

高等学校教学参考书



普通物理学

第一册

上海市高等工业学校物理学编写组编
程守洙 江之永等改编

人民教育出版社

全书分三册，第一册包括力学的物理基础，机械振动与机械波，分子物理学与热力学三篇；第二册包括电学一篇；第三册包括光学，近代物理学基础两篇。

本书可作为高等工业学校普通物理课程的教学参考书，也可作为综合大学、高等师范院校参考，本书讲授时数为120学时左右。

简装本说明

目前850×1168毫米规格纸张较少，本书暂以787×1092毫米规格纸张印刷，定价相应减少20%，希鉴谅。

普通物理学

第一册

上海市高等工业学校物理学编写组编

程守洙 江之永等改编

人民教育出版社(北京沙滩后街)

上海群众印刷厂印装

新华书店上海发行所发行

各地新华书店经售

统一书号 13012·078 开本 787×1092 1/32 印张 8

字数 200,000 印数 588,501—633,500 定价(5) 0.64

1961年8月第1版 1964年2月第2版 1978年8月上海第15次印刷

第一册目录

緒論	1
§ 0-0-1 物理学的研究对象	1
§ 0-0-2 物理学的研究方法	2
§ 0-0-3 物理学与哲学的关系	5
§ 0-0-4 物理学与生产技术的关系	6

第一篇 力学的物理基础

§ 1-0-1, 力学发展簡史	8
第一章 质点运动学	10
§ 1-1-1 参照系和坐标系 质点	10
§ 1-1-2 位置矢量 位移	12
§ 1-1-3 速度	14
§ 1-1-4 加速度	16
§ 1-1-5 直綫运动	19
§ 1-1-6 运动叠加原理 抛射体运动	22
§ 1-1-7 圆周运动	24
第二章 质点动力学	32
§ 1-2-1 牛頓运动定律	32
§ 1-2-2 力学的单位制和量綱	40
§ 1-2-3 慣性系和非慣性系	43
§ 1-2-4 动量 动量原理	45
§ 1-2-5 动量守恒定律	49
§ 1-2-6 功 动能 功能原理	54
§ 1-2-7 位能 机械能守恒定律	59
§ 1-2-8 能量守恒和轉換定律	67
§ 1-2-9 碰撞	67
§ 1-2-10 古典力学的适用范围 相对論力学中的几个重要結論	72
第三章 剛体的轉动	78
§ 1-3-1 剛体的定軸轉动	78

§ 1-3-2 转动动能 转动惯量	79
§ 1-3-3 力矩 力矩的功 转动定律	83
§ 1-3-4 动量矩和冲量矩 动量矩守恒定律	87

第二篇 机械振动和机械波

第一章 振动学基础	92
§ 2-1-1 振动的一般概念	92
§ 2-1-2 谐振动	93
§ 2-1-3 无阻尼自由谐振动	99
§ 2-1-4 阻尼振动 受迫振动 共振	103
§ 2-1-5 同方向的谐振动的合成 拍	108
§ 2-1-6 相互垂直的谐振动的合成	111
第二章 波动学基础	116
§ 2-2-1 机械波的产生和传播	116
§ 2-2-2 波的传播速度 波长 波的周期和频率	120
§ 2-2-3 波动方程	123
§ 2-2-4 波的能量 能流密度 波的吸收	130
§ 2-2-5 惠更斯原理	135
§ 2-2-6 波的反射和折射	136
§ 2-2-7 叠加原理 波的干涉	138
§ 2-2-8 驻波	141
§ 2-2-9 波的绕射和散射	144
第三章 声波和超声波	146
§ 2-3-1 声波 次声波 超声波	146
§ 2-3-2 超声波的原理和应用	150

