



新世纪高等学校规划教材·物理学系列

物理学史 简明教程

(第4版)

陈毓芳 邹延肃◎编

WULIXUESHI
JIANMING JIAOCHENG



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社



新世纪高等学校规划教材·物理学系列

内容简介

物理学史 简明教程

(第4版)



陈毓芳 邹延肃◎编

WULIXUESHI
JIANMING JIAOCHENG



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

内容简介

本书是在北京师范大学物理系使用的《物理学史讲义》的基础上编写成的。全书共分三篇十二章，采取了分科编年史的写法，即以物理学的各分支学科的发展为线索，而每一分支学科又按年代顺序编排。在各分支学科史中精选某些重大事件进行了较详细的阐述，从而说明物理概念、定律、理论的形成与社会、历史背景和生产条件之间的关系，以及物理学家个人的作用，并着重说明物理思想发展过程的逻辑性和物理方法的运用；通过对几次重大争论的阐述，说明物理学和哲学的密切关系。

本书内容丰富，尽量搜集了各国有关的原始材料，努力于历史的真实。本书可作为高等师范院校物理系的教材，也可供其他院校有关专业师生和中学物理教师参考。

图书在版编目(CIP)数据

物理学史简明教程/陈毓芳, 邹延肃编. —4版. —北京: 北京师范大学出版社, 2016. 8
新世纪高等学校规划教材·物理学系列
ISBN 978-7-303-21076-3

I. ①物… II. ①陈… ②邹… III. ①物理学史—高等学校—教材 IV. ①O4—09

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 183050 号

营销中心电话 010-62978190 62979006
北师大出版社科技与经管分社 <http://jsws.bnupg.com>
电子信箱 kjgg@bnupg.com

出版发行: 北京师范大学出版社 www.bnup.com.cn

北京新街口外大街 19 号

邮政编码: 100875

印刷: 北京京师印务有限公司

经销: 全国新华书店

开本: 787 mm×1092 mm 1/16

印张: 11.75

字数: 248 千字

版次: 2016 年 8 月第 4 版

印次: 2016 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 25.00 元

策划编辑: 梁志国 刘风娟

责任编辑: 范 林 刘风娟

美术编辑: 刘 超

装帧设计: 刘 超

责任校对: 赵非非

责任印制: 赵非非

版权所有 侵权必究

反盗版、反侵权举报电话: 010-62978190

北京读者服务部电话: 010-62979006-8021

外埠邮购电话: 010-62978190

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 010-62979006-8006

前言

1981年，北京师范大学物理系开始开设物理学史课程，并编写了《物理学史讲义》。本书是在此基础上经过修改、补充而成的。

在编写过程中，我们充分考虑了物理系学生的需要、特点和兴趣，采取分科编年史的写法，即以物理学的各分支学科的发展为线索，而每一分支学科又按年代顺序编排。为了培养学生的创造性思维能力和科研能力，在各分支学科史中，精选某些重大事件进行较详细的阐述，从而说明物理概念、定律、理论的形成与社会、历史背景和生产条件之间的关系，以及物理学家个人的作用，并着重说明他们的物理思想的发展过程和物理方法的运用；同时注意了物理学史中几次重大争论的阐述，如关于动能与动量、热的本性、光的本性、对量子力学解释的争论、对热寂说的批判等，用以说明物理学和哲学的密切关系。为使本书内容丰富，史料确切，我们尽量搜集更多的原始材料、引用原文。

全书共分为三篇：古代物理、经典物理和现代物理，共十二章，其中以经典物理的发展为重点。第1章~第6章由邹延肃、陈毓芳编写，第7章~第12章由陈毓芳编写，本书适合高等师范院校作为教材，也可供其他院校和中学教师参考。

本书在编写过程中，北京师范大学吕烈扬教授、清华大学何成钧教授曾审阅全文，杭州大学王锦光教授审阅了中国古代部分，他们都提出了很多宝贵意见；试用过初稿的一些师生也提出了建设性意见；清华大学郭奕玲副教授提供了部分照相底片；同时得到了家人汪端伟和汪普的支持和配合，在此一并表示热诚的感谢。

对本书的疏漏之处，欢迎批评指正。

编者

目 录

绪 论 / 1

第 1 篇 古代物理学

第 1 章 中国古代物理学	3
1.1 中国古代物理思想的探索	3
1.2 我国古代物理学各分支的主要成就	10
第 2 章 西方古代及中世纪的物理学	30
2.1 古希腊的自然哲学	30
2.2 古希腊的物理学	34
2.3 西方中世纪简况	41

第 2 篇 经典物理学的建立

第 3 章 资本主义萌芽时期的科学革命—— 建立日心说的斗争	42
3.1 欧洲近代科学诞生的社会条件	42
3.2 哥白尼和日心体系	44
3.3 天文学的新成就——开普勒行星运动三定律	47
3.4 伽利略在天文学上的功绩	50
第 4 章 从伽利略到牛顿——经典力学的建立	52
4.1 伽利略	52
4.2 伽利略——牛顿时代的科学家	57
4.3 牛顿的伟大综合	61
第 5 章 力学的进一步发展	68
5.1 力学实验基础的进一步发展	68
5.2 牛顿以后关于力学基本概念的一些争论	70
5.3 分析力学发展的基本线索	73

