

物理学

(第一册 实物物质)

GAODEN
JIAOYU
JINGPIN
DAJI

浙江科学技术出版社
科学出版社



施建青 主编

施建青 编著
徐志君



世纪高等教育精品大系

全国普通本科规划教材

浙江省高等教育重点教材

物理学

(第一册 实物物质)

施建青 主 编

施建青 编 著
徐志君

浙江科学技术出版社
科 学 出 版 社



世纪高等教育精品大系
全国普通本科规划教材

内容简介

物理学是自然科学中最具有活力的带头学科,它是人类认识自然、改造自然和创造财富所不可缺少的理论工具及手段,在学生素质教学中有着极其重要的地位和作用。

本教材从新世纪工程技术人才培养的总体要求出发,以培养学生的能力和素质为目的,以物质的存在形式和基本性质为主线,以现代教育思想、教育方法为指导,来设计大学物理的内容和课程体系;以现代物理思想统筹教学内容,注意加强物理学与现代科学技术的联系,来安排大学物理的教学内容;以统一性思想贯穿整个教材,从现代物理的思想高度来阐述基础物理的内容。这是一部突破传统体系,改革力度较大的面向工科学生的新教材,有利于提高物理教学的水平和学生科学素质的培养。

本教材是浙江省高等教育重点建设教材,共分三册。第一册实物物质;第二册场物质;第三册物质与波。本书为第一册实物物质,包括运动的描述、三大守恒定律、多粒子体系(统计物理学基础和热力学基础)、狭义相对论等内容。

本教材可作为理工科大学非物理专业学生的物理教材,也可以作为专科院校、函授、电视大学、夜大学师生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

物理学.第1册,实物物质/施建青主编;徐志君编著.

—杭州:浙江科学技术出版社,2005.1

(世纪高等教育精品大系)

ISBN 7-5341-2555-3

I.物... II.①施...②徐... III.物理学-高等学校-教材 IV.O4

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第137475号

书 名	物理学(第一册 实物物质)
主 编	施建青
编 著	施建青 徐志君
出版发行	浙江科学技术出版社 科学出版社
印 刷	大众美术印刷厂
联系电话	0571-85152486
开 本	787×1092 1/16
印 张	15.75
字 数	385 000
版 次	2005年1月第1版
印 次	2006年1月第2次印刷
书 号	ISBN 7-5341-2555-3
定 价	25.00元
责任编辑	陈 岚
封面设计	孙 菁

前 言

物理学是自然科学中最具有活力的带头学科，它是人类认识自然、改造自然和创造财富所不可缺少的理论工具及手段，在学生素质教学中有着极其重要的地位和作用。随着科学技术迅猛发展，物理学不断揭示出许多新的现象与规律，这势必迫切要求物理教学能及时反映物理学的进展。大学物理作为工科院校的一门重要基础课程，对物理教学进行改革的要求也越来越迫切。

本教材从新世纪工程技术人才培养的总体要求出发，以培养学生的能力和素质为目的，以物质的存在形式和基本性质为主线，以现代教育思想、教育方法为指导，来设计大学物理的内容和课程体系；以现代物理思想统筹教学内容，注意加强物理学与现代科学技术的联系，来安排大学物理的教学内容；以统一性思想贯穿整个教材，从现代物理的思想高度来阐述基础物理的内容，并注意保持基础课程的风格。这是一部突破传统体系，改革力度较大的面向工科学生的新教材，有利于提高物理教学的水平和学生科学素质的培养。

本教材是浙江省高等教育重点建设教材，共分三册。第一册实物物质，包括绪论、运动的描述、三大守恒定律、多粒子体系（统计物理学基础和热力学基础）、狭义相对论等内容；第二册场物质、包括静电场与稳恒电流场、稳恒磁场、变化电磁场等内容；第三册物质与波，包括振动学基础、波动学基础、波动光学、场的量子性、量子力学基础及其应用等内容。

本书为第一册实物物质。本书的绪论、第一章、第二章、第五章、附录由施建青执笔，第三章、第四章由徐志君执笔，全书由施建青统稿。本书是大学物理课程建设的结晶，凝聚着参与课程建设教师们多年来的集体智慧和心血。在本书的编写过程中，自始至终得到浙江省教育厅和浙江工业大学等有关部门的关心和支持，得到所有参加过大学物理课程建设的老师们和全体应用物理系老师的指导和热情帮助，在此致以衷心的感谢。

