

近代自然科学史概论

张瑞琨 主编

(上册)



华东师范大学出版社

近代自然科学史概论

上 册

张瑞琨 主编

华东师范大学出版社

近代自然科学史概论

上册

张瑞琨 主编

华东师范大学出版社出版
(上海中山北路 3663 号)

新华书店上海发行所发行

华东师大印刷厂印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 12 字数: 310千字

1986 年 9 月第一版 1986 年 9 月第一次印刷

印数: 01——8,000 册

统一书号: 13135·025

定价: 2.40 元

内 容 提 要

本书不以各学科为体例,而是严格按时间先后的顺序,介绍自文艺复兴以来自然科学发展的历史,对西方近代科学史上的重大事例作了比较详细的论述,并在各历史时期内,介绍和分析了中国的科学成就。本书在介绍一般史实的同时,还注意科学思想和概念发展的渊源关系,叙述各学科之间的相互渗透和相互影响,分析科学的发展与社会、经济、哲学思想之间的关系,论及一些著名科学家的思想方法,评述不同学派之间的争论对自然科学发展的影响,等等。全书贯穿史论结合的原则,材料比较丰富、结构新颖。全书共分三册,约八十万字。

本书可作为高等院校(特别是高等师范院校)文理各科的本科生、研究生或各级党校自然科学史课程的教材或主要教学参考书,也可供科学史、哲学和自然辩证法工作者,大、中学教师、一般管理工作者和具有中等以上文化水平者阅读参考。

前 言

《近代自然科学史概论》一书，是本校自然辩证法暨自然科学史研究室的全体同志，在几年来的研究和教学的基础上，集体编著而成的。全书以自然科学(包括数学)的主要成就为主线，从文艺复兴开始，直至二十世纪的今天，按历史顺序撰写，这样可以消除学科间的界限，看清各门学科之间的联系。全书贯穿史论结合的原则，史料比较丰富。全书估计八十万字左右，分为三册出版，即十六十七世纪和十八世纪为上册，十九世纪为中册，二十世纪为下册。

袁运开

1984年6月于华东师范大学

目 录

历史的导言

- § 1 从远古到前三世纪的古代科学 (1)
- § 2 前二世纪到三世纪的天文学和对宇宙结构的猜想
..... (9)
- § 3 四世纪到十四世纪的阿拉伯和中国的科学 (13)
- § 4 作为古代科学和近代科学中间环节的中世纪 (20)

第一篇 十六、十七世纪部分

第一章 (27)

- § 1 从新大陆的发现到第一次环球航行 (27)
- § 2 早期宇宙体系问题的争论 (36)
- § 3 哥白尼及其宇宙日心体系的建立 (46)
- § 4 与教义搏斗的布鲁诺和塞尔维特 (56)
- § 5 维萨里乌及其《人体的构造》..... (63)
- § 6 李时珍及其《本草纲目》..... (70)
- § 7 声学知识的发展和朱载堉的十二平均律 (76)

第二章 (81)

- § 1 伽利略及其在天文学上的贡献 (81)
- § 2 伽利略的运动理论 (86)
- § 3 开普勒的新宇宙 (92)
- § 4 哈维及其血液循环学说的创立 (98)
- § 5 机体微观认识的开拓者 (104)
- § 6 宋应星的科学思想和研究成果 (114)
- § 7 徐霞客及其在地学上的贡献 (118)

§ 8	笛卡儿对自然科学的研究	(127)
§ 9	笛卡儿的解析几何学	(132)
第三章		(142)
§ 1	十七世纪后半叶的天文学	(142)
§ 2	艾萨克·牛顿的生平和科学活动	(148)
§ 3	从平方反比定律到运动三定律	(153)
§ 4	《自然哲学的数学原理》	(157)
§ 5	牛顿对色散的研究和他的光学著作——《光学》	(161)
§ 6	光的本性之争	(167)
§ 7	微积分的创立	(172)
§ 8	从炼金术向化学的过渡	(184)
§ 9	中国科学发展的历史转折	(196)
第四章		(202)
§ 1	科学家	(202)
§ 2	技术因素	(206)
§ 3	哲学的作用	(209)
§ 4	科学的革命	(216)