第 6 章 光学的发展	79
6.1 西方古代和中世纪的光学成就简述	79
6.2 折射定律的建立	80
6.3 17 世纪关于光的本性的争论	80
6.4 波动光学的兴起	84
第 7 章 电磁学的发展	86
7.1 电磁现象的早期研究	86
7.2 定量研究的开始——反平方定律的发现	90
7.3 电流的发现和研究所	94
7.4 电磁学的开始	95
7.5 法拉第的实验研究及其主导思想	100
7.6 麦克斯韦电磁场理论的建立	106
第 8 章 热力学发展史概述	110
8.1 热机的发展和热现象的研究	110
8.2 热力学第一定律的建立	116
8.3 热力学第二、第三定律的建立	123
8.4 分子运动论发展简述	128

第 3 篇 现代物理学的兴起

第 9 章 世纪之交的三大发现和物理学革命	135
9.1 X 射线的发现	135
9.2 电子的发现	137
9.3 放射性的发现	140
第 10 章 量子理论的产生和发展	143
10.1 黑体辐射和普朗克量子假说	143
10.2 光电效应和爱因斯坦光量子理论	146
10.3 原子的稳定性和大小及玻尔的原子模型	148
10.4 量子力学的建立	150
第 11 章 相对论的建立	157
11.1 “以太”的兴衰	157
11.2 光在媒质中速度的测定	158
11.3 爱因斯坦和相对论	162
第 12 章 结束语	169
12.1 历史的回顾	169
12.2 近年来的进展	170

参考文献/176

物理学大事简表/177

绪论

1. 学习和研究物理学史的目的和意义

(1)物理学史是研究物理学的知识、理论和方法的发生与发展规律的历史科学。

研究物理学发展史这门科学，对于物理学本身的发展具有重大意义。伽利略、牛顿、爱因斯坦等物理学中的伟人，他们正是“站在巨人的臂膀上”，总结并发展了前人的成就，从而做出伟大的贡献。通过研究历史可以了解过去，认识现在，展望未来。

物理学发展的规律问题，具有广泛的社会意义。科学的规划与管理、哲学家、历史学家、各种自然科学家，都会从中受到启发与教益。

(2)对于物理教师和在校的物理专业学生，研究和学习物理学史有助于了解与概括物理学基础知识发展的全貌及其总体规律，研究与掌握物理思想和研究方法的发展过程。有利于巩固和加深理解已学的物理知识，便于在教学中抓住来龙去脉，增强学习的主动性与自觉性，提高学习兴趣与教学质量。

(3)物理学史充满了各种哲学思想的斗争，有许多献身于真理的科学家的动人事迹，是培养辩证唯物主义、历史唯物主义观点，鼓舞我们献身四化和科学事业的好教材。

2. 物理学史的研究方法

在辩证唯物主义方法的指导下，物理学史这门历史科学才可以更顺利地发展。

物理学史可以说是一门交叉学科，是文科和理科的结合，它运用历史科学的方法，研究的内容是物理科学的发展规律。

近年来，我国对物理学史的教学和科学研究工作，有很大的发展，有不少人从不同的角度，不同的侧面进行各种研究，但有些问题看来仍需要引起注意。

例如，物理学首先是在生产实践和科学实验的基础上发展的，只有在此基础上，人们才得以日益深刻地认识物质的性质、构造和各种运动形态的规律，因此，在研究和学习物理学史时必须首先注意物理学与生产和科学实验的关系。

其次，数学作为一门基础科学，运用于各门自然科学，首先是天文学和物理学之中，物理理论体系只有用数学语言表述，才更显示出它的唯一性和精确性；实际物理问题的研究和计算，有数学作为工具，就具备了说服力和可靠性，数学作为物理科学的思维方法，它又是那样简明和深刻。难怪在物理学发展的历史上，不少物理学家同时又是数学家。因此在学习和研究物理学史时，必须注意物理学和数学的关系。

再次，物理学是在新旧观念、学说和理论之间的不断斗争之中发展起来的，它的发展过程充满着曲折、矛盾和斗争，特别是唯物主义同唯心主义的斗争。哲学观点包括宇宙观和方法论往往深深地影响着物理学家的研究工作。因此在学习和研究物理学史时，必须注意物理学和社会背景、历史条件、特别是哲学思潮的关系。

最后,应该把物理学史的研究和物理学的教学和研究工作结合起来,把科学史的专业研究与业余研究结合起来.这样才可能使物理学史的研究工作具有实用价值和生命力,并得到迅速的发展.

3. 物理学史的分期

在现行的有关书籍中,对这一问题的处理各有不同,主要有以下一些方法.

(1)按年代划分.例如以一个世纪或每 50 年为一阶段.弗·卡约里著、戴念祖译的《物理学史》就是采用这种办法.

(2)按人物划分.例如“从罗蒙诺索夫到法拉第时期”“从法拉第到门捷列夫时期”等.П. С. Кудрявцев 所著《История Физики》(《物理学史》)一书就有这种倾向.

(3)按社会经济形态分期.物理学的发展从根本上说来决定于社会生产的发展.而注意经济基础对物理学发展的影响,以致按经济形态来划分物理学发展的各时期,是这种分期法的特点.

