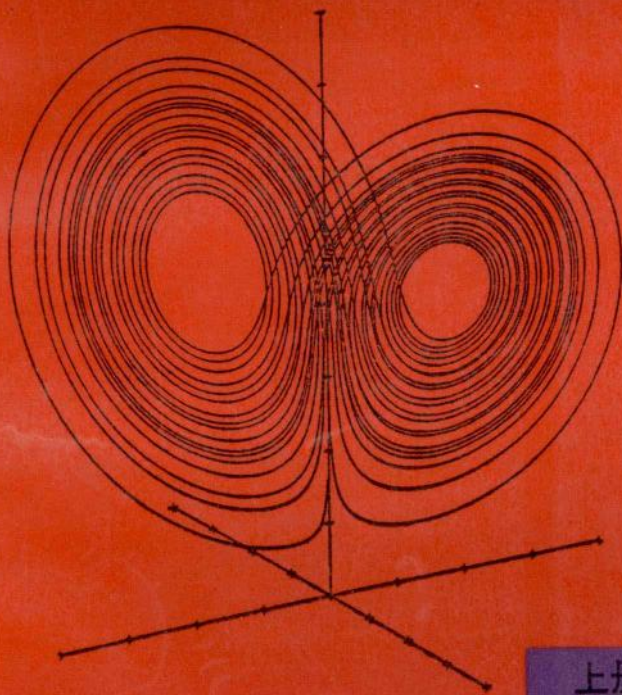


物理学导论

An Introduction to Physics

Second
Edition



主 编 陈 宏 贲
周 浩 祥

上册 第二版

河海大学出版社

Hohai University Press

物理学导论

上册
(第二版)

陈宏贲 周浩祥 主编

梁昆^兴 主审

蒋澄华 李瑾 编
印友法 徐援

河海大学出版社

(苏)新登字第 013 号

内 容 提 要

本书是为工科和理科非物理专业的大学生编写的一本物理教材。它除了包括传统的基础物理内容以外,尝试把物理学发展的前沿引入物理教学,企求扩大学生的知识面,让他们了解物理学的进展,以加强学生思维能力的培养,提高学生的物理素质。

本书分上、下两册出版。上册包括力学,振动、波动和波动光学,热学;下册包括电磁学、近代物理。

本书亦可供师专物理专业的学生和中学物理教师作参考。

物 理 学 导 论

上册 (第二版)

* * *

主 编: 陈宏贲 周浩祥

责任编辑: 高黛兰

特邀编辑: 范 楠

出版发行: 河海大学出版社

印 刷: 江苏省军区印刷厂

开本 787×1092 1/32 印张 19.65 字数 446 千字

1991 年 1 月第 1 版

1994 年 9 月第 2 版 1994 年 9 月第 1 次印刷

印数 1—5000 册

ISBN7—5630—0356—8/O·32

定价: 15.50 元

第二版前言

《物理学导论》自 1991 年出版以来,受到读者广泛的欢迎与支持,已向海内外 80 所院校发行与交流,这对我们是很大的鼓舞与鞭策。

由于第一版书已告罄,为满足广大读者需要,决定修订再版。

《物理学导论》第二版作了如下的改动:

