



普通高等教育“十二五”理工类基础课程规划教材

简明物理学教程

JIANMING
WULIXUE JIAOCHENG

● 主编 李松山

 河南科学技术出版社

普通高等教育“十二五”理工类基础课程规划教材

简明物理学教程

主 编 李松山
编 委 高景霞 孙彩霞

河南科学技术出版社

·郑州·

内 容 提 要

本教材是依据教育部《理工科非物理专业大学物理教学基本要求》，结合教学实践以及教学改革的成果和经验，适应在高等教育大众化的新形势下理工科非物理专业大学物理课程教学改革的需要而编写的。

教材以基本概念、基本规律和基本方法为主线，在保证物理学体系完整的前提下，注意从物理学原理衍生出的技术生长点来讨论。教材选材精炼、结构紧凑、思路清晰、难易适度，尤其注重启迪学生思考，具有易读性的特点。

本教材按 70~90 学时设计。内容分五部分，共十四章。包括力学、电磁学、波动光学、热学及近代物理学基础。每章附有适量的问题和习题，书末附有习题参考答案。本书可作为综合性高等院校理工科各专业大学物理课程教材，也可供师范院校非物理专业和各类成人教育物理专业学生使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

简明物理学教程/李松山主编. —郑州: 河南科学技术出版社, 2010. 8

(普通高等教育“十二五”理工类基础课程规划教材)

ISBN 978 - 7 - 5349 - 4572 - 4

I. ①简… II. ①李… 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 098664 号

出版发行: 河南科学技术出版社

地址: 郑州市经五路 66 号 邮编: 450002

电话: (0371) 65788613 65788629

网址: www.hnstp.cn

策划编辑: 徐素军

责任编辑: 徐素军

责任校对: 马晓灿 耿宝文

封面设计: 张 伟

版式设计: 栾亚平

责任印制: 张艳芳

印 刷: 郑州晓峰印刷有限公司

经 销: 全国新华书店

幅面尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 18.25 字数: 450 千字

版 次: 2010 年 8 月第 1 版 2010 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 34.00 元

如发现印、装质量问题, 影响阅读, 请与出版社联系并调换。

前 言

物理学是自然科学和工程技术科学的基础，是关于自然界最基本形态的科学。大学物理是高等院校工科各专业的基础课。物理学的基本知识、基本概念、基本规律和基本方法是全面培养和提高学生的科学素质、科学思维方法和科学实践能力的重要内容，是培养学生科学发展观的关键课程之一。它的基本内容也为有关后续课程的学习提供了必要的基础。

物理学是高新技术发展的先导和源泉。科学技术发展史表明，物理学的每次重大发展，都会衍生出一个广阔的技术领域，进而发生一场技术革命。我们试图根据物理学的学科特点和研究方法的普遍性、典型性，通过物理学和技术发展的联系，对几个由物理学衍生出的技术生长点的剖析，定性地介绍新技术产生的思路和原理，而不过多介绍技术本身，借此探索课程的特点，启迪学生的创新思维，以利于培养学生的创新能力。

本教材的编写是对大学物理课程教学改革和教学实践经验的总结。编写本教材的指导思想：首先，依据教育部非物理专业物理基础课教学指导分委员会所制定的《理工科非物理专业大学物理课程基本要求》；其次，适应高等教育大众化的新形势，适应市场对人才普遍适应性的要求，符合高等教育强化基础课程，实施通才教育的原则；再次，充分反映普通高校教学定位的要求，主要培养应用型高级专门人才的培养目标。因此，本教材在强调基本知识、基本规律和基本方法的前提下，力求做到内容精炼、结构紧凑、突出主干和适度控制篇幅及内容深度，并且语言简洁、表述准确，便于学生阅读理解。

本教材对课程结构改革作了一些尝试。我们将电磁学放在热学前边，使力学、电磁学紧密地联系在一起。这样做从内容衔接上更有利于专科学生的使用，加强学生的认识。后以波动光学、热学、近代物理学基础为主体，用波动的概念沟通三大部分。并以电磁相互作用的基本性质使电磁学和热学形成内在联系。在理念上淡化了经典物理学和现代物理学的界限，而注重强调运动的普遍性规律在一定的条件下运动的特殊性，以及人类认识物质世界的阶段性。本教材适应 21 世纪人才培养的需要，符合教学改革的要求，在教学中容易操作，易启迪学生思考。

