


全国高等农林院校“十一五”规划教材



大学物理

李玉侠 王乐新 主编

 中国农业出版社

全国高等农林院校“十一五”规划教材

大学物理

李玉侠 王乐新 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

大学物理 / 李玉侠, 王乐新主编. —北京: 中国农业出版社, 2007. 1

全国高等农林院校“十一五”规划教材

ISBN 978-7-109-11217-9

I. 大... II. ①李...②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 (2006) 第 139406 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

责任编辑 卫 洁

· 北京中兴印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行

2007 年 1 月第 1 版 2007 年 1 月北京第 1 次印刷

开本: 820mm×1080mm 1/16 印张: 21

字数: 496 千字

定价: 30.50 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

本书是在编者多年从事非物理专业公共基础物理课程教学工作，对于学生接受能力和教学需要深刻了解的基础上，总结近年教学改革的经验来选择内容与编排结构。内容包括：力学、热学基础、电与磁、波动光学、量子力学及狭义相对论基础。每章按基本内容、内容提要、习题及相关阅读材料编排结构。习题中奇数题号给出详细求解过程，偶数题号给出参考答案。本书可作为高校非物理专业大学物理课程教材及教学参考书。

主 编 李玉侠 王乐新
副主编 王 薇 富 岩 刘向锋
参 编 许 杰 马冠雄
任师兵 王传杰

前 言

我们周围的世界存在着各种各样的物质，产生着各种各样的现象。人类与生俱来的好奇心以及发展经济、改善生活的需要驱使着人们要弄清周围的一切，寻找隐藏在复杂现象背后的规律，这种对于客观世界存在的状态的描述和变化规律的发现便是科学。在自然科学中，物理学是基础学科之一。物理学是研究物质结构、性质、基本运动规律及其相互作用的学科。物理学所研究的运动形式包括机械运动、分子运动、电磁运动、原子和原子核内部的运动等。这些基本运动普遍地存在于其他复杂的高级的运动形式（如化学、生物等）之中。因此，物理学所研究的物质运动规律，具有极大的普遍性。例如，宇宙间的一切物体，无论化学成分如何不同、有无生命，都遵从物理学中的万有引力定律；一切变化过程，都遵从物理学中的能量转化与守恒定律等。这些认识改变了人们的观念。例如，对天体运动规律的认识，使人们的观念发生了从地心说到日心说再到随银河系在广阔的宇宙中遨游的跨越，冲破了神学对人类精神的束缚。对客观世界基本规律的正确认识可以使人类与自然和谐相处。利用这些规律开发的技术，极大地提高了生产效率，丰富和方便了人们的生活。人类社会经历的第一次工业革命——机械化大生产的出现与物理学家在力学、热学方面的研究密不可分；第二次工业革命——电气化时代的到来更是物理学对于电磁运动研究结果的运用；当代以计算机、网络应用为标志，人类进入了信息化社会也是源于近代物理——相对论力学和量子力学的建立。人们对原子和原子核结构的认识日益深入，促进了半导体、核磁共振、激光等技术的发明。物理学是技术进步的重要基础，物理的进步对社会发展和人类生活的改善有着不可估量的影响。

物理学对世界的认识从人类目光所见、所及的宏观物质开始，逐渐将探索的一只触角延伸向广阔浩瀚的宇宙，探寻宇宙的起源和演化；另一只触角伸向微观世界，寻找组成一切物质的最小单元——基本粒子。人类已探测到的这两极的空间尺度跨越了45~46个数量级，（宇宙哈勃半径： 10^{24} m——夸克估计小于： 10^{-20} m）。时间的尺度跨越了45个数量级（宇宙年龄： 10^{18} s——硬 γ 射线周期 10^{-27} s）。然而随着认识的不断深入，人们惊奇地发现，这两只探索的触角越来越合拢到了一起——宇宙形成于基本粒子。大爆炸宇宙模型中，爆炸最初产生的物质就是基本粒子，逐渐

