



高等院校通识课系列教材
GAODENGYUANXIAO TONGSHIKE XILIEJIAOCAI

科学简史

KEXUE JIANSI

石云里 © 编著



首都经济贸易大学出版社



高等院校通识课系列教材
GAODENGYUANXIAO TONGSHIKE XILIEJIAOCAI

科学简史

KEXUE JIANSI



首都经济贸易大学出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

科学简史/石云里编著. —北京:首都经济贸易大学出版社,
2010.1

(高等院校通识课系列教材)

ISBN 978 - 7 - 5638 - 1766 - 5

I. 科… II. 石… III. 自然科学史—世界—通俗读物
IV. N091 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 217779 号

科学简史

石云里 编著

出版发行 首都经济贸易大学出版社
地 址 北京市朝阳区红庙(邮编 100026)
电 话 (010)65976483 65065761 65071505(传真)
网 址 <http://www.sjmcb.com>
E-mail publish@cueb.edu.cn
经 销 全国新华书店
照 排 首都经济贸易大学出版社激光照排服务部
印 刷 北京地泰德印刷有限责任公司
开 本 880 毫米×1230 毫米 1/32
字 数 296 千字
印 张 11.375
版 次 2010 年 1 月第 1 版第 1 次印刷
印 数 1~4 000
书 号 ISBN 978 - 7 - 5638 - 1766 - 5/N · 3
定 价 20.00 元

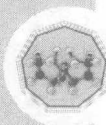
图书印装若有质量问题,本社负责调换

版权所有 侵权必究

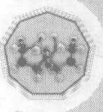


目 录

导言:科学及其在西方的历史	1
1 人、神与天地——自然知识的起源	13
1.1 原始思维	13
1.2 尼罗河的赠礼	14
1.3 两河之间	17
1.4 爱琴海域	21
2 本原与真知——希腊自然哲学的开端	24
2.1 希腊城邦中的知识转变	24
2.2 寻找本原	25
2.3 万物皆数	27
2.4 元素、种子与原子	29
2.5 变化与知识	30
3 理念与逻辑——从柏拉图到亚里士多德	33
3.1 哲学的转向	33
3.2 两个世界	35
3.3 几何性的宇宙	36
3.4 逻辑路线	38
3.5 宇宙阶梯	40
3.6 生物链条	43
3.7 第一推动者	45
4 几何与自然——希腊的数理科学传统	46
4.1 迈进希腊化	46
4.2 《几何原本》	47
4.3 力学之父	50
4.4 测量宇宙	52



4.5	数学天文学	54
5	身体与灵魂——希腊的医学与生理学	60
5.1	从神话到理性	60
5.2	解剖学的发展	63
5.3	盖伦医学	65
6	实用与信仰之间——罗马统治下的科学	69
6.1	罗马人的知识取向	69
6.2	知识汇编	71
6.3	爱智与信仰	73
7	沙漠绿洲——阿拉伯科学的兴起与发展	76
7.1	穆斯林的知识中兴	76
7.2	印度数字与代数学	79
7.3	天文学革新	80
7.4	重量科学	82
7.5	光学之父	84
7.6	炼金大师	85
7.7	医学圣经	87
8	雅典的回归——欧洲的学术复兴	89
8.1	穿越“黑暗”	89
8.2	翻译运动	92
8.3	大学与经院哲学	94
8.4	光学、数学与实验	96
8.5	牛津算家与冲力论者	99
9	人是一个奇迹——文艺复兴	102
9.1	从天堂到尘世	102
9.2	人文主义与科学复兴	104
9.3	魔法与自然主义	106
9.4	艺术与科学	109
9.5	文艺复兴人——达·芬奇	110
10	为了“和谐”的革命——新宇宙的构建	113
10.1	日心说的诞生	113
10.2	宗教上的麻烦	116
10.3	第谷的调和	119