П. С. Кудрявцев 和 И. Я. Конфедратов 合著的《История Физики и Техники》采取的就是这种方法.

(4)按物理学发展的特点来分期.把物理学的发展分为若干时期,在每一时期中找出一些只有该时期所具有的特殊点.Б. И. Спасский 所著的《История Физики》的导言中就是这样主张的.

(5)以物理学的各分支为线索,按年代顺序编排,劳厄著《物理学史》就是采用这种方法.

以上几种处理办法,各有自己的特点,但也各自存在一些不同程度的问题.

本书按照物理科学本身发展的规律,结合社会经济各时期的特点,并考虑到不同时期有不同的研究方法,把物理学发展的历史大体分为三个时期.

(1)17 世纪以前(即 1600 年以前)是科学的萌芽时期,也可以叫做经验科学和自然哲学时期.这大体在文艺复兴及资本主义生产关系广泛发展以前,在我国则在明末以前.这时期内我国和古希腊形成两个东西交相辉映的文化中心.经验科学已从生产劳动中逐渐分化出来.这时的主要方法是直觉的观察(包括现象的描述与经验的初步总结)与哲学的猜测性思辨.与生产活动及人们的直接感官有关的天文、力、热、声、光(几何光学)等知识首先得到较多发展,除希腊的静力学外,中国在以上几方面在当时都处在领先地位.

(2)17 世纪到 19 世纪(即 1900 年以前)是经典物理学时期.这时资本主义生产促进了技术与科学的发展,这时期内建立了系统的观察实验与严密的数学推理相结合的方法,形成了比较完整的经典物理学体系;还可以进一步划分为 1600—1800 年经典力学建立与发展阶段和 1800—1900 年经典物理学部门分别发展的阶段.

(3)20 世纪到现在是现代物理学革命时期,相对论与量子力学的建立,导致了探讨物质结构和相互作用的统一理论以及天体物理等新科学的飞速发展,在实验手段、数学工具和逻辑推理方法等方面也都大大前进了一步.物理学还正在向其他学科渗透,交叉科学大量涌现.物理学的规律和方法正在不断扩大其范围.

第 1 篇 古代物理学

第 1 章 中国古代物理学

从整个中国古代科学技术的发展来看,应用技术走在前面(如指南针、纸、印刷术、火药、丝绸、瓷器、农业、医药……),而基础科学理论相对来说发展迟缓;其中对有机界的研究又较强,而天文、数学、化学又比物理强。但是不能想象一个民族没有一定的理论就能在当时有那样高度的物质文明。对中国古代物理成就的研究,目前国际科学史家极为关心。

我国古代物理学成就中,比较突出的有:物理思想比较活跃(特别是春秋战国时代)。力、声、磁、光等方面有较多的成就。从研究方法上看,基于生产技术中的经验和日常生活中的观察而作的定性描述较多;相反,有目的地进行实验或结合数学上的推证和计算来思考则比较少。社会上没有尊重科学技术(包括实验)之风,所以这些自发的分散的成就被埋没或散失。从时间分期来看,大体以春秋战国(公元前 8—3 世纪)、两汉(公元前 2 世纪到公元后 2 世纪)、宋明(10—17 世纪)为三个高潮。正确对待这份珍贵的遗产,既不妄自菲薄,也不妄自尊大,实事求是地继续探索,这就是我们应有的态度。

为什么我国科学技术 13 世纪以前处在其他国家望尘莫及的领先地位,而近代科学却不是从中国开始发生?这是国际科学史界当前极感兴趣的一个研究课题。

1.1 中国古代物理思想的探索

原始人类总是用神话和宗教来解释大自然的威力。随着生产的发展(从石器时代、青铜时代到铁器时代),人们在制造和利用工具来征服自然方面,逐渐积累了不少对物质世界运动的直觉经验。当思想家和圣哲把群众的实践经验与自己的直觉观察作出条理性或哲理性的解释、并逐渐摆脱神的观念时,科学就开始萌芽了。这种初期的自然哲理又往往与人间祸福交织在一起构成了人们对自然与社会的总体认识。这些自然哲理显著地影响着后代对自然的认识和斗争,成为物理学概念的最早起源。人们常常从中发掘珍贵的物理思想火花,从而对当前物理学发展中的疑难问题有所启示。在物理学正在向生命科学等领域渗透的今天,中国古代物理思想正是这样一个历史宝库。

1.1.1 中国古代自然哲学中的物质观

我国古代人民对物质本原的认识,有五行说、阴阳说、原子说与元气说。五行说与阴阳说回答了世界是由什么物质(几种元素)组成以及它们如何按阴阳消长而运动变

化的问题。原子说与元气说则对物质的最终构成是否连续的问题表述了不同观点。特别是元气说，是我国古代的一份独特的珍贵遗产。

1. 五行说

古代人们把生活中常见的几种物质状态或运动形式作出初步归纳分类，这是物性学概念的最初萌芽。因此，把万物归于几种基本元素的这类朴素观点，古代各国都是共同的，如希腊的“火、气、水、土”，印度的“水、地、火、风”等。中国的五行说产生的时代较早（殷末周初，约公元前 10 世纪前）。在我国最早的一部商周史料汇编《书经》即《尚书》的《大传篇》中记载：“水火者，百姓之所饮食也；金木者，百姓之所兴作也；土者，万物之所滋生，是为人用。”值得注意的是我国对“金”元素的重视，反映我国古代冶炼业的发展有了相当高的水平（如商代已有重 875 千克、含锡铅达 14.43% 的青铜器，公元前 6 世纪在齐晋已使用铸铁工具等）。“木”元素的提出反映了我国建筑业和手工业的发达。

