

昆 主编

近代 自然 科学 史

概论简编

华东师范大学出版社

近代自然科学史概论简编

张瑞琨 主编

华东师范大学出版社

责任编辑 张圣章

近代自然科学史概论简编

张瑞琨 主编

华东师范大学出版社出版发行

(上海中山北路 3663 号 邮政编码 200062)

新华书店上海发行所经销

商务印书馆上海印刷股份有限公司印刷

开本 850×1168 1/32 印张 11.5 插页 字数 310 千字

1999 年 1 月第 1 版 1999 年 1 月第 1 次印刷

印数 001—3,000 本

ISBN 7-5617-1846-2/N·095

定价: 17.00 元

前 言

华东师范大学自然辩证法暨自然科学史研究所成立至今将近30年了,对自然辩证法和自然科学史两大学科进行了较为系统的研究,同时又培养了一大批人才。10年前,经过全所同志们的努力,编撰了《近代自然科学史概论》上、中、下三册,共九十万字,分别于1986、1988、1989年由华东师范大学出版社出版。为了更好地作为高校的自然科学史课程的教材或主要参考书使用,我们在上述三本著作的基础上,加以压缩,保留重要的史实,编撰了《近代自然科学史概论简编》。全书以自然科学(包括数学)的主要成就为主线,从16世纪直至20世纪70年代左右,按照历史发展的顺序,打破学科之间的界限,贯穿史论结合的原则,综合编写而成。

张 瑞 琨

1997年11月于华东师范大学

目 录

历史的导言	(1)
§ 0-1 从远古到前 3 世纪的古代科学	(1)
§ 0-2 前 2 世纪到 3 世纪的数学、天文学和对宇宙结构的 猜想	(5)
§ 0-3 4 世纪到 14 世纪的阿拉伯和中国的科学 ...	(6)
§ 0-4 作为古代科学和近代科学中间环节的中世纪	(11)
第一章 16 世纪部分	(14)
§ 1-1 从新大陆的发现到第一次环球航行	(15)
§ 1-2 哥白尼与《天体运行论》	(19)
§ 1-3 与教义搏斗的布鲁诺和塞尔维特	(25)
§ 1-4 李时珍的《本草纲目》	(28)
§ 1-5 朱载堉的十二平均律	(32)
第二章 17 世纪部分	(35)
§ 2-1 伽利略及其运动理论	(36)
§ 2-2 开普勒的新宇宙	(42)
§ 2-3 哈维及其血液循环学说的创立	(46)
§ 2-4 宋应星的《天工开物》与《论气》	(49)
§ 2-5 徐霞客在地学上的贡献	(52)
§ 2-6 笛卡儿的解析几何学	(55)
§ 2-7 牛顿与《自然哲学的数学原理》	(60)

§ 2-8	光的本性之争	(68)
§ 2-9	微积分的创立	(70)
§ 2-10	从炼金术向近代化学的过渡	(74)
§ 2-11	中国科学发展的历史转折	(81)
第三章	18 世纪部分	(84)
§ 3-1	太阳系和太阳系起源的研究	(85)
§ 3-2	应用数学家的典范——欧拉	(90)
§ 3-3	燃素说的兴衰和拉瓦锡的化学革命	(94)
§ 3-4	林耐及其分类系统	(102)
§ 3-5	地质学的先驱	(109)
§ 3-6	静电相互作用和电的运动性质的研究	(111)
§ 3-7	渐成论与预成论	(113)
§ 3-8	生源说与非生源说	(117)
§ 3-9	水成论与火成论	(119)
§ 3-10	拉普拉斯的星云说	(122)
§ 3-11	赫歇耳开创恒星天文学	(124)
第四章	19 世纪部分	(129)
§ 4-1	道尔顿及其科学原子论	(131)
§ 4-2	继往开来的数学大师——高斯	(136)
§ 4-3	光的波动说的复兴	(141)
§ 4-4	奥斯特和法拉第对电磁学发展的贡献	(144)
§ 4-5	天文学的进展	(151)
§ 4-6	分析力学的建立和发展	(156)
§ 4-7	热力学第一定律的确立	(159)
§ 4-8	细胞学说的建立	(162)
§ 4-9	赖尔与地质进化论	(168)
§ 4-10	洪堡与近代地理学	(172)
§ 4-11	热力学第二定律发现的前前后后	(176)