本教材可作为理工科大学非物理专业学生的物理教材，也可以作为专科院校、函授、电视大学、夜大学师生的教学参考书。

由于编者水平有限，书中的不足不妥之处，敬请专家、同行和读者批评指正。

编者

2004年9月

目 录

绪 论	1
0.1 什么是物理学	1
0.1.1 物理学以前称为自然哲学	1
0.1.2 物理学是研究物质的基本结构、运动基本规律的科学	2
0.1.3 物质的存在形式和基本相互作用	3
0.1.4 物理学理论的发展	5
0.1.5 物理学与工程技术	6
0.2 怎么样学习物理学	7
实物物质	
第一章 运动的描述	11
1.1 描述运动的基本概念	11
1.1.1 质点和刚体	11
1.1.2 参考系和坐标系	12
1.1.3 机械运动的基本形式	15
1.2 描述运动的基本物理量	15
1.2.1 位置矢量和位移	15
1.2.2 速 度	16
1.2.3 加速度	17
1.3 描述运动的坐标系	18
1.3.1 在直角坐标系中描述运动 运动学的两类问题	18
1.3.2 在自然坐标系中描述运动 圆周运动与刚体运动问题	25
1.4 不同参考系中的变换	32
1.4.1 经典力学平动坐标系变换	32
1.4.2 伽利略变换 (Galilean transformation)	35
1.4.3 伽利略相对性原理	35
本章提要	37
习 题	38
第二章 对称性与守恒定律	41
2.1 运动定律	41
2.1.1 力学中常见的力	41
2.1.2 惯性系中的牛顿运动定律 动力学的两类基本问题	44
2.1.3 非惯性系中的运动定律 惯性力	48
2.2 动量守恒定律	52
2.2.1 质点的动量定理	53



2.2.2	质点系的动量定理和质心运动定理	55
2.2.3	动量守恒定律	59
2.3	能量守恒定律	64
2.3.1	功 动能定理	64
2.3.2	保守力 势能	70
2.3.3	功能原理 能量守恒定律	76
2.3.4	碰 撞	80
2.4	角动量守恒定律	83
2.4.1	角动量	83
2.4.2	刚体的定轴转动	87
2.4.3	角动量定理	95
2.4.4	角动量守恒定律	97
2.5	对称性与守恒定律	101
2.5.1	什么是对称性	102
2.5.2	对称性与守恒定律	105
	本章提要	107
	习 题	110
第三章	统计物理学基础	117
3.1	理想气体	117
3.1.1	热力学平衡态	117
3.1.2	理想气体状态方程	118
3.1.3	理想气体分子模型和统计假设	119
3.1.4	理想气体的压强公式及统计解释	122
3.1.5	温度的统计解释	124
3.1.6	能均分定理与理想气体的内能	126
3.2	统计分布	129
3.2.1	统计规律与分布函数的概念	129
3.2.2	麦克斯韦速率分布定律	131
3.2.3	玻耳兹曼分布定律	138
3.3	气体分子的平均自由程	141
3.4	实际气体与范德瓦尔斯方程	143
	本章提要	145
	习 题	146
第四章	热力学基础	150
4.1	热力学第零定律	150
4.1.1	热接触与热平衡	150
4.1.2	热力学第零定律	150
4.1.3	温度计和温标	151
4.2	热力学第一定律	153



4.2.1 热力学系统与热力学过程	153
4.2.2 热力学第一定律	155
4.2.3 热容量	158
4.2.4 热力学第一定律对理想气体的应用	161
4.3 热力学第二定律	168
4.3.1 循环过程	169
4.3.2 热力学第二定律	176
4.3.3 热力学过程的方向性	179
4.3.4 卡诺定理	181
4.3.5 熵	182
4.4 热力学第三定律	190
本章提要	191
习 题	193
第五章 狭义相对论	198
5.1 狭义相对论的基本原理和洛伦兹变换	198
5.1.1 牛顿力学的困难	199
5.1.2 狭义相对论的基本假设	199
5.1.3 洛伦兹变换	200
5.2 狭义相对论时空观	207
5.2.1 同时性的相对性	207
5.2.2 时间膨胀效应	208
5.2.3 长度收缩效应	210
5.3 狭义相对论动力学基础	212
5.3.1 质速关系	213
5.3.2 质能关系	214
5.3.3 能量和动量关系	217
本章提要	218
习 题	220
附 录	222
附录 A 物理学的主要特点、思想和研究方法	222
附录 B 物理量、单位制和量纲	230
习题参考答案	236



绪 论

物理学 (physics) 是人类文明的重要源泉。人类从茹毛饮血的始祖阶段进入高度文明的现代社会是伴随着物理学的巨大进展一步步地走过来的。无论是客观的物质世界, 还是人类的思想意识都深深地印着物理学的烙印。在人类发展的历史中, 物理学的每一项重大的理论突破都会推动生产力的发展, 进而对人类社会的进步产生最大的影响。