《国语·周语》记载：周幽王九年（公元前 773）太史伯见郑桓公曰：“以它平它谓之和，故能丰长而物生之，若以同裨同，尽乃弃矣！故先王以土与金、木、水、火杂，以成百物。”注意这里已不是单纯的分类，而是有异质交杂而生万物的思想；如果完全纯，就不能成自然界。

在五行中还有没有更根本的东西？在我国提出这一问题的首推管仲（卒于公元前 645），他认为“水者，地之血气也……集于天地，可藏于万物。……人，水也……水也，万物之本原也”（《管子·水地篇》）。这是认为水为万物之本。

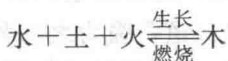
2. 阴阳说

这是我国古代由巫术占卜发展起来并在我国古代哲学乃至科学理论（包括医学）中起了重要作用的一种哲学思想。古代氏族首领与奴隶主在决定大事时常设卜、史、巫、祝等文职预测吉凶，龟壳或占草的正反面即阳阴面，一卜为“爻”（音尧），三爻为“卦”，爻的正反组合（ $2^3 = 8$ ）为八卦乃至六十四卦（“重卦”）等。在殷周之际（公元前 1100—前 900 年左右）逐渐形成的《周易》就是：“爻辞”与“卦辞”汇编，它集中反映了关于天文气象、阴阳交变的朴素观点并用以比拟人间祸福，形成了原始的宇宙生成观和对立统一观点：“易有太极，是生两仪”（“阴阳”或“天地”），“两仪生四象”（四季），“四象生八卦”（天、地、风、雷、水、火、山、泽），由八卦而生万物；还有“无平不陂，无往不复”（《泰卦九三爻辞》），深刻表达了辩证观点。《老子道德经》中提出“万物负阴而抱阳”，即万物本身都有正反、腹背、阴阳，思想十分鲜明。阴阳说还广泛地用来解释各种现象。如周幽王二年（公元前 780），大夫伯阳文以“阳伏而不能出，阴迫而不能蒸”即阴阳失调来解释地震（《国语·周语》），《淮南子·说山训》解释月食，“月望，日夺其光，阴不可以乘阳也，”高诱注曰：“月十五日与日相望东西，中绳则月食，故夺月光也，差则亏，至晦则尽，故曰阴不可以乘阳也。”从这类解释来看，由于缺乏充分的事实根据，孤立的阴阳说只能导致直觉加玄想的哲学思辨，但因此而完全否定其中的某些科学思想价值也不妥当。例如，《易经》由二演化出万物的方法对于德国科学家 Leibniz（1646—1716）首先提出的二进位计数法起过重要影响，他曾从传教士 F. J. Bouveout 处得到过

六十四卦次序图和圆圆方位图，并承认在发明二元算术法中确实受到中国《易经》的重大影响，有关书信和材料现仍保存在汉诺威图书馆。

阴阳说后来的发展分两个方向。一个与元气说结合（详见后），成为我国独特的科学思想体系；一个与五行说结合而成阴阳五行说。从战国末年阴阳家邹衍（公元前305—前240）开始，鼓吹五行相生相克，循环不已，并推广到社会与历史，牵附于万物，以五方、五畜、五色、五脏、五福……杂凑为“五”，使科学走向迷信，并为以后封建迷信及儒家董仲舒等利用，实际上起着阻碍科学发展的作用。

反对这种学说的是墨经：“五行毋常胜。”《经说》：“火炼金，火多也，金靡炭，金多也。”并提出“木合水、土、火；火离木，燃”，即：



这已孕育了可逆反应的思想。

3. 原子说

它在中国发展较少，立论不多。

(1) 墨翟(约公元前468—前382)其著作《墨经》及弟子逐条注释的《经说》共179条5700字。各分上下篇，逻辑严密，注意实验，包括数学、物理逻辑等内容，是我国最早比较完整的科学文献。

《墨经》：“端，体之无厚而最前者也。”端，古字为“𦵏”，表示“芽”，它们在物体中既然是无厚的，“前”就应理解为最本源的发端。“端，是无间也”（《经说》），进一步说端是无空隙的最小原始单位。《墨经》还提出用机械分割法最终总可以找到“端”的思想，认为不论用何法分割（一半一半地分割或者“前后取”四分之一），都可以遇到“弗斲”（音渎）即不能再分的“非半”：“中无为半，犹端也”，“前后取，端中也。”此外还提出：物质中间有空隙，即“盈”“虚”（或“中”）、“有”“无”；两组原子之间有三种组合方式：①“摠”（互相重合）；②“𦵏”（部分重合）；③“次”（连接而不重合），这是我国关于物质结构的最早图像。

