

高等学校教材

普通物理学

(1982年修订本)

程守洙 江之永 编

朱善春等 修订

人民教育出版社



高等学校教材

普通物理学

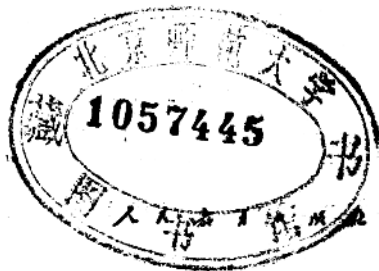
第一册

(1982年修订本)

程守洙 江之永 编

朱詠春等 修订

7月1242/02



本书是以第二版为基础，参考1980年教学大纲(200学时)进行修订的。修订本保存了第二版的风格，吸收了第三版的某些优点，增加了例题，配了习题，统一采用了国际单位制。

全书分三册。第一册包括力学和热学，第二册包括电学，第三册包括光学和近代物理学基础。

祝瑞琪、叶善专参加了第一册配习题的部分工作。

第一册经恽斌、胡迪炳、郭永江、顾梅玲开会审查，经王志符、阎金铎复审，王志符并参加了审后的修订工作。

本书可作理工科大学非物理系普通物理课程的教材。

高等学校教材
普通物理学
第一册
(1982年修订本)
程守洙 江之永 编
朱詠春等 修订

人民教育出版社出版
四川省新华书店重庆发行所发行
重庆新华印刷厂印装

开本 787×1092 1/32 印张 11,825 字数 286,000
1982年6月第4版 1982年10月第1次印刷
印数 000,001—181,000

书号 13012·0672 定价 0.92元

JY11242/02

前 言

(1982年修订本)

本书是以程守洙、江之永等改编《普通物理学》1964第二版为基础进行修订的，同时吸收了第三版的某些优点，参考了1980年高等工业学校普通物理学教学大纲草案(200学时)。修订中注意到打好基础、精选内容、逐步更新、利于教学几个方面，并且适当控制了篇幅。本书与第二版相比，保留了第二版的风格和特点，增加了例题，配上了习题，内容略有增删和调整。

全书讲授(包括习题课)约为140学时。目录中标有星号*的章节和书中小字部分，是供选择的内容。

1982年7月

第一、二版序言摘录

本书 1961 年第一版由“上海市高等工业学校物理学编写组”编。编写时，注意到学习和吸收兄弟院校的经验，并从西安交通大学、浙江大学的教材中采用了某些章节的全部内容。在定稿过程中，清华大学、北京矿业学院、南京工学院、浙江大学、西安交通大学、西安冶金学院等校物理教研组的同志，协助作了进一步的修改和润饰。

1964 年第二版，是在第一版的基础上根据 1962 年高等工业学校普通物理教学大纲（试行草案）改编的，是高等工业学校五年制各专业普通物理课程的教材。讲授 120 学时（习题课 30 学时在外）。本版与第一版相比，内容变动较大，不少章节是完全改写过的，基本理论加强了，例题和插图增加了，对第一版中某些要求过高或偏重具体技术应用的部分作了压缩或删减，全书篇幅比第一版减少三分之一。参加第二版改编工作的有上海交通大学程守洙、朱詠春、胡盘新，同济大学江之永、魏墨鑫，华东化工学院黄德昭，华东纺织工学院汤毓骏。

第一册目录

绪论	1
----------	---

第一篇 力学的物理基础

第一章 质点运动学	6
§ 1-1 参照系和坐标系 质点	6
§ 1-2 位置矢量 位移	8
§ 1-3 速度	11
§ 1-4 加速度	16
§ 1-5 直线运动	18
§ 1-6 运动迭加原理 抛体运动	25
§ 1-7 圆周运动	28
§ 1-8 相对位移与相对速度	37
习题	40
第二章 质点动力学	47
§ 2-1 牛顿运动定律	47
§ 2-2 力学的单位制和量纲	61
§ 2-3 惯性系和非惯性系	63
§ 2-4 冲量 动量 动量定理	68
§ 2-5 动量守恒定律	76
§ 2-6 功 动能 动能定理	81
§ 2-7 势能 机械能守恒定律	91
§ 2-8 能量转化和守恒定律	102
§ 2-9 碰撞	103
§ 2-10 古典力学的适用范围	106
习题	107
第三章 刚体的转动	120
§ 3-1 刚体的定轴转动	120

