

37

高等学校教材

物理学基本教程

第一册 第二版

张达宋 主编

张达宋 李行一 等修订

高等教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

物理学基本教程. 第一册/张达宋主编. —2版. —北京:高等教育出版社, 2002. 7

ISBN 7-04-010678-7

I. 物... II. 张... III. 物理学-高等学校-教材
IV. 04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 098086 号

责任编辑 董洪光 封面设计 王凌波 责任绘图 吴文信
版式设计 马静如 责任校对 刘莉 责任印制 韩刚

物理学基本教程 第一册 第二版
张达宋 主编

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
社 址	北京市东城区沙滩后街 55 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100009	网 址	http://www.hep.edu.cn
传 真	010-64014048		http://www.hep.com.cn

经 销 新华书店北京发行所
排 版 高等教育出版社照排中心
印 刷 高等教育出版社印刷厂

开 本	850×1168 1/32	版 次	1989 年 6 月第 1 版
印 张	8.125		2002 年 7 月第 2 版
字 数	200 000	印 次	2002 年 7 月第 1 次印刷
		定 价	11.60 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换.

版权所有 侵权必究

第二版前言

本书这次修订是按照原国家教育委员会高等学校工科基础课程教材建设的“八五”和“九五”规划进行的,依据《高等学校工科本科大学物理课程教学基本要求》(1995年修订版)和1992年12月全国工科物理教材修订会议为本书确定的“打好基础、精选内容、适当更新、利于教学”的修订工作指导思想,对全书进行了认真的修改和补充.在保持第一版原有体系、风格和特色不变,总体水平相当和篇幅不扩大的前提下,主要作了如下的一些修改和增删:

1. 根据全国自然科学名词审定委员会公布的《物理学名词(1996)》统一规范了全书的物理学名词.

2. 为了跟上社会发展和科技进步的时代步伐,按照新的《基本要求》,补充了现代工程技术的物理基础专题,以及一些物理学前沿和现代技术应用的“窗口”、“接口”.

3. 订正了第一版中的文字和印刷错误,修改了一些过时的数据,删除了一些陈旧或不适当的内容.

4. 为了便于教学,对少数内容作了调整和更新.

5. 根据目前大多数学校的教学情况,对例题、思考题和习题作了较多的修改与替换,增加了一些切合实际和现代科技发展的题目.

作为本书修订版的审稿人,广东工业大学钟韶教授(主审)、西安交通大学吴百诗教授和西安建筑科技大学张明德教授对原书提出了十分详尽具体的修改意见,在整个修改过程中对每一段修改稿都逐字逐句仔细审阅,给予了中肯贴切的意见和建议,为修订工作的顺利完成起到了指导和促进作用.

山东大学、武汉理工大学、北京工业大学和武汉食品工业学院等院校的教师对修订工作提出了许多宝贵的意见,使编者获益匪浅,谨在此表示深深的谢意.

吴光敏、贾惠凯、王安安、于永香、伏云昌和董勋德同志参加了本书的修订工作.

限于编者的水平和知识面,这个修订版仍会存在诸多欠缺和不足,恳请读者提出宝贵的意见.

张达宋 李行一

2001年3月于

昆明理工大学

第一版前言

本书初稿是根据 1980 年原教育部颁布的《高等工业学校普通物理教学大纲》的基本要求(不打 * 号的内容)结合编者的教学经验并借鉴国内外部分教材而编写的,1984 年通过评选,随即按照评审意见对原稿作了修改、试用,以后又根据 1986 年西安审稿会所提意见及 1987 年国家教委颁布的《高等工业学校大学物理课程教学基本要求》作了进一步的修改和补充,经复审后于 1987 年 9 月定稿。

本书编写的指导思想是:1°要便于教师教和学生学,要符合人的认识过程,既与高中物理衔接,又避免不必要的重复,起点不要太高,但又必须达到国家教委颁布的《高等工业学校大学物理课程教学基本要求》(以下简称基本要求).2°由于本课程内容多学时少,教材既要编写得紧凑,又要把问题阐述清楚,使之便于教学.3°概念的讲述要清楚,推理论证要严谨,要有逻辑性和系统性。

本书除打 * 号部分外,绝大部分内容都是属于《基本要求》的范围,可根据专业的需要选用.本书参考总学时为 130~140 学时,各部分内容基本上按照《基本要求》的先后次序安排的,只是牛顿力学的相对性原理放在“狭义相对论基础”一章的开头.本书采用国际单位制,各物理量名称及有关单位的名称均采用国家标准规定的名称。

参加本书编写工作的有李行一、袁长寿、王安安、陈大德、刘坤、王文楷、于永香、董勋德、贾惠凯及张平等同志。

本书审稿人有哈尔滨工业大学洪晶同志(主审)、天津大学杨仲耆同志、华南工学院周勇志同志、华东工学院方光耀同志及上海

交通大学胡盘新同志等.他们对本书原稿进行了详细审阅并提出宝贵意见和具体建议,对本书的修改工作帮助很大,在此表示衷心感谢.