本教材由黄河科技学院数理部物理教研室组织编写。具体分工为：高景霞老师编写第 1 篇力学、第 3 篇振动与波、波动光学；孙彩霞老师编写第 2 篇电磁学、第 4 篇热学；李松山教授编写第 5 篇近代物理学基础。全书由李松山教授负责统稿和定稿。

编写适合教学改革的教材是一项探讨性的工作，由于编者水平有限，一定会有疏漏、

不妥之处，真诚希望读者批评指正。

编 者

2010 年 5 月

目 录

绪论.....	(1)
---------	-----

第1篇 力 学

第1章 运动学基础.....	(6)
§1-1 参考系 物理模型.....	(6)
§1-2 描述质点运动的四个物理量.....	(8)
§1-3 几种典型运动的描述	(12)
问题	(20)
习题	(20)
第2章 运动定律和力学中的守恒定律	(22)
§2-1 牛顿运动定律及其应用	(22)
§2-2 功 能 机械能守恒定律	(28)
§2-3 动量定理 动量守恒定律	(37)
问题	(41)
习题	(42)
第3章 刚体力学	(45)
§3-1 刚体的运动	(45)
§3-2 转动定理	(47)
§3-3 转动中的功和能	(54)
§3-4 角动量 角动量守恒定律	(57)
问题	(62)
习题	(63)

第2篇 电磁学

第4章 静电场和稳恒电场	(68)
§4-1 电场 电场强度	(68)

§ 4-2	电场强度通量 高斯定理	(75)
§ 4-3	电场力的功 电势	(81)
§ 4-4	静电场中的导体和电介质	(85)
§ 4-5	电容 电容器	(90)
§ 4-6	静电场的能量	(92)
问题		(94)
习题		(95)
第 5 章	稳恒磁场	(99)
§ 5-1	磁场 磁感应强度	(99)
§ 5-2	毕奥—萨伐尔定律	(102)
§ 5-3	安培环路定理	(106)
§ 5-4	磁场对载流导线的作用	(109)
§ 5-5	洛伦兹力 霍耳效应	(112)
§ 5-6	磁介质	(115)
问题		(118)
习题		(119)
第 6 章	电磁感应	(122)
§ 6-1	电磁感应定律	(122)
§ 6-2	动生电动势和感生电动势	(125)
* § 6-3	电子感应加速器 涡电流	(130)
§ 6-4	自感和互感	(132)
§ 6-5	磁场的能量	(136)
问题		(137)
习题		(139)

第 3 篇 振动与波 波动光学

第 7 章	振动概论	(143)
§ 7-1	简谐振动	(143)
§ 7-2	简谐振动的能量	(149)
§ 7-3	简谐振动的合成	(151)
§ 7-4	阻尼振动 受迫振动 共振	(153)
问题		(155)
习题		(155)
第 8 章	波动概论	(159)
§ 8-1	波的产生和传播	(159)
§ 8-2	平面简谐波	(161)
§ 8-3	波的能量	(163)
§ 8-4	惠更斯原理 波的叠加原理	(165)

§ 8-5 多普勒效应	(169)
问题	(171)
习题	(172)
第 9 章 光的干涉	(174)
§ 9-1 相干光的获得 双缝干涉	(174)
§ 9-2 光程和光程差 薄膜干涉	(180)
§ 9-3 劈尖干涉 牛顿环	(184)
§ 9-4 迈克耳孙干涉仪	(187)
问题	(188)
习题	(189)
第 10 章 光的衍射	(191)
§ 10-1 光的衍射 惠更斯—菲涅耳原理	(191)
§ 10-2 单缝夫琅禾费衍射	(192)
§ 10-3 衍射光栅 光栅光谱仪	(196)
§ 10-4 圆孔夫琅禾费衍射 光学仪器的分辨本领	(199)
问题	(202)
习题	(203)
第 11 章 光的偏振	(205)
§ 11-1 自然光与偏振光	(205)
§ 11-2 起偏和检偏 马吕斯定律	(207)
§ 11-3 反射和折射时光的偏振	(211)
§ 11-4 旋光现象	(213)
问题	(214)
习题	(215)

第 4 篇 热 学

第 12 章 热力学基础	(217)
§ 12-1 内能 功和热量 准静态过程	(217)
§ 12-2 理想气体的状态变化过程	(218)
§ 12-3 气体的摩尔热容	(221)
§ 12-4 绝热过程	(223)
§ 12-5 循环过程 卡诺循环	(225)
§ 12-6 热力学第二定律	(228)
§ 12-7 热力学第二定律的统计意义 熵	(230)
问题	(232)
习题	(233)