§ 3-2 转动动能 转动惯量	122
§ 3-3 力矩 转动定律	127
§ 3-4 力矩的功 刚体定轴转动中的动能定理	133
§ 3-5 动量矩和冲量矩 动量矩守恒定律	137
习题	143

第二篇 机械振动和机械波

第四章 振动学基础	148
§ 4-1 振动的一般概念	148
§ 4-2 简谐振动	149
§ 4-3 无阻尼自由振动 谐振子	159
§ 4-4 阻尼振动 受迫振动 共振	168
§ 4-5 同方向的简谐振动的合成 拍	172
*§ 4-6 相互垂直的简谐振动的合成	176
习题	180
第五章 波动学基础	186
§ 5-1 机械波的产生和传播 简谐波	186
§ 5-2 波的传播速度 波长 波的周期和频率	188
§ 5-3 波动方程	193
§ 5-4 波的能量 能流密度 波的吸收	203
§ 5-5 惠更斯原理	208
*§ 5-6 波的反射和折射	210
§ 5-7 波的迭加原理 波的干涉	212
§ 5-8 驻波	216
§ 5-9 波的绕射和散射	220
§ 5-10 声波 *超声波 *次声波	221
习题	227

第三篇 分子物理学和热力学

分子物理学和热力学的研究对象和研究方法	233
---------------------------	-----

第六章 气体分子运动论	236
§ 6-1 平衡状态 理想气体状态方程	236
§ 6-2 气体分子运动论的压强公式	240
§ 6-3 气体分子平均平动动能与温度的关系	246
§ 6-4 能量按自由度均分原理 理想气体的内能	248
§ 6-5 麦克斯韦分子速率分布定律	255
§ 6-6 分子碰撞和平均自由程	261
§ 6-7 气体内的迁移现象及其基本定律	264
*§ 6-8 真空的获得和低压的测定	271
习题	275
第七章 热力学的物理基础	281
§ 7-1 功 热量 内能	281
§ 7-2 热力学第一定律	282
§ 7-3 热力学第一定律对于理想气体的等值过程的应用	286
§ 7-4 气体的摩尔热容	290
§ 7-5 绝热过程	300
§ 7-6 循环过程 卡诺循环	306
§ 7-7 热力学第二定律	313
§ 7-8 可逆过程和不可逆过程	317
§ 7-9 卡诺定理	319
§ 7-10 热力学第二定律的统计意义和适用范围	321
习题	324
第八章 真实气体	332
§ 8-1 真实气体的等温线 饱和蒸汽 临界状态	332
§ 8-2 范德瓦耳斯方程	334
§ 8-3 焦耳-汤姆孙实验 真实气体的内能	340
*§ 8-4 低温的获得	343
习题	344
附录	
I 矢量	347
II 国际单位制(SI)简介	355

III 常用物理基本常数表	358
IV 有关地球、月球和太阳的数据	359
习题答案	360

结 论

物理学研究对象

自然科学，包括物理学在内，是以认识物质世界的基本属性，研究物质运动的基本规律为对象的。

现代自然科学的知识宝库，是几千年来人们在生产实践和科学实验中对自然的探索和创造性工作的结晶。我们学习这些知识，目的在于掌握自然规律，促进自然科学的发展，从而进一步利用自然、改造自然，使自然规律为人类服务。

我们周围所有的客观实在都是物质，整个自然界就是由各种各样运动着的物质组成的。日月星辰，各种气体、液体、固体，组成物体的分子、原子、电子，以及光和其他的电磁辐射等等都是物质。

一切物质都在永恒不息地运动着，自然界一切现象就是物质运动的表现。运动是物质的存在形式、物质的固有属性，它包括宇宙中所发生的一切变化和过程，从简单的位置变动起直到思维止^①。各种不同的物质运动形式既服从普遍规律，也有自己的独特规律。自然科学的各个分科就是按研究不同的物质运动形式而区分的。