在绪论中, 我们着重讨论什么是物理学, 怎么样学习物理学等问题。

0.1 什么是物理学

0.1.1 物理学以前称为自然哲学

在以前, 物理学又被称之为自然哲学, 一部物理学史实际上就是一部自然哲学史。古希腊人把所有对自然界的观察和思考笼统地包含在一门学问里, 那就是自然哲学, 这是一门包罗万象的学问。在古代, 无论是在中国还是在西方, 科学和哲学本是一家子。从文艺复兴以后, 自然科学开始逐渐与哲学分离而慢慢演变为独立的学科。但是直到牛顿的时代, 科学和哲学还没有完全分家。牛顿 (I. Newton, 1642~1727), 见图 0-1-1, 划时代意义的著作名为《自然哲学的数学原理》, 就是一个最好的明证。科学在近代逐渐分化为物理学、化学、生物学、地质学、天文学、力学等, 而物理学也逐渐成为自然科学的一个重要分支。但是物理学一直与自然哲学密切联系在一起, 因为作为认识客观世界的一门学问——自然哲学, 实际上总是要以物理学的成就作为它的最终依据。



图 0-1-1

所以, 物理学既是一门科学, 也是一种文化, 它是人类文明的源泉。在西方中世纪宗教统治下和中国长时期的封建统治下, 许多优秀的科学成果往往被视为异端邪说而被扼杀, 许多优秀科学家受到迫害。其中哥白尼 (M. Kopemik, 1473~1543) 的“地动说”被教会指为邪说而被禁, 而勇敢地宣传“地动说”的科学家布鲁诺 (C. Bruno, 1548~1600) 被迫害至死, 是众所周知的典型事例。自古以来, 物理学就是与哲学紧密相连, 物理学的有些论断在性质上很难与哲学论断区分开。所以说, 一个物理学家应该是个哲学家。

0.1.2 物理学是研究物质的基本结构、运动基本规律的科学

物理学是研究物质的基本结构、运动基本规律的科学。物理学的任务和目的是：用一系列尽可能简明的概念和方程（定律），去统一概括物质的基本结构和运动的基本规律。物理学的研究对象可以概括为：

- (1) 探索物质的基本结构。
- (2) 研究物质的基本运动规律。

世界是由物质组成的，自然界各种物质既有结构层次的不同，又有运动形式的千变万化。所以，物理学的内涵是极其丰富的，人们很难用一个定义来刻画出当代物理学的内涵。但有一点是可以肯定的，即与其他科学相比，物理学更着重于物质世界基本规律的追求。

物质可以小至微观粒子——分子、原子甚至基本粒子（elementary particles）。早在 20 世纪 30 年代，当时人们认为物质微粒结构的最小单元是质子（proton）、中子（neutron）、电子（electron）和光子（photon），并称它们为基本粒子。后来，人们又把能和这些粒子可以相互作用和相互转化，并认为是同一层次的粒子统称为基本粒子。20 世纪 60 年代以后，通过高能加速器发现了大批新粒子，迄今为止已达数百种。实际上，所谓基本粒子，顾名思义是物质的基本组成部分，本身应该是没有结构的。但人们在对这些基本粒子的深入研究中，发现某些基本粒子不基本，它们有内部结构，而且已发现的基本粒子在内部结构上并不都属于同一层次。因此，现在学者们已将这些基本粒子改称为粒子。现在物理学中讨论的基本粒子指的是目前还没发现有内部结构的粒子，主要有轻子（lepton）、夸克（quark）、光子和胶子（gluon）等。当然，它们也不一定是构成万物的终极基元，随着人们对物质结构的认识不断深入，基本粒子所指的具体对象也将向更深入的层次转移。目前，粒子物理学得到公认的最成熟的理论是标准模型理论。标准模型理论是美国物理学家盖尔曼（M.Gell-Mann, 1929~）在 1964 年提出的，并得到大量的实验的检验，盖尔曼因此获得 1969 年诺贝尔物理学奖。

与物理学研究的最小对象——粒子（其尺度在 10^{-15}m 以下）相比，物理学研究的最大对象是整个宇宙，目前最远的观察极限是哈勃半径，尺度达 $10^{26}\sim 10^{27}\text{m}$ 的数量级。描述大尺度的宇宙特征的模型很多，但最成功的是大爆炸（big bang）宇宙模型。大爆炸宇宙模型认为宇宙起源于最初的一次爆炸事件，宇宙是在 100 多亿年前的一次大爆炸中诞生的，粒子在宇宙诞生的瞬间产生出来。所以，早期的宇宙成了粒子物理学研究的对象。物理学中研究最大对象和最小对象的两个分支——宇宙学（cosmology）和粒子物理学，犹如一条怪蟒咬住了自己的尾巴，奇妙