第 5 篇 近代物理基础

第 13 章 狭义相对论	(237)
§ 13-1 狭义相对论的产生	(237)
§ 13-2 狭义相对论的时空观	(240)
§ 13-3 相对论动力学	(243)
问题	(246)
习题	(246)
第 14 章 量子物理基础	(248)
§ 14-1 黑体辐射 普朗克量子假说	(248)
§ 14-2 光电效应 光的量子性	(251)
§ 14-3 康普顿效应 光的波粒二象性	(255)
§ 14-4 实物粒子的波粒二象性	(258)
§ 14-5 微观客体的状态描述	(260)
问题	(263)
习题	(263)
习题参考答案	(265)
附录	(274)
附录 A 矢量	(274)
附录 B 力学和电磁学的量和单位	(282)
附录 C 在一般计算时所取常用物理常量的值	(284)

绪 论

物理学是研究物质的基本结构、相互作用和运动形态的基本规律的一门学科，它是关于自然界最基本形态的科学。物理学的发展过程就是人类对客观物质世界的认识过程。物理学研究的目的在于揭示物质各层次的内部结构和认识物质运动的普遍规律。物理学发展着未来技术进步所需的基本知识，它是一项激励人心的智力探险活动，鼓励人们努力扩展和深化对大自然的理解，以获得人类与自然的和谐发展。

一、物理学的地位

19 世纪前，物理学被称之为“自然哲学”。顾名思义，物理学发展初期是作为研究所具有自然现象的科学，或者说是自然科学的同义语。随着人类对自然现象认识的深化和拓展，大幅度增长的自然科学知识，不宜再用“自然哲学”来概括。自然科学按物质运动的特殊规律性，被划分为各种不同的学科，从而物理学变为仅研究物理现象的学科。

物理现象通常是指机械运动、热运动、电磁运动、原子和原子核运动以及基本粒子运动等物质运动形态。这些最基本的运动形式，普遍存在于其他高级的、复杂的运动形式（如化学的、生物的运动形式）之中。因此，物理学所研究的物质运动规律具有最大的普遍性，从而决定了物理学在其他所有自然学科中的基础地位和核心地位。

19 世纪末，物理学已形成完整的体系。在过去的 100 年间，从物理学分化出了大量学科，如力学、热学、光学、声学等，其中激光、无线电、微电子、原子能等现在都已形成独立学科。物理学创造的科学语言和基本概念已成为其他自然学科最基本的构筑基元。任何自然科学的理论都不能和物理定律相悖。物理学的进展极大地影响了社会科学的发展，并改变着人类的哲学思想和行为方式。

物理学的发展和人类生存、生产活动休戚相关。古人的捕猎、耕作、取暖、传呼、观测天象等原始的娱乐活动使人类积累了机械运动、声、光、热、电等方面最初的物理知识，从而促进了灌溉、手工业和航海的发展；电磁理论推动了电动机、通信以及各种电器的发明和使用。今天上至“神七”上天，下到石油钻探，大到探索宇宙奥妙，小到计算机里的芯片，都离不开物理学的基础知识。物理学在人类文明发展史上的地位是不言而喻的。

二、物理学与科技发展

物理学的发展广泛而直接地推动着技术革命和社会文明的发展。18 世纪牛顿力学和热力学的建立，适应了蒸汽机和机械工业的发展，促成了第一次技术革命；19 世纪在电磁理论

的推动下，促成了以工业电气化和无线电通信为标志的第二次技术革命；至 19 世纪末，当时常见的物理现象都可以从相应的理论得到满意的解释。物质的机械运动在运动速度比光速小很多时，准确地遵从牛顿力学定律；电磁现象的规律被总结为麦克斯韦方程，并且光的理论也纳入电磁理论中；热现象的理论有完整的热力学及玻耳兹曼等建立的统计物理学。20 世纪以前发展起来的这部分物理学，统称为经典物理学。