第二篇 十八世纪部分

第五章		(223)
§ 1	牛顿力学的验证与传播	(223)
§ 2	光的理论和望远镜的建造	(227)
§ 3	光行差和太阳系内新天体的发现	(229)
§ 4	太阳系起源和地月系演化的研究	(234)
§ 5	解决物理问题的需要推动了微分方程和变分法 的研究	(239)
§ 6	应用数学家的典范欧拉	(248)
第六章		(261)

§ 1	燃素说的兴衰	(262)
§ 2	早期(林耐以前)的物种分类	(269)
§ 3	林耐的分类系统	(275)
§ 4	林耐的成就与思想	(281)
§ 5	地质学的先驱	(287)
§ 6	大地测量和地理考察	(291)
§ 7	静电相互作用和电的运动性质的研究	(296)
第七章		(300)
§ 1	拉瓦锡的氧化理论和化学革命	(301)
§ 2	布丰及其早期的进化论思想	(308)
§ 3	渐成论和预成论	(316)
§ 4	生源说和非生源说	(323)
§ 5	水成说和火成说	(326)
§ 6	热学开始成为定量科学	(333)
§ 7	丰富的数论成果和概率论的兴起	(337)
§ 8	拉普拉斯的太阳系起源假说	(344)
§ 9	赫歇耳开创恒星天文学研究	(348)
第八章		(357)
§ 1	十八世纪科学发展的特点	(358)
§ 2	十八世纪的科学思想	(363)
编撰说明		(373)

历史的导言

科学的历史，可以追寻到极其遥远的古代。科学的起源和发展，又同极古时期的社会、生产、宗教和神话有极其复杂的关系。科学作为人类的一种认识实践活动，有着很强的继承性质，也就是说，它总是在前代的知识水平、生产技术水平 and 认识水平上发展、提高、变化的，它决非凭空而来的；另一方面，作为人类认识的一种伟大进程，它又是不断更新，不断前进，永远不会停止在一个水平上的，这又构成了科学的创造性质。对于前代的继承和创造，决定于这种继承和创造的当代生产技术、社会经济和人类的知识水平。这构成了科学发展的主要几个因素。描绘和再现科学的继承和创造，是科学史的任务；进一步分析上述这些因素，探索自然科学发展的规律，启迪人们的智慧，则是科学史的更高的目标。人类认识的发展和社会生产诸因素的极端复杂，使得分析这种本来就不是简单的因果关系分外困难。尽管如此，我们仍作了小小的努力。

按照科学史上习惯的分期，在西方科学史中，常以十六世纪前后的文艺复兴作为近代科学的起点。但是为了保持历史发展的金豹，也为叙述上的需要，我们仍作这一历史导言，以领全书。

§1 从远古到前三世纪的古代科学

文明史的创造中，文明古国古希腊，巴比伦，古埃及和古代中国，都有辉煌的一页。但是，从现有的资料来看，这些古代文化，多少还是孤立的点，让我们来简单地逐个讨论这几个文化，然后从现在的观点，分析比较一下它们的异同。

要是以时间的先后而论，古埃及文化大概该是可以和巴比伦相并列的最古的文化。关于巴比伦，我们知道早在五千多年前就

有了片断的文字记录，他们采用的圆周和角的六十和十二划分一直沿用至今。他们已能事先预测日月食，而且有些星象家似乎还认识到了地球是一个球体。在巴比伦，占星术和巫术也很盛行。但是，无论如何，他们的科学成就达到了令人不解的高超程度。比如在1848年发掘到的材料表明，巴比伦人已经能把月亮的辉度用两列级数表示出来：前五天是公比为1的等比级数，后十天是公差为1的等差级数。令人更加不解的是，这样非常理论性的知识，竟没有成为进一步探索的起点。

对于埃及，最重要的史料常推所谓的林德纸草书 (Rhind's Papyrus)，这是1852年英国人林德(Henry Rhind)在鲁克索尔的阿门神殿发现的。这些文字是公元前1700年书写的，作者是阿梅(Ahmes)，但是内容确乎是关于公元前3500年的数学题，共85道，首先为爱森洛尔(Eisenlohr)解读。里面有不少有趣的问题。如古埃及人已经会把 $\frac{7}{29}$ 分为 $\frac{1}{6} + \frac{1}{24} + \frac{1}{58} + \frac{1}{87} + \frac{1}{232}$ ，还会解一些我们今天所说的一元一次方程。