演化为现在的宇宙。物理使人们更深入地认识了世界。

物理学不仅在于它发现自然规律的普遍性，而且还在于它的研究成果为其他学科的发展提供有效的研究方法和手段。例如：对光的研究和显微镜的发明，揭开了细胞的奥秘，使生物科学由形态描述，达到了细胞和亚细胞水平。20世纪以来，量子力学、非平衡态热力学、信息论、控制论等物理学理论的奠定，X射线结构分析、核磁共振、电子自旋共振、电子显微镜、波谱学技术、激光、超声、同位素技术、电子计算机等仪器和技术的应用，为各种生物学问题的研究提供了现代化的理论、实验方法和手段。20世纪50年代，由于把物理学的X射线衍射结构分析技术应用于生物学研究，才确定了DNA的双螺旋结构。现代物理理论、技术的综合应用可以揭示生物大分子的组成、结构及构象变化的动态过程，遗传密码复制、编码和传递的过程。使生物学研究深入到分子水平，还带动了生物学的许多分支（如：遗传学、分类学、细胞学、免疫学、药理学、生理生化等）一起进入了分子领域。物理学拓展人们认识自然的疆界，深化人们对其他学科的理解。

物理学不仅仅是知识的科学，而且更是影响学习者世界观和方法论的学科。物理学的研究方法，正确地反映了人类对客观世界的认识法则，也就是实践—认识—再实践—再认识的过程。

观察和实验是实践的重要环节，是发现客观存在的重要手段和验证理论正确与否的唯一办法，是认识客观世界的基础，也是进行科学研究的基本方法。观察就是在自然界本来的状态下进行实地观测和研究。例如，对天体和大气变化规律的研究就采用直接观察法。实验是对人工控制条件下发生的某些运动现象，进行观察研究。实验的特点是人为地创造一个环境把复杂条件简化，突出主要矛盾，排除或减少次要因素的作用，可使同一现象反复出现，进行多次观察研究。例如，用实验观测匀速直线运动规律或动量守恒定律时，把光滑木板改为气垫导轨就是为了进一步减少摩擦力这一外界因素的作用，提高实验精度。观察和实验对自然现象只能得到片面的、局部的感性认识或获得粗略的定量关系，不能得出本质的普遍的联系。要得到反映本质的普遍规律还必须将感性或粗略的认识上升到理性认识。完成感性认识向理性认识飞跃的基本手段是对大量实验数据和感性认识进行综合归纳分析，通过去粗取精、去伪存真的抽象（通常以理想模型为依托，质点、刚体、理想气体等都是理想模型）和概括而得出规律。

所谓抽象就是根据问题的性质和内容，抓住主要因素，忽略次要因素，建立与

实际研究对象相近的理想物体（模型），取代实际对象来进行研究，从而获得模型在给定条件下的基本运动规律。这种运动规律可以从物体复杂运动的某一侧面反映出自然现象的一种本质联系。在物理学的创立和发展过程中，理想模型起着不可缺少的重要作用。例如，研究物体机械运动规律时，就是在一定条件下，不考虑物体上各点运动的差异，忽略物体的大小和形状，先从研究质点的运动规律入手，再研究质点组的运动规律。

在物理学的创立过程中，假说是另一主要环节，通过认识物质的属性或寻找物理规律，对现象与本质的联系最初是以假说（对现象本质的说明方案或基本论点等）提出。假说的提出与研究者的直觉和想象力密切相关，是理论创新的开始。假说还不是被承认的理论，它只是以理想模型为依托的探索性“理论”或“理论”初型。例如，在一定实验基础上提出来的物质结构的分子原子假说，是分子运动论的理论初型；近代物理研究中，我国物理工作者提出的层子模型或国外学者提出的夸克模型等就是尚不完备的理论初型。理想模型和假说是在一定观察和实验基础上提出来的。在一定条件下通过反复的实验，不断修正这些假说或模型，使其日趋完善，如能反映客观规律和解释现象，便上升为定律或理论。例如，上述的分子、原子假说后来就发展成为分子运动论；量子假说的建立和量子理论的演变，最后发展成为量子力学理论。在科学的理论发展中，假说或理想模型起着理论母体的作用，在一定意义上说没有假说或理想模型就没有物理学乃至整个自然科学。