(2) 以惠施为代表的名家

惠施(约公元前370—公元前318)，战国中期名家(主张研究“名”即概念和“实”即事物的关系)的突出代表，是值得进一步研究的自然哲学家。他是当时齐国稷下学派中吸引天下“辩者”(名家的别名)的中心人物。惠施多方，其书五车，可惜他的许多实际本领(被称为“方术”)随其著作一起失传了。庄子痛惜他的去世，并在《庄子·天下篇》记载了他的“历物十事”和“二十一辩”，其中有关“原子论”和物质连续可分的两条：“至大无外，谓之大一，至小无内，谓之小一”把“大一”(宇宙)与“小一”(原子)加以对比，这是很了不起的思想萌芽；“一尺之捶，日取其半，万世不竭”(物质无限可分)。这两种观点今天看来截然相反。应该注意当时的“小一”“无内”“不竭”等的概念都是比较模糊的，即使理解为“原子”，也没有十分具体的模型。反映了名家(包括公孙龙)这些辩者思想的活跃。

中国古代对“原子”的叫法有“端”“毫”“微”“几”“邻虚”等。特别是“邻虚”有近于零的意思，概念十分准确。由于缺乏实验的基础，我国原子论始终停留在比较原始的

阶段。

4. 元气说

从《易经》的“太极”到《老子道德经》的“道”，以荀子为代表的“气”以及种种“太一”“太虚”“精气”等等，是我国古代自然哲学史上占主导地位的物质运动论，值得进一步探索和研究。《易经》已如前述。

(1)《老子》

李耳，楚国苦县(今河南归德)人。成书于战国的《老子》分为《道经》《德经》81条，5000余字。老子继承了易经的思想，并将“太极”明确发展为“道”，以“道”而不是以“天”“神”为万物的本源：“有物混成，先天地生，寂兮寥兮，独立不改，周行而不殆，可以为天下母，吾不知其名，字之曰道，强为之，名曰大。”又说：“道生一，一生二，二生三，三生万物。万物负阴抱阳，冲气以为和”(阴阳中和叫“冲气”)。注意这里说由阴、阳、中三者而生万物，这是何等的预见性！老子的“道”除认为是“有物混成”的物外，有时还指规律，如：“天之道，其犹张弓欤？高者仰之，下者举之，有余者损之，不足者补之。”从以上看，不论对老子整个学说的评价如何争论，他的自然哲学部分至少应说含有某些原始的唯物主义成分。

老子的思想充满辩证法。如关于“有”和“无”的关系。他曾举车毂为例：“三十辐共一毂，当其无，有车之用，”(只因毂中间有空洞，车才有作用)。“凿户牖以为室，当其无，有室之用”，有了室中的空间，才有运动活动的可能场所“室”。

(2)尹文、宋钘及以后的发展

老子的弟子尹文、宋钘(齐“稷下之学”的主持者)将“道”发展为“气”。经考证，《管子》书中《内生》等篇很可能出于其手，其中认为：“凡物之精，此则为生，下生五谷，上为列星，流于天地之间，谓之鬼神，藏于胸中，谓之圣人，是故名气。”“凡道，无根无茎，无叶无果，万物以生，命之曰道……精也者，气之精者也。气，道乃生，生乃思，思乃知，知乃止。”在反映杂家主要是儒道思想的《吕氏春秋·大乐》载：“太一出两仪，两仪出阴阳，阴阳变化，一上一下，合而成章。浑浑沌沌，离则复合，合则复离，是谓天常……万物所出，造于太一，化于阴阳，萌芽始震，凝寒以刑(形)，形体有处，莫不有声。”这就是把气分为“精气”与“形气”的开始。《列子·天瑞》说得更清楚：“太初者，气之始也，太始者，形之始也，太素者，质之始也。”此后，各派哲学家从老、庄等学说中各取所需，长期论战。唯心主义方面有先秦、两汉的“天命论”“天人感应论”，两晋玄学家王弼把“无”与佛教“空”“寂”结合，两宋时有所谓“理在气先”“理生万物”，朱熹、周敦颐提出“无极生太极”、“太极生阴阳”等。唯物主义的自然科学家们主要认为“元气”是自然的物质本源，下面是他们的论点举例。

①荀况：(公元前313—前238)

“水火有气而无生，草木有生而无知，禽兽有知而无义，人有气有生有知且有义，故最为天下先也。”这里明确提出无机物中的“气”，生物中的“生”，动物的“知”，社会的“义”等几个层次，水火、植物、动物、社会都是气的不同发展阶段中的表现形式。

②王充(东汉，公元27—97)

