



郭奕玲 沙振舜 沈慧君 编著

物理实验史话

科学出版社

物理学基础知识丛书

物理实验史话

郭奕玲

沙振舜 编著

沈慧君

科学出版社

1988

内 容 简 介

本书按历史发展的顺序,系统地介绍了物理学发展中的许多重要实验,以及实验对证实物理理论的作用和与理论的关系。配合实验成果还介绍了许多著名物理学家的生平和工作。全书内容丰富、涉及面广泛,重点在近代物理实验。书中收集了大量珍贵的历史照片、插图,还有形象生动的漫画。

本书叙述性强,通俗易懂,可供科学史工作者、理科大学生及中学教师阅读。

物理学基础知识丛书

物理实验史话

郭奕玲

沙振彝 编著

沈慧君

责任编辑 姜淑华

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1988年9月第一版 开本: 787×1092 1/32

1988年9月第一次印刷 印张: 10

印数: 0001—5,000 字数: 226,000

ISBN 7-03-000063-3/O·14

定价 3.40 元

代 序

1978年8月,中国物理学会在庐山召开年会,不少物理学工作者有感于物理学在提高全民族科学文化水平和实现“四化”中的巨大作用,建议中国物理学会与科学出版社合作。编辑出版一套《物理学基础知识丛书》,有计划有系统地普及物理学的基础知识和介绍物理学的新发展。这一倡议当即得到了广泛的响应。为此,中国物理学会理事会进行了认真讨论,积极热情地支持了这一建议。于是,就在风景绮丽的庐山,在中国物理学会和科学出版社的共同主持下,正式成立了本丛书的编委会,讨论和制定了丛书的编辑方针和选题计划,正式开始了丛书的编辑出版工作。

物理学研究物质的运动规律、物质的结构及其相互作用,它是许多科学技术的基础。从本世纪开始,物理学经历了极其深刻的革命,从宏观发展到微观,从低速发展到高速,由此诞生了量子物理学和相对论,并在许多科学技术领域引起了深刻的变革。本世纪以来物理学在认识和改造物质世界方面不断取得伟大成就,不断揭开物质世界的奥秘。原子能的利用,使人类掌握了新的能源;半导体科学技术的发展,导致了计算技术和自动控制系统的革命;激光的出现焕发了经典光学青春;凝聚态物理学的发展,使人们不断创造出许多性能大大提高的材料……。因此,向广大读者宣传物理学的基础知识以及物理学的新发展,乃是提高全民族科学文化水平和实现“四化”的需要。我们编辑出版本丛书的目的,就是试图在这方面贡献一份力量。

本丛书着重介绍现代物理学的基础知识，介绍物理学的最新发展，要求注重科学性。我们希望作者发扬创新精神，力求做到题材新颖，风格多样，勇于发表独创性、探索性的见解，以活跃读者思路。在文风上则要求做到准确、鲜明、生动、深入浅出、引人入胜，以说透物理意义为主，尽量少用数学公式。

在编辑出版丛书工作中，我们得到了广大物理学工作者的热情支持和鼓励，还得到老一辈物理学家严济慈、钱临照、陆学善等同志的热情赞助和关怀。美国加州大学热斐尔学院院长吴家玮教授应邀积极参加编委会工作，并约请了美籍学者为丛书撰稿。我们一并在此致以谢意。

《物理学基础知识丛书》编委会

• 11 •

前 言

物理学从本质上来讲是一门实验科学。在物理学中每个概念的确立、原理和定律的发现,无不有坚实的实验基础。例如,电磁感应现象就是法拉第于 1831 年最早在实验室里发现的,而电磁感应定律和其它几个实验定律,又为麦克斯韦电磁场理论奠定了实验基础。诚然,物理学理论还有一定的相对独立性,理论物理学用逻辑推理的方法有过许多预言,也发现过不少新的规律和定理。但是,即使最严谨的理论也必须通过实验的检验,才能得到证实公认。