对同类运动客体在多次同类实验中所体现出的共同规律，一般称为物理定律。物理定律是由实验直接总结概括得出的，通常表明某些物理现象或物理量之间的规律或定量关系。由于这种关系是在一定条件下得出的，因而具有一定的适用范围和局限性。物理定律及在一定条件下通过数学推导或逻辑演绎的方法导出的某些物理量之间的关系通常称为物理定理（或原理），多数物理定律、定理利用简明的数学函数式来表示，成为某一学科理论的基础，它不但能解释一定范围内的现象，而且还能预言一些问题。例如，麦克斯韦方程组不但能解释各种电磁现象，而且还预言了电磁波的存在和传播速度，这些预言都已被实验所证实。

实践是检验真理的唯一标准。随着生产的发展和技术的进步，人们的实践和视野都向物质世界的深度和广度进展。在新的实践和实验面前，原来被实践证明是正确的物理规律，可能会出现理论与事实相矛盾的现象，甚至理论与事实完全不符，这时就必须修正原有的理论，寻找与新的实践相符合的理论。例如，20世纪以来，

由于在近代物理实验中出现了与牛顿力学相矛盾的现象，促成了相对论力学与量子力学的建立就是很好的例子。这种实践和认识相互促进、不断深入和发展的事实正符合辩证唯物主义的认识法则，即实践、认识、再实践、再认识，这种形式循环往复以至无穷，而实践和认识之每一循环，内容都相对地上升到高一级的程度。近代物理的实验事实一再证明了“基本粒子”并不基本，还有复杂的结构，对宏观世界的认识也是如此。从地心说发展到日心说，再到银河系，在银河系外又发现了河外星系和总星系，总星系外还有天体和物质。人类对物质世界的认识无论是宏观还是微观，都是无穷尽的，科学的发展是无止境的，一切墨守成规、止步不前的观点都是错误的。

物理理论的建立过程，是马克思主义认识论的生动体现。通过对物理的学习，非常有助于辩证唯物主义世界观的形成和建立；十分有利于科学思维方式、思维能力、科学研究方法及科学的诚实态度和实事求是精神的培养和提高；这无论对于一个人，还是对于一个民族乃至一个国家都是非常重要的。

学习物理学是一项激动人心的智力探险活动。物理教育为科学和技术培养训练有素的人才。希望每一个学习物理的人都能从世界观、方法论及物理知识方面有所收益。

本教材是在编者多年从事非物理专业公共基础物理课程教学工作对该类课程特点深刻了解的基础上，总结近年教学改革的经验选取素材和组织结构，力求做到：

1. 内容少而精，结构紧凑，脉络清晰，满足实际需要。使学生的物理知识在中学的基础上更加深入系统和有较大扩展，视野更为开阔，思维能力得到显著提高。

2. 运用生动活泼、通俗易懂的形象化语言，从读者熟悉的自然现象和物理实例入手，引发学生的兴趣与联想，克服物理的抽象、枯燥艰深、易使学生产生畏难情绪从而影响学习积极性的问题。

3. 在本书每章后给出了物理新技术和应用举例，使学生了解物理学在生产、生活和科学研究中具有广泛的应用领域，引发他们的兴趣、发散性思维、培养创新能力。

本书由李玉侠编写前言、第一章、第十三章，王乐新编写第二章、第九章、第十章，王薇编写第十二章、第十四章，富岩编写第七章和第八章，刘向锋编写第十一章，许杰编写第六章，马冠雄编写第五章，任师兵编写第四章，王传杰编写第三章。李玉侠、王乐新任主编。

