

“十一五”国家重点图书

中国科学技术大学精品教材

物理学史二十讲

► 胡化凯 编著



中国科学技术大学出版社



中国科学技术大学精品教材

物理学史二十讲

WULIXUESHI ERSHIJIANG

胡化凯 编著

中国科学技术大学出版社

内容提要

本书是在中国科学技术大学科技史专业研究生课程讲义《物理学史》的基础上修订编写而成,讲述中国物理学史和西方物理学史两部分内容。中国物理学史包括:中国古代在力学、热学、声学、光学和电磁学方面的认识成就;明清时期西方物理学知识传入中国的情况;20 世纪上半叶物理学在中国的初步建立过程;激光物理学、原子核物理学和粒子物理学在中国的建立和发展情况。西方物理学史包括:古希腊和中世纪欧洲人对物理现象的认识;牛顿力学、热力学、电磁学和光学在近代的建立过程;20 世纪初期相对论和量子力学的建立过程。全书力求展示中国和西方物理学发展的历史脉络。

本书可作为高等院校科技史专业、科学哲学专业或其他相关专业的研究生教材使用,也可作为大学生科技人文素质选修课的教材使用,同时也可供从事科学史、物理学和科学哲学等方面工作的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

物理学史二十讲/胡化凯编著. —合肥:中国科学技术大学出版社,2009. 1
(中国科学技术大学精品教材)
ISBN 978-7-312-02308-8

I. 物… II. ①胡… III. 物理学史 IV. 04-09

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 201530 号

中国科学技术大学出版社出版发行
安徽省合肥市金寨路 96 号,230026
网址 <http://press.ustc.edu.cn>
中国科学技术大学印刷厂印刷
全国新华书店经销

开本:710×960 1/16 印张:24 插页:2 字数:470 千
2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷
印数:1—3000 册
定价:36.00 元

总 序

2008 年是中国科学技术大学建校五十周年。为了反映五十年来办学理念 and 特色,集中展示教材建设的成果,学校决定组织编写出版代表中国科学技术大学教学水平的精品教材系列。在各方的共同努力下,共组织选题 281 种,经过多轮、严格的评审,最后确定 50 种入选精品教材系列。

1958 年学校成立之时,教员大部分都来自中国科学院的各个研究所。作为各个研究所的科研人员,他们到学校后保持了教学的同时又作研究的传统。同时,根据“全院办校,所系结合”的原则,科学院各个研究所在科研第一线工作的杰出科学家也参与学校的教学,为本科生授课,将最新的科研成果融入到教学中。五十年来,外界环境和内在条件都发生了很大变化,但学校以教学为主、教学与科研相结合的方针没有变。正因为坚持了科学与技术相结合、理论与实践相结合、教学与科研相结合的方针,并形成了优良的传统,才培养出了一批又一批高质量的人才。

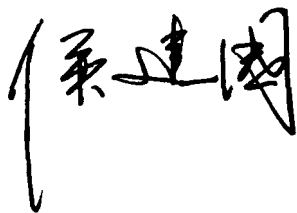
学校非常重视基础课和专业基础课教学的传统,也是她特别成功的原因之一。当今社会,科技发展突飞猛进、科技成果日新月异,没有扎实的基础知识,很难在科学技术研究中作出重大贡献。建校之初,华罗庚、吴有训、严济慈等老一辈科学家、教育家就身体力行,亲自为本科生讲授基础课。他们以渊博的学识、精湛的讲课艺术、高尚的师德,带出一批又一批杰出的年轻教员,培养了一届又一届优秀学生。这次入选校庆精品教材的绝大部分是本科生基础课或专业基础课的教材,其作者大多直接或间接受到过这些老一辈科学家、教育家的教诲和影响,因此在教材中也贯穿着这些先辈的教育教学理念与科学探索精神。

改革开放之初,学校最先选派青年骨干教师赴西方国家交流、学习,他们在带回先进科学技术的同时,也把西方先进的教育理念、教学方法、教学内容等带回到中国科学技术大学,并以极大的热情进行教学实践,使“科学与技术相结合、理论与实践相结合、教学与科研相结合”的方针得到进一步