1. 进一步体现把物理学发展前沿引进物理教学。在上册中增加了第十一章非线性物理学;在下册的近代物理学中作适当的修改与补充。

2. 适当删去非基本要求的内容。原十二章电流删去,把其中基本部分如电动势的概念等并入其他章节。

3. 对习题作了适当的增删,注意联系实际、灵活应用和扩大知识面。

在修改过程中,河海大学物理教研室的广大教师提出了许多宝贵的意见,我们表示衷心的感谢。

我们要感谢河海大学出版社的查一民、王长远、高黛兰同志,他们为再版出书作出了很大贡献。

感谢胡治平、张明等同志完成了本书的激光照排工作。

编 者

1994 年 7 月 24 日

前 言

物理学导论是在编者多年从事基础物理教学基础上编写成的。我们的基本想法是：

一、在确保国家教委工科大学物理课程指导委员会制订的基本要求的基础上，把物理学发展的前沿，引入物理教学。

二、尽量避免与中学物理内容的重复，适当提高教学要求的起点。

三、考虑到学生在学习物理学时，找合适参考书的困难，我们选编了一些阅读材料，供学生自学或教师作专题讲座时参考，以扩大学生的知识面，并引起学生学习物理学的兴趣。

四、为了便于物理作两学期的教学安排，物理学导论分上、下两册。上册包括力学，振动、波动和波动光学，热学三篇，供物理第一学期选用；下册包括电磁学和近代物理学两篇，供物理第二学期选用。这样安排的主要目的是为确保电磁学在一学期内学完，以免分隔在两学期而缺乏连贯性。

五、本教材适合于工科大学的物理教学，也适合于理科非物理专业的学生选用。

六、凡属于工科大学物理基本要求以外的内容，我们一般都以小字排印，这样做的目的是为了便于教学。应该指出，我们并不认为小字排印的内容都是次要的。

七、本书使用的物理学名词，系按照 1988 年全国自然科

学名词审定委员公布的物理学名词为准。

本书第一至三章及十六章由李瑾执笔，第四至八章由蒋澄华执笔，第九、十章由印友法执笔，第十一至十三章由周浩祥执笔，第十四、十五章由徐援执笔，第十七至廿一章由陈宏贵执笔。朱卫华同志选编了第十七至廿一章的习题与思考题。陈宏贵、周浩祥负责统稿。

编写此教材过程中，得到河海大学物理教研室许多同志的关心和支持，为此向他们表示感谢。

南京大学物理系梁昆淼教授非常细心地审阅了全书，提出了许多非常宝贵的意见，我们表示衷心的感谢。

本书得到河海大学出版社的何定达同志、高黛兰同志的大力支持，没有他们的帮助，本书是不可能同读者见面的，在此我们向他们表示由衷的感谢。

编 者

1991 年元旦

目 录

绪论	(1)
----------	-----

第一篇 力学

第一章 质点运动定律	(7)
------------------	-----

§ 1.1 参考系 质点	(7)
--------------------	-----

§ 1.2 质点运动的描述	(9)
---------------------	-----

§ 1.3 圆周运动	(20)
------------------	------

§ 1.4 相对运动	(26)
------------------	------

§ 1.5 牛顿运动定律	(29)
--------------------	------

§ 1.6 非惯性系中的力学	(35)
----------------------	------

§ 1.7 国际单位制量纲	(43)
---------------------	------

思考题	(46)
-----------	------

习题	(50)
----------	------

第二章 力学中的守恒定律	(57)
--------------------	------

§ 2.1 功	(57)
---------------	------

§ 2.2 势能	(68)
----------------	------

§ 2.3 机械能守恒定律	(75)
---------------------	------

§ 2.4 动量守恒定律	(81)
--------------------	------

§ 2.5 角动量守恒定律	(94)
---------------------	------

§ 2.6 时空对称性与守恒定律	(99)
------------------------	------

思考题	(104)
习题	(109)
第三章 刚体转动	(120)
§ 3·1 刚体运动学	(120)
§ 3·2 转动定律	(123)
§ 3·3 转动的动能定理	(132)
§ 3·4 刚体角动量守恒定律	(137)
§ 3·5 旋进	(145)
§ 3·6 刚体的平面平行运动	(148)
思考题	(153)
习题	(155)

第二篇 振动、波动和波动光学

第四章 振动	(165)
§ 4·1 谐振动	(165)
§ 4·2 谐振动中的周期、频率、振幅和相位	(170)
§ 4·3 谐振动的矢量表示法	(178)
§ 4·4 同一直线上谐振动的合成	(186)
§ 4·5 相互垂直的谐振动的合成	(195)
§ 4·6 阻尼振动 受迫振动 共振	(199)
§ 4·7 振动的频谱	(205)
思考题	(208)
习题	(210)
第五章 波动	(216)
§ 5·1 机械波的产生和传播	(216)