物理学史上许多关键问题的解决最后都是诉诸于实验的,就象杨氏的光的干涉实验证实了光的波动说;赫兹实验证实了麦克斯韦的电磁场理论;吴健雄进行 β 衰变中产生的电子的角分布实验,证明了 β 衰变中宇称不守恒……。事实上,物理学领域的所有研究成果都是理论与实验密切结合的结晶。

无论是物理学,还是整个自然科学的发展,实验和理论的相互作用都是一种内在的根本动力,这种作用引起量的渐进积累和质的突变飞跃的交替演进,推动着科学进程一浪一浪地不断高涨。著名物理学家海森伯说过:

“显而易见,不论在哪里,实验方面的研究总是理论认识的必要前提,而且理论方面的主要进展,只是在实验结果的压力下而不是依靠思辨来取得的。另一方面,实验结果沿之向前发展的方向,应该总是由理论的途径来实现的。”

作实验离不了实验室和实验仪器。实验室就是科学研究

的基本阵地。世界上著名的实验室，象剑桥大学的卡文迪许实验室、柏林大学的亥姆霍兹实验室、莫斯科大学的物理实验室，都培养造就了很多人材。建设好先进的实验室，对整个国家科学技术的发展有深远影响，这是不容忽视的。

美籍华裔著名物理学家丁肇中与美国物理学家里奇特因发现 J/ψ 粒子而同获 1976 年度诺贝尔物理学奖。在瑞典举行的发奖宴会上，丁肇中用中文作了一个简短的演说，其中提到：

“得到诺贝尔奖是一个科学家最大的荣誉。我是在旧中国长大的，因此想借这个机会向发展中国家的青年们强调实验工作的重要性。

“中国有句古话：‘劳心者治人，劳力者治于人’。这种落后的思想对发展中国家的青年们有很大害处。由于这种思想，很多在发展中国家的学生都倾向于理论的研究，而避免实验工作。

“事实上，自然科学理论不能离开实验的基础，特别是物理学是从实验产生的。

“我希望由于我这次得奖，能够唤起发展中国家的学生们的兴趣，从而注意实验工作的重要性。”

丁肇中发言的中心思想也是我们写本书的宗旨，我们正是想通过回顾物理实验发展的历史，说明物理实验在物理学发展中所起的重要作用，使读者对实验发生兴趣，从回溯历史中得到新的启示。

应该说明，实验物理学和理论物理学是物理学史的两个侧面。我们在这里按照历史的顺序分科讲述若干物理学发展中的重要实验，试图从实验这个侧面反映物理学前进的足迹，让读者了解物理学的先驱者，在其探索道路上艰难的登攀过程，从而激发为实现我国四个现代化宏伟目标而奋斗的勇气

和力量。

这本书由三人合写,其中前言、第一章、第四章、第五章前四节、第八章为沙振舜所写;第二、六、七章、第五章第五、六节为郭奕玲所写;第三章及附录为沈慧君所写,最后由郭奕玲统稿。错误和不妥之处,请广大读者批评指正。

作 者

《物理学基础知识丛书》编委会

主 编：褚圣麟

副主编：马大猷 王治梁 周世勋 吴家玮(美籍)
汪 容

编 委：王殖东 陆 埏 陈佳圭 李国栋 汪世清
赵凯华 赵静安 俞文海 钱 玄 潘桢镛
薛丕友

* * *

本书责任编辑：陈佳圭

目 录

代序	i
前言	iii
第一章 实验物理学的萌芽	1
§1-1 墨子的记叙	1
§1-2 泰勒斯静电实验	3
§1-3 阿基米德的浮力实验	5
§1-4 托勒密的光折射实验	7
§1-5 达·芬奇对实验的倡导	10
§1-6 吉尔伯特的实验	12
§1-7 我国宋、元时代实验物理的成就	13
第二章 力学实验	17
§2-1 落体实验	19
§2-2 伽利略的斜面实验	20
§2-3 碰撞实验	24
§2-4 测量地球的密度	29
第三章 热学实验	35
§3-1 温度计及测温学的发展	35
§3-2 气压的测量和真空的获得	40
§3-3 量热学的发展	49
§3-4 伦福德实验	53
§3-5 能量转化与守恒定律的实验基础	56
§3-6 焦耳的热功当量实验	58
§3-7 永动机的妄想	63
§3-8 布朗运动	69
§3-9 低温实验	76