第三篇 分子物理学和热力学

§ 3-0-1 物质分子运动论的发展	154
§ 3-0-2 分子物理学和热力学的研究对象和研究方法	155
第一章 气体分子运动论	157
§ 3-1-1 状态参量 理想气体状态方程	157
§ 3-1-2 分子运动论的基本概念	160
§ 3-1-3 气体分子运动论的压强公式	163
§ 3-1-4 气体分子平均平动动能与温度的关系 玻耳兹曼恒量	165

§ 3-1-5	能量按自由度均分原理 理想气体的内能	167
§ 3-1-6	气体分子运动的速度 麦克斯韦速度分布定律	171
§ 3-1-7	分子碰撞和平均自由程	174
§ 3-1-8	气体内的迁移现象及其基本定律	177
§ 3-1-9	真空的获得和低压的测定	184
第二章 热力学的物理基础		189
§ 3-2-1	功 热量 内能	189
§ 3-2-2	热力学第一定律	190
§ 3-2-3	热力学第一定律对于理想气体的等值过程的应用	193
§ 3-2-4	气体的热容量	197
§ 3-2-5	绝热过程	201
§ 3-2-6	循环过程 卡诺循环	205
§ 3-2-7	热力学第二定律	212
§ 3-2-8	可逆过程和不可逆过程	214
§ 3-2-9	卡诺定理	216
§ 3-2-10	热力学第二定律的统计意义 对所谓宇宙“热寂说”的 唯心结论的批判	218
第三章 真实气体和液体		222
§ 3-3-1	理想气体定律的偏差 真实气体的等温线 饱和蒸汽 临界状态	222
§ 3-3-2	范德瓦耳斯方程	224
§ 3-3-3	真实气体的内能 焦耳-汤姆孙实验	230
§ 3-3-4	低温的获得	232
§ 3-3-5	聚集态的转变 三态平衡点	234
§ 3-3-6	液体的分子结构	236
§ 3-3-7	液体的表面层 表面能量和表面张力	238
§ 3-3-8	弯曲液面下的附加压强	241
§ 3-3-9	润湿现象 毛细现象	243
§ 3-3-10	液体的粘滞性	248

緒 論

§ 0-0-1 物理学的研究对象

自然科学，包括物理学在內，是以認識物质世界的基本屬性，研究物质运动的基本規律为对象的。

现代自然科学的知識宝庫，是几千年来千百万劳动人民和科学家在生产实践中对自然的探索和創造性工作的結晶。我們学习这些知識，目的在于掌握自然規律，促进自然科学的发展，从而进一步利用自然、改造自然，使自然規律为人民服务。

我們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組成的。日月星辰，各种气体、液体、固体，組成物体的分子、原子、电子，以及光和其他的电磁辐射等等都是物质。“物质是作用于我們的感官而引起感觉的东西；物质是我們感觉到客观实在。”^①

一切物质都在永恒不息地运动着，自然界一切現象就是物质运动的表现。“运动是物质的存在形式、物质的固有屬性，它包括宇宙中所发生的一切变化和过程，从簡單的位置变动起直到思維止。”^②物质运动是极其多样的，各种不同的物质运动形态，既服从普遍規律，也有自己的独特規律。自然科学的各个分科就是按研究不同的物质运动形态而区分的。

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

① “列宁全集”第十四卷，人民出版社 1957 年版，第 146 頁。

② 恩格斯：“自然辯证法”，人民出版社 1956 年版，第 46 頁。

物理学所研究的运动，普遍地存在于其他高级的、复杂的物质运动形态(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、生物的其他特殊性质，都遵从物理学中所确立的能量守恒和转换定律。但必须注意，各种运动形态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运动的一切形态。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。

§ 0-0-2 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，也就是毛主席在“实践论”中所揭示的“实践—理论—实践”的认识法则。

人类的生产实践是物理学理论的源泉。从实践中得到的感性知识，发展成为理性知识，是认识过程中的一个飞跃。毛主席在“实践论”中指出：“要完全地反映整个的事物，反映事物的本质，反映事物的内部规律性，就必须经过思考作用，将丰富的感觉材料加以去粗取精、去伪存真、由此及彼、由表及里的改造制作工夫，造成概念和理论的系统，就必须从感性认识跃进到理性认识。”^①