“天地，含气之自然也。”他反对“天造万物”之说：“如谓天地为之，为之宜用手，

天地安得用千千万万手，并为万万千千之物乎！”（《论衡·自然篇》）

他用物理现象来解释“气”，如热的传播：“夫近水则寒，近火则热，远之渐微，何则？气之所加，远近有差也。”（《论衡·寒温》）

(3) 气的本质

我国古代自然哲学家对气的本质有过许多讨论，共同点是：①气是宇宙万物的本源，所谓“最为天下先”。王充命之曰“元气”（“俱禀元气，或独为人，或为禽兽”，见《论衡·幸偶》），三国时的嵇康（公元223—263）称为“太素”。宋朝张载（1020—1077）、明朝王夫之（1619—1692）称为“太虚”。②气的变化运动规律是阴阳分合，“精”“形”交变，如：“浩浩太素，阳曜阴凝，二仪陶化，人伦肇兴”（嵇康《太师箴》）；“阴与阳者，气而游乎其间者也”（柳宗元《非国语上·三川震》）。“一气之中，二端既肇，摩之荡之而变化无穷”，“阴阳二殊，故以异相感”，“聚而成形，散而归之太虚”，“气之散于太虚，犹冰凝释于水”（王夫之：《张子正蒙注·太和篇》）。除以上两点外，对“气”有各种了解。柳宗元认为元气本身在运动：“自动自体，自峙自流……自斗自竭，自崩自缺”（《非国语上·山川震》）。王夫之认为是相感而动：“盖阴阳者气之二体，动静者气之二几，体同而用异则相感而动，动而成象则静”（《张子正蒙注·太和篇》）。他们还认为：“阴阳二气充满太虚，此外更无他物，并无间隙”（同书），因此是充满于整个世界的连续性物质，“天之象，地之形，皆其所范围也。”至于气本身的运动规律，讨论不多，如三国时的嵇康把声音的传播与气的传播相比拟：“音声之作，其犹臭味在于天地之间”（《声无哀乐论》），即与波动方式相近。总之，中国自然哲学中的“气”，大致可归纳为是一种充斥于天、地、人、万物内外的、有生命力的（即自动运行的）、连续不绝的、变化无穷的物之本原，它比西方的“以太”（只传递光波或构成天上物体）、“能量”（从属于物质）、“流体”（物质的一种特定形态）、“波”（运动形式）、“场”（依赖于场源的物质形态）都要广泛，或者说是以上几种概念的总和。可惜对“气”缺乏一种综合的系统的说明，并且始终停留在经验（如医疗或“气功”）和哲学解释的阶段。

(4) 守恒原理

唯一比较系统阐述的是由“气”导出的守恒原理。

王夫之重视实践，曾深入手工作坊考察制墨烧汞过程，得出“生非创有，死非消灭”的重要结论。他还运用气的概念导出守恒原理，在《张子正蒙注·太和篇》中提出：“散亦吾体，聚亦吾体，其本体不为之损益。”他还举出三个例子说明这种守恒，包括“气”与“形”的总和在内。

①“车薪之火，一烈而尽，而为焰，为烟，为烬，木者仍归木，水者仍归水，土者仍归土，特希微而人不见尔！”

②“一甑之炊，湿热之气，蓬蓬勃勃，必有所归，若盒（音“安”）盖严密，则郁而不散。”

③“汞见火则飞，不知所往，而究归于地。”他还总结说：“有形者且然，况其氤氲不可象者乎？”他还驳斥那种唯心主义的生灭之说，批判佛教和程颐、程颢的理学谬论：“故曰往来，曰曲伸，曰幽明，而不曰生灭，生灭者，释氏陋说也”。“倘如散尽无余之说……则此太虚之内，亦何得此无尽之储，从终古趋于灭而不匮邪？”（《二程遗书》）

(5)对元气论的初步评价

对我国元气论的探索与研究近年来已引起国际上的注意,包括对元气论的评价。

①元气论(或“道一气”学说)是我国从公元前10世纪(《易经》)开始形成、流传两千多年、至今还具有一定价值的关于世界统一图景的学说,因此它是世界上最古老而仍具影响的一种一元自然观。它包括了天与地、阴与阳(事物的正反面)、无机与有机、物质与能量、有形与无形、连续与断续、微观与宏观、局部与整体等的统一。用以解释一切自然作用(包括重力即所谓“清”“浊”、电磁吸引、潮汐、化合与分解、有机与生命乃至人类的生老病死等)。这种朴素的一元化理论不但显示了我国古代自然哲学的高度智慧和开阔眼界,而且对当前物理学发展也可能提供某些启发:“东方神秘主义将提供一个能够适应物理世界最新理论的一致而又漂亮的哲学框架”。^①

②“元气论”完全不同于西欧近代科学的发展模式。后者是从物体在空间的机械运动开始,发现力和场、振动和波,扩展到场的变化,在波动中发现粒子特性,即波与粒子的统一,弱相互作用与电磁作用的统一。换句话说,是从个别的定量研究中导致着普遍的理论,从个别到一般地认识自然界的辩证规律。中国的“元气阴阳论”则从一开始起就坚持:a.物质的统一性,b.每一事物的矛盾性,c.基元物质(“元气”)的连续性分布与运动,d.守恒原理等根本规律,由此出发去考察各种具体规律与作用。我国较长期地发展这种从一般到个别的模式,是使具体科学部门发展缓慢的原因之一,但事物总是一分为二的,这种模式在认识历程中完全不涉及什么“超距作用”“近距离作用”或“自然害怕真空”等。并且跨越了整个无机界的具体作用直接进入有机世界和生命现象这些较深的认识层次。在有些方面(例如中医,某些物理思想等)可能有独到之处。这种从总体、辩证、综合和动态观点统一去观察世界各种大小系统的认识路线,在目前科技发展中具有新的重要意义,它和系统论的观点是相通的。元气论的主要研究价值盖源于此。

