

科学思想若干重要的历史线索

——立足于自然观的分析

桂起权

(武汉大学哲学学院,湖北 武汉 430072)

摘要:科学思想史上的自然观依次为:原始人的神话自然观,古希腊自然哲学中的自然观——原子论、“数学和谐”、“自然合目的”,中世纪的魔法自然观,重视严格因果性的近代机械自然观,立足于“场的本体论”的电磁场论自然观,以及整合吸收了历史上所有自然观优点的现代综合自然观。特别值得关注的是,那些对形成世界图景具有决定意义的科学思想的演变,须让科学事实支撑相应的世界图景。还要从历史经验中汲取营养,得到重要的方法论教益,以加深对当代科学思想的理解,为当今的科学探索活动提供某种启示。

关键词:科学思想史;自然观;原子论;场论;数学自然观;目的论

中图分类号:N02

文献标识码:A

文章编号:1008-7699(2011)02-0001-11

拉卡托斯说得好:“没有科学史的科学哲学是空洞的,没有科学哲学的科学史是盲目的”,^[1]历史事实与科学哲学理念从来都是相互支撑的。科学思想史比科学通史更加重视思想线索,也就是更在乎科学概念、规律、假说、原理、模型、方法等的来龙去脉。特别值得关注的是,那些对形成世界图景有决定意义的科学思想的演变,要让科学事实支撑相应的世界图景。还要从历史经验中汲取营养,并且得到重要的方法论教益,以求加深对当代科学思想的理解,或许还能给当今的科学探索活动提供某种启示。

纵观迄今为止的科学思想史,按照历史顺序,出现过形形色色的自然观:原始人的神话自然观^①,古希腊自然哲学中对后世最有影响力的自然观——原子论、“数学和谐”、“自然合目的”,中世纪的魔法自然观^②,重视严格因果性的近代机械自然观,立足于“场的本体论”的电磁场论自然观,以及整合吸收了历史上所有自然观优点的现代综合自然观。

一、古希腊最富有魅力的自然观:原子论、“数学和谐”和“自然合目的”

古希腊自然哲学为近现代科学和科学哲学留下了极有启发性的思想遗产,可以归结为三大研究传统,即

收稿日期:2011-03-30

作者简介:桂起权(1940-),男,浙江宁波人,武汉大学哲学学院教授。

① 世界各地原始人理解自然的方式都带有神话色彩,其核心是自然崇拜和万物有灵的观念。即:人与自然一体化,人融于自然之中;自然作为另一个有意志的主体而存在,万物有灵性,各种自然力都被拟人化;原始人以“人格自然的创造活动”的模式来理解和解释我们称之为“自然规律”的东西。神话自然观尽管原始、幼稚,却包含着原始人特有的丰富想象力,蕴涵着有价值的思想成分:将人与自然看作一个整体,人只能以内在化观点看自然,以及自然界具有某种能动性等思想。

② 发源于古代而在中世纪流行的炼金术的魔法自然观的核心思想是:人能够通过实验操作(特别是借助于水银、硫磺与火),魔术般地与自然进行对话,实验的成功意味着对话的成功。人类通过魔法作用不仅可以猜测到神的意图,并且能够对宇宙进程产生某种影响。尽管魔法自然观带有迷信或神秘的色彩,但是它重视实验操作的作用,相信人与自然之间能发生相互作用,相信人的力量能对宇宙过程产生积极影响,相信人体小宇宙与大宇宙存在着同样的秩序,并且初步猜测整个宇宙是全息相关的。

三种类型的自然观：“原子论的自然观”、“毕达哥拉斯的数学自然观”^①、“有机整体论或目的论的自然观”。原子论和毕达哥拉斯主义对近现代科学的建立发挥了巨大的作用，具有不可磨灭的贡献。现代科学家海森堡明确指出，这两种思想至今“还在决定着严密自然科学的道路”。^[2]然而，“目的论自然观”却在相当长时期内基本被排除在科学之外，直至 20 世纪中叶系统科学兴起，“目的论自然观”终于复活，并且开始展示其独特的价值。

古希腊的原子论只是一种关于宇宙本体的纯思辨的、抽象的形而上猜想，古希腊还有处于萌芽状态的“场论”自然观^②，它看似与原子论自然观相对立，实际上是极有竞争潜力的研究纲领，但要等到“久远的未来”——在 20 世纪由狄拉克所倡导的量子场论和由杨振宁所倡导的规范场论中——才能真正显示其威力。

毕达哥拉斯主义的基本纲领可以浓缩成一句话：“数是万物的本原”。忠诚的毕达哥拉斯主义者确信，关于物理世界基本结构知识的本质核心在于数学和谐性，尤其是基本对称性之中。自然界那种富有意义的秩序必须从自然规律的数学核心中寻找其根源。科学家在探索物理定律的过程中，“数学和谐性”始终是强有力的助发现的启发性原则。^③伽利略的话被看作毕达哥拉斯主义的宣言：宇宙这部宏伟的书是用数学语言写的，它的文字是三角形、圆以及其它几何图形。开普勒行星运动三大定律的发现应当看作毕达哥拉斯主义思想的胜利，而不是简单归纳法的胜利。正是“追求宇宙的数学和谐性”的崇高理想引导他成功地使用数学语言、公式来表述物理世界的定律。开普勒的“行星球模型”（图 1）只是探索“宇宙数学和谐”的初次尝试，但对毕达哥拉斯主义思维模式具有标志性意义。韦斯科夫在《20 世纪物理学》中指出，毕达哥拉斯的观念在氢原子光谱线中再生，“天体谐音”又重新出现在原子世界之中。海森堡认为，现代物理学中的“粒子”其实正是基本对称性的数学抽象。爱因斯坦主张，宇宙设计的最基本原则就是：寻求内在的对称性与和谐之美，其他只是枝节之论。而超弦——构成宇宙的琴弦、大自然的琴弦、毕达哥拉斯式的琴弦，音乐的和声与弦振动的数字规律相关历来被看作毕达哥拉斯主义鲜明而典型的证据。而今在“超弦理论”这种最前卫、最大胆新颖的物理学理论中，全宇宙各种“基本粒子”实质上都可归结为振动着的超弦的不同形式，即超级微小尺度上振动着的一根闭合的弦或环。