对于宇宙的概念，这两个古代文明大略相似。他们都认为宇宙是方盒子。地居底面之中央，四周有河，太阳乘船在河里日复一日的周游。

和巴比伦、古埃及相对的，是古代中国的文化。我们的祖先，在大略相当于巴比伦、古埃及的时代，或稍晚，即已创造了高度的文明。关于季节的研究和天象的联系比较明确了，商代的干支记日法，已作出了大月、小月之分，至于周，在商记日上又发展了圭表测影定出冬至、夏至的方法。十进数字也在商代出现，人们可以用十三个字符记录十万以内的自然数。但是，考古发掘所显示的最引人注目的，是高超的冶炼技术。大量出土的青铜器，无论在精美、精密还是实用方面，均称上品。

这些极古代的文明，有相当的相似之处。宇宙的概念，十位计数，乃至整个知识体系的实用性——也即知识与生产和生活中具

体问题的联系，是它们共有的特点。古人大概没有关于“证明”的概念，在他们看来，科学和日常生活的常识，没有什么不同；在他们那儿，除了生活中的直观结果之外，再不存在任何抽象的、推理的或逻辑的结果。我们看到，在极其久远的远古，几大相互隔绝的文化，有相当的共同之处。从认识本源的角度来看，这是再理所当然不过的事了。

在这以后，这几种文化就分道扬镳了，其中的原因，在论者之中众说纷纭。细致地比较这些说法，考证史料，追寻流源，显然不是我们这一本主题，也不是古代史的、篇幅甚小的册子所可以企及的。我们只是简单地说，在上面提及的漫长的远古时期以后，东西方文明都出现了一个繁荣的阶段，而在这些阶段中所形成的一系列教义，都深刻地影响了各自以后的发展。

古埃及、巴比伦等等的“东方文化”如何影响，甚至说演变为后来的“希腊文明”，尚有很多环节不甚清楚。简单地说，在公元前六、七百年的时候，在爱奥尼亚首先出现了泰勒斯(Thales，希腊人，Θαλῆς，前640?—546?)创立的米利都学派，以后学派烽起，和我们的叙述关系最大的是毕达哥拉斯(Pythagoras of Samos，Πυθαγόρας，?—前497?)，在南意大利克罗吞(Croton)创立的毕达哥拉斯派(又称南意大利派)，和稍后柏拉图(Plato，前428/7?—348/7?)派的一个学生亚里士多德(Aristotle of the Stagirite，Αριστοτέλης，前384—322)创立的吕园学派(Lyceum school)，又称漫步学派或逍遥学派(Peripatetic School)。

毕达哥拉斯学派最重要的贡献，在于引进了抽象的研究：关于概念、关于推理方法、关于证明，所有这些科学研究不可或缺的抽象，在毕达哥拉斯那儿几乎是突然出现了。由于史料的极端缺乏，我们根本没有办法追寻毕达哥拉斯的本来线索——甚至至今无法断言到底哪些是毕达哥拉斯的，那些是他的前人或弟子的。我们只知道，所有这些东西，都沉浸在一种神秘的宗教气氛之中，“理论”一词的本来意义，竟然是“热情动人的沉思”。正是这种从现实生

活中超脱出来的神思，一方面进入非非之算，形成了荒诞的神秘宗教，另一方面也客观上提供了抽象、推理，乃至逻辑的思维。著名的直角三角形边长的勾股定理，正方形对角线与边长的无公度性，都是这个学派的举世皆知的成果。这种哲学、宗教和科学萌芽的联系，已经引起了古代文明研究者的普遍重视。

从科学史的角度来考察，影响最大的希腊学派是亚里士多德的吕园学派。在亚里士多德和毕达哥拉斯之间，尚有很多著名的学派和工作。亚里士多德的工作，或可谓集希腊古代科学和哲学思想的大成。