§ 4-12 达尔文及其《根据自然选择的物种起源》	(182)
§ 4-13 近代有机分子结构理论的建立与发展	(193)
§ 4-14 麦克斯韦和电磁场方程的建立	(197)
§ 4-15 元素周期律的发现	(201)
§ 4-16 巴斯德和微生物学	(205)
§ 4-17 马赫对牛顿力学的批判	(208)
§ 4-18 天体物理学的诞生及其最初的研究成果	(212)
§ 4-19 构造地质学的产生	(217)
第五章 20 世纪部分	(221)
§ 5-1 世纪之交的物理学革命	(223)
§ 5-2 旧量子论的诞生和发展	(228)
§ 5-3 爱因斯坦及其相对论	(233)
§ 5-4 原子有核模型的建立	(240)
§ 5-5 20 世纪生物学发展的源流	(245)
§ 5-6 魏格纳的《海陆的起源》与现代地学革命	(248)
§ 5-7 量子力学的历史沿革	(252)
§ 5-8 经典遗传学的发展	(259)
§ 5-9 赫罗图和恒星演化的研究	(267)
§ 5-10 原子核结构研究的沿革	(272)
§ 5-11 元素周期律的新发展	(276)
§ 5-12 现代分子结构研究的理论与实验	(280)
§ 5-13 有机化学的新发展和高分子化学的崛起	(287)
§ 5-14 现代数学一瞥	(292)
§ 5-15 化学反应理论的全面发展	(296)
§ 5-16 分子生物学的孕育、诞生和发展	(309)

§ 5-17 太阳系起源灾变说的复兴和新星云说的提出 …	(320)
§ 5-18 对基本粒子结构认识的发展 ……………	(325)
§ 5-19 现代化学的发展前沿 ……………	(332)
§ 5-20 现代宇宙学的诞生和发展 ……………	(336)
§ 5-21 生命起源问题的研究进展 ……………	(341)
§ 5-22 环境科学的出现 ……………	(349)
结语……………	(353)
编撰说明……………	(357)

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、宗教和神话有着极复杂的关系。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、生产技术水平上发展、提高、变化的,它决非凭空而来的;另一方面,又有着很强的创造性质,作为人类认识的一种伟大进程,它是不断更新、不断前进的,永远不会停止在一个水平上。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。这就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,是自然科学史的任务;进一步分析上述因素,探索自然科学发展的规律,启迪人们的智慧,则是自然科学史的更高的目标。在这些方面,我们作了小小的努力。

按照自然科学史习惯上的分期,在西方科学史中,常以 16 世纪前后的文艺复兴作为近代自然科学的起点。但是为了保持历史发展的全貌,也为叙述上的需要,我们仍作这一历史导言,以领全书。

§ 0-1 从远古到前 3 世纪的古代科学

文明史的创造中,文明古国古希腊、巴比伦、古埃及和古中国都有辉煌的一页。从现有资料来看,这些古代文化多少还是孤立

的点。

要是以时间的先后而论,古埃及文化是可以和巴比伦相并列的古文化。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载,例如,能预测日月食、有些星象家已认识到地球是一个球体等等,有的科学成就达到了令人不解的高超程度,但又更令人不解的是这些成果竟没有成为进一步探索的起点。

对于古埃及,最重要的史料常推 1852 年英国人林德(H. Rhind)发现的林德纸草书(Rhind's Papyrus),这些文字是公元前 1700 年书写的,内容是关于公元前 3500 年的数学题,共 85 题,首先由爱森洛尔(Eisenlohr)解读。

对于宇宙的概念,这两个古代文明大略相似,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地周游。

和巴比伦、古埃及相对的,是古中国的文化。我们的祖先,与巴比伦、古埃及的时代相当或稍晚,就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,十进数字也已出现,可以用十三个字符记录十万以内的自然数。考古发掘所显示的最引人注目的是高超的冶炼技术,出土的青铜器均称上品。

