

● 古代科学史略丛书

中国古代物理学史略

王锦光

洪震寰



古代科学史略丛书

中国古代物理学史略

王锦光 洪震寰

河北科学技术出版社

古代科学史略丛书
中国古代物理学史略

王锦光 洪震寰

河北科学技术出版社出版 (石家庄市北马路45号)
河北新华印刷三厂印刷 河北省新华书店发行

850×1168毫米 1/32 6印张 6插页 150,000字 1990年4月1版
1990年4月1次印刷 印数: 1—1100 定价: 4.00元

ISBN7-5375-0365-6/O · 3

衷心祝賀中國古代科學史略叢書出版

發掘祖國科技史料

弘揚民族智慧結晶

盧嘉錫

錫



一九八九年秋月

中国古代物理学史略

钱临照教授题签



The Story of Physics

by
Wang Jinguang
and
Hong Zhenhuan



美国席文教授题签

出版者的话

我们伟大的中华民族，在悠远的历史长河中，对人类赖以生存的大自然，对浩渺无边的宇宙，历来就苦苦执着地追寻着、探索着。从最原始的神话传说，到四大发明的问世，我们的祖先用智慧和生命创造了中华民族古代科学技术的灿烂星河。据考证，先人们在治水、历算、大地测量、农业耕作、制陶冶金等方面的成熟，均先于西方1000多年。我们的祖先为整个人类文明做出了卓越的贡献。

作为中华民族的子孙，我们有义务也有责任发掘整理这些宝贵遗产。

为弘扬中华国粹，重振中华雄威，以饕各专业研究人员和广大读者，我们特出版了中国古代科学史略丛书。这套书共包括《中国古代数学史略》、《中国古代物理学史略》、《中国古代化学史略》、《中国古代天文学史略》、《中国古代地理学史略》、《中国古代生物学史略》、《中国古代农耕史略》、《中国古代医学史略》等八部。

这套书不仅以大量翔实的史料，向读者介绍了各个学科的起源、发展和取得的辉煌成就，还阐述了中国古代科学技术在世界科学史上的地位和作用，是广大科技工作者必备的重要参考书。

这套书的诸位作者，多年从事自然科学史的研究和教学工作。他们用心用血用生命在中国古代浩瀚的典籍文献中追逐先人的足迹，发掘科学技术的宝藏。整个编写队伍历经五六年时间方完成全

部书稿的编写任务,其中有的已耗尽了毕生的精力。在此,我们向参与全书编写工作的同志致以衷心的感谢。

承蒙著名科学家卢嘉锡先生为本套书题词,特表谢意。

中国古代科学史略这套书,会集了我们祖先和当代学者孜孜不倦的进取精神,这便是我们的民族精神。我们弘扬国粹,就是弘扬这种进取精神,从而增强全民族的自信心和创造力,振兴当代科技,振兴中华。

谨以此书献给伟大的祖国,献给勤劳智慧的中华民族。

1989年6月

前言

物理学是研究物质基本结构及其最基本、最普遍的运动规律的科学。物理现象几乎随时随处可见,这就决定了它的发轫必然是很早的。在中国,几千年前就能见到物理知识萌芽的迹象。长期以来,人们思考和探索各种自然问题与工艺技术,往往要接触到某些物理原理,甚至对某些物理现象和原理进行直接的理论思维或实验探讨,从而获得了丰富的成果。中国古代的物理知识,或载之于典籍,或反映于器物,或包含于技艺,或寓之于谚语……范围几乎遍及力、声、热、光、电磁及物质理论诸方面,其中有些成就堪称卓越。例如力学方面,除了不少理性力学知识外,还有巧妙运用力学原理而创制的一系列如地动仪那样的精妙绝伦的器物;声学方面,十二平均律的发明,共鸣现象的研究与编钟制作;光学方面,《墨经》关于几何光学的8条记载与赵友钦关于小孔成像的对比实验设计;电磁方面,关于磁石指极性的应用及磁偏角磁倾角的发见;物质理论方面,守恒思想的提出,等等,应当被认为是整部物理学史的光辉的一页,也是我们祖先对人类文明伟大贡献的一部分。我们有责任予以发掘、整理、研究。