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。

^① “毛泽东选集”第一卷，人民出版社1952年第二版，第280页。

观察和实验是理论的基础。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，一般对天体和大气中的现象，是不能用人为方法来改变它的情况的，而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。正如毛主席在“矛盾论”中所指示的：“任何过程如果有多数矛盾存在的话，其中必定有一种是主要的，起着领导的、决定的作用，其他则处于次要和服从的地位。因此，研究任何过程，如果是存在着两个以上矛盾的复杂过程的话，就要用全力找出它的主要矛盾。捉住了这个主要矛盾，一切问题就迎刃而解了。”^①

例如，“质点”和“刚体”都是物体的理想模型。把物体看作“质点”——“点物体”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

^① “毛泽东选集”第一卷，人民出版社1952年第二版，第310页。

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”是可以忽略不計的次要因素。在力学研究中，这种理想模型是十分重要的。物体机械运动的規律的研究，就是从质点运动的規律入手，再研究剛体运动的規律而逐步深入的。

为了寻找事物的規律，对于現象的本质所提出的一些說明方案或基本論点等，統称为假說。假說是在一定的观察、实验的基础上提出来的。进一步的实验材料便会清洗这些假說，即取消一些或改进一些。在一定范围内經過不断的考驗，經证明为正确的假說，最后上升为定律，或是理論的一部分。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說以及从它所推論出来的结果，因为能够解釋物质气液固各态的許多現象，最后就发展成为物质分子运动理論。又如，量子假說的建立和量子理論的演变，发展为量子力学理論。在科学認識的发展过程中，假說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而言的，是实验事实的总结，說明某些現象間的相互联系，或說明某些物理量之間的关系，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，物理定律有一定的近似性和局限性，但是在一定程度上能够反映客观实在的規律性。

物理学的理論是通过許多不同的而相互有关的現象的研究，从一些已經建立起来的定律中，經過更为广泛的概括，而得到的系統化的知識。体系完整的理論往往可以从少数几条比較简单的基本原理出发，說明一定范围内的各种現象，并且还能在一定程度上預言未知現象的存在，指导进一步的新的实践。例如麦克斯韦电磁場理論，不仅能解釋各种电現象与磁現象之間的关系，而且預言了电磁波的存在及其傳播速度，最后終於为实验所证实。

从观察、实验、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考验。如果在实践中所发现的事实与这一理论有矛盾时，就能使理论得到修改和发展，有时甚至放弃原有的理论，而建立更能反映客观实际的新理论。

§ 0-0-3 物理学与哲学的关系

物理学所研究的规律具有很大的普遍性，它与哲学的关系也就显得更为密切。恩格斯在他的伟大著作“自然辩证法”一书中，在阐述辩证唯物主义的最一般规律时，就曾引用了很多物理学中的现象、概念、定律、理论。

本世纪以来，近代物理学已经更为充实，更为提高。物理学中许多重大的发现，为辩证唯物主义世界观提供了有力的证据。相对论时空观以及物质二象性的确立、基本粒子的相互转化等等都是一些重要的例子。

应该指出，每当物理学中有了新的发现，理论有了变革的初期，唯心主义者往往利用这一时机，作出种种歪曲的解释，阻碍物理学的发展。十九世纪末，物理学中有了许多重大的发现，如电子、放射性、光电效应等，在这些新的事实面前，古典理论遭到不可克服的困难。唯心主义者当时便乘机而起，提出“物质消灭”，物理学上“定律原理的普遍毁灭”、“物理学的危机”等种种荒谬的说法，曾使物理学暂时陷入混乱的局面。列宁在他的伟大著作“唯物主义与经验批判主义”一书中，对这种唯心主义的歪曲进行了彻底的批判，并深刻地解释了物理学中新发现的意义。新的发现说明我们的知识正在深化，旧定律和旧理论的局限性已经揭开，新定律和新理论即将创立。近代物理学的发展正按列宁所指示的道路前进。还须指出，唯心主义者当时在自然科学的领域中之所以能够得逞，也有自然科学工作者本身方面的原因。一些自然科学工作