物理学所研究的是物质运动最基本最普遍的形式，包括机械运动、分子热运动、电磁运动、原子和原子核内部的运动等等。

^① 注意，我们使用“运动”一词时，有广义和狭义之分。狭义使用时，专指机械运动（位置变动）。广义使用时，则包括宇宙中所发生的一切变化和变化过程。例如我们说“运动和物质是不可分割的”、“运动是物质存在的形式”，都是指广义的运动，包括各种运动形式。

物理学所研究的运动,普遍地存在于其他高级的、复杂的物质运动形式(例如化学的、生物的等等)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。例如,宇宙间任何物体,不论其化学性质如何,或有无生命,都遵从物理学中的万有引力定律;一切变化和过程,无论它们是否具有化学的、生物的或其他的特殊性质,都遵从物理学中所确立的能量转化和守恒定律。但必须注意,各种运动形式各有自己的独特规律,不可能也不应该企图单纯地用物理规律来解释物质的一切运动形式。例如,生命现象就不能单用物理过程来说明。

由于物理学所研究的物质运动具有普遍性,所以物理学在自然科学中占有重要地位,成为其他自然科学和工程科学的基础。

物理学研究方法

各门科学的研究方法都离不开人类对客观世界的认识法则,也就是实践—理论—实践的认识法则。

物理学研究方法,当然也遵从上述认识法则。具体地说,物理学的理论,就是通过观察、实验、抽象、假说等研究方法并通过实践的检验而建立起来的。检验真理的唯一标准是实践。

观察和实验是科学研究的基本方法。观察是对自然界中所发生的某种现象,在不改变自然条件的情况下,按照它原来的样子加以观测研究。例如对天体和大气中的现象,一般是不能人为方法来改变它的情况的,都要采用观察的方法。

实验是在人工控制的条件下,使现象反复重演,进行观测研究。在实验中,常把复杂的条件加以简化,突出主要因素,排除或减低次要因素的作用,这是一种非常重要的研究方法。例如,在利用单摆测定重力加速度的实验中,决定单摆振动周期的主要因素是摆长和重力加速度。至于摆线的质量和可延伸性,摆锤的大小

和质量,以及摆的幅度等,对振动周期虽然也有影响,但都是次要的因素。在实验中,我们必须选用适当的摆长,不宜太短,也不宜太长(强化主要因素),用不易伸长的细绳作摆线、用直径较小的球作摆锤、并使摆作小幅度振动(减低次要因素的影响),这样就可以得到较准确的结果。

抽象方法是根据问题的内容和性质,抓住主要因素,撇开次要的、局部的和偶然的因素,建立一个与实际情况差距不大的理想模型来进行研究。例如,“质点”和“刚体”都是物体的理想模型。把物体看作“质点”时,“质量”和“点”是主要因素,物体的“形状”和“大小”是可以忽略不计的次要因素。把物体看作“刚体”——“形状和大小均保持不变的物体”时,物体的“形状”、“大小”和“质量分布”是主要因素,物体的“变形”是可以忽略不计的次要因素。在物理学研究中,这种理想模型是十分重要的。研究物体机械运动的规律时,就是从质点运动的规律入手,再研究刚体运动的规律而逐步深入的。

为了寻找事物的规律,对于现象的本质所提出的一些说明方案或基本论点等,统称为假说。假说是在一定的观察、实验的基础上提出来的。进一步的实验论据便会清洗这些假说,即取消一些或改进一些。在一定范围内经过不断的考验,经证明为正确的假说,最后上升为定律,或是理论的一部分。例如,在一定的实验基础上提出来的物质结构的分子原子假说以及从它所推论出来的结果,因为能够解释物质气液固各态的许多现象,最后就发展成为物质分子运动理论。又如,量子假说的建立和量子理论的演变,发展为量子力学理论。在科学认识的发展过程中,假说是很重要的甚至是必不可少的一个阶段。

