

卷首语

这是一个科学的时代,然而,我们对科学的理解往往是浮浅和支离破碎的。由于当代科学的专业化本质,理科大学生通常会在越来越专门的学科领域学到越来越精深的专业知识,但对其他的学科所知不多,科学对他们而言往往就是那个狭窄的领域和特殊的工作方式。另一方面,由于我们的教育体制过早过度的分科和身份定型,文科大学生几乎没有机会和能力进一步接受自然科学方面的训练,科学对他们而言只有一些模糊的印象和流行的信念。

建立全面和完整的科学形象,是大学科学教育的题中应有之义。大学之道在于弘扬统一科学的理想、培养全面发展的个人。因此,大学科学教育不仅要培养各门专业的专门人才,而且首先要培养深谙科学之人文精神的科技人才,而科学之人文精神只有在对科学的全面和整体的理解中才可能被领悟到。

可是我们目前的科学教育体制恰恰在这方面十分欠缺。我们缺少一个类似"科学通论"的课程。在这个课程里,学生可以了解到自然科学所揭示的自然界的全貌,科学研究的一般方法论和哲学背景,科学家应尽的社会责任以及科学家丰富多样的个人生活。通过这样的课程,学生可以感受到自然的统一性、科学的统一性以及人类文化的统一性,从而领悟到科学的人文本性。

《大学科学读本》就是想起"科学通论"的作用。由于不是通过对某一专门学科的技术性细节的精通,来达成对科学的理解,而是通过展示科学的方方面面,来达成对渗透在科学之中的种种"统一性"的理解,因而准确地说,这是一部"科学的人文读本"。

时下流行一种看法,以为科学与人文是两个并列的东西,把科学与人文的分裂看成一个既成的事实,把科学共同体看成是人文精神的对立面。实际上,在科学的发展史上、在科学家群体中,一向存在着回归科学之人文本性的深厚力量。许多杰出的科学家反对用一种功利主义、工具主义的态度看待科学,用自由的理念抗拒科学的人性异化。他们深知科学的发现和创造决不只是单纯的解决技术性问题,更是实现一种美学理想、伸张一种价值观念;他们深知科学的目标必须受制于、服务于更高的人性的目标。科学家首先是一个人,其次才是一个科学研究者。

摇摇正因为科学共同体内部就存在着回归科学之人文本性的深厚传统,正因为优秀的科学家自身便首先是科学的人文学者,我们并不需要从科学的外部来发掘科学的人文资源,我们的科学人文读本完全可以从科学家的作品中选编出来。尽管随着科学的发展,人文学者对科学的反思和评论越来越深入、全面和系统,但我们这个读本基本选编的是科学家自己的文字,是一部由科学家自己写就的人文读本。

本书由四部分组成:科学的世界图景、科学的精神传统、科学的社会责任与科学的激情生活。

科学的世界图景部分,是对基础理论科学内容的权威概述。当代科学专业林立、分支众多,领域无边无沿、内容无比丰富,但是科学的千头万绪实际上都建基于基础科学的平台之上。正是基础科学为我们提供了一种世界观,为我们回答了“我们是谁,从哪里来,要往哪里去”这样原始而基本的问题。在科学的世界图景这里,我们能够领略到在科学定律的统率下自然界所呈现出来的统一性。目前我们掌握的自然界的统一性有两种,一种是在物理定律方面的统一性,另一种是在进化方面的统一性。这是任何自然现象都服从的两种统一性,我们今天看待宇宙和生命的方式,均受它们的支配。正是对这种统一性的追求,构成了科学家们探索自然的深层动机。

科学的精神传统部分,是对科学家这个特殊人群的特定思维方式和行为方式的一种解读。每一个共同体都有自己的传统,正是传统决定了它的思维方式和行为方式。近代科学有两大传统,一是数理实验科学传统,一是博物学传统。总的来说,前者占据绝对的优势,所谓“科学”通常指的就是数理实验科学。后者虽一直处在边缘位置,但在今天却越来越显出其重要性。近代科学的精神传统还体现在它与哲学、宗教、艺术的关系之中。科学不是一项孤立的社会事业,而是与其他的人类文化有着千丝万缕的联系:它们既相互区别,又互相汲取养料。就其根本动机而言,它们都是为了超越个人经验的有限性而追求一个超越和普遍的理念世界。正因为此,科学本身就见证了人类文化的统一性。

科学的社会责任部分,选取了一些著名科学家关于科学的社会角色以及科学家的社会责任的论说文章。过去有一种看法,认为科学家的职能是认识自然界从而帮助人

类改造自然界。就认识自然而言,他们是一些精通许多窍门的“术士”,就改造自然而言,他们则是一些具有神力的“壮劳力”,至于社会问题,他们是可以不关注的,因为他们是价值中立的。这个传统的看法在过去的 19 世纪遭遇到普遍的质疑。一方面,即使作为一个有良知的普通人,科学家也不应将自己置身于社会正义和道德责任之外;另一方面,随着现代科学改造世界的能力越来越大、对社会发展的影响越来越广泛,科学在社会中的地位和角色早已不再是价值中立的,科学家主动地承担社会责任已成为当代社会的普遍要求。