亚里士多德公元前 384 年生于马其顿的史太其亚的一个贵族家庭之中。父亲是马其顿王安敏塔二世 (Amyntas II of Macedon) 的御医。前 367 年，他进入柏拉图在雅典的学院，作为柏拉图的同事和学生在那儿工作二十年之久。公元前 342 年，¹⁾ 他成为亚里山大大帝 (Alexander the Great, 前 356—323) 的辅导老师。在公元前 335 至 323 这十二年中，亚里士多德住在雅典，并创立了他著名的吕园学派，写出了他的数量惊人的著作。前 323 年亚里山大大帝去世，亚里士多德避罪出逃，次年卒 (前 322 年)。

亚里士多德对于科学的贡献是多方面的。虽然他几乎没有创立过一条全新的定律或定理，但他确实创造了一个全新的体系，这一体系为以后近十个世纪的科学研究规约了方向、方法和它们所必须信奉的教条。亚里士多德的工作一方面大大推进了他生前的科学研究，另一方面也严重地阻碍了他身后的科学的进一步发展。

亚里士多德把科学分为三类，其中理论科学大约与我们今日的科学相当。在理论科学自身之中，逻辑学是先行，其次是数学，物理学，最后是今日意义上的哲学。

如所周知，亚里士多德提出了形式逻辑的三大定律，然而，对科学起更深刻的影响的，还是这三大规律所蕴含的、关于推理和证明的思想。亚里士多德的确讨论了推理的原则，讨论了归纳-演绎过

1) 一说前 343 年，此据 CDSB., ed. C. C. Gillispie, p. 27.

程,讨论了简单枚举法和直接直观法,但他最主要的,是说明了这些东西对于科学说来都是“必要的”。不仅如此,他还通过所谓的“第一原理”提到“语言和实在的同构性是可能的”这样一种论断,这也就是给出了上述那些必要环节对于科学理论的成立的充分性。

此点一旦明确,整个理论的合理性就归诸理论起点或前提的合理性和推理方式的合理性。对应于此两点,亚里士多德明确地定义了公设和公理。由若干个元概念以及联系这些元概念的元联系即公设构成了理论的出发点,由此出发利用逻辑演绎或公理所允许的别的程序进行推演,构造理论。而这些元概念和元联系则是归纳的结果,它们通过归纳方法:或是简单枚举,或是直接直觉与经验事物相连。这一结构乃至亚里士多德构造这个结构的更高一级的结构,科学的逻辑、证明和验证的理论,是亚里士多德对科学发展的最最意义深远的贡献。

对于具体的几何学、物理学,亚里士多德的贡献远非那么辉煌。据说欧几里德(Euclid,前330?—275?)的《原本》中有若干条是属于他的。但是,在物理学、特别是力学上,他做出了不少现在是著名的错误论断,诸如“重物下落的快慢与其重量成正比”之类。关于整个宇宙体系,他所主张的是欧多克索(Eudoxus of Cuidos, 前408—355?)的地心说。所有这些具体的物理理论,亚里士多德好象都不怎么成功。而在生物学上则正相反,亚里士多德的观察和分类方法卓有成效地在胚胎学和分类学上做出了许多贡献,在生理学方面又不怎么成功。

细致地叙述亚里士多德的工作将使我们远离主题。我们只是指出,亚里士多德的工作,连同他的所有成功和失败,都是他那个时代使然的。在那时,亚里士多德身处科学发展的极早期,科学研究主要地是通过观察进行的,所以与直观观察直接相联的领域,如分类学,亚里士多德很成功,另外那些“著名的错误”,很大程度上也是为直观所提示或者支持的。从科学史的角度看来,“重物下落的快慢与其重量成正比”这一论断并不是错误,而是未计入介质阻

力而从直观得出的稍嫌匆忙的结论。事实上,直到今天,要使人们相信重力加速度是一恒量仍旧比使他们相信鸡毛比铅球后落地更难。亚里士多德的错误是认识过程所必经的曲折,是充满创造活力的年轻人所常犯的那种光荣的错误。

但是,另一方面,当他力图“解释”现象时,他就更远地背离了科学精神。他提出关于运动的“自然位置”说法,关于因果关系的四个方面的“四因”要求,特别是其中的“目的因”,在他身后曾成为阻碍科学发展的罪魁。