第四章 电磁学实验	88
§4-1 从摩擦机到莱顿瓶	88
§4-2 富兰克林的风筝实验	96
§4-3 库仑定律的实验研究	99
§4-4 从伽伐尼到伏打	104
§4-5 电流的磁效应	108
§4-6 欧姆定律的确立	113
§4-7 电磁感应的发现	117
§4-8 电磁波的发现	121
§4-9 霍尔效应	125
第五章 光学实验	128
§5-1 牛顿的光学实验	128
§5-2 望远镜和显微镜的早期历史	132
§5-3 光的微粒说和波动说之争	137
§5-4 光速的测定	142
§5-5 从光行差的观察到迈克耳孙-莫雷实验	145
§5-6 光谱学的发展	158
第六章 原子物理实验	167
§6-1 阴极射线的研究	167
§6-2 电子的发现	172
§6-3 塞曼效应的发现	176
§6-4 热辐射的研究	180
§6-5 光电效应实验	190
§6-6 原子能级存在的直接证据	200
§6-7 斯特恩-盖拉赫实验	203
§6-8 波粒二象性	208
第七章 核物理实验	227
§7-1 X射线的发现	227
§7-2 放射性的发现	229
§7-3 居里夫妇发现钋和镭	232

§7-4	α, β, γ 射线的发现	235
§7-5	卢瑟福研究 α 射线	236
§7-6	放射性衰变规律的发现	238
§7-7	原子核的发现	242
§7-8	人工核反应的实现	246
§7-9	宇宙线的研究	248
§7-10	安德逊发现正电子	254
§7-11	中子的发现	255
§7-12	氡的发现	259
§7-13	加速器加速了核物理学的进程	265
§7-14	人工放射性的发现	271
§7-15	重核裂变的发现	274
第八章	实验物理学的新进展	280
§8-1	从脉塞到激光	280
§8-2	超导物理学的关键实验	284
§8-3	对称性和守恒定律	
	——李、杨宇称不守恒理论的实验证实	287
§8-4	J/ψ 粒子的发现	291
附录	物理实验大事记	296

第一章 实验物理学的萌芽

§1-1 墨子的记叙

《墨经》是墨翟和他的弟子写的。墨翟，人称墨子，公元前4世纪春秋战国时代鲁国人，一个制造机械的手工业者，精通木工。在制造守城机械方面，甚至超过那个时代有名的鲁班。由于他深入实践，善于总结经验，根据对自然界的认识，写成了《墨经》。

《墨经》既是古代力学论说的代表作，又是世界上最早的几何光学著作之一。书中无论是力学、声学 and 光学的研究，都来自实践。许多记叙是以实验为基础的。墨子研究了杠杆、滑车、轮轴、斜面以及物体的沉浮、平衡和重心。阐述了投影、小孔成像和平面镜、凹面镜、凸面镜成像，说明了焦距和物体成像的关系。这比欧几里得的光学记载还早百余年。下面我们谈一下《墨经》中记叙的著名实验——小孔成像。

大约在2400年前，墨翟和他的学生就做过世界上最早的小孔成像实验，并给予正确的分析和解释。

在一间黑暗的小屋朝阳的墙上，开一个小孔，人对着小孔站在屋外。在阳光照耀下，屋里相对的墙上就出现一个倒立的



图 1-1 墨子

人影（图 1-2）。《墨经》中这样写道：

“景。光之人，煦若射。下者之人也高；高者之人也下。足蔽下光，故成景于上；首蔽上光，故成景于下。在远近有端与于光，故景庠内也。”