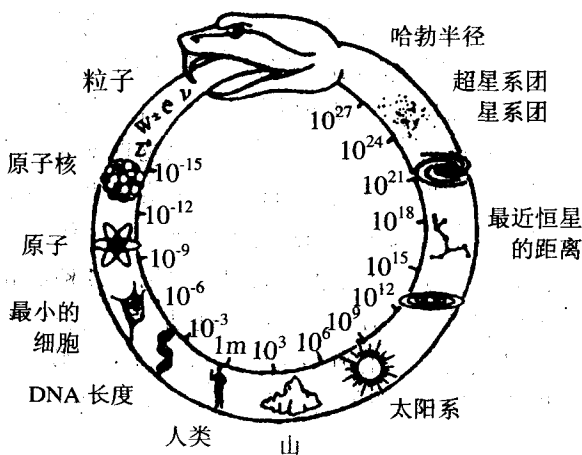


图 0-1-2



地衔接在一起,如图 0-1-2 所示。

运动是物质的固有属性。在自然界里,没有不运动的物质,也没有脱离物质的运动。运动的形式是多种多样的:有简单的,有复杂的;有低级的,有高级的。物理学研究的物质运动形式是最基本和最普遍的,包括机械运动、电磁运动、分子运动、原子和原子核内部的运动等等。任何其他更高级、更复杂(如化学、生物)的运动形式,均包含有上述运动的成份。因此,物理学所得出的规律具有极大的普遍性。物质的运动渗透在自然界的一切领域,是研究宇观、宏观、微观等不同层次物质的各种复杂和高级运动形式的基础。研究物质的运动,必然要涉及时间和空间的概念。按照相对论的观点,时间和空间是紧密联系、不可分割的。三维的空间和一维的时间构成了四维时空。时空是相对的,时空的量度和物质的运动有关,不存在脱离物质运动的绝对的时间和空间。

0.1.3 物质的存在形式和基本相互作用

大量粒子依靠它们之间的相互作用结合在一起,组成了丰富多彩、仪态万千的物质世界。当今物理学界认为,物质世界以两种基本形式存在着:实物物质和场物质。

1. 实物物质

实物具有静止质量,占有一定的空间,是以空间间断形式存在的物质形态。按照其空间尺度,实物物质可以划分为宏观物质(macroscopic matter)和微观物质(microscopic matter)两大类。宏观客体的线度在 10^7m 以上;而微观客体的线度在 10^{-7}m 以下,包括原子、中子、电子等。宏观物质与微观物质不仅是尺度大小上的差别,它们的基本性质和遵从的规律也根本不同。一般说来,宏观客体显示粒子性,服从因果律,其运动规律可以用牛顿力学(在更普遍的范围用相对论力学)来描述;而微观客体显示波粒二象性,服从统计规律,其运动规律要用量子力学来描述。

近年来人们发现,线宽为 10^7m 左右的小尺寸样品在低温下表现出了电子波的量子干涉效应。我们把这种呈现微观特征的准宏观系统,叫做介观系统(mesoscopic system)。研究介观系统行为的介观物理学,是近几年才发展起来的一个物理学新分支,它将成为下一代微电子器件的理论基础。

宏观实物存在的形式是多样的,可以是固态、液态、气态、等离子态、超态(如超导态、超流态、金属氢态、中子态等)、反物质等。

2. 场物质

物体与物体之间又存在着某些相互作用,而相互作用又必然要通过媒质的传递才能实现。传递相互作用的媒质称为场,例如传递引力的媒质称为引力场,传递电磁相互作用的媒质称为电磁场,微波背景辐射也是一种电磁场。场也是一种物质。

场没有确定的空间,是以连续形式存在着的物质形态;与实物存在形式的多样性一样,场的存在形式也是多样的,如电磁场、引力场、胶子场等等。场和实物一样具有质量、能量,一样遵从能量守恒、动量守恒等物质运动的普遍规律。

场与实物的最主要的区别是实物具有不可入性,一种实物所占据的空间不能同时为其他实物所占据,而场具有可叠加性,场总是弥漫在一定的空间范围内,几个场可以同时存



在于同一空间而互不干扰。此外，实物的运动速度不能达到光速而电磁波一般以光速传播；实物受力可以产生加速度而场不能被加速；实物可以作为参考系而场不能作为参考系。

引起场与实物的差别的根本原因是组成它们的基本粒子具有不同的特性。组成场的规范粒子都是自旋为整数的玻色子，不遵从泡里不相容原理；而组成实物的规范粒子是自旋为半整数的费米子，遵从泡里不相容原理。

3. 基本相互作用

自然界中存在基本相互作用主要包括引力相互作用（gravitational interaction）、弱相互作用（weak interaction）、电磁相互作用（electromagnetic interaction）和强相互作用（strong interaction）4种。4种基本相互作用的情况如表 0-1-1 所示。4种相互作用的强度比为： $10^{-38}:10^{-13}:10^{-2}:1$ 。

表 0-1-1 4种基本相互作用

种类	作用对象	媒介粒子	力程 (m)	相对强度	主要理论
引力相互作用	全部粒子	引力子 (?)	∞	10^{-38}	广义相对论 量子引力动力学
弱相互作用	大多数粒子	中间玻色子	$<10^{-17}$	10^{-13}	量子味动力学
电磁相互作用	带电粒子	光子	∞	10^{-2}	量子电动力学
强相互作用	夸克	胶子	$<10^{-15}$	1	量子色动力学