者，在发展自然科学的事业中，往往由于缺少正确的辩证唯物主义的观点和方法，而受到唯心主义形而上学的影响。由此可见，不以辩证唯物主义世界观作为指导，对于发展近代科学事业，显然是不利的。

毛主席创造性地发展了马克思列宁主义。在“实践论”和“矛盾论”中对马克思列宁主义哲学的认识论和方法论作了极为深刻的阐述和分析。在自然科学方面，毛泽东思想对于正确理解自然现象，研究和发 展自然科学具有重大的指导意义。

要学好物理学，我们就必须努力学习马克思列宁主义哲学，学习毛主席著作。只有以毛泽东思想来武装我们的头脑，才能更加深刻地理解物理规律的意义，正确地掌握物理学的研究方法，从而在物理学的学习上，打下牢固的基础。

§ 0-0-4 物理学与生产技术的关系

物理学来自生产实践，或者说，生产是促进物理学发展的动力。反过来，物理学的成就，又促进生产技术的进一步发展。这样的事例是不胜枚举的。以今天而论，二十世纪六十年代的物理学，在发掘新能源、新材料以及在革新工艺过程、检测方法等方面，都提供了丰富的实验资料和理论根据。许多新技术新工艺已实现，大大地推动了生产力。同时又由于生产上的需要，向物理学不断地提出新的课题，工程技术的进展对物理学研究工作准备了雄厚的物质条件，这些都将大大地丰富物理学研究的内容。总之，物理学与生产技术的关系正是反映了理论与实践的关系。

我们祖国在历史上有着许多伟大的发明和创造，在文化史上写下了光辉灿烂的一页。但是在封建制度的残酷压迫下，生产长期停滞不前，发明和创造的能力没有得到应有的发展，科学技术也就不能进步。后来又由于帝国主义的侵略和国民党的反动统治，

科学基础仍然十分薄弱。

解放后的新中国，社会生产力获得了极大的解放。在中国共产党、人民政府和毛澤东同志的英明领导下，工农业生产迅速地向前发展，科学技术的发展也就得到了无限源泉和动力。我們确信，在党的社会主义建設总路綫的指引下，我国在物理学方面将和其他科学一样，有着更为广阔的前途，一定能够获得更大、更光輝的成就。

普通物理学在高等工业学校各专业的教学計划中，是一門重要的基础課程。学生們应该通过坚持不懈的学习，牢固地掌握普通物理学中的基本理論和基本知識，并在实验技能和运算能力等方面，受到严格訓練，为今后学习专业知識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

§1-0-1 力学发展簡史

在物质的多种多样的运动形式中，最簡單而又最基本的运动是物体位置的变化，称为机械运动。行星繞太阳的轉动，宇宙飞船的航行，机器的运轉，水、空气等流体的流动等等都是机械运动，它們都遵从一定的客观規律。力学的研究对象就是机械运动的客观規律及其应用。

人类在生产实践中，經常要接触到物体的机械运动，因此远在上古时期就积累了相当丰富的力学知識。我国的墨翟（公元前468—382）在“墨經”一书中，对力的概念、杠杆原理都作了明确的闡述。希腊的亚里士多德（Aristotle，公元前384—322）、阿基米德（Archimedes，公元前287—212）等人对物体的平衡問題以及浮力問題也都作了說明。迟至十六世紀末期，伽利略（Galileo，1563—1642）倡导了物理学中的实验精神以后，力学才开始作为一門系統的科学而发展起来。伽利略应用实验方法发现了落体运动定律、斜面运动定律和单摆运动定律，从而在力学中引进了速度、加速度的概念，建立了力学的基本定律之一——慣性定律。稍后，惠更斯（Huygens，1629—1695）继承伽利略的工作，研究了曲綫运动，并对物体的碰撞作了实验。在前人的基础上，牛頓（Newton，1642—1727）总结三条运动定律和万有引力定律，从此奠定了古典力学的基础。