物理定律一般是指实验定律,是实验事实的总结,说明某些现象之间的相互联系,或说明某些物理量之间的关系,常用文字或数

学公式的形式来表述。由于实验条件、实验仪器精确度等的限制，物理定律有其近似性和局限性，但是在一定程度上能够反映客观实在的规律性。

物理学的理论是通过许多不同的而相互有关的现象的研究，从一些已经建立起来的定律中，经过更为广泛的概括，而得到的系统化的知识。体系完整的理论往往可以从少数几条比较简单的基本原理出发，说明一定范围内的各种现象，并且还能在一定程度上预言未知现象的存在，进一步指导新的实践。例如麦克斯韦电磁场理论，不仅能解释各种电现象与磁现象之间的关系，而且预言了电磁波的存在及其传播速度，并终于为实验所证实。

从观察、实践、抽象、假说到理论，物理学的研究并没有结束。理论将继续受到实践的检验。如果在实践中所发现的事实与理论有矛盾，这理论就必须修改，有时甚至要放弃原有的理论，而建立更能反映客观实际的新理论。本世纪以来，近代物理学中的许多重大成就，例如相对论时空观和物质的波粒二象性的确立、基本粒子相互转化的实验和理论等等都是一些重要的例子。

物理学与技术科学、生产实践的关系

现代科学技术的发展，使科学与生产的关系越来越密切了。科学技术作为生产力，越来越显示出巨大的作用。

物理学的发展已经经历了三次大突破。在十七、十八世纪，由于牛顿力学的建立和热力学的发展，不仅有力地推动了其他学科的进展，而且适应了研制蒸汽机和发展机械工业的社会需要，引起了第一次工业革命，极大地改变了工业生产的面貌。到了十九世纪，在法拉第-麦克斯韦电磁理论的推动下，人们成功地制造了电机、电器和各种电讯设备，引起工业电气化，使人类进入应用电能的时代，这就是第二次工业革命。二十世纪以来，由于相对论和量

量子力学的建立,人们对原子、原子核结构的认识日益深入。在这样的基础上,人们实现了原子核能和人工放射性同位素的利用;而由于量子力学微观理论的成果,又直接促成了半导体、核磁共振、激光等新兴技术的发明。许多边缘学科发展起来了,新兴工业象雨后春笋,现代科学技术正在经历一场伟大的革命,人类进入了原子能、电子计算机、自动化、半导体、激光、空间科学等新技术的时代。近代物理学的各个分科都孕育着新的突破,可以预期,如果在基本粒子领域实现物理学的又一次大突破,能全面地揭露基本粒子内部的结构和它们相互转化、相互作用的规律的话,将为人类生活和自然科学各领域带来巨大影响。事实证明,自然科学的理论研究一旦获得重大突破,必将为生产和技术带来巨大的进步。当代自然科学正以空前的规模和速度应用于生产,使社会物质生产的各个领域面貌一新。社会生产力这样迅速发展,劳动生产率这样大幅度提高,最主要的是靠科学和技术的力量。

当前,我国要实现四个现代化,关键是科学技术的现代化。我们必须极大地提高整个中华民族的科学文化水平,培养一支又红又专的科学技术队伍,造就一大批世界第一流的科学家、工程技术专家。为此,在高等学校中必须加强物理学的教学,不断提高教学质量,为赶超世界先进水平而努力。

物理学是大学理工科各专业的一门重要的基础课。学生应该牢固地掌握物理学的基本理论和基本知识,深刻地理解物理规律的意义,并在实验技能和运算能力以及独立钻研能力等方面,受到严格训练,为今后学习专业知识及近代科学技术打下必要的物理基础。

第一篇 力学的物理基础

第一章 质点运动学

在物质的多种多样的运动形式中，最简单而又最基本的运动是物体位置的变化，称为机械运动。行星绕太阳的转动，宇宙飞船的航行，机器的运转，水、空气等流体的流动等等都是机械运动，它们都遵从一定的客观规律。力学的研究对象就是机械运动的客观规律及其应用。

描述机械运动，常用位移、速度、加速度等物理量。研究物体在位置变动时的轨道以及研究位移、速度、加速度等物理量随时间而变化的关系，但不涉及引起变化的原因，称为运动学。至于物体间的相互作用对物体运动的影响，则属于动力学的研究范围。本章研究质点的运动学。

§ 1-1 参照系和坐标系 质点

参照系和坐标系 我们知道，要描写一个物体的运动，总得选择另一个运动物体或几个虽在运动而相互间相对静止的物体作为参考，然后研究这物体相对于这些参考物体是如何运动的。被选作参考的物体称为参照系。

