常称为自然坐标的正向;反之为负向, s 取负值,如图 1.4 所示.这样质点在轨迹上的位置就可以用 s 唯一地确定,这种确定质点位置的方法称为自然法. O 点称为自然坐标的原点, s 称为自然坐标.显然 s 和直角坐标 x, y, z 一样是代数量,其大小反映了质点与原点之间沿轨迹曲线的距离,其正负表明这个曲线距离是从轨迹上 O 点起沿哪个方向度量的.

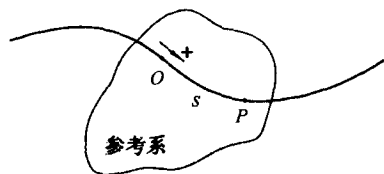


图 1.4

1.1.3 运动学方程

质点相对参考系运动时,用来确定质点位置的直角坐标 (x, y, z) 、位矢 \mathbf{r} 、自