这些极古代的文明,有相当的相似之处,例如宇宙的概念、十位计数等。在他们看来,科学和日常生活的常识没有什么不同,除了生活中的直观结果以外,再不存在任何抽象的、推理的、逻辑的结果。在这以后,这几种文化就分道扬镳了。其中原因,论者纷纭,我们不作考证了。

谈到“希腊文明”,往往会讲到几个著名的学派。毕达哥拉斯(Pythagoras, ? - 前 497?) 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,所有这些科学研究在毕达哥拉斯那儿几乎是突然出现的。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。

从自然科学史角度来考察,影响最大的希腊学派是亚里士多德(Aristotle,前384—前322)创立的吕园学派。亚里士多德的工作,也可谓是集希腊古代科学和哲学思想的大成。亚里士多德创造了一个新体系,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地推进了他先前的科学研究,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成三类,提出了形式逻辑的三大定律。在物理学、特别是力学上,他做出了一些著名的错误论断,诸如“重物下落的快慢与其重量成正比”之类;他主张地心说;在生物学上,他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。

其后是欧几里得(Euclid,前330?—前275?)和阿基米德(Archimedes,前287?—前212)。欧几里得著有《几何原本》凡十三篇,在几何学中,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23个定义,构造了5个公设,建立了5条公理。阿基米德的成就是关于力学的两条基本原理(浮力原理和所谓的“黄金规律”),以及为数众多的简单机械。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3.1428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,这是他最得意的成果,曾嘱在他死后刻内切有球的圆柱于他的墓碑之上。

和古希腊的时代相应,是中国春秋战国时期的文化。春秋末年齐人著的《考工记》和成书于前400年至前240年之间的《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”(“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”);对圆的定义则是“圜,一中同长也”。这些和欧几里得的定义是有趣的一致。

物理学方面,《墨经》也相应地有很多精采的论述。《经上》中对力下了著名的定义,“力,形之所以奋也”;对杠杆、滑轮都有论述。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》中则记载了大量实用力学的知识,它包括了当时手工业所有主要的工种,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。

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2 500千克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。

天文观察方面,古中国的成就尤为惊人。《汉书·天文志》中已有行星的记载;据《开元占经》所引,已经有人测定金星和火星的会合周期的长度;《春秋》中记载了37次日食、有流星雨记录和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,以及动植物分布,均称精彩。

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》等古籍中,记录了一百多种动物和一百四十多种植物。其中《尔雅》第一次明确把植物分为草、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。

§ 0-2 前 2 世纪到 3 世纪的数学、天文学 和对宇宙结构的猜想

毕达哥拉斯学派的斐洛劳斯(Philolaus, 前 450? - 前 400?) 就认为地球是球形的, 并提出如果认为地球在运动, 就可以解释天体的视运动。其后就有托勒密(C. Ptolemy, 90 - 168?), 他的《大综合论》(一译《至大论》或《天文学大全》)系统地提出以地球为中心、利用等速圆运动的叠加(即后来所说的本轮—均轮系统)对天体在天球上的视运动作出了解说。此书立即被奉为经典, 并在以后的 1400 年中一直保持这一地位。

与托勒密所处的时代相当的是中国古代的春秋战国末期至秦汉早期, 这是一个发达的时代。

数学方面, 在春秋战国发展的基础上, 秦汉时期出现了一批中国古代最早的数学著作, 如《许商算术》、《杜忠算术》。世界闻名的《九章算术》, 前两部已佚失, 后一部流传至今。《九章算术》在归纳各类问题的基础上, 选出了 246 个实例, 按解题方法和应用范围的不同, 分成九类, 每大类做成一章。这九章是方田、粟米、衰分、少广、商功、均输、盈不足、方程、勾股, 分别讲述了计算常见的几何图形的面积、分数运算; 给出约分、通分、四则运算和求最大公约数的运算法则; 讲述了多种比例的计算, 开平方和开立方的计算; 求各种体积的方法, 解二元至六元未知数的一次联立方程的方法和勾股定理的实际运用。《九章算术》是举世公认的古典数学名著之一。