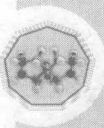
10.4	开普勒的“新天文学”	121
11	上帝的另一部书——科学与宗教的分立	125
11.1	望远镜引发的争端	125
11.2	反击“鸽子联盟”	127
11.3	《对话》与审判	130
11.4	近代科学家与上帝	133
12	讯问自然——从经验知识到实验哲学	135
12.1	炼金家的反叛	135
12.2	探索人体	137
12.3	技艺与哲学	141
12.4	“新工具”	143
13	宇宙的语言——自然的数学化	148
13.1	数学挑战哲学	148
13.2	自然的数学语义	150
13.3	数学化的哲学与世界	153
13.4	数学需要实验	155
14	世界是架时钟——机械论的盛行	159
14.1	原子与“原因”	159
14.2	广延、运动和宇宙	162
14.3	人是机器	166
14.4	空气是弹簧	167
14.5	元素之死	170
15	宫廷与学会——自然知识的新家	173
15.1	资助者与受托人	173
15.2	私人社团	175
15.3	“所罗门宫”与皇家学会	177
15.4	科学院与国王的光荣	180
16	苹果与月亮——牛顿的综合	184
16.1	真理最好的朋友	184
16.2	解密引力	186
16.3	《原理》大意	188



16.4	流数术	192
16.5	光的“探询”	193
17	科学与启蒙——牛顿哲学的传播与发展	197
17.1	关于力的论战	197
17.2	“万有引力”的证明	199
17.3	分析力学	202
17.4	不可称量流体	207
17.5	“光的世纪”	209
18	重建元素——近代化学体系的创建	213
18.1	从微粒到燃素	213
18.2	“新空气”	215
18.3	有计划的革命	217
18.4	原子论的复活	219
18.5	原子量与周期律	222
18.6	统一的王国	226
19	秩序与演进——自然史的新发展	229
19.1	星云与宇宙	229
19.2	地神对海王	231
19.3	生物的谱系	234
19.4	物种的演进	236
19.5	地球的革命与均变	239
20	“乱七八糟定律”——达尔文进化论的建立	244
20.1	不务正业者的正业	244
20.2	“秘密中的秘密”	247
20.3	“恶狗”与“斗犬”	251
20.4	科学问题	254
21	场、波与能量——经典物理学的突飞猛进	259
21.1	从青蛙电到电磁场	259
21.2	光与电磁波	265
21.3	能量的科学	268
22	物质与生命——生物学的深入发展	274



22.1	细胞联邦	274
22.2	微生物与达尔文小池	279
22.3	个体发育	281
22.4	人与机器狗	285
23	重构时空——相对论的建立	290
23.1	捕捉以太	290
23.2	物理学中的新太阳	294
23.3	狭义相对论	297
23.4	广义相对论	299
24	粒子与波——量子力学的建立	303
24.1	荒唐的量子	303
24.2	开启原子	305
24.3	原子与光谱	308
24.4	矩阵力学	310
24.5	波动力学	314
25	寻找终极——粒子物理与宇宙学	320
25.1	新炼金术	320
25.2	解剖原子核	322
25.3	基本粒子	324
25.4	宇宙大爆炸	328
25.5	无尽的挑战	332
26	生命密码——现代生物学	337
26.1	发现孟德尔	337
26.2	两个学派的争论	339
26.3	果蝇——“上帝的赠礼”	340
26.4	DNA 的“黑暗时代”	342
26.5	非常“3 + 1”	344
26.6	划时代的里程碑	347
26.7	步入基因时代	350
后 记		354