由于工业发展为物理学提供了先进的实验设备，人类对世界的认识从宏观领域深入到运动线度为 10^{-10} m 的数量级，即微观领域；从运动速度比光速小得多的运动延伸到接近光速的运动。20 世纪初，相对论和量子力学的建立，标志着物理学的发展进入了一个新时期。区别于经典物理学，以相对论和量子力学为支柱的新物理学，称为近代物理学。从 20 世纪初兴起，并延续至今的第三次技术革命是相对论和量子论发展的结果。事实证明，几乎所有重大的新技术学科，如电子学、原子能、激光、信息技术和超导等的创立都是在物理学中经过长期酝酿，在理论和实验两方面知识的积累中才独立出来的。

物理学是自然科学和生产技术发展的基础，其研究成果往往能变成改造世界的工具，以其特有的形式推动社会生产的不断发展。19 世纪以来，物理学长期处于自然科学的前沿，对科学技术的发展和创新起了巨大的促进作用。它的每一重大发现，都极大地推动了社会生产技术向前发展。当然，近代技术的形成和发展往往涉及自然科学的许多领域，但物理学所起的作用却具有更为直接的意义。物理学对人类生产和生活的影响是带有全局性和根本性的。

在 21 世纪初叶的现在，全世界范围内正面临着以信息、能源、材料、生物工程和空间技术等为核心的一场新技术革命。在这些高科技领域里，物理学以其最广泛和最基本的内容，正成为新兴学科的先导。量子论和粒子物理方面的新成就，极有可能孕育着科学和技术的新突破。在 21 世纪，物理学等自然科学必将引领高新技术的发展，使人类文明进入更高的阶段。

三、物理学方法

物理学研究问题的方法及研究过程中发展成熟的物理思想，极大地升华了人类对自然界的认识。物理学几乎集中了所有重要的科学研究思想和方法。

1. 物理思想

物理思想主要指在观察、实验的基础上，在物理观念、原理和理论形成的过程中，以推理和假设的方法揭示出物质运动形态的相互联系、相互转化的思维方式。物理学描绘了一幅物质世界的和谐、统一的完美图像。物理学的许多方面，都体现了经过深刻思辨和逐步深化、逐步完善的思想认识过程。掌握清晰的物理思想，不仅对物理基本内容的理解是必要的，而且对培养科学的世界观和思维方式更具有重要意义。

2. 物理模型

千变万化的物质世界如何透过现象看到本质，物理模型是一种绝妙的方法。物理模型是物理学为了凸现研究对象的物理本质，体现同类问题的共性，简化周围环境而构建的高度抽象，反映研究主体的本质特征的理想客体和理想过程。物理模型方法是认识复杂事物的一种基本方法，是物理学采用的科学抽象和简化的方法。物理运动的各种形式随着各种

因素（内因和外因）的变化而不断变化。把影响变化规律的各种因素分类，突出主要因素，暂时忽略次要因素，舍弃各种偶然因素，从而抓住研究对象的物理本质，进而获知它的性质和规律，这是物理模型建模的基本原则。“建模”是人类探索物质世界而发明的最有效的认知策略。实际上，整个物理学理论的建立都依赖于物理模型的重要作用。不仅如此，“建模”的研究方法已被自然科学的其他学科所采用，甚至与物理学无关的经济、金融、股票等领域也应用“建模”的方法取得了令人瞩目的成就。学习物理学研究中“建模”的思路和方法，有利于培养对科学思想和方法的认识和理解，有利于培养分析问题、解决问题的能力。

3. 物理学是定量科学

物理学运用数学方法，即用数学语言进行演绎、推算的方法进行研究。物理概念、物理规律采用数学语言得到了精练、准确的表达；物理模型借助数学形式给出了精确的描述。数学为物理学提供的有效的逻辑推理和定量计算方法，是物理思维和描述不可缺少的手段。在科学发展史上，物理学和数学相互促进，共同发展。物理学不断向数学提出新课题，促进数学的发展；而物理学本身又依靠数学成果发展自身，突出事例不胜枚举。学习运用数学语言定量描述和计算物理问题，学会理解物理公式丰富而深刻的物理意义，不仅是学习物理内容本身所必需的，更为重要的在于能培养高水平的科学素质。