§ 5·2	波长 波的周期和频率 波速·····	(231)
§ 5·3	平面简谐波的波函数·····	(235)
§ 5·4	波动中能量的传播·····	(233)
§ 5·5	惠更斯原理 波的衍射·····	(240)
§ 5·6	波的干涉·····	(246)
§ 5·7	驻波·····	(253)
§ 5·8	多普勒效应·····	(259)
§ 5·9	声波 超声波·····	(262)
§ 5·10	复波的群速 ·····	(265)
	思考题·····	(267)
	习题·····	(269)
第六章	光的干涉 ·····	(277)
§ 6·1	相干光·····	(278)
§ 6·2	杨氏双缝干涉实验·····	(279)
§ 6·3	其他分波阵面的干涉实验·····	(282)
§ 6·4	光程和光程差·····	(285)
§ 6·5	薄膜干涉·····	(290)
§ 6·6	劈形薄膜干涉 等厚干涉条纹·····	(294)
§ 6·7	等倾干涉条纹·····	(300)
§ 6·8	迈克耳逊干涉仪·····	(303)
§ 6·9	光的空间相干性和时间相干性·····	(306)
	思考题·····	(312)
	习题·····	(314)
第七章	光的衍射 ·····	(319)
§ 7·1	光的衍射现象和惠更斯—菲涅耳原理 ·····	(319)

§ 7·2	单缝的夫琅禾费衍射	(323)
§ 7·3	光栅衍射	(331)
§ 7·4	圆孔衍射 光学仪器的分辨率	(343)
§ 7·5	X 射线在晶体上的衍射	(346)
§ 7·6	全息照相	(350)
§ 7·7	傅里叶光学简介	(354)
思考题		(363)
习题		(364)
第八章 光的偏振		(367)
§ 8·1	自然光和偏振光	(367)
§ 8·2	起偏和检偏 马吕斯定律	(371)
§ 8·3	反射光和折射光的偏振	(374)
§ 8·4	光的双折射	(377)
§ 8·5	椭圆偏振光	(386)
§ 8·6	偏振光的干涉及其应用	(390)
§ 8·7	旋光	(397)
思考题		(400)
习题		(402)

第三篇 热学

第九章 分子动理论		(407)
§ 9·1	气体的物态方程	(407)
§ 9·2	分子动理论的基本概念	(416)
§ 9·3	分子的速率分布	(429)
§ 9·4	玻耳兹曼分布律	(443)
§ 9·5	压强和温度的微观本质	(448)

§ 9·6 能量均分定理 理想气体的内能·····	(455)
§ 9·7 分子碰撞的统计规律·····	(461)
§ 9·8 气体内的输运现象·····	(468)
思考题·····	(477)
习题·····	(480)
第十章 热力学基础 ·····	(487)
§ 10·1 热力学第一定律 ·····	(487)
§ 10·2 热力学第一定律对理想气体的应用 ···	(497)
§ 10·3 循环过程 ·····	(505)
§ 10·4 热力学第二律 ·····	(514)
§ 10·5 卡诺定理 熵 ·····	(525)
§ 10·6 熵增加原理 ·····	(536)
§ 10·7 熵的物理意义 ·····	(541)
§ 10·8 有关熵的若干论题 ·····	(549)
§ 10·9 耗散结构简介 ·····	(556)
§ 10·10 负热力学温度·····	(567)
思考题·····	(570)
习题·····	(575)
第十一章 非线性物理学 ·····	(583)
§ 11·1 蝴蝶效应 ·····	(585)
§ 11·2 奇怪吸引子 ·····	(587)
§ 11·3 走向混沌与混沌的普适性 ·····	(593)
§ 11·4 孤立波 ·····	(595)
习题答案·····	(598)