前 言

本书在编写过程中，得到了沈阳农业大学教务处、教材中心负责同志的大力支持，还有沈阳农业大学外语中心林琳同志的热心帮助，编者在此表示衷心感谢。同时对于本书中引用资料的作者深表感谢。

编 者

2006年6月

目 录

前言

第一章 质点力学	1
第一节 质点运动状态的描述	1
第二节 质点运动规律的决定因素	5
第三节 动能定理 机械能守恒定律	7
第四节 动量定理 动量守恒定律	9
本章内容提要	11
习题	12
阅读材料	14
第二章 刚体的定轴转动	16
第一节 刚体定轴转动状态的描述	16
第二节 刚体转动规律的决定因素	18
第三节 力矩的功与转动动能	22
第四节 冲量矩与角动量 角动量守恒定律	24
第五节 刚体的平面运动	26
本章内容提要	26
习题	27
阅读材料	30
第三章 液体表面的性质	31
第一节 表面张力现象	31
第二节 表面张力系数	32
第三节 表面张力的微观解释	33
第四节 弯曲液面下的附加压强	34
第五节 毛细现象	35
本章内容提要	39
习题	39
阅读材料	40
第四章 流体力学基础	42
第一节 流体流动的基本概念	42

第二节 伯努利方程及其应用	43
第三节 黏滞流体的运动规律	45
第四节 湍流.....	51
本章内容提要.....	52
习题	53
阅读材料	54
第五章 气体分子运动的统计规律和输运过程	56
第一节 气体动理论的基础和方法	56
第二节 麦克斯韦速度及速率分布律	57
第三节 玻尔兹曼能量分布律	61
第四节 气体分子运动与温度压强的关系.....	62
第五节 理想气体的内能	64
第六节 气体分子的平均碰撞次数和平均自由程	66
第七节 气体的输运过程	67
本章内容提要.....	70
习题	71
阅读材料	73
第六章 热力学基础	74
第一节 热力学的基本概念.....	74
第二节 热力学第一定律及在理想气体等值过程中的应用	78
第三节 循环过程 卡诺循环	83
第四节 热力学第二定律	88
第五节 熵和熵增加原理	92
第六节 自由能	97
本章内容提要.....	99
习题	100
阅读材料	101
第七章 静电场	104
第一节 电荷与电场.....	104
第二节 静电场的有源性	109
第三节 静电场的保守性	114
第四节 电场强度与电势的关系	119
第五节 静电场中的导体和电介质.....	121

第六节 电场能量 电容器储能	127
本章内容提要	130
习题	131
阅读材料	132
第八章 稳恒电场	136
第一节 电源及其电动势	136
第二节 扩散电动势 温差电动势	137
第三节 稳恒电场与电流	141
第四节 基尔霍夫定律	141
本章内容提要	144
习题	144
阅读材料	146
第九章 稳恒磁场	148
第一节 电流及运动电荷的磁场	148
第二节 磁场的无源性	152
第三节 磁场的非保守性——安培环路定理	153
第四节 磁场对电流和电荷的作用	156
第五节 物质的磁性	161
本章内容提要	163
习题	163
阅读材料	166
第十章 电磁感应	169
第一节 法拉第电磁感应定律	169
第二节 自感和互感	173
第三节 磁场的能量	175
第四节 麦克斯韦方程组 电磁波	177
本章内容提要	182
习题	183
阅读材料	184
第十一章 振动与波	189
第一节 简谐振动	189
第二节 阻尼振动 受迫振动	194
第三节 振动的合成与分解	196