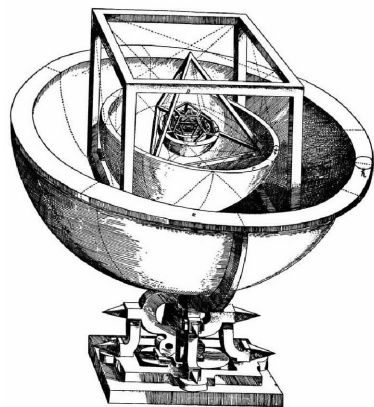


图 1 开普勒的“行星球模型”

作为生物学家的亚里士多德持目的论或有机体论的自然观。^④《动物四篇》是亚里士多德的“内在目的论”思想的集中表现。^[3]亚里士多德举例说，鲛鳊鱼就是目的论的活标本，它头上的须就适合于钓小鱼（图 2）。他还注意到，人类许多技术发明实际上是模仿自然的，这些

① 古希腊哲学家毕达哥拉斯（约公元前 580-约前 500 年）从音乐的和声与振动弦长度的简单整数比的关联性中得到决定性启示之后，提出了宇宙“数学和谐”的思想，即认为物理世界的奥秘包含于数学核心之中，在科学哲学著作中被称为“毕达哥拉斯主义倾向”。这是观察自然的一种特殊方式，在科学史和科学哲学中有深远影响。参见华中工学院出版社 1982 年版〔美〕洛西所著《科学哲学历史导论》一书第 18 页。

② “场论”自然观是由亚里士多德（公元前 384-前 322 年）在其自然哲学中首先提出的。其核心思想是：物质是连续的，虚空（真空）是不可能的，空间并非均匀和各向同性的，并非无限的。宇宙中每一种物体都存在自然（指定）位置。存在着两种基本运动：自然运动——物体顺其本性趋向自然位置的运动；强制运动——物体反其本性背离自然位置的运动。对于现代人来说，这并不难以理解：在电场中，荷电粒子可以有顺着或对抗着电场力作用方向的运动。

③ 关于毕达哥拉斯主义传统及其在科学思想史上的启发性影响，笔者在《物理学的毕达哥拉斯主义研究传统》已经做过详细分析，此处不再细述。参见清华大学出版社 2004 年版吴彤等所著《科学技术的哲学反思》一书第 183-198 页。

④ 亚里士多德认为，世界是一个有机统一的整体，自然是具有内在目的的。自然的所有创造物都是合目的的，生物的一切合目的的结构、机能、程序和行为都是自然内部机制起作用的结果，所有这些都是与超自然力量毫不相干的，而是可以用人工的、技术的方法引申出来的。

观念已为现代仿生学和控制论学者所充分发挥。亚里士多德又是著名的“四因说”^①的倡导者,亚里士多德这一“程序目的性”思想受到现代生物学家德尔伯吕克和迈尔的高度重视,被认为是亚里士多德为生命科学所留下的最可贵的精神财富之一。迈尔说,亚里士多德的“形式因”(eidos,造型因子)所表明的是“程序目的性”的原则,实质上与 DNA 的遗传程序相当。^[4]

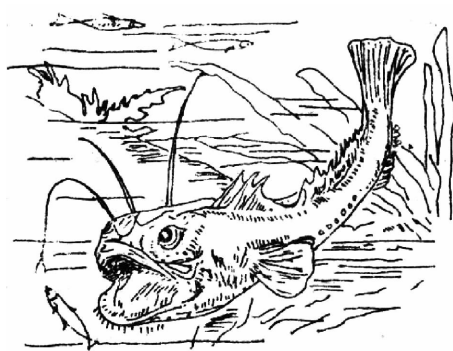


图 2 鲢鳙鱼

二、机械论自然观:笛卡尔兼有场论与粒子论思想

近代以来的机械自然观是科学思想史上成果最丰硕的自然观之一,近代科学家将宇宙看作严格地按规则运行的巨大的自动机器,最终使得上帝在自然界无事可做。无怪乎拉普拉斯在回答拿破仑的质疑时说:“陛下,我不需要[上帝]这个假说”。这种自然观促成牛顿(1642-1727)将“力”的概念及其数学分析引进到科学中来,并且有效地推进了科学的量化进程。牛顿在《自然哲学的数学原理》(1687)的序言中所表达的主导思想是:“从运动的现象出发,研究有关的自然力”,并且“将自然现象归结到数学定理”,结果取得了极大的成功。牛顿力学在二三百年内成为自然科学的出色范例。

在近代机械论自然观的形成过程中,笛卡尔(1596-1650)的思想起着基本重要的原发性驱动作用。^② G. 哈特费尔德在《笛卡尔与〈第一哲学的沉思〉》一书的“笛卡尔的物理学革命”中分析了 17 世纪初的形势。当时创立“新科学”的呼声很高,培根呼吁改造科学,要求重视直接观察;伽利略竭力为哥白尼的天文学体系辩护,用自制望远镜发现新天体(如木星有卫星),同时又开创了一门新的运动学(自由落体、匀加速、抛物体运动研究);开普勒发展了哥白尼的行星天文学,发现了行星运动定律。近代“科学革命”时期的所有这些发展在根本性观点上,“没有哪一个能与笛卡尔新自然观的博大精深(在《论世界》和《哲学原理》中表达的)相媲美”。^{[5]299-300}相对而言,笛卡尔对特殊物理问题贡献较少,但对物理世界普遍原理的考虑极为深刻。

笛卡尔在《论世界》(完成于 1633 年)和《哲学原理》(1644)中,提出了他所发现的三条物理学基本原理:物质粒子的状态守恒原理(广义的惯性原理);碰撞时的运动量守恒原理;狭义的惯性原理(比伽利略以“圆周运动为自然运动”的理解更为准确)。^{[5]310-314, [6]}正如科学史家柯瓦列在《伽利略研究》中所指出的,出于科学社会学方面的复杂原因,牛顿有贬低笛卡尔、抬高伽利略的倾向。^[7]

十分有意思的是,笛卡尔的思想兼有场论与粒子论的两重性。笛卡尔的总纲领是机械论的,而“以太”场论与粒子论则构成其看似矛盾的两个子纲领。用当今物理学哲学的术语来说,笛卡尔的根本立场是“场的本体论”观点,而不是“粒子本体论”观点,换句话说,第一性的终极实在是连续场,而不是粒子。场论思想是主导的,粒子论思想则是从属的。许多人感到难以理解,为什么笛卡尔把“广延性”看作物质第一重要的属性?牛顿是把质量看作物质第一重要属性的。其实,那是站在原子论的立场上看问题的必然结果。如果从场论的观点看,对笛卡尔的说法和想法也就不难理解了。因为宇宙被具有广延性的连续物质(所谓“以太”)所充满,世界是物质场的连续统,只有“充实的空间”,“真空”不空,无所谓“虚空”。既然场的连续性物质是第一性的存在,“粒子”也就不是“原子”那样的不可分割、不可毁灭的终极实在了。