其后有欧几里得和阿基米德。虽然由于时代久远,史料佚失,我们很难具体开列出亚里士多德对这两位的影响,但从他们的思想线索发展的脉络来看,前后相继是显然的。

欧几里得(Euclid, 希 Εὐκλείδης, 前 330?—275?),在公元前 300 年前后曾在亚里山大城授徒,但他本人的教育可能得自柏拉图,著有《几何原本》凡十三篇。从现有的材料看,《原本》的相当一个部分是前人的,但肯定经过欧几里得的改写。欧几里得对于整个科学思想的发展的贡献是,他把亚里士多得提出的逻辑、结构、证明和推理的严密性之类对于科学有决定性意义的思想确实灌输到了数学,特别是几何学之中,为后人树立了科学研究中构造体系和论证的典范。《原本》明确地构造了定义,共 23 个;还构造了公设,共 5 个。有趣的是,按亚里士多德的逻辑要求作为起点的这些非常抽象的规定性的“不言自明”的要求,都是由有关的物理概念和常识来保证的。其后是公理,凡 5 条。这是推理时所必须遵循的或者可以依靠的论证方式,诸如“整体大于部分”之类。这也是一种信念,它们同定义和公设一样来自现实;从方法论上来说,这些抽象的、推理的起点,正是归纳具体事物后得出的一般化的结论。

阿基米德(Archimedes, 希, Αρχιμήδης, 前 287?⁵—212) 的成就是关于力学的两个基本原理(浮力原理和所谓的“黄金规律”),以及为数众多的简单机械。这些简单机械未必都是他发明的,但肯定经过他完善了。特别是,他从理论上探讨了这些器械,利用数

学进行分析,提出假说,进而演绎出推论,再以实验探讨这些推论,在这一点上,在古希腊人的工作中,阿基米德是首屈一指的。杠杆、轮轴乃至差动滑轮组,他都有研究。他还计算过圆周率,得出的数值在 $3\frac{1}{7}$ 和 $3\frac{10}{71}$ 之间,(即 3.1428 和 3.1408 之间),他还搞清楚了圆柱体的表面积和体积各是它内切球的多少倍。这最后一件事是他最得意的结果,曾嘱在他死后刻内切有球的圆柱于他的墓碑之上。

欧几里得和阿基米德作为几何学家和力学家,他们的研究对象很少有共同之处。一个力图利用高度抽象的概念和推理,演绎出普适的几何学体系,一个则在具体的机构器械中寻求普遍适用的归纳结论。但是,亚里士多德的关于科学研究的一般原理在他们两人的工作中都得到了体现。这种从具体事物出发,经过抽象,运用推理,寻求解释并普适结论的做法,确实开科学精神的先河。

和古希腊的时代相应,是中国春秋战国时期的文化。春秋末年齐人著《考工记》和成书于前 400 年至前 240 年之间的墨家的经典著作《墨经》记录了这一时代的科学发展的水平。

数学方面,十进制和算筹演算有了进一步的发展。特别是对一系列几何概念和定义作了概括。据《墨经》,当时已用同样高低来定义“平”,即“平,同高也”;用三点共线来定义“直”:“直,相参也”;用两端点重合来定义等长:“同长,以正相尽也”,而对圆的定义则是“圜,一中同长也”。这和欧几里得的有趣的一致。例如欧氏对直线的定义是“同其中各点看齐的线”,(第一篇定义 4),对等长的定义是“彼此重合的东西是相等的”,(第一篇公理 4),等等。

在物理学方面,《墨经》也相应地有很多精采论述。《经上》中对力的著名定义“力,形之所以奋也”,和关于杠杆的论述“负而不挠,说在胜”和“奥而必缶,说在得”,关于滑轮的论述“挈与收伋,说在薄”,都是重要的例证。而那些关于时空、运动、力和重、平衡、物体的沉浮、斜面和滑车之类的简单机械的论述,同样与阿基米德的工

作相映成趣。《考工记》则记载了大量实用力学知识，它包括了当时手工业所有主要工种，叙述了车的制造工艺，阐述了滚动物体如何施力，箭的制作和飞行情况，力的测量，斜面的应用等等。