③元气论在应用上特别是在生物物理方面有不少实际的研究价值。人体中的“内气”与“外气”问题,生物场的仪器探测,“外气”的信息传递作用与人体特异功能,“气功”的奥秘与理论,用非平衡态理论研究人体这一开放性系统等问题都已提出来。^②有大量的发掘、整理、研究工作可以做。

④元气论作为自然哲学派别在开辟认识自然的道路上有一定作用,但几千年来这一学说本身发展甚为缓慢,长期停留在定性观察、推测、玄想阶段,缺乏科学记述、实验、数学处理等方法的配合,在相当程度上没有完全脱离方家道士之类宗教玄学影响。

1.1.2 中国古代自然哲学中的时空观与运动观

1. 关于时空与宇宙的概念

战国时尸佼(公元前390—前330,《尸子》则成书于汉代)说:“四方上下曰宇,往

① Fritjof Capra. The tao of physics[M]. Shambhala Publications, Inc., 1975.

② 钱学森. 开展人体科学的基础研究[J]. 自然杂志, 1981, 4(7): 483-488.

古今来曰宙。”西方“universe”意思是地域广大。我国的“宇宙”一词往往包括了空间和时间的统一性与无限性。

《墨经》：“宇，弥异所也”（包括不同地点），《经说》：“宇、蒙东西南北”。“久（宙），弥异时也”，“久，合古今旦莫（暮）”。

2. 运动中的时空相关性

《墨经》：“动，域徙也”（地点的变动）；“俱止，动”（物体上各处作同样运动，平动）；“偏，际徙”（边沿的移动，转动）。“宇域徙，说在长宇久”（空间的位置变动，发生在一定间隔的空间和时间内）。《经说下》解释说：“长宇，徙而又处，宇南宇北，在旦又在莫（暮），宇徙久（宙）”（在一定的空间内的运动和静止，产生了南北等方向和时间的早晚。即：空间的运动引起时间的变化）。明朝方以智（1611—1671）在《物理小识》卷二中提出：“宙轮于宇，则宇中有宙，宙中有宇。”这是很深刻的，从直观观察中看到时空的统一，看到时空与运动的紧密联系。

3. 时空(宇宙)无限的观点

张衡：“宙之端无穷。”《灵宪》

王充：“天去人高远，其气苍芒无端末。”（《论衡》）

柳宗元：“无中无旁，乌际乎天则？”（没有中心也没有旁侧，哪有什么天的边呢？《天对》）

南宋邓牧：“天地大也，其在虚空不过一粟耳！”“谓天地之外无复天地，岂通论耶？”（《伯牙琴·超然观记》）

元《琅玕记》：“天地亦物也，天地之外更有天地。”

4. 惠施对直觉的时空观的非难

要建立科学的时空观，必须敢于怀疑通常建立在直觉经验上的时空观与运动观，惠施的非难应该是使这一认识深化的起点，闪烁着我国古代人民智慧的光辉，其“历物十事”和“二十一辩”除前述两条和个别条之外，可以按性质作如下排列。

(1) 关于空间

- ①“无厚不可积也，其大千里”（二维平面）；
- ②“天与地卑，山与泽平”（从宇空看地球）；
- ③“距不方，规不可以为圆”（无理想的线条）；
- ④“南方无穷而有穷”（地可能为球形）；
- ⑤“我不知天下之中央，燕之北越之南是也”（地可能为球形）。

(2) 关于时间

“今日适越而昔来”（没有绝对的“同时性”）。

(3) 关于物质及其变化

- ①“指不至，物不绝”（人眼之外，物质连绵不绝）；
- ②“日方中方昞，物方生方死”（太阳刚到中心又偏了，万物也是生死不断）。

(4) 关于运动的非难

- ①“飞鸟之景（影），未尝动也。”

②“镞矢之疾，而有不行不止之时”(飞矢既在一处又不在一处)。这与西方芝诺(见第2章)的佯谬有异曲同工之妙。

(5)关于非常状态

①“火不热”(对高温而言)；

②“目不见”(有不可见的光)；

③“山出口”(地震)；

④“轮不辗地”(飞轮之类，无须辗地)。

这些都是很光辉的思想，惠施自认为要“散于万物而不厌，逐万物而不反”，愿意具体研究事物的道理，多而不厌，乐而不知反。可惜却没有留传下来。不少儒家学士认为“荒诞不经”，扼杀了物理思想的讨论与发展。

另外，当时的名家公孙龙还与惠施有“石坚白”之争，但不只是物理问题而是哲学问题了。

国外目前有一些学者对我国古代物理思想颇感兴趣。例如汤川秀树在1974年日本召开的第十四届国际科学史代表大会上“日本科学一百年”的讲话中谈到《老子》《庄子》思想对他的影响^①。我们应该大力发掘和深入研究。

1.2 我国古代物理学各分支的主要成就

1.2.1 我国古代力学的成就

我国古代力学的发展中，应用方面有很高的技术水平，有的堪称“绝技”，在力学的基本理论方面有相当完整的概念体系，可惜在表述方面却很不精密(如对运动学方面的描述)，不能把分散的精湛技术经验用文字或数学符号记录保存下来并推广提高，以致许多宝贵技术在家族或师徒的口头传授或定性描述中流失。现在只能根据有限的文字材料进行分析。