4. 物理学是实验科学

物理学是理论和实验紧密结合的科学。经典物理学的理论几乎都是通过实验、观察和逻辑归纳建立起来的。虽然，近代物理学的研究范围远离人类生活的直接经验，研究课题多来自物理学家主观臆断，经过演绎、推理、提出假设所成，但必须通过实验检验才能形成理论。一切理论最终要经受实验事实的反复检验才能成立，并要求实验行为可重复，实验结果可再现，且不能因时、因地、因人而异。在上述意义上，我们说物理学是实验科学。物理学研究按实验事实→理论模型→实验检验的模式，反复进行多次，最后形成完整的理论。理论在技术上的应用促进实验条件和方法不断完善，实验结果的精度不断提高。除直接的物理实验之外，物理原理、方法和技术在自然科学各领域及各种工程技术中的广泛应用，甚至由物理学衍生出创新的一系列技术学科，都表明了物理学的实验科学性质。物理学能够培养实验设计、操作技能和实验结果分析能力是物理学的又一特点。

四、怎样学好物理学

高等学校中，理工科各专业把物理学设为必修的基础课。近年来，许多学校还把物理学设为人文社会科学各专业的选修课。2005年，世界各国都以隆重的形式纪念爱因斯坦创立相对论100周年，并且联合国将2005年命名为“国际物理年”，这都表明物理学的重要性。正确认识物理学的地位和意义是学好物理学的前提。

基础科学是社会的推动力，是新技术永不枯竭的源泉。物理学作为自然科学的核心学科，关系到国家的科技水平和国民的科学素质。今天在物理学上保持领先地位，意味着明天在技术上占据领先优势。一些技术发达的国家把获得前沿的科学知识和保持物理学的领先地位视为极端重要的国家利益。

物理学由于其学科特点，不仅它的内容，而且它的研究方法在培育高水平人才的科学

素质方面, 作为一门课程是其他课程无与伦比的. 物理学具有精密的实验测量、严谨的抽象思维、周密的逻辑推理和严格的数学分析等研究特点. 通过物理学的学习和训练, 展现在脑际中的是一幅物质世界的美丽而深奥的物理图像, 将会掌握近代实验方法和定量描述的数学工具, 受到训练敏捷思维、透彻分析问题、提高创新能力的科学教育. 在学习物理学的过程中, 必将吸引众多学生渴望从物理学最基本的水平上去探索 and 了解自然界和宇宙, 掌握前沿科学知识, 这种渴望正是人类始终不渝的欲望.

由于物理学的重要地位和意义, 由于它自身的特点和培养人才的重要作用, 学生都应学好物理学. 毋庸讳言, 对于物理学广博深邃的内容、严谨的逻辑、数学语言的推演以及清晰的物理图像, 不付出必要的努力, 绝非轻易而得, 就是说学习物理学这门课程有一定的难度. 因此, 建议初学者以实事求是的科学态度, 扎扎实实地学好基本理论和基本知识, 透彻地理解物理概念、规律和物理图像, 掌握物理学的研究方法, 利用数学语言描述和推演物理规律, 认真进行实验操作, 细致地进行实验结果分析. 利用学习和掌握物理知识的过程, 自觉地培养自己的创新意识和创新能力.

我们提示初学者, 不要满足于中学时对物理知识的初步了解, 甚至误认为不必再学大学物理. 大学物理不仅以全新的数学语言去严格地描述和演绎物理规律, 更重要的是在更高的水平上, 深刻客观地剖析物质世界. 请以初学者的心态进入大学的物理课堂.

大学物理学学习上的难度, 其主要原因之一来自数学. 初学者对于物理学中的数学公式的推演和描述方法, 往往采取排斥的态度, 习惯停留于定性的描述. 其结果是体会不到大学物理与中学物理的区别, 不能在高水平上认识物质世界的精华, 不能掌握定量描述方法和逻辑思维方法. 因此, 端正对数学在物理学中作用的认识, 运用数学, 才能理解和掌握物理学严格准确的描述含义; 反过来, 物理又促进数学的学习, 掌握二者的辩证关系, 不仅是学好物理学的方法, 更能培养自己掌握定量描述方法, 提高逻辑推演能力和超常空间想象能力.