引力相互作用是一种十分微弱的长程作用，存在于所有物质之间。因为引力相互作用在四种基本相互作用中是最弱的，粒子质量又很小，所以在粒子世界中引力相互作用可以忽略不计。在宏观领域，尤其是在天体问题中，由于涉及的质量很大，则引力起着主要作用，所以在构成宇宙及其演化中引力相互作用起着重要作用。引力相互作用是人类认识得最早，但至今认识得最不充分的一种相互作用。关于引力相互作用的主要理论有万有引力定律（law of universal gravitation）、广义相对论（general relativity）、量子引力动力学（quantum gravitational dynamics, QGD）等。

弱相互作用是一种短程作用，作用的半径约为 10^{-17}m ，在 4 种相互作用中是力程最短的。它是引起粒子间某些过程（如粒子的衰变）的重要因数，制约着放射性现象，只在 β 衰变等过程中才显示其重要作用。研究弱作用的理论是量子味动力学（quantum flavor dynamics, QFD）。

电磁相互作用只存在于带电粒子之间，它是一种长程相互作用，在宏观和微观范围都起作用。电子和原子核就是通过电磁相互作用结合为原子的，也就是说电磁相互作用是使电子与原子核相聚形成原子的主要动力。日常生活和工程技术中常见的相互接触物体间的弹力和摩擦力，以及流体的压力和浮力等就其本质而言都可归结为分子间的电磁相互作用。迄今为止，电磁相互作用是 4 种基本相互作用中被认识得最清楚的一种。其主要理论有经典电动力学（classical electrodynamics, CED）和量子电动力学（quantum electrodynamics, QED）。

强相互作用由于其强度大和力程短而成为粒子间最重要的相互作用。它在粒子间距离为 $10^{-15}\sim 0.4\times 10^{-15}\text{m}$ 时表现为引力，距离再减少就表现为斥力。正是强力将夸克束缚在一起组成质子和中子，并将质子和中子束缚在一起组成原子核。研究强作用的理论是量子色



动力学 (quantum chromodynamics, QCD)。

需要指出的是, 爱因斯坦 (A.Einstein, 1879~1955), 见图 0-1-3, 生前曾致力于相互作用的统一场论的工作, 企图用统一的理论来描述上述 4 种相互作用, 但未获成功。到了 1967 年, 这种愿望才终于有了突破性进展——格拉肖 (S.L.Glashow, 1932~)、温伯格 (S.Weinberg, 1933~) 和萨拉姆 (A.Salam, 1926~) 发现弱相互作用与电磁相互作用可以统一为一种相互作用——弱电相互作用 (electro-weak interaction)。尔后, 这一理论即被鲁比亚 (C.Rubbia) 等人的实验所证实。格拉肖、温伯格、萨拉姆三人则因上述工作而共同分享了 1979 年的诺贝尔物理学奖。在弱电统一理论 (electro-weak unified theory) 成功的鼓舞下, 大统一理论 (grand unification theory, GUT) 试图将强相互作用也统一进去, 而超弦理论 (superstring theory) 更企图将引力相互作用也纳入其中。此外, 还有人在寻求其他的相互作用。对此, 于 1986 年 5 月在 Physics Teacher 期刊上曾有一篇文章题为“存在第五种基本力吗?” (“Is There a Fifth Fundamental Force?”, 该文的作者为 A.P.French) 专门讨论这一命题。实际上, 在场论 (field theory) 中, 相互作用只不过是交换物质, 如电磁相互作用交换光子、强相互作用交换胶子。

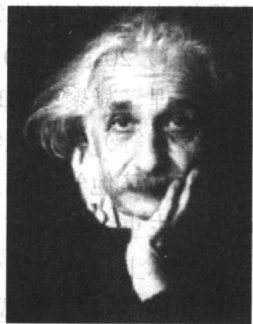


图 0-1-3

0.1.4 物理学理论的发展

如果从古希腊的自然哲学算起, 物理学的发展已经有了 2600 年的历史, 物理学的发展源远流长。古希腊有亚里斯多德 (Aristotle, 公元前 384~公元前 322) 的《物理学》, 我国战国时期的《墨经》等书也有不少物理知识的记述, 以及哥白尼 (N.Copernicus, 1473~1543)、开普勒 (J.Kepler, 1571~1630) 等在天文学上的成就, 这些都是物理学的前科学时期的成果。但是物理学真正成为一门精密的科学, 是从 1687 年牛顿发表《自然哲学的数学原理》才开始的。此后, 物理学的发展可以分为 3 个发展阶段。