1. 基本测量

(1)长度

除与其他国家基本相似的长度单位(取人的身体某部分单位如《家语》载“布指知寸，布手知尺，舒肘知寻”等)外，我国还有“以蚕吐丝为忽”(《说文》)，“十马尾为分”(《易纬·通挂验》)。据《虞书》载，还以音律来定长短，以小米重量为合、升、斗等。

(2)时间的计量与计时器

我国古代设官专司天文历算，因此在时间的计量与测时仪器方面在14世纪欧洲出现机械时钟前一直有很高水平。

“土圭……以致四时四月”(《周礼·春官》)。

^① 中国科学院自然科学史研究所，科学史译丛(1980年第1期)[M]。呼和浩特：内蒙古人民出版社，1980：52。

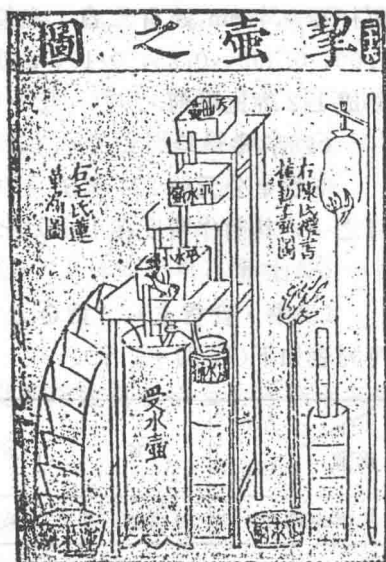
“挈壶氏(司刻漏的官)……悬壶……以水火守之,分以日夜”(《周礼·夏官》)。“《周礼》挈壶氏,其法总以百刻,分以昼夜,冬至昼漏四十刻,夜漏六十刻,夏至昼漏六十刻,夜漏四十刻,春秋二分,昼夜各五十刻”(《隋志》)。周汉时代,我国已开始用等分一昼夜为百刻(或十二时辰)的办法来计时,但欧洲古代(14世纪前)钟点的长短却随白昼长短而变。我国用于支纪日可从商甲骨卜辞中发现^①,有史可考的是从东周时开始以干支纪年与纪日,历几千年不断。

“漏刻之制,盖始于黄帝,其后因以命官”(《隋志》)。漏壶的式样很多,如图 1-1 右侧是当时作为《周礼》挈壶氏一节的插图,壶中水滴入有箭杆浮子标记的受水壶中,左侧是宋代王普(图中的“王氏”)《官术刻漏图》中描写的“莲花漏”(受水壶的顶部作佛门莲花装饰而得名),水由给水壶(“天仙壶”)经两重“平水壶”漫流入莲漏,漏上的刻箭上升到最高位置时可以使流水经过的管口堵塞,其余“运水斛”“退水斛”“咸(减)水桶”为附属装置^②。

公元前 104 年,司马迁曾建议召开历算家会议(所谓“博士共议”)落下闳等参加,制成“太初历”。《前汉书·卷 21 上》记载说:“乃定东西,立晷仪,下漏刻,以追二十八宿相距于四方,举终以定朔晦、分至、躔离、弦望”(朔晦:一月的始日与终日;躔,天体的运行)。日晷不仅可以根据杆影测定每天的时刻,而且在天文历算中当时与漏刻、星象等进行测算以立历法、测天高、测子午线长(唐僧一行,南宫说等)^③等。汉代桓谭(公元前 23—公元 56):“余前为郎(官名),典漏刻,燥、湿、寒、温轍异度”(发现刻度随气温明显变化,现知:水的黏滞系数在 100℃ 与 0℃ 间变化六倍以上),故有昏、明、昼、夜,昼日参以晷景(影),夜分参以星宿,则得其正。(《全上古三代秦汉三国六朝文·全后汉文》)

在北京故宫等处还保留有古代日晷,晷面与赤道面平行,表针指向天极,形成太阳计时器。元代郭守敬(1231—1316)在河南登封建立的观星台,表高 40 尺,圭长 128 尺,重 18 吨,使日影长度读数可准到 0.1 毫米^④。

此外,还有沙漏、火钟(如古代盘香、“长明油灯”)等。例如元末杨璃《山居新语》(1360)载有青塔寺“影堂长明灯,每灯一盏,岁用油……总计三百五十一斤……年余五



有关刻漏的最古老的木版画
《契壶之图》

图 1-1

^① 李约瑟. 中国科学技术史: 第四卷[M]. 香港: 中华书局, 1975—1978: 335, 538.

^② 同上书, 见 336 页“刻漏”一节.

^③ 《新唐书·天文志》载, 公元 724—726 年, 张遂(僧一行)、南宫说等人实测了河南等地的日影长度, 得出子午线 1° 长 351 里 80 步, 合现代值 153.07 千米, 现代实测为 110.94 千米.

^④ 详见本章“我国古代的光学成就”部分, 或参阅潘鼐, 向英. 郭守敬[M]. 上海: 上海人民出版社, 1980: 41, 58.