深化,取得了非常好的效果,培养的学生得到全社会的认可。这些教学改革影响深远,直到今天仍然受到学生的欢迎,并辐射到其他高校。在入选的精品教材中,这种理念与尝试也都有充分的体现。

中国科学技术大学自建校以来就形成的又一传统是根据学生的特点,用创新的精神编写教材。五十年来,进入我校学习的都是基础扎实、学业优秀、求知欲强、勇于探索和追求的学生,针对他们的具体情况编写教材,才能更加有利于培养他们的创新精神。教师们坚持教学与科研的结合,根据自己的科研体会,借鉴目前国外相关专业有关课程的经验,注意理论与实际应用的结合,基础知识与最新发展的结合,课堂教学与课外实践的结合,精心组织材料、认真编写教材,使学生在掌握扎实的理论基础的同时,了解最新的研究方法,掌握实际应用的技术。

这次入选的 50 种精品教材,既是教学一线教师长期教学积累的成果,也是学校五十年教学传统的体现,反映了中国科学技术大学的教学理念、教学特色和教学改革成果。该系列精品教材的出版,既是向学校五十周年校庆的献礼,也是对那些在学校发展历史中留下宝贵财富的老一代科学家、教育家的最好纪念。



2008 年 8 月

前 言

中国科学技术大学科学技术史学科点自 20 世纪 80 年代初建立以来,每年都给科技史专业研究生开设物理学史课程,也给本科生开设过一些物理学史选修课。笔者从 1995 年以来一直承担这门课的讲授任务,本书即是在授课讲稿的基础上修改补充而成的。

物理学史是研究物理学发生和发展的历史。众所周知,物理学是在欧洲文化传统中建立起来的,因此物理学史的主要内容是介绍这门科学在西方发生和发展的历史。但是,在明代末期西方物理学知识开始传入中国之前,中国古人在长期的生活和认识活动中也对物理现象进行了大量的观察和探索,积累了丰富的经验知识,并有许多发明和创造。中国古人的这些认识成果在一定程度上解决了古人面对的一些物理学问题,反映了中国古人的智慧。虽然中国古人的物理学认识活动没有对近现代世界物理学的发展产生直接的作用,但它作为中华民族科学探索历史的一个组成部分,我们有必要了解和研究。另外,自 20 世纪初期以来,物理学作为一门独立的学科在中国已经历了近百年的建设和发展,并取得了丰硕的成果,这一发展历程也值得我们去了解和认识。因此,本书讲述的内容包括中国物理学史和西方物理学史两个部分。

本书共 20 章。前 10 章介绍中国物理学史,内容包括:中国古代在力学、热学、声学、光学和电磁学方面的认识成就;明清时期西方物理学知识传入中国的情况;20 世纪上半叶物理学在中国的初步建立过程以及激光物理学、原子核物理学和粒子物理学在中国的建立和发展情况。后 10 章介绍西方物理学史,内容包括:古希腊人对物理现象的认识;中世纪欧洲人对物理现象的认识;牛顿力学、热力学、电磁学和光学在近代的建立过程;20 世纪初期相对论和量子力学的建立过程。中国现代物理学史是个尚未被充分研究的领域,激光物理学、原子核物理学和粒子物理学在中国发展的历史,目前研究的并不充分,因此本书对这些内容的介绍只是初步的,目的是借此反映新中国建立后物理学在我国发展的一些情况。

史料是反映史实的基础。学习物理学史应尽可能掌握一些基本史料。为了准确地反映历史信息,本书尽量收录了一些典型的文献资料,力求以史料说话。这

样,读者可以根据史料作出自己的理解和判断。

科学思想是科学史中最有价值的内容,物理学史也不例外。本书力图尽量阐明一些重要的物理学思想和研究方法,为此在有关章节中着重介绍了古希腊科学证明方法的建立、牛顿的科学研究方法、爱因斯坦的科学思想和哥本哈根学派的量子力学思想等内容,对其他一些思想性内容也作了适当的介绍和分析,着重展示物理学发展的历史脉络和思想演变过程。