绪 论

一、物理学研究些什么

物理学是一门基础科学，它所研究的是物质的基本结构及其基本运动规律。而所有的结构和运动规律，是由一些基本的相互作用所支配的。

宏观物体通常由大量的分子和原子组成，原子又可以分成电子与原子核，各种原子核内有数目不同的中子与质子。这些粒子组成主要的物质世界，决定着千变万化的物质性质。例如元素和化合物的性质，导体的导电、导热，介质的极化，半导体的能带结构以及原子能的释放，甚至生命细胞的活动和遗传，药物的疗效，都由物质的结构和微观粒子运动规律所决定。除电子、质子和中子以外，还有一些生命短暂的粒子，如 μ 子、中微子、介子和超子等，这些也是物质结构的基本单元。现在人们比较普遍地接受这样的观点：即质子、中子和介子，是由一种称为“夸克”(quark)的更为基本的单元所组成的，因此对构成物质基本单元的认识，随着人们科学实验和理论的发展，将会不断地深化。

支配形成各种物质结构和运动规律的是相互作用。目前我们已经知道的基本相互作用有四种，即引力作用、电磁作用、强作用和弱作用。电子与原子核形成原子是依靠电磁作用，中子与质子通过强作用形成原子核，天体的运动规律是

引力作用所决定的，引起原子核的 β 衰变是弱作用的结果。

场是物质存在与相互作用的一种普遍形式。物质世界存在各种各样的场，如引力场，电磁场和胶子场等。根据目前的物理理论，认为物质间的相互作用是通过场来完成的，即通过交换场所激发的量子来实现的。例如电子与质子的库仑作用，是通过交换电磁场的量子—光子来完成的；引起 β 衰变的弱作用，也是通过交换另一种规范场的量子—中间玻色子而完成的。波动是场的一种普遍运动形式，不论是电磁场还是引力场，都常常以波动形式出现。因此场和波是物理学研究的重要内容。

二、物理学和其他科学与工程技术的关系

物理学是一切自然科学中最基本的学科，它与其他自然科学有着非常密切的联系。例如化学研究各种原子如何形成各种分子。而原子核内的变化，以及分子如何组成物质的研究，却又是物理学的任务，因此化学与物理，实际上是很难划清它们“界线”的，这就是为什么会产生象化学物理和物理化学那样一些交叉学科的缘故。

早在1944年，量子力学波动方程的创立者薛定谔就写了一本书，叫《生命是什么？》他以物理学的观点研究了生命科学，用热力学和量子力学理论探讨生命的本质，提出了有机体中的“负熵流”、“非周期性晶体”以及遗传和“密码传递”等新的概念，来说明生命与遗传现象。自从五十年代克里克(Crick)和沃森(Watson)与物理学家密切合作下发现了DNA(脱氧核糖核酸)大分子以来，逐渐了解到它的双螺旋结构及遗传密码，生物学进入到分子层次的研究，甚至达到电子层次，因此出现了分子生物学和量子生物学。生物学与

医学运用了许多物理学的研究方法与测量仪器，物理学深深地渗透入生命科学。

一个非常有趣的现象是原来研究空间尺度非常小（小至 10^{-15} 米）的粒子物理（即高能物理，与研究空间尺度非常大（ 10^{26} 米）的天体物理学却结成了难分的“亲家”，它们之间跨越空间尺度 10^{41} 的量级，而研究宇宙爆炸，超新星、中子星的物理基础，与粒子物理又是那样惊人的一致。

物理学的经典部分，如力学、热力学、电学和光学，目前仍然是工程技术的基础，它渗透到工程技术的各个部门，以物理原理制造的测量仪器，到处可以碰到。另外，物理学还是工程技术的先导和源泉。许多先进的工程技术，往往开始时是物理学研究的对象，成熟了以后才在工程技术中传播开来，得到广泛的应用。例如，物理学家研究掌握了半导体材料中电子运动的规律，1949年发明了晶体管，从此打开了电子技术和电子工程发展的序幕，1960年诞生了集成电路，1967年有了大规模集成电路，1977年又有了超大规模的集成电路，微电子技术以空前的速度和规模发展起来，完全改变了通信技术、工业自动化及计算机技术的面貌。原子能工业也是这样，物理学家在1939年发现了中子引起铀的裂变，40年代出现了原子弹与反应堆，今天世界上原子能发电已经占总发电量的相当比例，人们还在研究可控的热核反应，寻找更为强大的新能源。这些在当时物理学家看来，只不过是探索原子核结构的一个副产品而已。