第1篇 力 学

力学是物理学各分支学科中发展最早、最完善的部分。早在古希腊时，亚里士多德就提出所谓力产生运动以及我国的墨子对杠杆原理等的论述。然而，又经过了2000余年，直到17世纪，伽利略、牛顿提出力学三个运动定律，才逐渐形成力学的科学理论体系。以牛顿力学定律为基础的力学理论，称为牛顿力学或经典力学。它的研究对象是宏观、低速物体的机械运动。经典力学不仅有完整的理论体系，而且有严谨的科学研究方法。在科学技术发展史上，经典力学对机械制造、水利工程、土木建筑、天体和气象、航海和航空航天等的发展起着巨大的推动作用。在一般的科技领域里，经典力学现今仍然是必不可少的重要的基础理论。

本篇讲述质点运动学、质点动力学以及刚体力学三个部分的最基本内容。重点讨论动量、角动量和能量几个概念和相应的守恒定律。

第 1 章 运动学基础

力学研究的是物体做机械运动的规律。机械运动是物质的各种运动形式中，最简单、最基本的一种。所谓机械运动，就是指物体之间（或物体内部各部分之间）相对位置的变化。力学就是讨论这种运动的描述、成因和规律的科学。通常我们把力学分为运动学、动力学和静力学。运动学主要研究如何描述物体的运动，即研究物体的空间位置随时间的变化关系，以及各物理量之间的关系，它不涉及引起和改变物体运动状态的原因；动力学研究的是物体的相对运动和物体间相互作用的内在联系；静力学研究的是物体在相互作用下的平衡问题。本章只研究质点运动学规律。

§ 1-1 参考系 物理模型

一、运动描述的相对性

运动是物质的存在形式，是物质的固有属性，物质运动存在于人们的意识之外，这便是哲学意义上的运动本身的绝对性。就机械运动而言，任何物体在任何时刻都在不停地运动着。例如，地球自转的同时还绕太阳以 30 km/s 的速率公转，太阳相对银河系中心又以 300 km/s 的速率运动，银河系又在无限的宇宙中运动着。总而言之，绝对不运动的物体是不存在的。

在匀速前进的火车上，竖直上抛一个物体，坐在火车上的人看到物体做直线运动，但站在地面上的人看到物体在做抛物运动。同一物体的运动，不同的人看到了不同的运动图像。我们所研究的物体运动，都是在特定环境和条件下运动的。上述处在匀速运动火车上和在地面上，就是特定的环境和条件，处在不同环境和条件的人，对同一物体的运动给出了不同的描述。因此，离开特定的环境和条件，谈论运动没有任何意义。这就是运动描述的相对性。

二、参考系 坐标系

运动是绝对的，而运动的描述是相对的。因此，要研究一个物体的机械运动，就必须选择另一物体或一个相对静止的物体群作为参考物。我们把研究的对象叫做物体或系统，而把作为参考物的对象，叫做参考系统，简称**参考系**。当我们说某一物体或系统是否在运动，以及做什么样的运动时，必须首先指明它相对于什么参考系。参考系的选择是任意的，一般情况下，参考系的选择以对问题的研究最方便、最简单为原则，讨论地面上物体

的运动时,通常以地球为参考系.

物理学是定量的科学,为了定量地表示出一个物体在某时刻相对于参考系的位置,还需要建立一个固结在参考系上的坐标系.坐标系起着标尺的作用,运动物体的位置,由它在坐标系中的坐标值确定.

坐标系的类型可以有各种不同的选择,在力学中,常用的坐标系是直角坐标系,根据所研究的问题情况,也可以选择球坐标系、柱坐标系、自然坐标系等.

总之,描述物体的机械运动,首先要选定适当的参考系,然后在参考系上建立坐标系,无论选择何种坐标系,物体的运动性质都不会改变,但坐标系选择得当,可使计算简化.

三、物理模型 质点和刚体

1. 物理模型

任何实际的物理过程都是十分复杂的,研究任一物理现象发现,某些因素起决定性或根本作用,另一些因素起次要作用,有一些是偶然因素,还有一些因素则完全不起什么实质的作用.例如,在地球绕太阳运行的问题中,起决定性作用的是太阳对地球的引力,月球、人造地球卫星以及其他行星对地球的引力则是次要因素.至于地球上发生的火山、海啸等只是偶然因素,发射火箭时对地球的反冲力、开采矿石时的爆破力,乃至某人在地面上跳几跳等对地球绕太阳运动毫无实质影响.

如果研究地球的运行问题,还要考虑到某时刻某人跳几跳,不仅问题无法研究,那也就不再是什么科学.在任何分析研究中,为了寻找最本质、最基本的规律,都应该分清主要因素和次要因素,区分必然性和偶然性.在研究问题中对所涉及的实际对象,应突出在问题中起决定作用、主要作用的因素,考虑对起次要作用的因素的取舍,必须抛开那些在问题中只起偶然作用和不起实质作用的因素.这样,本来比较复杂的实际研究对象,就简化为理想化和科学抽象化了的、可供数学描述的模型,称为**物理模型**.以抽象模型代替实际对象,使人们深刻地抓住了问题的本质.