南京空军气象学院、成都地质学院、广东工学院及华东工学院等院校的同志对本书原稿提出许多宝贵意见和建议,云南大学李德修教授对本书“固体能带理论基础”一章提出了宝贵和具体的修改意见,使编者深受教益,在此一并表示感谢.

由于本书的编写及修改工作量很大而时间又十分仓促,更主要的是由于编者的水平有限,本书缺点错误一定不少,衷心希望使用本书的同志多多提出宝贵意见.

编者

目 录

绪论	(1)
----------	-----

第一篇 力 学

第一章 质点运动学	(5)
§ 1-1 参考系 质点	(5)
§ 1-2 质点的位移、速度和加速度	(8)
§ 1-3 相对运动	(20)
§ 1-4 圆周运动	(23)
思考题	(31)
习 题	(32)
第二章 牛顿定律	(36)
§ 2-1 牛顿定律 力的概念 惯性参考系	(36)
§ 2-2 力学单位制和量纲	(44)
§ 2-3 牛顿定律应用举例	(47)
思考题	(57)
习 题	(58)
第三章 功和能	(63)
§ 3-1 功 功率	(63)
§ 3-2 动能 动能定理	(69)
§ 3-3 势能	(72)
§ 3-4 功能原理 机械能守恒定律	(79)
§ 3-5 能量守恒定律	(88)
思考题	(89)
习 题	(90)
第四章 动量和角动量	(96)

§ 4-1 动量 冲量 动量定理	(96)
§ 4-2 动量守恒定律	(99)
§ 4-3 碰撞	(104)
§ 4-4 质点的角动量和角动量守恒定律	(109)
思考题	(113)
习 题	(114)

第五章 刚体的转动

§ 5-1 刚体的平动、转动和定轴转动	(119)
§ 5-2 力矩 转动定律 转动惯量	(122)
§ 5-3 转动动能 力矩的功	(130)
§ 5-4 绕定轴转动的刚体的角动量和角动量 守恒定律	(133)
思考题	(135)
习 题	(135)

第二篇 气体动理论和热力学基础

引言——分子物理学和热力学的研究对象和方法

第六章 气体动理论

§ 6-1 气体动理论的基本概念	(142)
§ 6-2 气体的状态参量 平衡状态 理想气体状态 方程	(145)
§ 6-3 气体动理论的压强公式	(148)
§ 6-4 气体分子的平均平动动能与温度的关系	(154)
§ 6-5 能量按自由度均分原则 理想气体的内能	(156)
§ 6-6 麦克斯韦速率分布律	(160)
§ 6-7 玻耳兹曼分布律	(166)
§ 6-8 分子的平均自由程和平均碰撞次数	(168)
· § 6-9 实际气体的范德瓦耳斯方程	(171)
· § 6-10 气体内的迁移现象	(176)
思考题	(181)
习 题	(183)

第七章 热力学基础	(186)
§ 7-1 内能 功 热量	(186)
§ 7-2 热力学第一定律	(188)
§ 7-3 热力学第一定律对理想气体等体、等压和等温 过程的应用	(191)
§ 7-4 气体的热容	(197)
§ 7-5 热力学第一定律对理想气体绝热过程的应用	(201)
§ 7-6 循环过程 卡诺循环 热机的效率	(205)
§ 7-7 热力学第二定律	(210)
§ 7-8 可逆过程和不可逆过程 卡诺定理	(214)
§ 7-9 熵	(218)
§ 7-10 热力学第二定律的统计意义	(224)
思考题	(227)
习 题	(229)
习题答案	(236)
附录 I 国际单位制的七个基本单位的定义	(243)
附录 II 常用的力学量和热学量及其单位	(244)
附录 III 常用物理基本常量表	(247)

绪 论

一、物理学的研究对象

物理学和其他自然科学一样都是研究物质的,也就是研究物质运动形式的.什么是物质?各种气体、液体、固体和组成物体的分子、原子、电子等这些实物都是物质.电场、磁场、重力场和引力场等这些场也是物质.整个自然界是由各式各样的物质组成的.

一切物质都处在永不停息的运动之中,运动和物质是分不开的,世界上没有不运动的物质,也没有无物质的运动.运动是物质存在的形式,是物质的固有属性,它包括宇宙中所发生的一切变化和过程.例如物体位置的变化,生命过程,桌子的腐朽,岩石的风化等等都是物质运动的例子.人的思维也是一种运动,是人脑的运动.运动的形式是多种多样的.在所有的运动形式中,位置的变化是最简单的运动,这种运动称为机械运动.物质不是处在这种运动形式之中,就是处在那种运动形式之中.