在声学方面，《管子·地员》中记载了古代人们在音乐实践中创造的计算音程以确定五音的“三分损益法”，这是一个重要的成就。河北隋县曾侯乙墓中出土的总重 2500 公斤的六十四件编钟及一件镈钟，总音域跨五个八度，音阶结构和现代 C 大调七声音阶极为相似，是世界罕有的文物。

在天文观察方面，古代中国的成就尤为惊人。《汉书·天文志》载有行星运行的记录：“古历五星之推，无逆行者，至甘氏、石氏经，以荧惑、太白为有逆行。”¹⁾ 据《开元占经》所引，甘、石两人还测定了金星和火星的会合周期的长度，测定火星的恒星周期为 1.9 年（今测为 1.88 年），木星为 12 年（今测为 11.86 年）。由此可见，当时对五星的观察已经向定量化发展。另外一些珍贵的记录是：《春秋》中的 37 次日食，（据估计当时一共可能有 50 次左右的日食发生）《春秋·庄公七年》（前 687 年）的流星雨记录：“夏四月辛卯夜，恒星不见，夜中星陨如雨。”这是世界上最早的天琴座流星雨的记载。而《春秋·文公十四年》（前 613 年）“秋七月，有星孛入于北斗”，则是关于哈雷彗星的记载。

地学方面的知识记录在《山海经》之中。南方溶岩洞穴的描述，北方河水季节的变化，东部地区的涌泉，西部高山的气候，以及动植物的分布，均称精采。稍后有《禹贡》，划地九州，又有《管子·地员》，分土壤为上中下三等，都是古代科学著述中的力作。

生物分类知识反映在当时大量的著作之中。《诗经》、《周礼·地官》、《考工记》、《管子》和《尔雅》等古籍之中，记录了一百多种动物，一百四十多种植物。其中《尔雅》最有价值，它第一次明确地把

1) “甘氏”指齐国的甘德；“石氏”指魏国的石申夫，又名石申。他两人的活动年代大约均在公元前四世纪。石申著有《天文》八卷，甘德著有《天文星占》八卷，原著早已遗失。

植物分为草、木两大类，把动物分为虫、鱼、鸟、兽四大类。《管子》还记录了生物物种垂直分布的现象。

§2 前二世纪到三世纪的

天文学和对宇宙结构的猜想

我们曾提及，亚里士多德对于宇宙的想法是从欧多克索来的。欧多克索是柏拉图学派的学者，他以天球环绕地球作圆周运动，这是企图说明天体的不规则运动的第一次重大尝试。但是他的理论似乎过于复杂，据伏古勒尔(Génard de Vaucouleurs)说，他用了55个天球，而且对火星的说明仍不太成功。

和欧多克索相对立而先于他的，是毕达哥拉斯学派的斐洛劳斯(Philolaus, of Croton, 希 φιλολαος, 公元前450?—400?)。他和巴门尼德(Parmenides, 前520—450)都认识到了地球是球形，并提出假如地球在运动，就可以解释，而且更简单地解释天体的视运动。他们从毕派的“和谐论”出发，用八音的阶程比附月亮、水、金、日、火、土、木及恒星天球的大小。他们认为10这个数是最好的，常设一“对地星”，合以上述九大天体，构成宇宙。这颗“对地星”常为中心火所蔽，所以本质上是不可观察的。但从和谐宇宙的要求，从平衡的要求，知非有此一星不可。斐洛劳斯此一说，常为论者称道，号之曰“古代的日心说”或“古代的哥白尼”。

其后有托勒玫(C. Ptolemy, 希 Πτολεμαιος, 90—168?), 生于锡具德(Thebaid)。正是由于他的著作，我们才了解到另外一位极其重要的希腊天文学家喜帕恰斯(Hipparchus of Bithynia, 希 Ἰππαρχος, 前161?—126?)。喜帕恰斯的工作，一方面包括重要的观察结果，另一方面也有很多理论性很强的创造。球面三角学的很多重要的结果，在建立经纬度的坐标系统方面的奠基性工作，都得力于他。利用这两方面的成果，他把几个世纪里的日、月运动编制成了精密的数学表，并由此推算了日月食，这是他的前人所很费心思然而没能做到的。