天文学方面, 主要是对历法进行了改革。《淮南子·天文训》中就有记载月亮每天运行十三度又十九分之七, 由此推出一个恒星月的长度为 27.3218504 日, 与理论值相差 17 秒。在《汉书》中已有关于太阳黑子的观察记录(河平元年, 即公元前 28 年)、新星的

记载(元光元年,即公元前 134 年)。在《后汉书》中有世界公认的第一次超新星记载(中平二年,即公元 185 年)。对彗星的观察也很仔细,并有记载。

对宇宙整个结构的认识,中国古代常有盖天、浑天和宣夜三说,但以东汉的张衡(78-139)为代表的浑天说最为引人注目。他的《浑天仪图注》是浑天说的代表作,利用鸡蛋作比喻,阐述对天、地的认识。张衡在另一本著作《灵宪》中有这样两句话:“宇之表无极,宙之端无穷。”表明他对宇宙无限性也已有猜测。由此可见,他前面提及的浑圆的天体,并不是宇宙的边界。这一学说对后世产生了很大的影响。

除了天文学以外,张衡在其他领域中也有一些研究工作。他于 132 年建成世界上第一台地震仪,成功地记录了 138 年甘肃的一次地震。他对数学中的圆周率也有研究。他还着手制造水运浑仪一台,形象地表达了浑天思想。

由此看来,公元 3 世纪初,东西文化中都出现了对宇宙结构的讨论,而以后的发展则更重视关于天地结构的哲学论争。而在西方文化中,把这样的讨论与基督教教义联系起来,似乎对自然规律的追求和尽善尽美的描述就是对上帝的追求和赞颂。正是在这种对上帝的追求的狂热而神秘的气氛之中,自然科学进入了中世纪。

§ 0-3 4 世纪到 14 世纪的阿拉伯和中国的科学

在讨论中世纪欧洲自然科学发展的概况之前,我们要补充说明科学在通常人们所认为的“主流”之外的文化,即中国的和阿拉伯的的文化的发展概况。这些发展不仅是那一时代人类的骄傲,也通过种种间接直接的方式影响了日后“主流文化”的发展。

南北朝时期,中国的科学在秦汉的基础上进一步发展。农学上的贾思勰(北魏时代),数学上的刘徽(三国时代)和祖冲之(429-500),地学上的裴秀(223-271)、郦道元(465?-527),医学上的皇甫谧(215-282)、陶弘景(452-536),兼通医、道、丹的葛洪(281-361),都是可以立于自然科学史而无愧的人物。刘徽运用他的割圆术,计算了圆周率的数值得 $3927/1250$;祖冲之更进一步,得圆周率在 3.1415926 和 3.1415927 之间。他们所采用的方法是圆内接正无限多边形面积逼近圆面积的方法,这一方法在当时世界上也是第一流的。在天文、历法方面,祖冲之也有贡献,他在推算出回归年和交点月的数值基础上,提出了新的历法,但遭到朝廷上下的反对,没有实现。死后十年经儿子祖暅的坚请之下才正式颁行。

经过南北朝、隋之后,中国进入了封建社会的鼎盛期——唐。从公元 618 年到 10 世纪初的三个世纪中,我国古代的科学得到了持续的发展。在这一时期,运用举国之力、耗费几代人的时间的大项目,相继完成,如大运河的开凿和利用、洛阳的都市建设等,是工程技术先进的表现。在科学方面,则有张遂(683-727)主持的大规模的大地测量和历法改制工作,对子午线一度的长进行测量,虽然误差较大,但毕竟是世界上第一次这样的测量。

和技术学科、实用工艺相比,唐朝的理论自然科学就显得薄弱,一直到宋朝,才出现了像沈括(1031-1095)这样的百科全书式的学者,出现了《梦溪笔谈》这样的伟大著作。该书有二十六卷,又有《补笔谈》三卷,《续笔谈》一卷,共三十卷,六百零九篇,是一部公认的著名典籍。

数学方面,该书有“隙积术”和“会圆术”,前者是垛积问题,是一个高阶等差级数术和问题;后者是一个已知弓形的圆经和矢高求弧长的问题。前者沈括给出一个求解公式,后者导出一个近似公式。