自然科学的不同学科研究不同的运动形式.物理学是研究最普遍的运动形式的,即机械运动、分子热运动、电磁运动以及原子和原子核内部的运动等.至于其他比较复杂的运动形式,则属于其他自然科学的范围,例如化学反应属于化学范围,生命过程属于生物学范围等等.

物理学所研究的运动形式具有最大的普遍性,即是说,这些运动形式普遍地存在于其他高级的复杂的运动形式之中,因此,物理学所研究的规律具有最大的普遍性,例如能量守恒定律,任何变化和过程都要服从这条定律.

二、物理学在自然科学和工程科学中的地位和作用

自然科学中的基础学科有六门,即数学、物理、化学、生物、天文、地学.但最基础的是两门,一门是数学;一门是物理.物理学是除数学以外的一切自然科学的基础,也是一切工程科学的基础.由此可见,物理学在自然科学和工程科学中处于十分重要的地位.许多新学科的建立,工程技术上许多重大发明创造都是和物理学的发展分不开的.例如,在历史上引起工业革命的蒸汽机的发明,就来源于牛顿力学及热力学的建立,反过来,蒸汽机的应用又推动了热学理论的发展;电机电器的创造,以及无线电通讯等等的出现,就来源于电磁学的发展,特别是法拉第—麦克斯韦电磁场理论的建立.20世纪初,以爱因斯坦为首的一批物理学家创立了相对论和量子力学,开辟了近代科学的新纪元,不但在更深的物质结构层次和更广阔的时空领域内扩展了人类对自然界的认识,揭开了伟大的现代自然科学革命的序幕,而且物理学作为自然科学的先驱,推动着其他各学科开始迅猛发展,人们实现了原子核能的综合利用,开创了电子学、半导体、等离子体、激光、量子化学、生物工程、航天工程等一系列新技术领域.尤其是近二三十年来,物理学在理论方法和实验技术上的新突破,使它同数学、化学、生物学、材料科学和信息科学等近邻学科的结合与相互作用更为密切,许多边缘、交叉学科以及高、新技术产业相继诞生并迅速发展.物理学研究的成果和进展,已经广泛而直接地影响到社会生产和生活的各个方面,深刻地改变着人类的物质生产和精神生活,成为科学技术和社会发展的巨大推动力.当前,世界各国为了在21世纪的全球经济和军事舞台上占据有利地位正进行着激烈的竞争,其中的关键是科学技术的竞争,也就是科技人才的竞争.作为一个理工科的大学生,要想成为21世纪科技领域的骨干,跟上越来越快的新技术革命的步伐,就必须有扎实的自然科学理论基础,宽广的知识面,严谨的作风和创新意识,那么加强物理学基本理论和方法的学习就显得

尤为重要了。

物理学是高等学校工科各专业的一门重要的基础理论课,读者通过这门课程的学习,不仅可以对自然界中各种基本运动形式及其规律获得较全面较系统的认识,而且在实验技能、逻辑思维能力和独立工作能力等方面也将受到初步的训练.因此,学好物理学可以为学习专业知识和近代科学技术奠定良好的基础。

第一篇 力学

力学的研究对象是机械运动,所谓机械运动就是物体在空间的位置随时间变化的过程.地球绕太阳运动,火车在铁路上行驶,吊车吊起重物等都是机械运动的例子.力学就是研究机械运动的规律及其应用的学科.力学分为三部分:

- | | | | |
|----|---|-----|-------------------------------|
| 力学 | { | 运动学 | 只从几何观点来研究物体的运动,不考虑产生或改变运动的原因. |
| | | 动力学 | 联系改变运动状态的原因(力)来研究运动. |
| | | 静力学 | 研究作用在物体上的力的平衡条件. |

本篇第一章是运动学的内容,第二至第五章是动力学内容.静力学内容本书不拟介绍.

第一章 质点运动学

§ 1-1 参考系 质点

一、参考系和坐标系

宇宙间一切物体都在运动,桌子上的书对于桌子和房间里其

他物体是静止的,但相对于太阳是运动的,因为地球绕它自己的轴转动,同时又绕太阳作椭圆运动,所以书和房间里其他物体也跟着地球绕太阳运动.太阳也在运动,它以每秒几百公里的速度绕着银河系的中心运动;银河系也在运动;绝对静止的物体是没有的,这就是运动的绝对性.

既然一切物体都在运动,为了描述一个物体的机械运动,必须另选一个物体作参考,然后研究这一物体相对于被选作参考的物体的运动,这个被选作参考的物体称为参考系,例如要研究物体 A 相对于物体 R 的运动(图 1-1),就要选择 R 作为参考系,然后研究物体 A 相对于参考系的运动.参考系的选择可以任意,通常要看问题的性质和研究的方便.例如研究地面上物体的运动,通常选择地球作为参考系.研究地球或其他行星的运动,通常选择太阳作为参考系.