① 亚里士多德指出,雄性动物的精子是启动胎儿发育的“致动因”,又是控制胎儿发育程序并且使物质成形的“形式因”(他还用古代的“自动机器”——一种依节拍跳舞的玩具机器人——说明程序的特点),还是预定生长发育结果的“目的因”,而雌性动物则是在子宫内提供物质养分的“质料因”。

② 应当说,后来与牛顿的名字联系在一起机械论自然图景和宇宙论,其最一般特征主要是由笛卡尔确立的。笛卡尔提出机械论的总纲领,其豪言壮语是:“给我物质和运动,我就能造出整个世界”,他企图用机械运动的概念来解释一切自然现象。他认为,宇宙本身就是一个大钟,人和动物都具有钟表自动机的性质。笛卡尔为后世留下的科学思想遗产主要是,对物理世界的总的看法以及处理科学问题的强有力的数学方法。

然而,“粒子”作为第二性实在或派生物质,在物理科学中仍然可以占有重要地位。正因为如此,笛卡尔的“粒子论”在思想界同样是影响巨大的,在科学史上对原子论纲领在科学中的延续和发展仍然贡献巨大。笛卡尔所引进的粒子的状态守恒原理、动量守恒原理和直线速度的惯性原理,应当看作原子论纲领的极有启发力的辅助假说,能对纯粹思辨性纲领充实以实证性的科学内容,使其逐步生长成羽毛丰满的在科学上富有解释力的一种研究纲领。正如科学哲学家库恩在《科学革命的结构》中所注意到的,在笛卡尔之后的大多数科学家都掌握了一种方法论上的启发性程序,即认为终极定律必须指定微观粒子的运动及其相互作用,而基本解释则必须将任何已知的自然现象归结为在这些定律支配下的粒子的作用。^[8]这就是说,如果能够搞清楚有什么粒子存在以及它们是怎样发生相互作用的,相应的科学定律的基本内容就确定下来了。众所周知,从道尔顿的化学原子论、气体分子运动论到普朗克的辐射量子论,并且一直延续到现代粒子物理学,粒子论影响极其深远。

机械论的基本立场也有利于与原子论(把有质量的运动物质简化为“质点”)以及数学自然观(用定量方式揭示物理世界的规律)的成功结合。牛顿的质点力学和光学中所主张的“粒子说”都是原子论与机械论贯彻到底的必然结果。严格因果性(当时表现为“机械决定论”)及其数学上相应的微分定律表达方式成为牛顿力学的两大支柱,爱因斯坦在纪念牛顿逝世 200 周年时说过,物理因果性思想及其微分定律形式是牛顿最伟大的理智成就之一。由于牛顿的力学体系将伽利略所发现的地面上物体运动的规律与开普勒所发现的天体(行星、卫星、彗星)运动规律成功地统一起来,牛顿被誉为“宇宙唯一的解释者”。

三、电磁场论自然观:连续场成为第一性实在

19 世纪,随着对电磁现象研究的深化,电磁自然观逐步替代了机械论自然观的地位。在电磁自然观总纲领之下,还存在粒子论与场论这两种相互竞争的子纲领。

首先登场的是作为机械论自然观向电磁自然观转化过程的中间产物——“电学中粒子论”观点以及“电学化的”机械论自然观。“电学中的牛顿”——安培(1775-1836)是电学中粒子论的第一个代表人物。1820 年,谢林的学生奥斯特(1777-1851)所发现的电流磁效应,被看作谢林派德国自然哲学家关于“各种自然力可以相互转化”思想的第一个成功案例,由此引发了电磁学的一系列新发现。^[9]安培受到极大鼓舞,1822 年就提出“磁性起源”假说,同时发现“分子电流”。在后续的研究中,他企图仿照牛顿力学的理论结构来建立电的动力学,在用超距作用的中心力模式说明了大多数电磁现象之后,却解释不了法拉第所发现的“电磁感应”。电学中另一个有影响力的牛顿主义者是韦伯(1804-1890),他于 1846 年引进了带电粒子之间的相互作用基本定律(电力取决于相对位置、速度和加速度),进一步强化了安培超距作用的粒子论纲领,解释了安培未能解释的许多现象。最终在 1870 年代,韦伯所构造的一种新型的自然图景终于成形:物理世界的唯一组成成分是两种相反电性的带电粒子,其运动遵循力学定律,而据此可以解释热、电、光、化学等一切自然现象。这是“电学化的”机械论自然观或粒子论自然观。

在电磁学研究中,场论观念(与粒子论相对立)则起源于法拉第^①。从擅长于形象思维的实验大师法拉第到精通数学技巧的麦克斯韦(1831-1879),通过两代人的努力,电磁场论才得以确立。如果说,亚里士多德、笛卡尔是在思辨意义上提倡“充实空间”等场论思想的先驱者,那么,法拉第则是科学意义上的“场论”概念的真正奠基者。1845 年,法拉第提出了“磁场”的概念;1848 年,进一步抽象为更普遍的“场”概念。法拉第对“场”有两种解释:一是假设只有空间力线的理论(图 3);二是假定电作用是通过充满物质的电解质空

① 法拉第(1791-1867)被公认为最伟大的“自然哲学家”之一,他丰富的想象力与直觉能力加上足智多谋的实验才能、工作热情和相应的耐力,使其能够迅速地分辨假象,洞察一切。1860 年前后,他总结毕生的实验工作,完成《电学实验研究》,这是一本对后世极有影响力的名著。

间中以太粒子的接触作用来传递的理论。“场”在第一种解释中表现为功能状态,在第二种解释中则更多地包含物质性实在的意味,两种解释对后世都有影响。这两种观点被开尔文和麦克斯韦所采用,将其更加严密化和精致化,并通过数学形式重新表达出来。