物理学方面,该书记载了不少研究成果。谈到指南针有四种装置方法——“水浮”、“指爪”、“碗唇上”和“缕悬”,作了比较,认为第四法最优。记录了用天然磁石对钢针进行人工磁化的方法。记录了磁针“常微偏东,不全南也”的现象,这是地磁偏角的最早记载。他对凹面镜成像问题也作了研究,明确指出:“阳燧面洼,以一指迫而照之则正,渐远则无所见,过此遂倒。”显然,这里的“此”该是凹镜的焦点,沈括有时称它为“碍”。声学上指出了基音和泛音的共振关系。

天文学方面,沈括生动地描述了五星的运行和陨石坠落时的情景。为了测定极星与天北极之间的真实距离,每夜观测三次,连续观测三个月,得出了当时的极星离天极三度有余的结论。他主张使用与农业生产关系密切的十二气历,以立春为一年首,大月三十一日,小月三十日,一大一小相间,维有两小相并,一岁不过一次。但这一历法未能付之实施。

沈括所以在自然科学研究上取得很大的成果,与他采用的研究方法有关。他使用了系统的观察方法、实验方法,在有的问题上还采用推理和实验相配合的方法,并自觉地归之为“心理推之”,这是难能可贵的,在科学史上也具有意义的。

沈括在各方面的成就,在北宋以后均有所重要发展。

秦九韶(1202-1261)、李冶(1192-1276)、杨辉(活动在13世纪中叶)、朱世杰(约13世纪末至14世纪初)是当时数学界的四大家。秦九韶的《数书九章》有18卷,1247年写成,其主要成就是高次方程的数值解法。李冶的《测圆海镜》(1248)和《益古演段》(1259),前者共12卷,收有170个问题,都是已知直角三角形的各线段进而求内切圆、傍切圆的直径问题,这是一部流传至今的最早一部“天元术”的著作;后者是为初学者写的一部入门著作,三卷,收了64个问题。朱世杰的《算学启蒙》(1299)和《四元玉鉴》(1303),分别有三卷二十门259问和三卷二十四门288问,涉及多

元高次方程解法和高阶等差级数等方面的问题。西方有的科学史家认为《四元玉鉴》是中国数学史中最重要的、同时也是中世纪科学史中最杰出的一部经典。杨辉的著作,如《详解九章算法》、《日用算法》今已残缺不全。

郭守敬(1231-1316)是沈括以后的伟大的天文学家。北宋后期,在1010-1106年间,曾经进行过五次大规模的恒星位置观测工作,1078-1085年间的第四次测量结果被画成星图,刻勒石上,这就是举世闻名的苏城石刻天文图,刻星1430颗之多。郭守敬在此基础上,又组织大规模的恒星测量工作,命名未名恒星1000多颗,使总数达2500颗,同时编有星表,可惜这份珍贵的成果在战乱中散失了。除此以外,郭守敬还制作了大量的天文观测仪器,除圭表、简仪以外,还设计制造了观测太阳位置的仰仪、可自动报时的七宝灯漏、星晷定时仪以及水运浑象、日月食仪、玲珑仪等十几种仪器。1280年前后,由他主持的《授时历》完成,这一历法采用太阳回归年长度为365.2425天,较之实际地球公转周期只差26秒。由于郭守敬在天文学上的成就,1970年国际天文联合会决定将月球背面的一座环形山命名为郭守敬山;1977年中国科学院紫金山天文台把他们新发现的一颗小行星也命名为郭守敬行星。

除此之外,据《宋史·天文志》载,在至和元年五月乙丑(即1054年6月10日)发现在天关(毕宿星名,即金牛座 ϵ 星)东南有一“客星”。经过认证,至本世纪40年代初,天文学界已广泛地认为这是天关星附近的蟹状星云。

从某种意义上说,中国古代科学技术正如一颗光彩夺目的超新星,独步中天。

和中国文化的上述发展的同时,在西亚发展着阿拉伯文化。和中国文化、特别是科学技术的发展自成一统、同外界少有交流的情况相反,阿拉伯文化是把多种文化融合而发展的。

荣迪沙普尔附近的波斯学校,在4、5世纪之间,有很多科学家