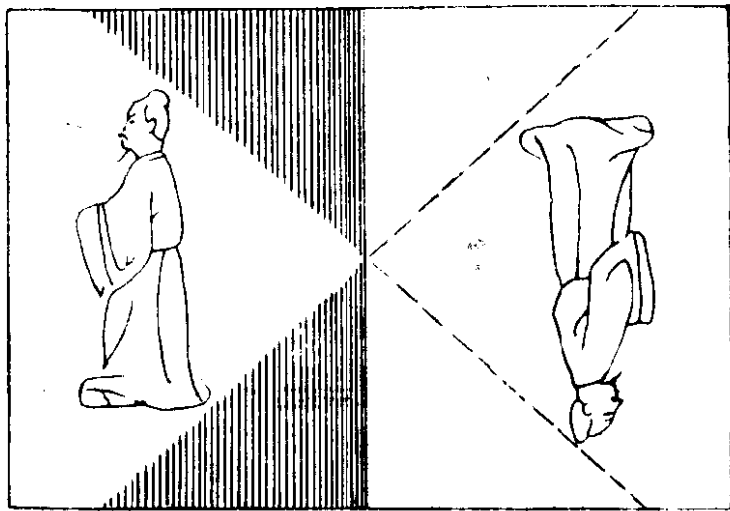


图 1-2 小孔成像

意思是，光向人照去，象射箭一样，走直线。从人体下部射出来的光线射到高处，从人体上部射出的光线射到低处。从足部射向低处的光线被小孔所在的墙壁遮蔽，因此足部成像于屏幕的高部位；从头部射向高处的光线，被墙壁遮蔽了，头部成像于屏幕的低部位。人所在的位置离小孔由远而近，则屏幕上的像由小变大。由于从人体射出并穿过小孔投到屏幕上的一切光线，均在小孔处交于一点，所以屏幕上形成的像是倒立的。墨子在这里不仅十分明确地提出光的直线传播观念，而且对小孔成像作了成功和细致的解释。

墨子对力的平衡问题也作了比较详尽的观察和分析，他通过对天平和杆秤的分析对杠杆原理作过科学的概括。他们把杆杠支点靠重物（“重”）一边的杆长叫“本”，靠秤锤（“权”）的另一边杆长叫“标”，如图 1-3 所示。

《墨经》中有这样的论述：

“衡加重于其一旁，必捶，权重相若也。相衡则本短标长。两加焉，重相若，则标必下，标得权也。”

意思是说，天平横梁的一

臂加重物，另一臂必得加重锤，两者必须相当，才能平衡。杆秤的提纽到重物的一臂比较短，提纽到秤锤的一臂比较长，如果两边等重，秤锤一边必下落，这是因为秤锤对“标”一边的作用过大了。也就是说，杠杆的平衡不但取决于加在两端的重量，还与重臂力臂的长短有关。墨子把杠杆平衡的道理叙述得多么完整而深刻啊！

由此可见，我们的祖先对实验物理早期发展是有卓越贡献的。

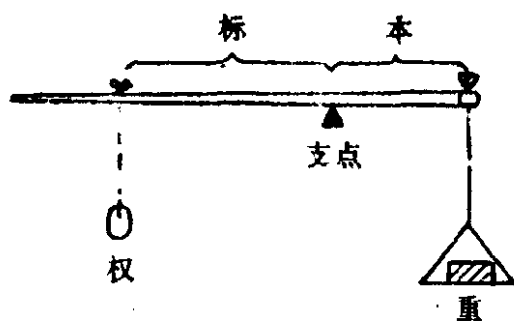


图 1-3 杆秤

§1-2 泰勒斯的静电实验

繁荣的古希腊文明，产生了被称作“古希腊奇迹”的希腊科学。在希腊和它的殖民地上出现过许多著名的学者和学科。例如，毕达哥拉斯的数学，欧几里得的几何学，阿基米德的力学，亚里士多德的逻辑学、物理学和哲学，德谟克利特的原子论，托勒密的地心说，泰勒斯等人的宇宙说。虽然古希腊的物理学成就相对说来较少，但仍比古代其他民族要辉煌得多。最可贵的是古希腊人已把物理学由直观和猜测逐渐发展为实验科学。