导言：科学及其在西方的历史

汉语中的“科学”一词起源于20世纪初,来自日语,是英语 *science* 一词的对译,在五四运动中又被称为“赛先生”。这一英文单词的词源是拉丁文的 *scientia*,原意是“知识”(knowledge),是从拉丁语动词 *scire* (to know) 的动名词 *sciens* (knowing) 变化而来的。19世纪70年代,英国学者惠威尔(William Whewell, 1794 ~ 1866) 创造了“科学家”(scientist) 一词,用来指对自然进行系统研究工作的学者。从此, *science* 一词具有了两种含义。从广义上来说,它表示的是任何经过系统研究而得到的确定而可靠的知识,如自然科学(natural science)、社会科学(social science)、计算机科学(computer science) 等;而从狭义上来说,它表示的则是关于自然的确定而可靠的知识,或者说就是自然科学。不过,当人们单独使用 *science* 和 *scientist* 这两个名词时,默认的意思主要还是指自然科学和自然科学家。当“科学”一词最早从日语进入汉语词汇中时,主要是指狭义的 *science*。但在当代汉语中,这个词也具备了广义与狭义的两重含义,与英语 *science* 的用法基本上相同。

对于生活在21世纪的人来说,狭义的科学或者说自然科学并不陌生,任何受到过基础教育的人都不同程度地学习过它。谈到科学,你马上会联想到物理、化学、生物学、天文学和地质学等具体学科,联想到一系列的定律与原理,并把它们同“真理”这个词联系起来,因为这些定律与原理都被认为是对自然的本质及运动、变化规律的客观描述,是经过实验、观察、测量和计算等而从自然界总结出来,并且可以反过头去对自然现象进行解释、预测甚至操控的。说科学知识是对自然的系统描述应该没有问题,但如果认为其具有“客观性”,则值得进一步思考。



事实上,科学知识是人类意识的产物,是人类利用自己的语言对自然进行的理解和描述。人们相信它们是真的,是因为人们认为自然的确存在某种秩序或者规律,而且这种秩序或者规律能够为人们所认识、理解,并且是能够加以表达的。这些信念或者信仰说到底都是主观的,都是人的意识投射到自然上的,是一种世界观。这种世界观不仅决定着科学知识的形式和内容,也决定着人们获取自然知识的方式方法(也就是方法论),甚至还决定着人们对于科学知识的价值判断:究竟什么样的自然知识才是好的知识,才是确定的和可靠的知识?从很大的意义上来说,有什么样的世界观,就会产生什么样的科学,并且,随着世界观的重大转变,科学也会发生重要的变化。由于不同的文明具有不同的世界观,同一文明中的世界观也会随着时间而改变。所以科学既具有历史性,又具有文化性。可以说,不同的文明和不同的历史时期都可以有不同的科学。

以欧洲为例,尽管科学作为一个独立和整体性的范畴直到惠威尔时代才出现,但这并不意味着此前的欧洲没有科学。相反,催生它的正是此前两个多世纪欧洲科学的革命性发展。只不过在那时,人们是用自然哲学(*natural philosophy*)之类的名词来称呼它,并将天文学、力学、化学、光学、磁学、自然史(*natural history*)和医学等领域的探究都囊括在其中。再往前看,自然哲学、天文学、力学、光学和医学等领域又可以通过中世纪一直上溯到罗马、希腊化以及古希腊时期。而在不同的历史时期,西方科学又因当时基本世界观的不同而表现出不同的特色。

同样,尽管汉语中“科学”一词直到20世纪初才从国外引入,但这并不意味着中国此前就没有科学。不说从17世纪初欧洲的天文学、力学、医学和生物学知识已经陆续开始传入中国,也不说1840年之后欧洲的各种科学知识以更加系统的方式和更加庞大的规模进入了国门,单说中国的农、医、天、算,就早已是自成体系的自然知识系统,并且为国人所信赖、所传承、所应用、所发展。另外,至少在宋明理学中,便存在着与西方古代和中世界自然哲学相当的一部分知识,涉及对宇宙学等问题的哲学性研究。

除了中国,巴比伦、古埃及、印度和玛雅等文明也曾创造过自己



独特的科学知识体系,它们与西方科学存在着明显的差异。不同的是,西方科学在近代早期开始加快了发展步伐,形成了一套独特的研究纲领,并且逐渐成长为现代科学,西方社会也随之实现了近代化,实现了崛起。欧洲政治、经济、军事与文化的扩张引发了知识的全球化过程,使西方科学发展成为一种普适性的科学,进而导致了世界范围内的社会变革,塑造了一个以科学和技术为支撑的新世界。