第四节 简谐波	201
第五节 波的能量	207
第六节 波的衍射和干涉	209
第七节 多普勒效应	211
本章内容提要	214
习题	216
阅读材料	218
第十二章 波动光学	221
第一节 光源光谱及光能的量度	221
第二节 相干光的产生	228
第三节 薄膜干涉	230
第四节 光的衍射	234
第五节 光栅分光	240
第六节 光的偏振	244
本章内容提要	250
习题	251
阅读材料	252
第十三章 量子力学基础	254
第一节 热辐射 普朗克量子假说	254
第二节 光电效应及爱因斯坦的光电效应理论	257
第三节 德布罗意波 电子衍射实验	260
第四节 不确定关系	261
第五节 波函数 薛定谔方程	262
第六节 氢原子能级 电子自旋	264
第七节 双原子分子的振动——转动光谱	268
本章内容提要	273
习题	274
阅读材料	275
第十四章 狭义相对论基础	281
第一节 牛顿相对性原理与伽利略变换	281
第二节 爱因斯坦相对性原理、光速不变与洛仑兹变换	283
第三节 相对论速度变换	285
第四节 时间、空间的相对论效应	286

第五节 质量、能量、动量的相对论效应	289
本章内容提要	291
习题	292
阅读材料	293
习题参考答案	296
附录	316
一、基本物理常量	316
二、物理量的国际制单位	316
主要参考文献	319

第一章 质点力学

世间万物，纷繁复杂，可见或不可见，有形或无形，坚硬或柔软，透明或混浊……都是由于它们的构成、结构和运动不同所决定的。在物质的各种运动形式中，物体位置的变动是最常见的运动。一个物体相对于其他物体位置发生变化或者物体的各部分之间相对位置发生变化称为机械运动，研究物体做机械运动的规律及其应用就是力学的内容。航天飞机、宇宙飞船、各种卫星的发射和回收的最基本依据就是宏观物体做机械运动都遵守牛顿运动定律。2005年10月我国神州六号载人航天飞船的成功发射和返回，令全球华人为之欢欣鼓舞，也受到全世界人民的关注，也又一次验证了牛顿运动定律的正确性。

客观世界中存在的各种物体，大到恒星星团，小到原子、电子，都具有一定的质量、大小和形状。但在研究物体平动（物体上所有点的运动轨迹都是平行线）和物体上所有点都具有的共同运动的情况下，就可以用质心的运动来代表整个物体的运动，忽略物体的大小和形状，把物体抽象为一个具有同等质量的几何点即质点。例如当研究地球绕太阳公转时，就可以把地球看做质点。质点是一个理想化模型，可以使实际问题变得简单易解，大大减少计算工作量，得到的结果在一定范围内与按实际情况严格求解的结果相差无几。但一个物体是否可以当做质点来处理要看所求解的问题是否符合上面的条件，比如同样是地球，当我们研究它的自转时就不能把它看成质点了。因而，质点只具有相对的意义。本章介绍如何描述质点做机械运动的状态；外力作用及质点初始的状态与质点运动的关系。

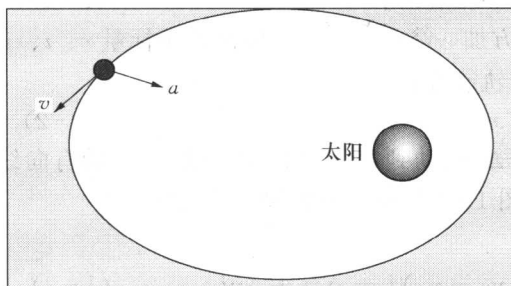


图 1-1 地球绕太阳公转

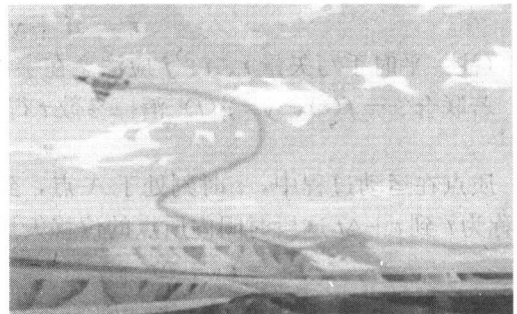


图 1-2 飞机在空中飞翔

第一节 质点运动状态的描述

一、参照系 坐标系

运动是物质存在的形式，物质的运动是绝对的。但对于同一物体的运动，在不同的参照系中的观察者所看到的运动表象却可能是不同的。处在地球上的人看到太阳东升西落围绕地球旋转，