法拉第实验研究的重点或主攻方向放在各种自然力的统一性与相互转化性上。1820年代,他所研究的是电与磁的关系。1820年奥斯特发现电流的磁效应之后,法拉第反其道而行之,目标是“让磁反过来转化为电”,1831年预期的“电磁感应”实验终于获得成功。1830年代,他接过导师戴维研究电解的接力棒,所做的是电化学实验,目标是揭开电学与化学的关系,因为他坚信,化学“亲和力”与电力在本质上是一致的,

结果发现“法拉第电解定律”。实际上,法拉第的大量实验研究都围绕着转化现象:电磁感应、热、电化学以及光的磁性作用。他甚至猜测电力与引力之间存在转化的可能性,并试图通过实验来检验——他的思想真是远远的超越了同时代人的想象!他在几何学和空间上的直觉力,以及善于持久思考的能力,正好补偿了他数学上的不足。法拉第在1845年发表的《论磁性对光的作用》的论文中明确表示,自然力的统一性与等价性是他最基本的信念,他确信表示物质各种形态的自然力必定有一个共同的起源。关于“力的转化”的概念是法拉第自然哲学思想(也就是他的物理世界观)的核心。由于有这种自然哲学作指导,法拉第的实验研究目标非常明确,这种观念也使他比其他实验家更能理解自己的实验结果并导致重大科学发现。^[10]

麦克斯韦是继法拉第与开尔文之后,集电磁学大成的伟大科学家。他在总结库仑、高斯、安培、欧姆、法拉第等前人一系列科学发现和实验成果的基础上,建构了电动力学基本方程组和第一个电磁场论的完整体系,揭示了光的电磁本性,按其内在逻辑预示了电磁波的存在,完成了物理学的又一次大综合。麦克斯韦称其最重要的工作是将法拉第的物理观点转译为数学语言重新表达出来。^①1873年出版的《电磁通论》一书是物理学史上又一划时代著作,全面地总结了19世纪中叶以前对电磁现象的研究成果,建立了完整的电磁理论体系。赫兹在1887年公布,通过电磁谐振的实验,首次有力地证明了电磁波的存在。有必要澄清一下,关于赫兹实验,科学史教程中流行的说法中存在某种误解:其实麦克斯韦并未明确预言“电磁波的存在”,尽管他的电磁场论暗含这个结论。历史的真实情况是,赫兹并不是主动地通过实验去确证麦克斯韦理论,而是受赫姆霍兹研究工作的引导的结果。^②

在对电磁自然观的具体理解上,摆脱机械论需要有一个适应过程。尽管麦克斯韦和J.J.汤姆生(1856-1940)那一代英国物理学家在电磁学上已经采取了“场的本体论”立场,把“以太”看作基本实体,把粒子看作非基本实体。但大家在心理上仍然需要有一个直观的、形象化的机械模型,从而将荷电粒子、力线、分子及其他物理概念还原为以太的力学性质的(如涡旋与应变之类),这样才踏实些。麦克斯韦为此煞费心机,也许这与英国经验论的文化背景有关。欧洲大陆派学者则更偏爱纯电磁学的概念和定律,直观模型是无所谓的,并且在实在观方面更倾向于“粒子本体论”观点。W.维恩(1864-1928)就认为,一切实物都由荷电粒子组成,电磁学方程组所体现的规律和正负电性才是根本的,其他都是派生的。

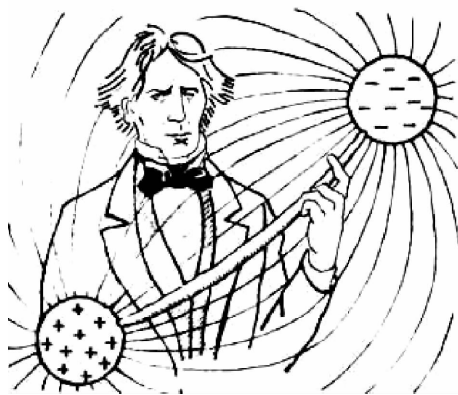


图3 法拉第与他的力线

① 麦克斯韦所创建的电磁场方程组(原先有20个公式,赫兹等人将其简化为现代形式,即4个公式),都是根据法拉第《电学实验研究》的实验观察以及关于“电力线和磁力线”的物理思想提升出来的。

② 物理学史学者钱长炎先生对此做过精细考证,参见中山大学出版社2006年版钱长炎先生所著《在物理学与哲学之间——赫兹的物理成就及物理思想》一书。

电磁自然观断言:唯一的物理实在是电磁“以太”^①连同荷电粒子,基本的自然定律都可以归结于麦克斯韦的电磁场方程组,它规定了场物质的一切性质。电子论的倡导者洛伦兹(1853-1928)是一个对各种新思想持开放态度的科学家,他力图把从法拉第到麦克斯韦的“场论”与欧洲大陆派的“粒子论”的电动力学统一起来,将荷电粒子与“以太”看作并列的基本实体。电磁自然观的最精简方案是:电磁“以太”是宇宙唯一的、普遍的终极实在,荷电粒子只是它的变化形态而已。请对照一下现代的量子场论吧,按照场本体论解释,场物质是唯一的终极实在,“粒子”作为场量子只是它的变化形态,是可以产生和湮灭的。这里,我们惊奇地发现,可以从 19 世纪电磁自然观中看到后世更成熟的场本体论的萌芽。

随着电磁学实验的一系列成功,电磁自然观的拥护者产生了一种强烈的渴望:企图在物理学中建立一个电磁解释的一统天下,期待着对物理实在按电磁方式作统一理解。实际上,已经暗含着场论与粒子论融合的可能性。看来,赫兹实验应当有助于加强这种信念,因为它具有两重性:历史戏剧性地嘲弄人们,赫兹在支持麦克斯韦电磁波场客观性的同一个实验(1886 年 10 月)中,初步发现了紫外线的光电效应。依我看,“场的本体论”不见得非要排斥“粒子论”不可。

四、化学中原子论、毕达哥拉斯主义思想影响的示例

原子论纲领与场论纲领所遇到的情况极为相似,从纯粹思辨性的哲学理念转变为真正的科学概念,其间跳跃的跨度极大。古希腊原子论只是纯思辨的、抽象的形而上猜想,而 19 世纪初由道尔顿所倡导的“化学原子论”则是面对化学实验的经验资料的科学假说。此前,在近代科学家中,由于伽桑狄(1592-1655)在新的历史条件下大力重新宣扬古代原子论,原子论的纲领性思想对许多科学家都产生了积极的影响。^[11]首先用机械论方式研究化学的代表人物是波义耳(1627-1691),受到伽桑狄原子论和笛卡尔“粒子论”的双重影响,波义耳在《形态和性质的起源》(1666)中,详尽论述了一整套“粒子哲学”原则,成为“原子—分子论”的先导。^{[12]121}