本书吸收引用了大量已有的研究成果,包括中国科学院自然科学史研究所戴念祖先生主编的《中国科学技术史》物理学卷,自然科学史研究所王冰先生所著《中外物理交流史》,华东师范大学蔡宾牟和袁运开先生主编的《物理学史讲义——中国古代部分》,清华大学郭奕玲和沈慧君先生编著的《物理学史》,清华大学向义和先生所著《物理学基本概念和基本定律溯源》,天津大学杨仲耆和首都师范大学申先甲先生主编的《物理学思想史》,北京大学潘永祥和杭州大学王锦光先生主编的《物理学简史》,谢邦同先生主编的《世界近代物理学简史》等。这些成果都为本书的编写提供了支持和帮助。另外,书中也参考了中国科学技术大学科学技术史专业一些研究生的学位论文,例如胡升华、仪德刚和张逢的博士论文,吉晓华、汪志荣和丁兆君的硕士论文等。凡引用的内容,书中均已注明。同时,研究生陈崇斌、邹经培和丁兆君帮助查找了一些资料,并参与了第八、第九和第十讲的部分撰写工作。对于诸位先生和研究生的帮助,笔者表示诚挚的感谢。

由于水平所限,书中一定存在不少缺点和错误,恳请读者批评指正。

胡化凯

2008年2月

目 录

总序	(i)
前言	(iii)

上篇 中国物理学史

第一章 中国古人对力学现象的认识	(3)
第一节 对于时间和空间的认识	(4)
第二节 简单机械	(8)
第三节 力与势	(14)
第四节 对机械运动的认识	(18)
第五节 对于流体的认识	(21)
第二章 中国古人对热现象的认识	(25)
第一节 古代的生火方法及对生火原因的解释	(25)
第二节 关于火的分类及对热性质的认识	(30)
第三节 沸水造冰实验和鸡蛋壳飞行实验	(31)
第四节 温度和湿度的测量	(34)
第五节 火药和火箭的发明	(37)
第三章 中国古人对声学现象的认识	(41)
第一节 对于声音的认识	(41)
第二节 乐器发音	(45)
第三节 声音共振现象	(48)
第四节 音律知识	(50)
第四章 中国古人对光学现象的认识	(58)
第一节 《墨经》光学知识	(58)

第二节	对焦距的认识和镜面抛光技术	(61)
第三节	镜面成像	(64)
第四节	对色散现象的认识	(68)
第五节	赵友钦的光学实验	(71)
第五章	中国古人对电磁现象的认识	(76)
第一节	对电和磁的初步认识	(76)
第二节	指南针的发明	(81)
第三节	地磁偏角的发现和测量	(89)
第六章	明清时期西方物理学知识向中国的传播	(92)
第一节	明末清初西方传入的物理学知识	(92)
第二节	晚清时期西方物理学知识的传入	(96)
第三节	影响物理学知识传入的因素	(105)
第七章	20 世纪上半叶物理学在中国的建立	(108)
第一节	出国留学与物理学人才培养	(108)
第二节	开展大学物理学教育	(114)
第三节	建立物理研究机构	(120)
第四节	成立物理学会和创办物理学杂志	(124)
第八章	激光物理学在中国的建立和发展	(126)
第一节	20 世纪 60 年代前期中国激光物理学的建立	(126)
第二节	“文革”期间激光物理学的缓慢发展	(131)
第三节	20 世纪 70 年代末和 80 年代初期激光物理学的稳步发展	(135)
第四节	20 世纪末激光物理学的快速发展	(140)
第九章	原子核物理学在中国的建立和发展	(145)
第一节	20 世纪上半叶的核物理发展情况	(145)
第二节	新中国核物理研究机构建设	(150)
第三节	核物理教育和人才培养	(154)
第四节	反应堆技术研究	(157)
第五节	核武器研制	(159)
第六节	核物理基础研究	(163)

第十章 粒子物理学在中国的建立和发展	(168)
第一节 研究机构和队伍建设	(168)
第二节 高等教育与人才培养	(170)
第三节 “层子模型”的建立	(172)
第四节 宇宙线实验基地建设与研究工作	(175)
第五节 高能加速器建设	(177)