与西方近代科学迅猛发展相对应的是西方科学家对科学这一社会力量的空前觉悟,他们力图使科学成为引导社会发展的知识系统,并极力推动全社会对科学的认同。为了达到这样的目的,他们一方面不断向社会展示科学知识的可靠性与有效性,另一方面则通过对科学与社会关系的历史考察来为科学辩护。从此,科学史开始诞生,并随着科学本身的巨大发展逐渐形成一个独立的知识领域。起初的科学史作者大多把近代西方科学描述为人类智力上的一次巨大的革命,并强调这场革命将把人类社会引向更加合理、更加符合公共利益和福祉的阶段。接着,人们开始揭示近代科学有别于以往科学的特征,并探讨其源头和产生的原因。在这个时期,科学史与新的科学知识一起构成了新的社会哲学和认识论哲学的基础,而这些新的社会哲学和认识论哲学又反过来形成了西方近代社会意识形态的内核。

到了20世纪初,科学史的这种独特作用进而导致了科学史工作者的自觉意识。科学史家萨顿(George Sarton, 1884 ~ 1956)宣布,科学是人类唯一累积性进步的知识活动,而科学史则是唯一能真正反映人类进步的历史学科。同时,像当时西方的许多知识分子一样,萨顿也从当时资本主义经济的非人道倾向和毁灭性空前的世界大战中意识到,近代科学的迅猛发展在很大程度上导致了与人文关怀相背离的倾向,因此,他主张把科学史作为沟通科学与人文的桥梁,力图通过科学史建立起一种“新人文主义”,以此塑造一个科学与人文协调发展的社会。为此,他以宗教般的虔诚与毅力,把毕生精力投入了科学史事业,不仅自己笔耕不辍,写下了《科学史导论》(An Introduction to the History of Science)这样的鸿篇巨制,而且参



与创立了科学史的国际性学会及相应的会刊《爱西斯》(Isis)。

萨顿自称,自己在科学史的研究和教学中“只问耕耘,不问收获”。但是,以他为代表的一代科学史学者的努力终于开花结果,使人们认清了科学史巨大的教化功能。于是,在20世纪中期,以美国为中心,科学史实现了职业化。科学史课程开始在大学里普及,不少学校还建立了科学史专业系科,用以培养专业人才,逐步形成了一个稳定的科学史专业群体。与此同时,科学史在哲学和社会学等领域中的理论潜力得到了充分体现,吸引了众多的参与者。科学史由此成为一大显学,并涌现出众多的研究领域和研究纲领,可谓百花齐放,百家争鸣。

不过,简而言之,科学史所要研究和揭示的,主要还是科学在不同的历史时期和不同的文化环境中的发展历程,其目的是要使我们了解,不同历史时期和文化环境中的科学具有何种特点,其发展的内在动因与外在动力何在,与社会文化诸要素之间存在怎样的互动关系。这样的知识将帮助我们理解,今天的科学是从何而来,是如何塑造了我们所生活的这个世界,又可能将我们引向何方。对于生活在21世纪、生活在一个被科学主宰着的世界中的人来说,这样的认识是不可缺少的,就像科学对于这个世界来说已经变得不可缺少一样。

但是,要写一部涵盖所有文明和所有历史时期的科学通史是一件不可能企及的事情。因此,科学史家只能以学科、时代、国别等众多参量来限制自己的研究范围,而本书作为一部简明的科学史教材,则是对西方科学发展的一个极为简短的回顾。我们并不否认其他文明中也都存在各自的科学传统,但在本书简短的篇幅内,我们只能作出这样的选择。毕竟,今天通行的科学主要还是西方科学传统发展的结果。像大部分科学史家所做的那样,我们把科学在西方的发展历史划分为古代、中世纪、近代早期、近代和现代几个时期。在回顾中,我们将不求写成开中药铺式的面面俱到的史实长编,而是力求重点抓住每一历史时期科学发展的主要内容和特征,从大处着眼,向深处发掘,进行专题式的讨论。而在讨论中,我们将突出世界观的转变对科学发展的影响,同时还会涉及科学发展与社会文化