道尔顿出于研究气象学(大气的性质)的需要,才引进粒子论的思想,而且已经相当接近于“分子运动论”。然而,他最卓越的贡献则在于,发展了能够解释化学的经验定律的定量化的原子理论,从而奠定了原子论的科学基础。1803 年,道尔顿宣读有关“原子论及其原子量计算”的论文,1808 年出版《化学哲学新体系》,更系统地阐明了“化学原子论”(参见图 4)。其核心假说是:化学原子不可分割、不生不灭,在化学反应中保持不变;原子的本性取决于原子质量;不同原子以简单整数比相结合即化合。化学中的定比定律、倍比定律等经验定律应当可以基于原子论而得到合理解释。可是,不久以后,出现了反常情况。1809 年,盖·吕萨克(1778-1850)发表关于气体化合体积的简比定律,^②从宏观追究到微观,化学原子论面临“半个原子”的佯谬或反常。问题的症结在于,道尔顿没有区分原子与分子。此后,由于阿伏伽德罗(1776-1856)引进“分子说”这一辅助假说,成功的消解了反常,捍卫了“化学原子不可分”的核心原理。^{[12]219}

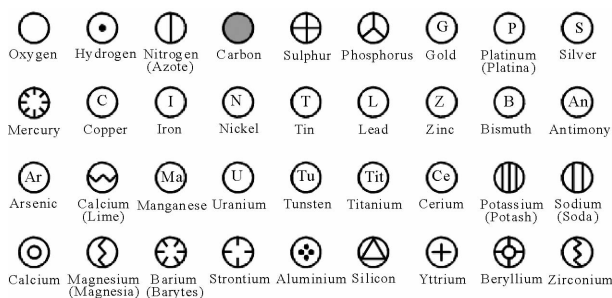


图 4 道尔顿的元素符号

① 那个时代,人们沿用了古代的“以太”作为连续场的物质承担者的名称。

② 氯气+氢气(氯化氢)有 1:1:2;反过来说,为了得到一体积氯化氢,需要半体积的氯气和氢气,即 1/2 氯原子+1/2 氢原子=1 个氯化氢。

原子论纲领的核心原理或本体论假定在面对由实验所展示的新事态的时候,能不断激发出富有启发性的方法论策略。例如,在研究化学反应时,有待解释的化学经验定律先是启发道尔顿提出“化学原子”,后又启发阿伏伽德罗提出“分子”的概念。按照同样道理,原子论的核心原理也启发洛仑兹在研究电磁现象时引进电子论,从而使得麦克斯韦方程组加上刻画电子运动的洛伦兹公式,构成电动力学的基础。甚至玻尔(1885-1962)所引进的量子论的原子模型、化学家引进的化学键的电子理论等无不受到原子论核心思想的启示,具体影响在原子论纲领内部的各种特殊理论的建构。^①

简要地说,玻尔从最简单的关于氢原子的“分层轨道”模型出发。玻尔模型是卢瑟福的行星式模型、普朗克量子论以及光谱的数学理论三个要素的巧妙结合。^② 我们看到,古希腊原子论与毕达哥拉斯主义这两种传统同时起作用了。这个最简单的氢原子模型,由于引进了量子条件,引进了稳定态和能级跃迁的概念,不仅顺利地说明了原子的稳定性,而且相当满意地解释了氢原子整个光谱系的规律性。当然,由于反对派的理论观点和新实验的不断挑战,使得玻尔不得不引进一系列新的辅助假说,进行多次修改,从而发展成为越来越复杂的一组模型。玻尔的盟友索末菲(1868-1951)及其学派将玻尔最初几种理论模型的许多失败最终都转变成了玻尔研究纲领的新胜利。

另一个特别成功的例子是,普劳特假说——所有原子都是氢原子复合物(原子量是其整倍数)的观点。显然,这是原子论和毕达哥拉斯主义思想整合的一个结果。普劳特(1785-1850)在1815年和1816年各发表一篇匿名论文,断言所有的纯化学元素的原子量都是整数(即氢原子原子量的整倍数)。普劳特当然很清楚,反常情况比比皆是,但他辩护道,之所以存在反常,是因为当时的实验技术靠不住,不足以分离出“纯元素”。在化学史上,从普劳特假说的提出(1815年)——到受“反例”的致命打击,长期受压——再到复活(1911年)的历史过程,就是普劳特派化学家、物理学家与一切不利的实验证据进行长期不懈斗争的历史过程。最明显的反例是 $Cl=35.45$,其原子量不可能化归为正整数。在普劳特假说提出之后差不多一个世纪的1911年,卢瑟福学派中的化学家索迪(1877-1956)首先提出“同位素”的概念。同位素的发现表明:通常测得的化学元素的原子量只是该元素的各种同位素按不同比例并存的一个平均值,每一种单纯同位素的原子量仍是整数!所有原子核都是氢原子核(质子)的复合物的核心假说并没有错!

五、生物学中的有机整体论自然观、原子论与“数学和谐”

古希腊亚里士多德的有机整体论(或目的论)自然观在科学中长期被曲解和误解,因而受到歧视和排斥,直到20世纪中叶系统科学群的出现,其真实价值才重新被发掘出来。“目的论”与“活力论”沾亲带故,^③难怪要受株连,变得声名狼藉。直到维纳(1894-1964)及其合作者在《行为、目的与目的论》(1943年发表于美国《科学哲学》杂志上的论文)与《控制论(或关于动物与机器中控制和通讯的科学)》(1949年专著),将“目的论行为”解释为“需要负反馈的行为”,用自动控制、自动调节的科学原理重新定位,才奠定了“目的论”的科学地位。

其实,达尔文立足于选择机制的进化论是不用控制论术语的、朴素形式的“生物进化控制论”。按照综合进化论权威学者E. 迈尔(1904-2005)的概括,达尔文的进化学说并不是单一的学说,而是由进化主义、共同