下篇 西方物理学史

第十一章 古希腊人对物理现象的认识	(185)
第一节 古希腊人对时间和空间的认识	(185)
第二节 亚里士多德对运动现象的认识	(190)
第三节 阿基米德的力学证明	(196)
第十二章 中世纪欧洲人对物理现象的认识	(203)
第一节 一些学者对运动学的研究	(204)
第二节 达·芬奇的物理认识	(208)
第十三章 牛顿力学体系的建立	(218)
第一节 伽利略的运动学研究	(218)
第二节 万有引力定律的发现	(225)
第三节 牛顿的力学研究和综合	(231)
第十四章 热力学的建立	(240)
第一节 对于热现象的认识	(240)
第二节 能量转化与守恒定律的建立	(245)
第三节 热力学第二定律的建立	(255)
第十五章 经典电磁理论的建立	(260)
第一节 库仑定律的发现	(260)
第二节 电流现象研究	(265)
第三节 法拉第的电磁学实验研究	(271)
第四节 麦克斯韦电磁场理论的建立	(277)
第十六章 经典光学的建立	(284)

第一节	反射定律和折射定律的建立	(284)
第二节	色散现象研究	(288)
第三节	对于光本性的认识	(293)
第四节	光谱研究	(299)
第十七章	相对论的建立	(303)
第一节	狭义相对论的建立	(303)
第二节	广义相对论的建立	(312)
第十八章	相对论宇宙学和爱因斯坦的科学思想	(321)
第一节	相对论宇宙学的建立	(321)
第二节	爱因斯坦的科学思想	(326)
第十九章	量子力学建立之前的基础研究工作	(336)
第一节	普朗克的能量子假说	(336)
第二节	爱因斯坦的光量子理论	(340)
第三节	玻尔的原子理论	(343)
第四节	德布罗意物质波理论的提出	(350)
第二十章	量子力学的建立	(357)
第一节	矩阵力学的创立	(357)
第二节	波动力学的创立	(363)
第三节	测不准原理和互补原理的提出	(368)
第四节	哥本哈根学派的量子力学思想	(372)

上
篇

中国物理学史

- 第一章 中国古人对力学现象的认识
- 第二章 中国古人对热现象的认识
- 第三章 中国古人对声学现象的认识
- 第四章 中国古人对光学现象的认识
- 第五章 中国古人对电磁现象的认识
- 第六章 明清时期西方物理学知识向中国的传播
- 第七章 20世纪上半叶物理学在中国的建立
- 第八章 激光物理学在中国的建立和发展
- 第九章 原子核物理学在中国的建立和发展
- 第十章 粒子物理学在中国的建立和发展

第一章 中国古人对力学现象的认识

物理学是研究物质的基本构成及其运动规律的科学。在中国古代的科学认识活动中没有形成与近现代物理学相对应的独立学科。虽然中国古代很早就有“物理”一词,但它泛指万物之理。《庄子·知北游》指出:“天地有大美而不言,四时有明法而不议,万物有成理而不说。圣人者,原天地之美而达万物之理。”“达万物之理”即是认识宇宙万物的道理。荀子说:“凡以知,人之性也;可以知,物之理也。”^①人有认识事物的能力,而事物因自身有理才可以被认识;认识事物,就是认识其中的“物理”。中国古代至少有三部以“物理”命名的著作,即晋代杨泉所撰《物理论》、明代王宣(虚舟)所作《物理所》以及明代方以智撰写的《物理小识》。这三本书的内容都包括天文、地理、物候、农学、生物、医学、金石、器用、方术等各个方面,正所谓“圣人官天地,府万物,推历律,定制度,兴礼乐,以前民用,化至咸若,皆物理也。”^②由此可见,中国古代所说的物理是指万物之理,内容包括自然科学的各个方面。尽管如此,当我们考查中国古人对物理现象的认识历史时,仍然只能按照现代科学所界定的学科范围去总结古人的有关认识。

中国人对于时间和空间的性质有了初步的认识,发明的漏刻计时方法相当精确,发明的弩机和总结的三点一线瞄准方法符合力学原理,发明的各种机械自动装置富有特色,习惯于用“势”表示各种物理现象的原因,对于物体相对运动现象进行了大量的观察和描述,对于水的浮力和虹吸作用有巧妙的运用,凡此等等。这些都体现了中国古人对力学的认识和相关实践活动。

① 荀子·解蔽. 诸子集成本.