因素之间的互动关系。

西方古代科学的中心是在爱琴海沿岸的古希腊,但其源头却可以追溯到古埃及和巴比伦。对此,古希腊的历史学家和哲学家们自己也都承认。从现有史料来看,这两个地区的居民掌握了较高水平的计算技术,在天文学和医学等方面也都形成了独特的知识系统。但是,这些知识显然都被统御在神话的世界观之下。这种神话试图说明的实际上是人、神与天地之间的关系,是当时自然知识的核心。

古希腊的自然知识也经历了同样的阶段,但从公元前6世纪开始,古希腊的自然知识出现了一次世界观上的变革,出现了自然、超自然以及人的主观世界之间的划分,神开始被排除在对自然的解释之外,人作为认识的主体也被分离出来。哲学家作为一个新的知识群体出现,他们试图从自然现象中抽象出一些要素,用以对自然本原进行解释。同时,他们对人类认识自然的能力以及自然知识的可靠性问题也产生了关注,从而形成了集宇宙论和认识论于一体的自然哲学,并形成了众多的流派。

希腊自然哲学的发展在公元前5世纪的雅典达到高峰,并突出体现在柏拉图和亚里士多德两大体系之中。柏拉图认为,存在着两个世界,一个是具体物质构成的不完美的现实世界,一个是抽象概念(柏拉图称之为理念)构成的完美的理想世界。现实世界是对理想世界的不完美模仿,因此并不真实,也就难以从中获得真知。因此,真正可靠的知识只能来自对理想世界的认识。人的认识能力受到了物质性肉体的限制,因而不能直接认识理念世界。但是,通过几何学研究,却可以让人们窥见理念世界的一角。柏拉图同时强调世界蓝图的几何性,因此,他强调以几何学方法来研究自然,并由此达成对完美理念的体察。

与柏拉图不同,亚里士多德认为,概念并不是先验地独立存在,而是来自人们对现实世界的抽象。现实世界是真实的,真正的知识也只能来自对现实世界的认识。知识的可靠性决定于可靠的求知方法,而可靠的求知方法必须符合逻辑。为此,亚里士多德创立了形式逻辑学系统,提出了一个以清晰的概念定义为基础,以来自经验直觉的正确前提为起点,通过三段论的推理而达成正确认识的研



究纲领。他同时强调,研究自然的目标在于揭示事物的原因,并对这些原因提出了具体分类,从而指示了自然研究的具体方向。依照这样的原则,亚里士多德建立了一个庞大的自然哲学体系,涵盖了当时人们所知的自然知识的几乎各个方面。

公元前4世纪,亚里士多德的学生亚历山大建立了一个横跨欧亚大陆的庞大帝国,同时也试图将希腊文化推广到这个帝国的每一个角落。在这个“希腊化”的过程中,北非尼罗河三角洲上的亚历山大城逐渐成为新的学术中心。这一时期,柏拉图提倡的关于自然的几何学研究纲领似乎占据了统治地位。几何学本身不仅得到了巨大的发展,而且还被作为一种方法,被应用到光学、地理学、天文学以及力学的研究之中。但是,亚里士多德的影响仍然显而易见。因为欧几里得《几何原本》中的几何学体系实质上是亚里士多德逻辑学在几何学上的具体应用,而被光学家、地理学家、天文学家和力学家所采用的几何方法实际上均源出于此。另外,亚里士多德的宇宙学也成为天文学家构建几何天文学体系的理论基础。