^① 笔者在《科学研究纲领方法论与化学的原子论和电子论》一文中有细致分析,参见《武汉大学学报(社会科学版)》2002年第4期刊发的拙作。

^② 有两个类比给玻尔决定性的启示:一是原子体系与太阳系的相似性,后来,索末菲用“椭圆轨道”深化了这一类比;二是量子论公式中出现的正整数与光谱公式中的正整数的相似性,韦斯科夫说过,毕达哥拉斯的观念在这里再现。也许是一句玩笑话,据说甚至运动场上的“分层跑道”也曾给玻尔(他是丹麦国家足球队队员)带来灵感。

^③ 其实,误解也有客观原因,因为它以极端错误和荒谬的“活力论”的形式表现出来。做海胆胚胎实验的胚胎学家杜里舒(1867-1941)就是典型的“活力论”者。在这种情况下,生命现象被解释为由一种超自然的、神秘的非物质力量所掌控,那当然是科学家所无法接受的。

祖先学说、渐进性观点、物种增殖学说、自然选择学说等五个学说所组成的整体，^{[13]195}自然选择学说是其核心部分。这是最大胆新颖的学说，涉及进化演变的机制，能合理说明生命世界的和谐与适应现象。迈尔仔细分析过，有两个关键性的事件促成达尔文发生思想革命。1837年3月，鸟类学家鉴定，达尔文环球旅行带回来的鸟类变种标本被证为真正的新物种，这件事促使达尔文成为渐进进化论者。然而，在此后一年半内，他苦苦索求具体进化机制却不得其解。直至1838年9月28日，马尔萨斯《人口论》的“指数式增长”的段落对达尔文大有触动，引发了达尔文思想的“多米诺骨牌效应”，使得他在进化机制问题上，取得决定性突破，最终得出自然选择学说。^{[13]177}其实并不是“人口理论”在帮助达尔文，而恰恰是因为其中暗含着关于生长—竞争机制的普遍原理（后者由贝塔朗菲“一般系统论”加以明确化），才打开了达尔文的心扉。^①

达尔文的进化论用自然本身的“自动调节机制”替代了上帝创世时的“完美设计”。^②所以海森堡说，牛顿完成了“经典力学的因果性解释”，而达尔文则完成了“生物学的因果性解释”。必须注意到，达尔文这种概念模式是超越牛顿那种“严格决定论”模式的。因为在自然选择中，机遇（如不定变异）与因果性、偶然性与必然性是联合起作用的。然而，物理学家要等到量子力学出现之后，才认识到物理世界是“因果与机遇联合支配”^[14]的。在对偶然性与必然性相互关系的认识上，生物学家比物理学家先走了一步。现在看来，达尔文进化论无疑是可以现代控制论的反馈调节和控制的原理进行重新解读的。^[15]生物学哲学家赫尔(D. Hull)的 *Philosophy of Biology Science* (1974) 和裴新澍的《生物进化控制论》(1998)对生物演变过程正是这样做的。^③事实上，达尔文进化论只是不用系统科学语言的“生物学的自组织理论”，同时体现了有机整体论的自然观，这是从人类思想史的眼光来回顾和评价达尔文所取得的思想成就的历史地位。在历史上，进化论与遗传学是相对独立地展开研究的，^④直到 E. 迈尔等人在 20 世纪三四十年代提出“综合进化论”，才把进化论与遗传学整合成一个统一的整体，使得生物学成为一门杰出而又有条理的科学。以孟德尔而言，他的主要贡献在于，立足于豌豆杂交试验，借助于前人无法比拟的实验方法、精细的统计和严密的逻辑分析，在《植物杂交试验》(1865)中提出了“遗传因子”的概念，发现了“性状分离定律”与“自由组合定律”。孟德尔巧妙的实验设计思想后来得到统计学家兼遗传学家费歇尔(1890-1962)的高度赞赏。从生物学哲学角度看，通过对孟德尔原理的再分析，^[16]可以从他的研究纲领中提炼概括出几个更深层的本体论预设：原子论与遗传因子决定论；粒子性遗传观念，而非融合遗传观念；^[17]生物自然界的核心奥秘藏于数学，机遇过程遵循概率统计规律。^[18]常有人将孟德尔的粒子性遗传因子理论和道尔顿的原子论与普朗克的量子论相提并论，这是很有意思的，说明孟德尔学说确实继承了原子论传统。另一方面，孟德尔的研究方式同时又是高度重视数学思考的毕达哥拉斯研究传统在生物学上的独特表现。

① 参见笔者与姜小慧在“传播中的达尔文”国际会议(2010.9,北京)上合作的发言稿《解读所谓“达尔文受马尔萨斯启示”之谜》(Following the Puzzle of “the Light that Malthus Thrown on Darwin”——A Perspective of the Science of Complex System)一文。

② 达尔文对“自然选择”的概括是：生物种群在环境变化的选择压力之下，“保留有利变异，淘汰有害变异”。自然选择学说试图用自然界内部的自动调节机制取代自然神学的超自然说明，使得同时代人一时难以接受。原因在于，自然选择不啻用纯粹的物质过程、有规则的因果链和优化自动控制过程代替造物主。因此有人说，达尔文的自然选择“废黜了上帝”。

③ 尽管裴新澍只主张“协同”机制，而竭力反对“生存竞争”假说，但那只是辅助假说。

④ 达尔文主要是进化生物学家，他关注的重点在于物种起源和进化的机制，而把遗传的具体机理留给遗传学家去研究。概括地说，达尔文所理解的“自然选择”=(两步过程)变异+选择，而变异=选择的基本前提。第一步是生物在每一世代中都产生“不定变异”(转译成现代术语即是，基因型/表现型的不确定的变体)；第二步，让第一步所提供的素材经受选择过程。达尔文充分认识到，可遗传的“不定变异”是选择的重要前提，但并没有回答它本身的规律。遗传的具体机理是由遗传学家的研究所揭示的。遗传学由于孟德尔的研究工作才真正确立为科学。从孟德尔(1822-1884)的“遗传因子”到摩尔根(1866-1945)的染色体上的“基因”，再到1950年代遗传学发展到分子生物学阶段，取得了突破性进展。1953年，遗传信息载体DNA的双螺旋结构被发现，紧接着1954年提出“三联码”的猜想。此后，遗传密码全部被测出(1963)并且破译(1969)。这样，对遗传机理的把握才达到了分子水平。生物性状在某种程度上对应于DNA中碱基的排列顺序，当然还原方法必定受到有机整体论的制约，不同基因决不是彼此相互孤立的。

六、现代综合自然观：“多种规定性的统一”