中国物理学史的研究,比起其他一些学科

来是相对薄弱的。这一方面是由于它本身具有特殊的困难,例如古代几乎没有物理专书,后人全凭在浩如烟海的典籍以及文物、工艺等方面点点滴滴地搜集;在整理中,如何既能体现古人的特殊的思想模式,又能纳入物理学的格局,也是一个不大好处理的问题。另一方面,中国物理学史研究的起步也比较晚,虽然在40年代就有几位前辈开了头,他们确是筚路蓝缕,功不可殁,但是比较有规模的研究恐怕还是近些年的事。经过大家的努力,现已发掘了一定数量的材料,其中光学部分比较丰富,笔者曾据此撰写出版了《中国光学史》(湖南教育出版社)。戴念祖撰写出版了《中国力学史》(河北教育出版社)。1981年,笔者在许多专家学者的关怀之下,撰写出版了《中国古代物理学史话》(河北人民出版社),大概由于是我国第一本这样的书,所以得到国内外读者的鼓励殊多。台湾明文书局于1984年把此书改题为《中国物理学史话》,作为“格物丛书”之一排印出版。1985年,蔡宾牟、袁运开也撰写出版了《物理学史讲义——中国古代部分》(高等教育出版社)。最近,台湾学者刘昭民《中华物理学史》一书也由商务印书馆出版。这些事实反映,随着我国物理学史研究和教学的蓬勃开展,这类读物是十分需要的。

考虑到近四五年来中国物理学史的研究有了新的进展,我俩增添近年来的最新研究成果,并参考国内外的大量资料,编写了这本《中国古代物理学史略》。我们希望此书能帮助读者大致地了解我国物理知识的积累与发展的概况。至于某些理论问题,例如它的发展线索、和兄弟学科及社会经济发展的关系、对世界物理学史的影响等等,限于篇幅及编写意图,不可能展开讨论。

本书承钱临照教授与美国的席文(N. Sivin)教授题签,谨致谢忱!李磊、张锦波、余善玲三位同志参加部分章节的撰写工作,黄琮同志做了一些具体的工作,在此一并向他们表示谢意!

作者

1988年

目 录

第一章 绪言	(1)
第一节 物理知识的萌发	(1)
第二节 中国物理学史料的来源	(3)
第三节 物理学史中的重要古籍和人物	(7)
第二章 物性	(20)
第一节 物质观念	(20)
第二节 朴素的元素论思想	(25)
第三节 物质守恒思想	(27)
第四节 物质结构	(30)
第三章 热学	(34)
第一节 热的获得与对热的认识	(34)
第二节 测温与测湿	(36)
第三节 热的传播、保温瓶	(40)
第四节 热膨胀与热应力	(41)
第五节 物态变化	(43)
第六节 热功	(46)
第四章 中国古代计量的发展	(50)
第一节 中国古代对时间的量度	(50)
第二节 中国古代度量衡的发展	(54)
第五章 力学	(60)
第一节 时间、空间、运动	(60)
第二节 惯性、力、重量与比重	(66)
第三节 机械	(71)

第四节	流体力学知识	(77)
第五节	材料力学知识	(83)
第六章	声学	(86)
第一节	乐器的制作与使用	(86)
第二节	乐律学	(95)
第三节	声本性的论述与应用	(105)
第七章	电磁学	(116)
第一节	磁现象与电现象	(116)
第二节	大气中的电磁现象	(119)
第三节	对磁性的进一步认识	(124)
第四节	人造磁体的出现	(126)
第八章	光学	(129)
第一节	光源	(129)
第二节	影与影戏	(133)
第三节	成像论	(138)
第四节	大气光象	(154)
第五节	光学仪器	(159)
第九章	明末清初西方物理学传入中国	(165)
第一节	西学东渐	(165)
第二节	传入的物理学知识	(167)
第三节	西学东渐的影响	(173)
第四节	力学机械和光学仪器	(176)
第五节	光学理论	(179)
附录	历代度量衡比较表	(188)
1.	长度、面积的比较	(188)
2.	重量(质量)的比较	(190)
3.	容量(体积)的比较	(191)