古希腊自然哲学的发展还直接影响到人们对人体的认识,并通过与医学实践的结合,形成了一套哲学性的医学和生理学知识系统。不过,希腊人研究自然哲学和数理科学的最高目标在于道德的提升和精神的净化。苏格拉底把知识称为最高的善,正是对这种追求的最好表达。但是,当崇尚实用的罗马人把希腊本土和东方一些希腊化的国度划入自己的版图之后,这种知识精神并没有被他们所真正接受并加以发扬光大。相反,罗马人只满足于将希腊科学的一些成果拿来为实用目的服务,满足于快餐式地将希腊的自然知识作为供消遣的文雅点缀。再加上基督教兴起之初对一切有竞争力的世俗知识的戒备、压制甚至破坏,希腊自然哲学、数理科学和医学的传统在欧洲失去了发展空间。

公元5世纪中叶,未开化的北方蛮族攻入罗马,最终导致了西罗马帝国的灭亡,这标志着欧洲中世纪的开始。而在东罗马帝国,基督教加紧了对异教和世俗知识的迫害,结果导致熟悉希腊哲学和科学的景教徒向东方迁徙。从此,欧洲陷入了知识黑暗。所幸的是,东迁的景教徒们在波斯帝国的土地上找到了暂时的避难所。当阿



拉伯人在公元7世纪征服这些地区时,对他们的知识表现出空前的热情,并鼓励他们从事翻译,这样不仅使希腊的自然哲学和科学传统得到了传承,并且使之与来自东方的相关知识相融合,在数学、天文学、力学、炼金术和医学等领域中取得了显著的发展,在一望无际的沙漠里形成了一小片知识的绿洲。

与此同时,在教会组织的帮助下,知识之光也在蛮族人统治的欧洲开始缓慢地恢复,欧洲人对世俗知识的兴趣也在日渐增长。这种兴趣最终导致了欧洲人对阿拉伯知识的发现,并在11和12世纪展开了大规模的翻译运动。与此同时,大学也应社会和宗教生活的需要而诞生,知识的光芒终于重新照亮了欧洲。教会博士们对体系最为庞大和完备的亚里士多德自然哲学表现出极大的热情,并把它与基督教神学相结合,形成了以神学为主导的经院哲学,成为教会承认的正统哲学体系。尽管有教会博士对光学这样的数学—实验学科表现出极大的兴趣,尽管也有学者对亚里士多德的一些观点提出过质疑,并“想象”出一些创新性的观点和方法,但亚里士多德还是被奉为最高的哲学权威,对他的学说进行注解和考辨成为占主导地位学术活动。

到了14世纪,经院哲学一统天下的局面开始受到挑战。这主要得力于一场被称为“文艺复兴”的文化运动,它起源于意大利北部一些商业经济发达、教会控制薄弱的城市共和国中。在这些地方,新兴的市民阶层和商业贵族开始反对宗教玄想式的生活,而热衷于现世生活的改善。“人文主义者”对古代文化的推崇和向往导致了大量古希腊著作的发现和翻译,其中包括自然哲学和科学著作,这使人们在经院哲学之外找到了一片更大的知识的天空。艺术家对新的艺术形式的追求导致了对几何学方法的应用以及对事物的经验性观察与研究,数学方法与经验研究的地位由此得到提升。随着这场运动的发展和扩散,新的世界观和方法论开始出现,新形式的科学也应运而生,从而产生了西方知识史和科学史上的一场深刻的革命,欧洲科学的发展随之进入近代早期。

第一个突破口出现在天文学领域,哥白尼提出了一个以太阳为中心的宇宙模型,并以此建立了一套新的天文学体系。一开始,许



多人只把这套新体系看成是更加有效的数学假说。但由于其在宇宙学和物理学上的意义逐渐显露出来,日心地动体系与坚持地心地静说的正统经院哲学之间的冲突变得日益明显。为此,第谷提出了一种调和的宇宙模型,而开普勒则在日心说的基础上提出了后来被称为行星运动三定律的天文学理论。

与此同时,伽利略则试图利用望远镜作出的天文新发现以及他对物理学研究的新成果来证明地心说的错误以及日心说的合理性,并以此对正统的亚里士多德自然哲学提出了全面挑战。他的言论立即触动了正统经院哲学家和神学家们的神经,他们引用《圣经》中关于地球静止的条文来向伽利略发难,争论被正式提到了神学和宗教信仰的高度。伽利略因此而遭到教会的监禁,但欧洲科学家却为自己争取到了一片相对独立的领地。