② 方以智. 物理小识. 总论.

第一节 对于时间和空间的认识

从直观上看,时间和空间是物体存在的场所和运动变化的条件。古人要在经验认识基础上形成正确的时空概念,不仅需要对二者的性质有比较正确的认识,而且需要具备一定的抽象思维能力。中国古人虽然对于时间和空间的认识相当早,形成了一些经验性概念,但并没有真正认识二者的本质。尽管如此,中国古人在这方面还是取得了一些有价值的结果。

一、关于时间和空间的定义及其性质

早在春秋战国时期,中国人即对于时间和空间概念给出了定义,《管子》、《庄子》、《尸子》和《墨经》中都有相关的论述。中国古代称空间为宇,称时间为宙,时间和空间合称宇宙。但在古代文献中,宇和宙还有其他意思,如宇是屋檐,宙是栋梁和天空;因此古人有时也以宇宙表示天地、空间,如王勃《滕王阁序》:“天高地迥,觉宇宙之无穷。”

《管子·宙合篇》最先讨论了宇宙空间的大小,其中写道:“天地,万物之橐也;宙合有橐天地,天地直万物,故曰万物之橐。宙合之意,上通于天之上,下泉于地之下,外出于四海之外,合络天地以为一橐。散之至于无间,不可名而山,是大之无外,小之无内,故曰有橐天地。”“橐”是口袋,“直”是包容的意思。天地是包裹万物的大口袋,宙合是包裹天地的大口袋。宙合在四方上下都是无限的,天地万物都包含其中。它大至无外,包络一切;小至无内,无处不有。所以宙合是个空间概念。

《庄子·庚桑楚》给出了空间和时间的明确定义:“有实而无乎处,有长而无乎本剽……有实而无乎处者,宇也;有长而无本剽者,宙也。”其中“实”是存在,“处”是方域,“长”是持续过程,“本”为开始,“剽”通标,为末端。有实际存在却没有一定界限,有存在过程却没有开始和终结;实际存在而没有一定界限,这就是宇,即空间;无始无终的持续过程,这就是宙,即时间。《庄子》给出的时间和空间定义相当抽象,揭示了空间无处不在,时间无时不有的基本属性。

中国古代比较流行的时空定义是《尸子》中的“上下四方曰宇,往古来今曰

宙。”^①这里明确表达了空间具有长宽高三维性,时间具有一维单向性。这种定义既简明又符合人们的直观认识,因而被古人普遍接受。汉代《淮南子·齐俗训》也说:“往古来今谓之宙,四方上下谓之宇。”

战国时期《墨经》用“久”和“宇”分别表示时间和空间。《墨子·经上》说:“久,弥异时也;宇,弥异所也。”《墨子·经说》对此解释道:“久,古今旦暮;宇,东西家南北。”显然,墨家通过举例的形式说明什么是时间,什么是空间。此外,《墨经》还提出了时刻的概念:“始,当时也;”“时,或有久,或无久。始当无久。”“始”表示开端,是时刻;“久”表示持续过程,是时间。

由上述可见,中国古人关于时间和空间的定义还停留在经验认识层次上,没有将时空与物质的存在联系在一起。

对于时间和空间的性质,中国古人也有一定的认识。

《庄子·庚桑楚》认为空间无处不在,时间无始无终。东汉张衡也指出:“宇之表无极,宙之端无穷。”宋代朱熹对前人的认识进行了总结。他说:“四方上下曰宇,古往今来曰宙。无一个物似宇样大,四方去无极,上下去无极,是多少大!无一个物似宙样长久,亘古亘今,往来不穷。”^②空间广袤无垠,时间往来无穷,它们都是无限的。这就是中国古人的时空观。

《论语》记载:“子在川上曰:逝者如斯夫,不舍昼夜。”孔子感叹时光的流逝如东去的江水一样昼夜不停。《庄子·秋水篇》指出:“年不可举,时不可止。”《淮南子·原道训》也指出:“时之反侧,间不容息,先之则太过,后之则不逮。夫日回而月周,时不与人游。故圣人不贵尺之璧,而重寸之阴,时难得而易失也。”“间不容息”,说明时间流逝是连续的;“先之则太过,后之则不逮”,说明时间按照自己固有的属性流逝,提前了则它还未到来,退后了则它已经过去;“日回而月周,时不与人游”,说明时间的运行是客观的,独立于人的意识之外。这些论述说明,中国古人已经初步认识到时间流逝的单向性、均匀性和客观性。