应该指出，在牛頓的时代里，力学中的一些概念如质量、动量、力、能量等还都是比較初步的、不够明确的。直至十八、十九世紀

期間，繼續經過生产斗争、科学实验和許多科学家的琢磨加工，才逐渐明确起来。十八世紀以后，又通过一些数学物理学家如欧拉(Euler, 1707—1783)、拉格朗日(Lagrange, 1736—1813)和哈密頓(Hamilton, 1805—1865)等人的工作，才使力学成为一門理論严密系統完整的科学。

生产技术的发展对力学的发展起着重要的推动作用。力学中的概念和定律在物理学各个部門中，在其他自然科学中，以及工程技术的各个方面，都有极其广泛的应用。这种情况就使得十九世紀末叶以前不少科学家认为一切自然現象都可以归纳为机械运动而用力学的概念和定律来说明。这样，就引导到哲学上机械唯物論的錯誤观点。十九世紀末叶以来，物理学的进一步发展，证实各种物质运动有着本质的区别，各有自己的規律，不能一概归之于机械运动的規律。

近代物理学还深刻地揭露了古典力学的局限性。对于接近光速的、与原子质量同数量級的粒子所引起的一系列現象，古典力学显得无能为力，不可能加以解釋。从此就誕生了相对論力学和量子力学。虽然如此，对速度远小于光速的、质量远大于原子质量的物体來說，古典力学还是十分准确的。在近代工程技术中，古典力学仍然是重要的基础。

第一章 质点运动学

§ 1-1-1 参照系和坐标系 质点

一个物体相对于另一个物体的位置，或者一个物体的某些部分相对于其他部分的位置，随着时间而变动的过程，称为机械运动。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。

参照系和坐标系 我們知道，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間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。一个星际火箭在刚发射时，主要研究它相对于地面的运动，所以就把地面选作为参照系。但是当火箭进入绕太阳运行的轨道时，为研究方便起见，我們就要把太阳选作为参照系。

同一物体的运动，由于我們所选取的参照系不同，它的运动的描述就会不同。例如车厢中的自由落体，相对于车厢，是直线运动；相对于地面，是抛物线运动；相对于太阳或其他天体，运动的描述还将更为复杂。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，反映出宇宙间任何物体都处于永恒运动之中。同时也正是通过不同运动状态的参照系对同一物体运动的不同描述，才能更全面更深刻地认识这一物体运动的客观规律。总的说来，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。在承认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，通过原点标明长度的线作为坐标轴。常用的一种坐标系包括一个原点和三条互相垂直的坐标轴（ x 轴、 y 轴和 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,就可以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. 时间本身具有单向性的特点. “光阴一去不复返”这句话,正是说明了时间的单向性.

在运动学中,除时间外,还时常用到时刻的概念. 当质点在参照系中运动时,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.

§ 1-1-2 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

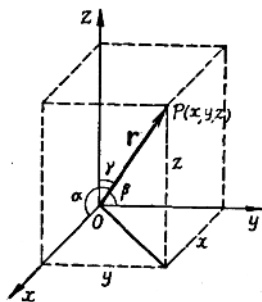


图 1-1-1 位置矢量

矢径 r 的大小由关系式

$$r = |\mathbf{r}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

决定. 矢径的方向余弦是

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

照系,然后在参照系上选定坐标系的原点和坐标轴,参看图 1-1-1. 质点 P 的位置,在直角坐标系中由 P 的所在点的三个坐标 x 、 y 、 z 来确定,或者用从原点 O 到 P 点的有向线段 $OP(=\mathbf{r})$ 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.