另一个突破口出现在方法论上。医药化学家与重视解剖的医学家开始倡导经验知识的重要性,并取得了重要成果;越来越多的学者开始将工匠的经验知识总结为书本知识,一些人还试图通过系统的实验方法将工匠知识提升到哲学的高度。英国哲学家培根则从理论上对旧有的方法论提出了全面的批判,其中尤其包括亚里士多德哲学。培根提出了一种全新的知识价值观:知识的目标不是通过理解自然的本质而获取精神上的满足和灵魂上的得救,而是为了能指导人们获得新的经验和发明,并在博爱精神的指引下为“生活的益处和用途”服务。可靠的自然知识不仅要帮助人们正确地理解自然,更重要的是能指导人们模仿和操控自然。培根认为,只有以实验为基础,在与自然持续的对话中,借用自己所倡导的归纳法,才能获得这样的知识。

在经验主义兴起的同时,数学方法也开始被系统地应用到自然哲学的研究中,出现了像伽利略和笛卡尔这样的代表人物,形成了所谓的“数学—物理学”或者“物理—数学”,从新的角度对经院哲学提出了新的挑战。与这种方法论相应的是一种数学化的世界观:自然被认为是用数字和几何形体写成的一部大书,因此,只有借用数学的语言才能读懂。值得注意的是,这种“自然数学化”思潮并不排斥实验知识。相反,在伽利略和笛卡尔等人的工作中,实验都占据



了非常重要的地位。

除了“自然数学化”思潮外,机械论是欧洲近代早期科学的另一个重要特征。机械论者把自然看做一架机器,相信在微观的机械部件和宏观的机械现象之间存在一种因果联系,微观决定着宏观,因此,通过理解微观就可以把握宏观。笛卡尔和波义尔是这种哲学的最佳代表。笛卡尔的数学化宇宙同时具有明显的机械化特征,连人和动物也都被他视为机器。波义尔把机械论与实验哲学结合起来,不仅对空气的力学行为提出了解释,总结出了空气压强与体积之间的定量关系,并且用同样的手段来改造炼金术,使之成为自然哲学的组成部分,从而导致了近代化学的诞生。从物质组成的机械论观点出发,波义尔还否定了亚里士多德和炼金术士所坚持的化学元素概念,而代之以机械微粒论观点。

新的知识活动和观念在正统哲学占统治地位的大学里难以发展,只能在大学以外寻找新的生存空间。于是,新式的科学社团开始从民间走向官办,最终形成了一种全新的社会建制。科学家开始形成一个独立的社会群体,其队伍也以空前的速度增长。

欧洲近代早期科学的发展最终在牛顿这里得到综合。牛顿不仅发明了微积分,提出了支配物体运动的三条基本定律,揭示了支配着行星系统的万有引力,而且通过《自然哲学的数学原理》和《光学》这两部巨著,演示了一套研究自然的方法,即把力的作用作为自然现象的支配性原因,把基于经验而进行的力的数学规律的探询作为自然研究的中心。牛顿通过自己的综合,为自然研究确立了一种新的范式,从而决定性地为欧洲科学的发展带入了近代的大门。

18世纪科学发展的一条主线是欧洲大陆科学界对牛顿式科学从怀疑、接受到普及与发展的转变。牛顿的力学被真正地转化为微积分的语言,形成了所谓的分析力学;牛顿的范式被进一步推广到电学和热学等领域,同时成为启蒙运动的思想源泉,推动着欧洲社会思潮的变革,并导致了法国大革命的爆发。

而在社会革命到来的前夜,拉瓦锡借助于定量受控的实验方法,在化学上发动了一场有计划的革命,建立了新的元素概念和新的化学术语系统,从而将这一学科真正引上了近代发展的轨道。到