同一物体的运动,由于我们选取的参考系不同,对它的运动的描述就不相同.例如,在沿水平方向作匀速直线运动的车厢中,有一个自由落下的物体,如以车厢为参考系(即从车厢中的人看来),物体作直线运动;如以地面为参考系(即从地面上的人看来),物体作平抛运动.物体的运动对不同的参考系有不同的描述,这个事实称为运动描述的相对性.

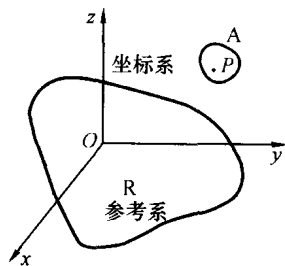


图 1-1

由于运动的描述是相对的,所以描述物体的机械运动时必须指明或暗中明确所用的参考系.

为了定量地描述物体相对于参考系的运动情况,只有参考系是不够的,还要有一种说明物体相对于参考系的位置的方法.用数量来说明位置的方法是在参考系上选择一个固定的坐标系,如图 1-1 中的正交坐标系 $Oxyz$,坐标系选定以后,物体 A 中任一点 P 的位置就可以用它在这个坐标系中的坐标来描述.

二、质点

任何物体都有一定的大小和形状,在一般情况下,物体运动时,它内部各点的运动情况是各不相同的,而且物体的形状和大小也可能发生变化,例如地球上动物和植物的运动,潮汐的涨落,地震、火山爆发以及由此而引起的海啸等都是地球的大小和形状发生变化的例子.但在某些问题中物体的形状和大小不起作用或所起作用甚小,是次要因素.为了抓住主要因素和掌握它的基本运动情况,我们有必要忽略物体的形状和大小,而把它看作是一个具有质量而没有大小和形状的理想物体,这样的物体称为质点.

质点是一个理想化的模型.物理学中常用理想模型来代替实际研究的对象,突出它的主要性质,忽略它的次要性质,以便简化问题的研究,这样做是必要的,否则即使是最简单的问题也会使我们感到非常复杂,无法下手.除质点外,以后要讲到的刚体、理想气体、绝对黑体等都是理想模型.

一个物体能否看作质点要视所研究问题的性质来定.例如,研究地球绕太阳公转时,由于地球的平均半径(约为 $6\,400\text{ km}$)比地球与太阳间的距离(约为 $1.50 \times 10^8\text{ km}$)小得多(图 1-2),地球上各点对太阳的运动可视为相同.这时,就可以忽略地球的大小和形状,把地球当作一个质点.但是研究地球的自转时,如果仍然把地球看作一个质点,显然就没有意义了.

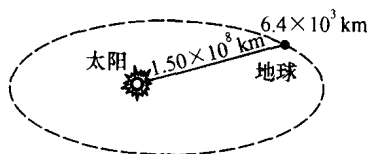


图 1-2

三、时间和时刻

我们要区别“时间”和“时刻”这两个概念.什么是时刻?时刻就是时间的某一瞬时.例如火车八点钟从甲站开出,十点钟到达乙站,这个八点钟和十点钟就是时刻,从八点到十点经过两小时,这两小时就是时间间隔,或简称为时间.质点运动时,它所经过的某一位置对应于某一时刻,质点所走的某一段路程对应于某一时间间隔.

§ 1-2 质点的位移、速度和加速度

高中物理的质点运动学主要是讨论直线运动,把抛射体的运动作为两个直线运动的合成来处理.还有,高中物理主要是讲平均速度和平均加速度,没有用到坐标和瞬时概念.在这一节中为了突出位置矢量和位移的矢量性,突出速度和加速度的瞬时性和矢量性,我们从曲线运动讲起,就曲线运动情形介绍位置矢量和位移以及瞬时速度和瞬时加速度概念,然后把所得结果应用于直线运动,求出直线运动的位置矢量、位移、速度和加速度的表示式.

一、质点的运动方程 轨道

为简单起见,我们讨论平面运动情形(很容易推广到空间运动).设质点在一平面上运动,在这平面上取坐标系 Oxy ,质点 P 对于这坐标系的位置由两个正交坐标 x 、 y 确定,如图 1-3.当质点运动时,它的坐标随时间而变化,是时间 t 的函数:

$$\begin{aligned}x &= x(t) \\ y &= y(t)\end{aligned}\quad (1-1)$$

(1-1)式给出质点在任一时刻 t 的位置,所以它表示质点的运动规律,称为**质点的运动方程**.知道了质点的运动方程,就可以求出质点在各个时刻的坐标,因而就可以画出质点运动的路线.质点运