现代自然观具有高度综合的性质,由历史上出现过的互斥又互补的自然观整合而成,可以说,是“多种规定性的统一”。现代自然观借助于系统科学的反馈调节的控制机制,实现了因果性观念与目的论的融合,又借助于量子场论的观念,实现了粒子本体论与场的本体论的整合。

神话自然观包含着特有的艺术家般的丰富想象力,原始人群擅长于隐喻与类比,右脑形象思维功能开发得比较好。现代人直至“右脑革命”^①之后,对直觉思维才有较清醒的认识。日本物理学家汤川秀树根据研究粒子物理学的科学实践,在《创造力和直觉》一书中强调,直觉思维比逻辑推理在更大程度上是创造力的源泉。《右脑与创造》一书表明,脑科学家也支持这个看法。现在,隐喻在科学探索中的作用日益受到科学哲学家的重视,故有“科学修辞学”一说。另外,现代生态学家采纳了“把人和自然看作一个整体”的观点,用来反对“人类中心主义”。在量子力学的新解释中,还有人采纳了“人只能以内在化眼光看自然”的观点,而提出“宇宙波函数”和“多世界诠释”的观点。

毕达哥拉斯主义数学自然观和原子论自然观的积极因素也被吸收进现代综合自然观之中,影响着现代科学发展的道路。现代科学家深信,物理世界基本结构及其相互作用的奥秘都深藏于数学和谐,尤其是基本对称性之中,包括外部空间对称性和内禀空间(如自旋、同位旋)对称性。杨振宁常喜欢说:“对称性支配相互作用”,他所提倡的规范场(1954)所考虑的就是上述两种基本对称性的整合。^[19-20]而盖尔曼(1929-)提出“夸克模型”(1964),按最初的动机说,所追求的只是物理世界的“基本对称性”,是“形的逻辑”,而非“物的逻辑”,这就与古希腊讲究“基本对称性”的柏拉图和毕达哥拉斯的思想非常合拍了。结果却比直接追求“物的逻辑”的坂田模型取得了更大的成功。^②

现代科学家站在量子场论的“场的本体论”立场上,持有充实的真空观(a plenum view of the vacuum),真空不空,真空=基态的量子场,具有物质性。它重新肯定了亚里士多德和笛卡尔关于“虚空不可能”、“连续的充实”和反超距作用等场论观点的积极含义。尽管在历史上,“场论”思想纲领即“世界以连续物质为基质”的纲领潜力极大,但在历史上长时期处于弱势地位。直至19世纪的电磁“以太”自然观充当了现代“场的本体论”的先驱者的角色。爱因斯坦(1879-1955)不仅发动相对论革命(1905),彻底改造了人类的时空观,而且对“场的本体论”有独特贡献。1915-1916年他创立“广义相对论”之后不久,在研究弯曲空间本性之时,从引力场视角,首先发现了“场的独立实在性”的深刻内涵(“场”不能仅仅被看作“功能状态”),从而认识到“以太”、空间、真空与场四个名称所指称的应当是同一个物理实在。^[21-22]此后,量子场论创始人狄拉克(1902-1984)也逐步认识到“场的实在性”。不过,他的“虚光子跃迁”假说(1927)和“负能量电子海洋”假说(1928)统统只是一种过渡时期的特设性假说,是从“粒子本体论”转换到“场的本体论”的前奏曲。最终,量子场论立足于“场的本体论”,以粒子作为场量子而“生成或湮灭”的方式,终于将“粒子论”与“场论”融合了起来。^[23-24]

20世纪中叶以来,以控制论为先导的系统科学的蓬勃发展表明,系统自然观集中体现了现代自然观的精华,系统自然观几乎成了现代自然观的代名词,科学思想史翻开了新的一页。系统科学是史无前例的内容

① 1990年代,脑科学经受了“右脑革命”的洗礼,被称为“右脑的十年”。

② 当然,盖尔曼的夸克模型是继承坂田模型的,因而又包含原子论自然观的要素。如果没有原子论自然观,就不会有“粒子物理学”,这是不言而喻的。

极度丰富的学科群。^① 现代的系统自然观借助于控制论、一般系统论、耗散结构论、协同学、混沌乃至复杂性等理论,复活了亚里士多德的目的论和有机整体论的自然观。维纳通过对动物和机器通用规律的研究表明,自动机器通过反馈调节机制,可以表现出与神经控制同样的合目的性;莫诺(1910-1976)的生物微观控制论进一步表明,借助于生物化学和分子生物学层次的反馈机制以及微观—宏观的相互作用,完全偶然的基因突变可以纳入必然的进化轨道,他因此断言:“自然选择能够独自从一个噪声源泉中谱写出生物界的全部乐曲”^[25];耗散结构论表明,在远离平衡态条件下,开放系统可以通过非线性正反馈机制的作用,表现出有序性和合目的性;协同学还进一步发现并阐明序参量是自组织演化过程的主宰;按照超循环理论,生命起源于分子无序,生化反应的循环和催化超循环过程将选择价值高的突变体过滤放大,从而形成功能性组织,后者经过自我选择并优化,再向更高水平进化;由艾根的“选择进化方程”,从理论上可以导出达尔文选择原理。如此等等。这就最有说服力地表明,系统科学正是生物学理论背后的元理论。总之,所有这些自动控制和自组织理论都表明,无需超自然的神力和神秘的“生命力”,自然系统也像自动机一样,可以凭借内在机制的作用,呈现合目的性。从这个意义上说,认为宇宙=超大自动机的机械论是对的,亚里士多德非神学性的宇宙“内在目的论”也并不错。因此,系统自然观是一种对机械论自然观与目的论自然观的更高的综合。

回顾 19 世纪中叶,在进化生物学家达尔文的自然选择理论中,立足于生物自然界丰富的经验资料,实际上已经假定了自组织演化或自动调节机制,体现了有机整体论或系统自然观的基本思想。自然选择学说至今仍然对新兴的系统科学特别是自组织理论富有启发力,难怪普利高津、哈肯和艾根都愿意宣称自己的理论是“广义的达尔文主义”。

恩格斯在《自然辩证法》和《反杜林论》中所表明的辩证自然观,既是有机整体论的自然观,也是系统自然观,其基本精神至今仍然是正确的,只是现在充实了系统科学无比丰富的新内容。