二、时间和空间的测量

中国古代采用漏刻、圭表和日晷等工具测量时间,用圭臬、指南车、记里鼓车和指南针等测量空间。

中国古代最重要的计时仪器之一是漏刻。漏,指漏壶;刻,指箭刻;箭,是标有时间刻度的标尺。漏刻的工作原理是根据漏壶中水位下降的速度来计量时间的流

① 尸佼撰,清孙星衍辑,尸子,卷下,四部备要本。

② 朱子全书,卷四十九,理气一·太极。

逝过程。这种计时方法在中国起源相当早。据梁代《漏刻经》记载：“漏刻之作，盖肇于轩辕之日，宣乎夏商之代。”《隋书·天文志》也说：“昔黄帝创观漏水，制器取则，以分昼夜。”古人可能从观察容器漏水现象得到启发，从而发明了漏刻。根据《周礼》记载，周代即设有掌管漏刻计时的专职人员，称为“挈壶氏”。《周礼·夏官·挈壶氏》说：“挈壶氏，掌挈壶以令军井……凡军事，悬壶以序聚柝。凡丧，悬壶以代哭者。皆以水火守之，分以日夜。及冬，则以火爨鼎水而沸之，而沃之。”“柝”是古代巡夜时用以报更的木梆。“悬壶以序聚柝”，是根据漏刻测量的时辰而击梆报时。冬天，为了避免漏刻中的水结冰，要用火将水加热。为了提高时间测量的精度，古人设计了形式多样、用途不一的各种漏刻，有形制不同的秤漏、灯漏、碑漏、宫漏、几漏、孟漏、莲花漏等等，还有用于不同目的的田漏、马上漏、行漏舆等。这些漏刻设计新颖，构思巧妙。例如北魏道士李兰《漏刻法》描述秤漏：“以器贮水，以铜为渴乌，状如钩曲，以引器中水，于银龙口中吐入权器。漏水一升，秤重一斤，时经一刻。”秤漏是通过称量流入受水壶中水的重量变化来计量时间。它在运用漏刻控制水的流量基础上，又增加了流水重量控制因素，因而使计时精度和灵敏度都得到明显提高。据现代学者模拟实验研究，中国古代的漏刻计时可以达到相当高的精度，一昼夜误差一般不超过一分钟左右^①，有的漏刻甚至“可达每昼夜误差小于20秒的精度”^②。

圭表是中国古代用以测量日影以判断时间和空间方位的简单仪器。《周礼·夏官·土方氏》记载：“土方氏掌土圭之法，以致日景。”“景”，即影。圭本是一种玉制长条形的礼器，帝王诸侯举行典礼时使用。《周礼》所说的土圭是一种石或玉制的短尺^③，古人根据其日影的长短判断季节的变化。《周礼·地官·大司徒》也载：“大司徒之职……以土圭之法，测土深，正日景，以求地中。日南则景短，多暑；日北则景长，多寒；日东则景夕，多风；日西则景朝，多阴。日至之景，尺有五寸，谓之地中。”一年四季日影的长短会不停地变化，夏季影短，冬季影长，古人由此确定季节的更替。经过长期的实践，后来古人把圭和表固定在一起，构成圭表测时装置。圭被沿着南北方向水平放置在地面上，表是一根与圭垂直的直立木杆，立于圭的南端。古代也称表为臬或槲。表受日光照射，其影投在圭上，通过测量日影长短即知时间的变化。《宋史·律历志》说：“观天地阴阳之体，以正位辨方，定时考闰，莫近乎圭表。”正方位，定时闰，即是测量空间和时间。

① 华同旭. 中国漏刻. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1991: 215.

② 李志超, 毛允清. 漏刻精度的实验研究. 中国科学技术大学学报, 1982年6月增刊.

③ 陈遵妫. 中国天文学史. 下册. 上海: 上海人民出版社, 2006: 1221.