(1) 在 19 世纪以前的物理学称为经典物理学。它包括牛顿力学, 法拉第 (M.Faraday, 1791~1867) 和麦克斯韦 (J.C.Maxwell, 1831~1879) 为主要创始人的电磁学和电动力学 (包括光学), 迈耶 (J.R.Mayer, 1814~1878)、焦耳 (J.P.Joule, 1818~1889)、克劳修斯 (R.Clausius, 1822~1888)、玻尔兹曼 (L.Boltzmann, 1844~1906) 等人建立起来的热力学和经典统计物理学, 这些理论的相继建立使整个经典物理学全面发展并得到完善。

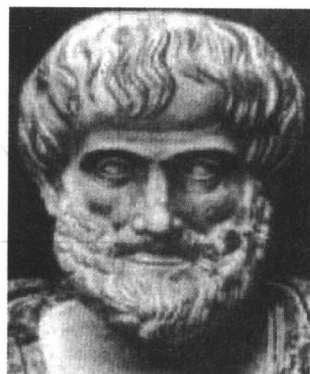


图 0-1-4

(2) 20 世纪初到 20 世纪 40 年代的物理学称为近代物理学。它包括以德布罗意 (L.de Broglie, 1892~1960)、薛定谔 (E.Schrodinger, 1887~1961)、海森伯 (W.K.Heisenberg, 1901~1976)、狄拉克 (P.A.M.Dirac, 1902~1984) 为主要创始人的量子力学和量子统计物理学, 以及爱因斯坦 (A.Einstein, 1879~1955) 的狭义相对论和广义相对论。量子力学

和相对论是近代物理学和现代物理学的两大理论支柱，它们的诞生并发展使传统的时空观、因果规律等概念框架发生了根本变化。

(3) 20 世纪 50 年代以后的物理学称为现代物理学。它包括粒子物理、核物理、原子分子物理、凝聚态物理、等离子体物理、电子物理、固体物理、非线性物理学（包括混沌、耗散结构等）、激光物理、宇宙学等。现代物理学一方面形成了一系列新的分支学科，另一方面与其他学科相互交叉渗透，开创了许多研究新领域。广义相对论与量子力学结合还可能产生重大新理论。

实际上，物理学作为一门基础学科，其重大的基础理论分为 5 个方面。

(1) 牛顿力学或经典力学 (mechanics)：关于物质作机械运动的理论。在高速及强引力情况下，牛顿力学规律与客观实际偏离较大，但在其适应范围内，则仍然是精确可信的。

(2) 统计物理与热力学 (statistic physics and thermodynamics)：关于热现象和大量粒子集体特征的理论，主要研究包括热在内的能量守恒及熵原理问题。热力学仅从宏观的观点去讨论热现象；统计物理则从微观的角度去分析热问题。

(3) 电磁学 (electromagnetism)：关于电和磁以及电磁辐射的理论，主要研究电磁相互作用及辐射问题。

(4) 相对论 (relativity)：关于物理规律不变性和高速运动的理论，主要研究高速运动、引力作用及时空观问题。

(5) 量子力学 (quantum mechanics)：关于微观粒子运动的理论，主要研究微观粒子的问题。

从物理学的理论发展来看，物理学理论的发展越来越快，新理论形成的周期越来越短，如图 0-1-5 所示。特别是，近代物理学和现代物理学开辟了近代科学的新纪元，是 21 世纪科学技术的理论基础，已成为现代科学技术的源头和动力。

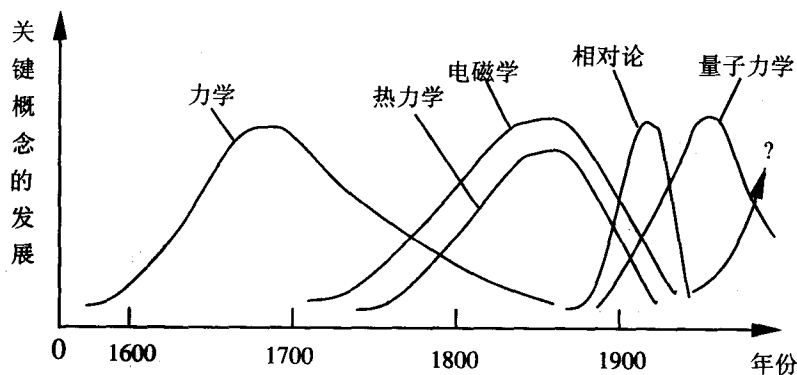


图 0-1-5

0.1.5 物理学与工程技术

物理学的发展，广泛而直接地影响了社会生产和生活的各个方面，成为科学技术和社



会发展的巨大推动力。事实上，物理学理论的任何一次重大突破，都引起了一次工业革命。例如，18世纪60年代开始的第一次工业革命，主要标志是蒸汽机的广泛应用，它是牛顿力学和热力学发展的结果；19世纪70年代开始的第二次工业革命，主要标志是电力的广泛使用和无线电通讯的实现，它是电磁场理论发展的结果；20世纪40年代兴起并持续到今天的第三次工业革命是量子论和相对论发展的结果，它的特点是出现了以微电子为代表的新学科、新材料、新能源、新技术，并在此基础上产生了一系列的新产品和新装置，深刻地改变了人类的物质生产和精神生活。