第一章 绪 言

第一节 物理知识的萌发

物理学是研究物质基本结构及物质运动的最普遍的形式、最基本的规律。所以物理现象是随处可见的，物理规律也随时随处在起着作用；并且，高级与复杂的运动之中，也莫不存在物理问题。这就决定了物理知识的萌发必然是很早的。例如，人类的始祖——猿人，在打制石器工具时，就知道做成各种不同角度的尖劈。这里就隐含着斜面利用的知识。他手中的一根棒，使将起来，也就是杠杆的应用。船的发明是液体浮力的利用，弹弓的发明，更是弹力的巧妙应用……所有这些，不能不被认为是力学知识的胚胎。又如猿人们学会了保存火种，后来又发明了取火的方法，不能不说其中有着热学知识的孕育。再如他们在水中捕鱼、洗涤或戏嬉，低头便照见了自己的像，各种物体在阳光之下的投影，此类现象也会播下萌发光学知识的种子。毫无疑问，在 17 世纪之前的漫长时期里，人类的物理知识，都是十分零星的、肤浅的感性经验。但任何事物的发展，总是有一个从现象到本质，从简单到复杂，从低级到高级的过程，物理学之所以有今天如此丰富的科学内容、坚实的实验基础、详密的逻辑系统、严格的理论推证、广阔的实际应用，推因溯源，不得不归因于长期的积累发展。所以，物理学史的阐述，不能斩去古代这一段。尽管它可能还称不上一门学问，但应当承认它是物理学的萌芽阶段，或者物理学史的“史前期”。否则将使物理学史成为无源之水，无本之木。

在我国，今天的物理学体系确实是在明、清之际由西方传输进来的，就是“物理学”这一名词也是翻译过来的。在我国古书上，“物理”一词的出现是相当早的，西汉刘安（公元前179—前122年）主编的《淮南子》“览冥训”云：“耳目之察，不足以分物理。”这里的“物理”是泛指世间一切事物的道理。宋代的杨杰（11世纪）写过一篇《五六天地之中合赋》，其中有这样几句：“知地数杂而不纯，天数纯而不杂，物理深蕴，岁动周匝，就五十有五之中，五六谓之中合……”这里的“物理”似乎主要是指自然现象的规律。北宋博物名僧赞宁（公元919—1002年）称颂发明地动仪的张衡为“穷物理之极致焉”；南宋学者叶适（公元1150—1223年）著《习学记言》，其中说到曹冲称象的事，称赞“为世开智物理，盖天稟也”。这两个“物理”就涵义与行文而言，好像和我们今天所理解的“物理”意义比较接近。但这也只是个别学者随意行文所致，并没有专门的意义，更没有形成普遍接受的专门名词。甚至有几部古书就用“物理”题名，比如晋代唯物主义思想家杨泉（3世纪）的代表作就叫做《物理论》。但这是一部哲学著作，并非物理学专书。又如明、清之际的学者方以智（公元1611—1671年）写过一部叫做《物理小识》的书，虽然其中有不少物理学知识，但也是一部百科全书式的著作。总之，在我国古代本来没有“物理”专名，它是从英文 Physics 翻译过来的。“Physics”，又来源于希腊文 Φυσική，原义是指自然，引伸为自然哲学的意思，后来天文、数学、地学这些学科逐渐丰富起来，从包罗万象的“自然哲学”中分化出去，独立成科，才把 Physics 专门用来指物理学。明代末期，1623年意大利传教士艾儒略（1582—1649）著作的《西学凡》，其中把 Physics 音译为“费西加”。可见在这个时候，我国还没有“物理学”其名。它出现的确切年代，一时还不能查考出来，大约是在19世纪末。在正式使用“物理学”这个名词之前，还曾有过一段时间使用过“格致”或“格物”的