信息技术要求更快的数据处理速度，以传统的半导体材料制成的元件，其数据处理率目前已接近它的极限，因此进一步发展又得从物理学中去找新原理、新效应。人们尝试利

用约瑟夫逊效应制成超导开关器件，来提高计算机的运算速度。

1986年至1987年，世界上许多物理实验室都在研究高临界温度的超导材料，形成空前的超导热，人们努力把超导临界温度从液氮提高到液氮甚至于更高，完成这一实际应用所引起的技术革命，决不会比当年发明蒸气机所产生的技术革命逊色多少。

因此，物理学为工程技术所提供的是开创性的成果，是用之不尽的源泉。

三、如何学好物理学

物理学所研究的内容是非常丰富的，涉及的面也比较广，学好物理学的关键在于系统掌握物理知识的整体性结构，即掌握物理的基本概念与为数不多的基本定律与原理；同时，学会象物理学家那样思考问题与研究问题，即学会物理学的思想与方法。

物理学是一门实验科学，人们通过观察与实验获得了感性知识。对自然发生的物理现象不加控制的观察分析其发生的原因，往往有一定的局限性。因此，必须进行有计划、有控制的实验，这样才能查明各种因素对物理过程的影响。没有实验，物理学永远也达不到今天的水平。但是，从观察与实验得到的知识，还需要经过物理学家能动的思考，提出物理模型，用数学推理的方法，建立起物理理论来说明各种实验事实，特别是预言新的物理现象与实验结果。以上物理学的研究方法实际上也是其他自然科学的普遍的研究方法。物理学家常常企图把物理理论尽可能地归纳成一些最简单而统一的基本定律，正如李政道在1965年所说的那样：“科学的

目的是寻求如此简单的一组基本原理，用这组基本原理能够说明所有已知的事实，并预言新的结果。由于一切物质都是由相同的基本单元组成的，所以一切自然科学的目的最终基础必然建立在支配这些基本粒子的行为定律之上”。爱因斯坦终生努力实现电磁场与引力场理论统一的目的，也在于此。目前物理学家正在寻找四种相互作用的统一理论，70—80年代，物理学家在弱作用与电磁作用理论的统一上，已经取得成功的经验，为大统一理论道路上竖立一个重要的里程碑，然而更困难的工作还在后面。

物理学所研究的各部分之间有着深刻的内在联系。因此我们学习物理时，应该去寻找那些贯穿在物理学中经常起作用的东西，例如，在振动与波动的研究中，相位是一个贯穿始终的重要概念。对于一个物理理论，要尽可能地掌握其发展的完整过程，例如物理学中的对称性理论，这似乎是一个近代物理的概念，其实1842年雅可必就提出空间平移对称性与动量守恒的关系，只不过量子力学诞生以后，对称性理论有了很大发展而已。因此，不能把近代物理与经典物理断然分隔开来。在学习物理的全过程中，更应搞清物理概念与定律是如何从经典发展到近代的，这样才能使我们真正掌握这些内容的实质，也能从前辈科学家那里学到思考、研究问题的方法。

第一篇 力 学

自然界中物质的运动形式是多种多样、千变万化的。其中最简单、最基本的一种运动形式是**物体在空间的位置随时间变化的运动**,这种运动称为**机械运动**。例如,星体运行、江河奔流、机器运转等,都是机械运动。力学就是研究机械运动规律及其应用的学科。

本篇着重研究运动学和动力学。运动学只研究描写物体的运动需用哪几个物理量,以及这些物理量随时间的变化规律,而不涉及引起运动变化的原因。至于对物体运动状态发生变化与物体间相互作用关系的研究,则属于动力学范畴。