从历史上看，物理学与技术的关系有两种典型模式：第一种为技术-物理-技术，这种模式突出地反映在热机应用和热力学发展的关系之中。第二种为物理-技术-物理，这种模式突出地反映在电磁理论和电气化技术的关系之中。20世纪以来，这两种模式并存，并主要按第二种模式进行：物理学为新技术提供科学原理，并指导技术路线的选择和技术方案的改善；技术作为科学的产物又反过来成为物理学研究的动力和工具。

目前，物理学家将研究的眼光转向非线性物理、等离子态、超导、耗散结构、混沌等领域，如果能取得重大的突破，将在21世纪引发第四次工业革命。由此可见，物理学不仅是自然科学的基础，而且是一切工程技术发展的基础。

0.2 怎么样学习物理学

物理学具有哲学的抽象性和概括性，具有高等数学的严密性和逻辑性，具有物理实验的实践性和操作性，学习起来难度较大，这是不容置疑的客观事实。但是，物理学作为一门十分重要的基础理论课，学好物理学不仅对学习后续课程十分必要，而且对日后学习其他新科学、新技术、新材料、新工艺也都是很有帮助的。大学物理不是中学物理的重复或简单扩展，而是在概念上深化、理论上提高、内容更贴近现代化。因此，学习时一定要做到下面的要求。

1. 勤于思考，敢于发问，悟物穷理

学习方法当然应当因人而异，每个学生都应当根据自己的特点总结出一套高效率的学习方法，以适应大学阶段高难度、高速度、高信息量的教学过程的要求。古人提倡的“博学之、审问之，慎思之、明辨之、笃行之”的十五字学习方法，很值得我们借鉴。但无论何种学习方法，都应当把“勤”放到中心地位。唐代大文豪韩愈说得好：“业精于勤”。学好大学物理的关键也在于“勤”，要勤于思考，敢于发问，真正做到悟物穷理。

勤于思考有3个含义：第一，要对书中新的概念、定义、定律、定理的符号和公式本身的含义能用自已的语言表达出来；第二，是对书中主要公式、定理的证明能自己独立推导，这样才能对他们成立的条件、关键的步骤、推演的技巧等有深刻的理解；第三，要精做习题（学习物理不做习题是不行的，但做习题不在多，而在于精），能够深思熟虑，独立完成作业，且要做到树立信心，做则必对，步步有理。

敢于发问也有3个含义：第一，对知识发问：哪些是原始事实？哪些是后来的推论？



推论是怎样得出的？我们为什么相信它，问题可以从正面提也可以从反面提出。通过不断的提问和学习，努力对物理学的内容和方法、工作语言、概念、物理图像以及历史、现状和前沿等方面从整体上有一个全面的了解和认识。第二，对作业和习题发问：为什么要这样做？对在何处（物理过程、数学演算）？错在何方？答案的数量级是否正确？所反映的物理过程是否合理？能否从别的角度判断自己的答案是否正确？习题做完了，不要对一下答案或交给老师去批改就了事，自己应该再仔细地想一想。第三，对老师发问：不懂之处要敢于同老师讨论、争辩，在未被老师说服前要敢于坚持己见。

2. 抓好预习、听课、复习、做习题、总结五个环节

要学好物理学，必须牢牢抓住预习、听课、复习、做习题、总结五个环节。这五个环节是一个整体，缺一不可。

预习是准备，准备疑点、难点和问题。古人云“预则立，不预则废”，可见预习是非常重要的。只有预习充分了，对下一堂课的疑点、难点和问题做好心中有数，才能真正提高课堂的效率。

听课是输入，要做好课堂笔记。课堂笔记的重点是记思路、记要点、记补充内容、记问题。勤于记笔记，对学好物理课是非常重要的。

复习是消化，及时消化已经学过的内容。首先是进入状态“过电影”，然后针对结构、思路、疑点、难点进行复习和总结，必要时写出心得和体会。

做习题是对所学知识结构起到深化、活化和固化的作用，要尽可能做到一题多解、举一反三。

总结分为节、章、篇总结和全书总结四部分，总结的目的是使所学知识结构化、网络化、系统化，提高认知结构的内化质量。

3. 充分重视科学观念和思想方法的学习，注重能力的培养

学习“大学物理”不仅仅是学习物理知识，要充分重视领悟其中的科学观念和思想方法。物理知识是会遗忘的，但观念和思想方法却让人终生受益，指导着我们的学习、生活和创造。物理学所涉及的内容相当广泛，从宏观到微观都有其研究对象，二者既有联系，又有区别。因此，既要注意从微观到宏观的过渡及其条件，又要注意不能乱拿宏观的规律去硬套微观的问题。对待微观体系，我们不能强求直观描述，而应着重于抽象思维。例如，电子的自旋，我们只能理解它为电子的内禀特性，不能认为它如同地球一样，绕着中心的轴线旋转，否则便会导致错误的结论。