名称。那是取《礼记·大学》中“致知在格物，物格而后知至”一句的意思。虽然，后世对这句话有不同的解释，但大致说来，是指穷究事物的原理以获取知识。在清代后期就用以统称“声、光、化、电”等自然科学。后来干脆在狭义上就代表今天所谓的物理学，大学里的物理系，开初就叫做“格物门”。1889年，日本人饭盛挺造编了一本物理教科书，藤田丰八把它译成中文，书名就叫做“物理学”。次年，王季烈把它改译一番，书名仍然不变。1901年，严复翻译名著《原富》，书中也提到“物理学”，但又怕太陌生，特别加注说：“物理之学名‘斐辑格’”。可见那个时候“物理学”一词还不很普遍。

正如上面所述的，在我国，物理学的发展既有舶来品，又有土生土长的物理知识，后者也是十分可观的、辉煌的。我们勤劳智慧的祖先，对物理现象做过大量的观察、实验和各种形式的记录，并提出许多精辟的见解，取得了重大的成果。本书主要就是论述这些成果。

第二节 中国物理学史料的来源

既然我国古代有许多物理学的知识，但又没有物理学专书，那么，我们从什么地方去找物理学史料呢？大致说来有以下几种来源。

第一，古文献的记载。

第二，古代器物的分析。我们祖国幅员辽阔的大地上留有大量几千几万年前的遗物，包括器物与建筑，这些就是当年文化科学水平的综合反映，是最具体的、最生动的记载，也是最过硬的史料。从这些器物中可以分析出当时人们在制作过程中运用了哪些物理知识。例如，诺贝尔物理奖获得者杨振宁博士，观察了大量西周时代的青铜器，发现当时人们已经具有物理学中一种极其

重要的思想观念——“对称”(见图 1—1)。

又如，西安半坡村出土的新石器时期的遗址里，有一种尖底瓶，引起人们的极大兴趣，它可以印证文献的记载，从中分析出距今 5000—7000 年以前的人们具有了哪些力学知识。那里还出土一种叫做“甗”的泥制器皿，世界著名科学史家 [英] 李约瑟博士认为，那可能是人类最原始的蒸气发生器，这在热学史上应当是很重要的。此

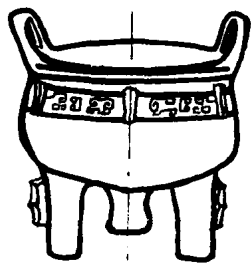


图 1—1 对称

外，一些古建筑也向我们提供了丰富的研究内容，譬如山西省的应县佛宫寺木塔，是明暗九层、高达 66.49 米的纯木结构的建筑珍品，迄今已经历九百多个寒暑，不仅风雨侵蚀，经受了烈度 5 度以上的强烈地震就有 12 次之多，此外还经受了强风、炮击等强烈震动，而仍然保持完好，这反映了它的力学结构十分科学合理，从中可以分析出一系列的理论知识。还有些古建筑甚至有了类似的避雷设施，为古代电磁学的研究，提供了重要的线索。此外，还有不少古代水利工程设施如都江堰等，也能向我们提供某些流体力学的原始材料。至于现存的那些古天文仪器，更是光学史料的十分丰富的来源。编钟、鱼洗是声学史的珍贵材料的渊薮。另外，还有一些碑刻与出土文物之类的东西，有文字或图画。例如辽阳三道壕的汉墓中，有不少壁画，其中就有一幅画着风车，这使我们确知距今 1700 年前，人们就知道如何巧妙地使用空气流动的能量了。总之，这方面蕴藏着丰富的潜在材料。

第三，现存的某些生产工艺。一项生产工艺之中，往往是科学技术知识的综合运用与反映，其中常常寓有一定的物理原理。所以对一项古工艺的分析，可以获得某些物理学史料。当然，在今天来说，古代的工艺往往是落后、原始的，绝大部分早已废弃不用了，或者是失传了。但是也还有一些留传下来，特别是在某些