现代自然观(以系统自然观为核心)最具革命性的方面表现在反严格决定论和对偶然性意义的新认识。或谓,提起 20 世纪科学革命,只须记得三件事:相对论、量子革命与混沌。混沌理论中著名的“蝴蝶效应”连同量子力学一起断然否决了牛顿严格决定论的任何现代翻版的有效性。通过量子力学、分子生物学乃至混沌理论的研究,人们越来越认识到,偶然性是客观的,它是自然运行的一种内在机制中不可或缺的环节,因而理应具有本体论地位。机遇有规则,世界是“因果与机遇联合支配的”,即使混沌也有精细结构(如“奇怪吸引子”在相空间图示中的行为),偶然性与必然性相互作用的深层非线性机制是可以认识的。

致谢: 笔者 1983 年调到武汉大学哲学系,为科学哲学与逻辑专业的硕士研究生开设科学思想史课程。武汉大学图书馆有岩波书店馈赠的整套藏书,其中,岩波书店 1984 年日文版坂本贤三的《科学思想史》给我强大的初始驱动力和决定性的启示(尤其是关于自然观的分类方面),谨致最深切的谢意!

参考文献:

- [1][英]伊·拉卡托斯. 科学研究纲领方法论[M]. 兰征,译. 上海:上海译文出版社,1986:141.
- [2][德]W·海森堡. 严密自然科学基础近年来的变化[M]. 上海:上海译文出版社,1978:52.
- [3]任晓明,桂起权. 计算机科学哲学研究[M]. 北京:人民出版社,2010:38-42.
- [4][美]E. 迈尔. 生物学思想发展的历史[M]. 涂长晟,等译. 成都:四川教育出版社,1990:103.

^① 系统科学是指研究系统的类型、一般性质、内在机理或运动规律的整个学科群。维纳创立的控制论(1949)是研究生命系统与技术系统的最一般控制规律的学科;申农(1916-)创立的信息论(1948)是研究不同类型信息加工、传输、接收的最一般规律的学科;贝塔朗非(1901-1971)的一般系统论(1945 年论文,1947 年专著)是研究各种类型的系统的最一般性质、原理、规律的学科;普利高津(1917-)创立的耗散结构论(1969)研究开放系统在远离平衡条件下的演化规律;哈肯(1927-)创立的协同学(1971)是研究系统各子系统及其要素协同作用(既竞争又合作)的规律的学科;托姆(1923-)创立的突变论(1968)是研究系统的形态发生、结构稳定与突变的规律性的学科;艾根(1929-)的超循环理论(1971)是研究大分子的自组织、催化循环的超级循环的理论;混沌学则是研究混沌形成规律和内在作用机制的学科。目前,系统科学正在向复杂性进军,系统科学的学科群广视野、多视角地从作用机理上极大地丰富了有机整体自然观的内涵。

- [5][美]G. 哈特费尔德. 笛卡尔与《第一哲学的沉思》[M]. 尚新建, 译. 桂林: 广西师范大学出版社, 2007.
- [6]Кудрявцев П. С. История Физики: Т. 1[M]. Москва: Учпедгиз, 1956.
- [7]沈健. 从伽利略、笛卡尔到牛顿: 新解近代科学革命[J]. 科学技术与辩证法, 2011(2).
- [8][美]T·S·库恩. 科学革命的结构[M]. 金吾伦, 胡新和, 译. 北京: 北京大学出版社, 2003: 38.
- [9]贺天平, 桂起权, 等. 科学实验之光[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 15-33.
- [10][英]彼得·迈克尔·哈曼. 19世纪物理学概念的发展——能量、力和物质[M]. 龚少明, 译. 上海: 复旦大学出版社, 2002: 71-77.
- [11]林定夷. 近代科学中机械论自然观的兴衰[M]. 广州: 中山大学出版社, 1995: 50-51.
- [12]桂起权. 科学思想的源流[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 1994: 121.
- [13][美]E. 迈尔. 生物学哲学[M]. 涂长晟, 等译. 沈阳: 辽宁教育出版社, 1992: 195.
- [14][德]M. 玻恩. 关于因果和机遇的自然哲学[M]. 侯德彭, 译. 北京: 商务印书馆, 1964: 7.
- [15]桂起权, 傅静. 迈尔的“生物学哲学”核心思想解读——从复杂性系统科学视角看[J]. 科学技术与辩证法, 2008(5).
- [16]桂起权, 傅静, 任晓明. 生物科学的哲学[M]. 成都: 四川教育出版社, 2005.
- [17]赵功民. 遗传的观念[M]. 北京: 中国社会科学出版社, 1996: 71.
- [18][德]亨斯·斯多倍. 遗传学史——从史前到孟德尔定律的重新发现[M]. 赵寿元, 译. 上海: 上海科学技术出版社, 1981: 168.
- [19]桂起权. 规范场论的研究纲领述评——按毕达哥拉斯模式解读[J]. 自然辩证法通讯, 2008(6).
- [20]桂起权, 高策, 等. 规范场论的哲学探究[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 182-191.
- [21]爱因斯坦文集: 第一卷[M]. 北京: 商务印书馆, 1976: 124-128, 261.
- [22]薛晓舟. 量子真空物理导引[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 12.
- [23]桂起权, 宋伟. 充实的真空观: 量子场的实在论与生成辩证法[J]. 河南社会科学, 2007(2).
- [24]桂起权. 再论量子场的实在论与生成辩证法[J]. 自然辩证法研究, 2009(3).
- [25][法]雅克·莫诺. 偶然性和必然性——略论现代生物学的自然哲学[M]. 上海: 上海人民出版社, 1977: 88.

Some Important Historical Clues of Scientific Thoughts

——An analysis based on views of Nature

GUI Qiquan

(School of Philosophy, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: Ancient Greek philosophy of Nature contains three types of views: atomism view of Nature, Pythagoreanism mathematical view of Nature and organism or teleological view of Nature. The representative views of Nature in history of scientific thoughts include mythological view of Nature (containing abundant metaphor), ancient Greek philosophy of Nature (abundant in philosophical thoughts), magic view of Nature (emphasizing bizarre experiments), modern mechanical view of Nature (stressing strict causality), electromagnetic field theoretic view of Nature (based on the ontology of field) and modern integrated view of Nature. Modern integrated view of Nature derives rational ingredients of all the past views of Nature and achieves the unification of causal concept and teleology as well as the conformity of particle ontology and field ontology.

Key words: history of scientific thoughts; views of Nature; atomism; field theory; mathematical view of Nature; teleology

(责任编辑: 江 雯)