2. 质点

在研究物体的机械运动时,如果问题是确定空间位置,当物体本身线度比它运动的空间范围小很多时,例如,绕太阳公转的地球(地球的平均轨道半径是 $1.5 \times 10^{11} \text{ m}$,而地球的半径约为 $6.4 \times 10^6 \text{ m}$),或者当物体在平动(物体上任意两点的连线在其运动过程中都始终保持其方向不变)时,如高速公路上行使的汽车等,物体上所有点的运动情况(轨迹、速度、加速度)完全相同,这时就可以不考虑物体的大小和形状,而把物体的运动视为一个具有一定质量的点.这种不计物体的大小和形状,而且有物体全部质量的点称为**质点**.应强调指出,质点是一个理想化的模型,是对实际物体的一种科学抽象,通过这种抽象,可以使问题大大简化,而不影响所得到的主要结果.在实际问题中,能否把物体看成质点,要看所研究的问题的性质和具体情况.

3. 刚体

当物体的空间方位发生变化时,我们就说物体做转动.对转动的物体,必须考虑其大小和形状等因素,如果可以不考虑它的形变,即不考虑物体各部分间的相对运动,则可以

引入简化的刚体模型. 所谓**刚体**, 就是具有一定大小和形状, 但不发生形变的物体. 刚体也是实际物体的一种理想化模型.

质点和刚体是两个理想化的模型. 实际的物体在运动中, 其内部各部分之间可以有相对运动, 当物体运动时, 平动、转动、振动、形变等都可能发生. 我们引入**质点系**的概念, 把物体看成是由许许多多的质点所组成的系统. 当我们把组成该物体的每个质点运动情况搞清楚了, 也就确切地描述了整个物体的运动. 这样, 刚体就成了各质点之间无相对运动, 且质量连续分布的特殊质点系.

综上所述, 描述物体的机械运动, 需要选择合适的参考系, 并建立恰当的坐标系, 以便确定物体的运动性质和定量描述. 引入科学抽象的物理模型, 以揭示出所研究问题的基本规律.

§ 1-2 描述质点运动的四个物理量

描述质点运动的四个物理量是位置矢量、位移、速度和加速度.

一、位置矢量

为了确定质点的位置, 首先我们选定参考系, 然后在参考系上建立坐标系的原点和坐标轴. 如图 1-1 所示, 从原点 O 引一指向质点所在位置 P 的有向线段 $\mathbf{r} = \overrightarrow{OP}$, 这一矢量 $\mathbf{r}$ 叫做质点的**位置矢量**, 简称**位矢**. 位置矢量的大小为 r , 代表质点到原点 O 的距离; 其方向标志质点的位置相对于 O 点的方位. 在直角坐标系中, 位置矢量 $\mathbf{r}$ 可用它沿三个坐标轴上的分量 x 、 y 、 z 表示为

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

式中, $\mathbf{i}$ 、 $\mathbf{j}$ 、 $\mathbf{k}$ 分别表示沿 x 、 y 、 z 三个轴正方向的单位矢量. 位置矢量的大小 r 为

$$r = |\mathbf{r}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (1-2)$$

它的方向可以用 $\mathbf{r}$ 和 x 、 y 、 z 轴的夹角 α 、 β 、 γ 表示, 这些角的余弦分别为

$$\cos\alpha = \frac{x}{r}, \quad \cos\beta = \frac{y}{r}, \quad \cos\gamma = \frac{z}{r}$$

称为 $\mathbf{r}$ 的方向余弦.

在质点的机械运动过程中, 它的空间位置矢量随时间改变, 这种变化规律可以用矢量 $\mathbf{r}$ 的时间 t 的函数

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}(t) \quad (1-3a)$$

来表示, 函数 $\mathbf{r}(t)$ 给出了任一时刻质点所在的位置, 称为质点的**运动方程**. 这时质点的坐标值 x 、 y 、 z 也是时间的函数, 写为

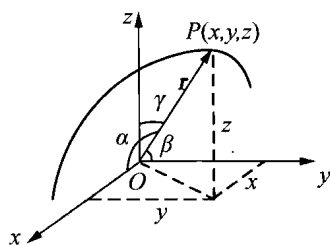


图 1-1 位置矢量