在学习物理学的过程中，学生必须要树立四个观念。

(1) 要树立整体性观念，关注物理学各部分之间的联系，发掘贯穿整个物理学的基本观念、概念和方法，建立关于物质世界的整体图像，认真体会基本物理规律的优美、简洁、和谐。

(2) 要树立发展性观念，关注物理概念、规律、内涵的深化和外延的拓展，从理论产生、发展的全过程中寻求启迪。

(3) 要树立迁移性观念，关注物理理论和方法在交叉学科和工程技术中的应用。

(4) 要树立实践性观念，注重通过观察物理现象，解答物理习题，进行物理实验，撰



写小论文等等多种方式巩固知识，提高能力。

在物理学学习的过程中，要特别强调能力的培养，尤其是要注意自学能力、抽象思维能力和解题能力的培养。自学能力是指在完成规定内容学习的基础上会适当地查阅参考书籍和文献，要树立“终生学习”的观点、学会阅读参考书，养成自学习惯，培养自学能力。抽象思维能力是指学会用科学观念和思想方法，通过抽象思维对所研究的问题建立起物理模型，使问题得以简化，易于解决。解题能力是指学会结合所学理论、方法并通过数学工具去分析解答习题，并能判断结果的合理性，不能似懂非懂地乱套公式。

总之，要学好物理学，没有正确的学习方法是不行的。正如我国教育家冯友兰先生所说的“精其选、解其言、知其意、明其理”和我国数学家华罗庚先生指出的“读书应当由薄到厚，再由厚到薄”，这是一种融会贯通的学习方法。除此之外，特别需要“勤”，要勤于思考，勤于做笔记和写好总结，真正抓好学习物理学的五个环节。

正是：书山有路勤为径，学海无涯苦作舟。

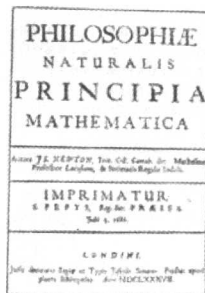


实物物质

在自然界里，大到宇宙中的星系，小到基本粒子，无不处在永恒的运动之中。实物物质的运动形式是多种多样的，其中最简单、最常见的运动形式是物体空间位置的变化，称为机械运动（mechanical motion）。天体的运动、机器的运转、奔驰的火车、咆哮的大海、变幻的大气等都是机械运动的例子。所以，我们首先要讨论经典力学（classical mechanics）（或称为牛顿力学）的基本规律。尽管物理学的发展揭示出经典力学只在宏观低速领域内适用，但是，由于在相当广阔的尺度和速率范围内经典力学具有极大的实用价值，经典力学中的动量、角动量、能量及其守恒定律等许多概念和定律同样适合于高速和微观领域。只有对经典力学有较深刻的理解，才能研究其他领域。现代物理学认为，动量、角动量、能量是与自然界的普遍属性——时空对称性联系在一起的。具体地说，物质系统空间的均匀性要求该系统必须遵从动量守恒定律（law of conservation of momentum）；物质系统空间的各向同性要求该系统遵从角动量守恒定律（law of conservation of momentum）；物质系统时间均匀性要求该系统必须遵从能量守恒定律（law of conservation of momentum）。因此，三大守恒定律是自然界最普遍的规律。它不仅适用于孤立系统的任何物理过程，也适用于孤立系统的化学、生物等其他过程，自然界至今还没有发现违反它的事例。可以说，守恒定律是自然规律最深刻、最简洁的陈述，它比物理学中的其他定律更重要、更基本。

此外，我们还要讨论由大量永不停息地作无规则运动的微观粒子（原子、分子）所组成的宏观客体的运动状态——热运动。大量微观粒子不停的无规则运动（Random motion），称为热运动（thermal motion）。微观粒子热运动的存在，不仅会引起宏观物体的“冷热”变化（通常用温度、热能等物理量来描述物体的热状态），还会影响物体的各种宏观性质。例如，物体的力学性质、电磁性质和化学性质等。研究热运动的规律及其对宏观性质的影响，以及与物质其他各种运动形式之间的相互转化规律，是热物理学研究的主要任务。或者说，热物理学是研究物质处于热状态下有关的性质和规律的物理分支学科。热力学和统计物理学是热力学的理论基础，它们从不同的角度来研究上述性质和规律。

宏观物体做低速运动（相对于光速而言）的时候，其运动规律由经典力学给出，而当高速运动时，其规律须由狭义相对论（special relativity）才能得到。狭义相对论是



牛顿 1687 年出版旷世之作
《自然哲学的数学原理》



爱因斯坦的论文