摩擦琥珀起电可以算作最早的物理实验之一。这是2600年前就发现了的静电现象。古希腊的泰勒斯 (Thales) 是希

腊的七大“贤人”之一，为探求普遍的物质本质，他曾提出过“水原说”，即认为一切物质由水组成。他预言日蚀发生的时间如此准确，使当时的人们感到震惊。通常认为他是希腊几何学与天文学的始祖。泰勒新的天文知识，来自古巴比伦与埃及。泰勒斯曾经记叙过摩擦起电的现象，所以有人称之为古代的富兰克林。

据传说，一次泰勒斯在爱琴海的海滩上发现了一块透明的黄褐色石头，他拿起那石头，用毛皮使劲将它擦净，哪知这被摩擦的小石头竟能吸引麦秆的碎屑和他穿的大衣上扯下来的纤维。后来他把那块石头带回家，与他的朋友一起再次实验，把摩擦过的石头去接近一堆羽毛和木屑，“果然把那些小东西吸起来了！”他的朋友惊奇地喊出来。再试验，依然如此。那种黄色透明的石头就是琥珀。英文的“电学”（Electricity）一词就是从希腊字“琥珀”（*ηλεκτρον*）演化而来。这样说来，



图 1-4 泰勒斯用琥珀做实验

泰勒斯是第一个做静电实验的人。

泰勒斯虽然发现了琥珀摩擦起电现象，但对其性质却缺乏认识，他把天然磁石吸引小铁片的现象与琥珀吸引羽毛的现象混为一谈。当时他被人看作先哲权威，对其错误见解也被当作教条信奉，从不怀疑，广为流传。泰勒斯混淆电与磁现象的错误，直到 1600 年才为英国的吉尔伯特所指出。

§1-3 阿基米德的浮力实验

古希腊最有成就的物理学家阿基米德 (Archimedes) 出生在希腊的殖民地西西里岛的首都叙拉古。他的父亲是天文学家兼数学家费狄，他从小就受到父亲的熏陶而热爱数学。少年时代的阿基米德天资聪明，勤奋好学。11 岁时被送到誉为“智慧之都”的亚历山大城去学习，阿基米德在亚历山大受到东方和古希腊的优秀文化教育，这对他一生的科学事业产生了很大影响。阿基米德是一位善于观察、思考、并且重视理论与实践相结合的科学家。他对待科学的态度总是勇于革新，勇于创造而又严肃认真。最后，他为保卫祖国和探索科学真理而死于罗马士兵的刀剑之下。

阿基米德在物理学方面的成就主要在于静力学和流体静

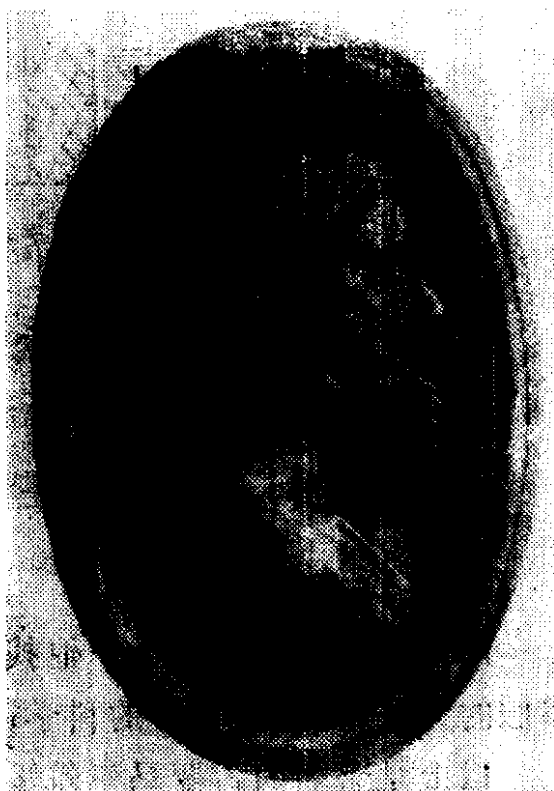


图 1-5 阿基米德