少数民族地区，甚至仍然在沿用。这些可以为我们提供一定的参考，因为有的工艺过程，古书上虽然有过记载，但往往是十分简略，或者不很确切。那么流传的古工艺就成了十分宝贵的史料来源，它或者可以和文献记载相互印证，或者补古文献记载之不足。例如上古所用的摩擦取火的方法，古书就没有写出具体的过程以及所用的材料，以致引起后人理解上的分歧，甚至怀疑它的真实性。近年来，有人根据海南岛一些少数民族地区仍然使用类似的方法取火，才解决了这个问题。由此可见，古代工艺方法是一项活的物理学史料，我们要十分珍视它。

此外，我国民间还流传着大量的口头谚语。它们并不一定见之于文献记载，但却是一些长期经验的总结，它含有一定的科学内容，而且语言特别生动，内容也很丰富。专就天气谚语来说，有人就曾收集了一大本，从这些关于风霜雨露现象的生动说法中反映出大量物态变化方面的知识，而且对同一个现象，不同地区有不同的说法，分析起来也是很合于物理原理的。可以说，这里面潜存着不少物理学史料，但迄今为止还没有引起人们的足够注意。

显然，上列几项史料来源，当以文献记载为最大量。中国古书数量之多，历来都用“浩如烟海”、“汗牛充栋”等成语去形容，实在一点也只不过份。这么多的书被分成经、史、子、集四部，“子”部收有关于天文、历算、农业、医学以及工巧技艺一类的书，这里面涉及一些物理知识。但是，古代没有物理专书，物理学知识是散见于几乎各种类型的书籍之中。这也是物理学科的性质所决定的。例如，上古物理学的最重要的著作《墨经》固然在“子”部，但另一部重要著作《考工记》就在“经”部。“史”部中许多“天文志”、“律历志”等篇章，又是物理学史料的宝库。“集”部收的虽然是诗文小说等文艺作品，由于这些作品题材也异常广阔，涉及自然现象典章制度等等，其中也不乏宝贵的物理学史料。小说的情节大多出于虚构，但也有写实的部分，不可避免

地会反映当时的一些情况，例如隋代的《古镜记》是一部神怪小说，其中写到一面反射镜，竟然就是我国古代著名的“透光镜”。即使是纯感情、尚夸张的诗词作品，也含有物理学史料。例如梁元帝（502—548）有一首题为“早发龙巢”的诗，其中有句云“不疑行舫动，唯看远树来”，就十分生动地描述了机械运动的相对性。这样的例子是不胜枚举的。

总之，中国古代物理学史的研究是必须从一切古书中发掘史料的。中国古书没有标点符号，不同的断句读法，可以解释出不同的意义来；古汉语又是一字多义，一个字的不同解释，又可以阐发出迥异的内容。再加以古书，特别是一些笔记小说之类的书，记事往往不尽翔实，或以无作有，或以少作多，或张冠李戴，或添油加醋……因此，每每需要我们作一番鉴别的工作，要去伪存真，去芜存精。这项工作做不好，就得不到真实的史料。所以它是物理学史研究的基础。

怎样做这项工作呢？

首先是把文字释义搞明确。有些古书有它自己的特殊体例和专门用语。读的时候要严格地遵守，否则就无法理解古书的原意，那就更谈不上其他了。

其次，解释出来的科学内容务必是那个时代可能发生的。譬如有人从汉晋时代的《西京杂记》里解释出类似于x光的装置来。这显然是“以无作有”，充其量只能是当时的人们幻想有这一类的“法宝”。从战国开始就有不少古书说公输盘首先制造一种木鸟能在空中飞三天，这个例子是“以小作大”的典型。

此外，中国古书还有个真伪的问题，在我们这里就转化成为某一器物或某一概念出现的年代问题，这些都得小心地对待。