但如果处在其他恒星上则会看到地球绕着太阳转。因此，对运动的描写是相对的，与所选取的参照物有关。所以要描写物体的机械运动首先要选择一个物体或一组物体作为标准物也就是参照系，在此基础上建立坐标系，以便定量描述物体的运动状态和规律，坐标系就是抽象与量化的参照系。比如，取地球的南北极和赤道为参照系，东经西经、南纬北纬为坐标系，一艘在海上航行的轮船，某一时刻的位置可以用它所在处的经度数和纬度数来确定，航行的快慢和方向用航速和航向来确定。物理研究中通常采用的坐标系有直角坐标系、球坐标系、柱坐标系等。质点在做机械运动过程中，任一时刻的位置、速度、加速度的定量描述都是相对于一定的参照系和坐标系而言的。若仅仅是对质点的位置、速度、加速度加以描述，对参照系的选择没有特别的要求；当所研究的物体受到外力作用，需要运用牛顿第二定律解决问题时，则要求选择惯性系。惯性系就是不受任何其他物体作用或完全自由的物体，这样的物体永远保持初始的运动状态，即静止或匀速直线运动。实际上完全自由的物体是不存在的，因为万有引力无处不在，但是当我们研究在地球表面附近运动的物体时，可以把地球近似看做惯性系。恒星是比地球更好的惯性系。

为使读者容易理解起见，下面先从质点在二维空间中运动的较简单情况开始阐述定量描述质点运动的物理量，读者可在此基础上推广到三维空间的一般情况。

二、位置矢量 r 与位移 Δr

如果一个质点在二维平面内运动，那么，描述它运动状态的坐标系也只需两个坐标轴。图 1-3 为一平面直角坐标系，它的 x 、 y 轴的正方向分别用 i 、 j 两个单位矢量 ($|i|=1$, $|j|=1$) 来表示。 t 时刻质点所在的空间位置坐标为 $P(x, y)$ ，它与从坐标原点 O 到 P 点所连的有向线段 r 是等价的， r 称为质点的位置矢量。质点运动时， r 不断变化是时间 t 的函数，称为质点的运动方程。

$$r = xi + yj = f(t)i + g(t)j \quad (1-1)$$

(注：平时手写矢量 r 、 i 、 j 应注意在字母正上方加一箭头 \vec{r} 、 \vec{i} 、 \vec{j} 以区别于标量 r 、 i 、 j)

若联合 $x=f(t)$, $y=g(t)$ 消掉参数 t 得质点的轨迹方程

$$y = g[f^{-1}(x)] \quad (1-2)$$

质点在运动过程中， t 时刻处于 A 点，到了 $t+\Delta t$ 运动到 B 点，由 A 到 B 所连的有向线段 Δr 称为 t 到 $t+\Delta t$ 这段时间内质点的位移矢量，如图 1-4 所示。由矢量运算法则可知

$$\begin{aligned} r_B &= r_A + \Delta r \\ \Delta r &= r_B - r_A = (x_B - x_A)i + (y_B - y_A)j = \Delta xi + \Delta yj \end{aligned} \quad (1-3)$$

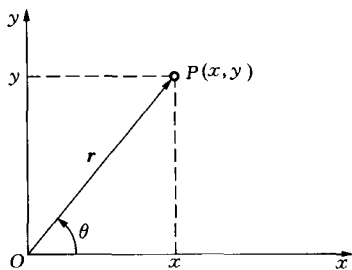


图 1-3 位置矢量

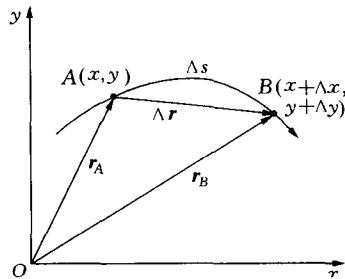


图 1-4 质点的位移