在运动学中，参照系的选择可以是任意的，主要看问题的性质和研究的方便。例如要研究物体在地面上的运动，最方便的是选择地球作为参照系。一个星际火箭刚发射时，主要研究它相对于地面的运动，所以就在地面选作参照系。但是当火箭进入绕太阳运行的轨道时，为研究方便起见，我们就要把太阳选作参照系。

同一物体的运动,由于我们所选参照系不同,对物体运动的描述就会不同。例如在匀速前进的车厢中的自由落体,相对于车厢,是作直线运动;相对于地面,却是抛物线运动;相对于太阳或其他天体,运动的描述更为复杂。这一事实,称为运动描述的相对性。实际上这个事实本身也正说明了参照系之间存在着相对运动,反映了宇宙间任何物体都处于永恒运动之中。人们也正是从不同运动状态的参照系对同一物体运动的不同描述中进行研究,才能更全面更深刻地认识物体运动的客观规律。总的说来,在自然界中,无论从机械运动来看,还是从其他运动形式来看,一切物质都处于永恒不息的运动之中,运动和物质是不可分割的。运动是物质存在的形式,物质的各种运动形式都有其特殊的规律,物质运动存在于人类意识之外,这便是所谓运动本身的绝对性。在认识运动描述的相对性的同时,还必须认识运动本身的绝对性。

为了从数量上确定物体相对于参照系的位置,需要在参照系上选用一个固定的坐标系。一般在参照系上选定一点作为坐标系的原点,取通过原点并附标度的线作为坐标轴。常用的一种坐标系包括一个原点和三条相互垂直的坐标轴(X 轴、 Y 轴、 Z 轴)。这种坐标系称为直角坐标系或正交坐标系。根据需要,我们也可选用其他的坐标系,例如极坐标系、球面坐标系或圆柱面坐标系等来研究物体的运动。

质点 任何物体都有一定的大小和形状。一般说来,物体运动时,内部各点的位置变化是各不相同的。因此要精确描写一般物体的运动并不是一件简单的事。为使问题简化,我们可以采用抽象的方法:如果物体的线度和形状在所研究的现象中不起作用,或所起的作用可以忽略不计,我们就可近似地把物体看作是一个没有大小和形状的理想物体,称为质点。

例如,研究地球绕太阳的公转,由于地球的直径较之公转运动

的轨道直径要小得多，因此地球的各点相对于太阳的运动基本上可视为是相同的，也就是说，可以忽视地球的线度和形状，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，显然就没有实际意义了。由此可知，一个物体是否可抽象为一个质点，应根据问题的性质而定。

质点运动是研究物体运动的基础。当我们进一步研究物体的运动时，常把整个物体看作由无数个质点组成，分析这些质点的运动，就可能弄清楚整个物体的运动。

时间和时刻 任何物质运动都是在时间和空间中进行的。运动不能脱离空间，也不能脱离时间。时间本身具有单方向性的特点。“光阴一去不复返”这句话，正是说明了时间的单方向性。

在运动学中，除时间外，还经常用到**时刻**的概念。在一定的参照系中考察质点的运动时，与质点所在某一位置相对应的为某一时刻，与质点所走某一段路程相对应的为某一段时间。例如，火车从北京开出的瞬间，表示某一时刻；火车从北京开到上海，需经历一段时间。又例如钟表上指针所指的某一位置表示时刻，两个不同位置表示两个不同的时刻，而两个时刻的间隔就表示一段时间。

§ 1-2 位置矢量 位移

位置矢量 为了表示运动质点的位置，首先应该选取一个参照系，然后在参照系上选定坐标系的原点和坐标轴，参看图 1-1。质点 P 在直角坐标系中的位置可由 P 所在点的三个坐标 x 、 y 、 z 来确定，或者用从原点 O 到 P 点的有向线段 \overrightarrow{OP} ($-\mathbf{r}$) 来表示，矢量 \mathbf{r} 叫做**位置矢量**，也叫**矢径**。相应地，坐标 x 、 y 、 z 也就是矢径 \mathbf{r} 的沿坐标轴的三个分量。

矢径 \mathbf{r} 的大小由下式决定：