科学的激情生活部分,展示了科学家作为普通人的庸常生活和作为科学事业的实践者的喜怒哀乐。我们传统的科学家形象过于简单和呆板,其实科学家也是各色人等。有的心地单纯有如孩童,往往因沉思和入迷而显得行为怪异而可笑,但也有的表面正人君子,暗里工于心计,惟利是图;有的大公无私、品德高尚,坚持探索自然奥秘只为造福人类,决不计较个人得失,也有的自甘堕落,沦为邪恶势力的帮凶。科学家作为人,同样禀有人性的优点和弱点。科学研究作为一项社会事业,也充满了竞争、对抗、矛盾、和解。恢复科学家的凡人的形象,也是在恢复科学的人性形象。

我想在这个读本中着力突现科学的多样性。科学诚然是统一的,正是这种统一性显示了它的人文性,但科学也是多样的,这种多样性同样是它人文本性的一部分。科学并不像有些人所理解的那样,是铁板一块,相反,无论是科学的世界图景还是科学的方法论,无论是科学的社会功能还是科学家的个人生活,都充满着多样性甚至尖锐的冲突。但是,正是这种多元化的文化生态,使得科学事业充满活力。《读本》所选的文章,有不少在观点上是针锋相对的,但它们丰富、深化了我们对世界的理解和对科学的理解。

目录

摇摇摇摇摇摇 卷首语员

第一部分 科学的世界图景

题说猿

员援世界图景 :简单性与复杂性

 莫诺 :柏拉图和赫拉克利特缘

 普利高津 :一种新的理性苑

 贝塔朗菲 :生物学定律和物理学定律员

 格莱克 :混沌开创新科学愿

圆援宇宙

 温伯格 :宇宙的起源圆

 霍金 :膨胀的宇宙远

 温伯格 :宇宙的结局猿

 爱丁顿 :宇宙的耗散猿

 保罗·戴维斯 :奇妙的量子世界源

 伽莫夫 :行星的诞生缘

 古尔德 :大陆漂移的确定远

 巴罗 :世界的结构苑

猿援生命

 刘易斯·托马斯 :世界最大的膜苑

 雅各布 :生命始终是奥秘苑

 薛定谔 :生命是什么愿

 克里克 :生命的一般性质愿

贝塔朗菲 :生命的历史特征	.....	120
威尔逊 :生命的多样化	.....	120
莫诺 :生命的起源	.....	120
迈尔 :什么是进化	.....	120
古尔德 :进化的艰苦历程	.....	120
源人类		
利基 :人类的进化	.....	120
道金斯 :非洲夏娃理论	.....	120
古尔德 :人类的枝状进化与梯状进化	.....	120
珍妮·古多尔 :在人的阴影中	.....	120
迈尔 :外星智能生物的可能性	.....	120

第二部分 科学的精神传统

题说	.....	120
缘数学		
怀特海 :数学与物理科学	.....	120
罗素 :数学的研究	.....	120
彭加勒 :数学物理学的起源	.....	120
爱因斯坦 :几何学与经验	.....	120
柯瓦雷 :牛顿综合的意义	.....	120
斯图尔特 :数学有何用	.....	120
透实验		
贝尔纳 :实验	.....	120
贝尔纳 :观察与实验	.....	120
彭加勒 :实验和概括的作用	.....	120
贝弗里奇 :生物学实验	.....	120
贝弗里奇 :观察	.....	120
苑博物		
威尔逊 :博物学家的实验	.....	120
迈尔 :遗传学家与博物学家联手	.....	120
伊夫林·凯勒 :麦克林托克的遗传学研究	.....	120
愿科学与哲学		
爱因斯坦 :探索的动机	.....	120
爱因斯坦 :自由和科学	.....	120

爱因斯坦 科学定律和伦理定律	.....	猿愿
玻恩 科学与哲学	.....	猿愿
莫诺 知识伦理学	.....	猿缘
卡普拉 物理学与东方神秘主义	.....	猿员
猿爱科学与宗教		
达尔文 我的宗教观	.....	猿缘
爱因斯坦 宗教同科学不可和解吗？	.....	猿愿
爱因斯坦 科学和宗教	.....	猿猿
海森伯 科学真理与宗教真理	.....	猿苑
保罗·戴维斯 科学与宗教在变化着的世界中	.....	猿远
猿爱科学与美		
海森伯 精密科学中美的含义	.....	猿猿
杨振宁 美和理论物理学	.....	猿猿
冼鼎昌 门外美谈	.....	猿圆
卢里亚 科学与艺术	.....	猿猿

第三部分 摇科学的社会责任

题说	.....	猿缘
猿爱科学与人性		
爱因斯坦 培养独立思考的教育	.....	猿苑
爱因斯坦 科学和社会	.....	猿愿
爱因斯坦 文明和科学	.....	猿愿
爱因斯坦 要使科学造福于人类,而不成为祸害	.....	猿猿
薛定谔 科学对生活的精神意义	.....	猿缘
贝弗里奇 科学研究的道德观	.....	猿猿
猿爱科学与政治		
爱因斯坦 我的世界观	.....	猿圆
爱因斯坦 科学家对政治问题不应当明哲保身	.....	猿缘
爱因斯坦 科学家的道义责任	.....	猿远
玻恩 宇宙航行的祸福	.....	猿猿
玻恩 还有什么可以希望的呢	.....	猿猿
海森伯 科学家的责任	.....	猿圆
扬诺赫 萨哈罗夫其人	.....	猿远

猿缘科学与自然

- 利奥波德 :像山那样思考 猿源
卡逊 :忍耐的义务 猿苑
威尔逊 :热爱生命 猿园
古多尔 :爱护动物 ,帮助动物 猿缘
盖尔曼 :多样性濒临危险 猿怨

第四部分猿科学的激情生活

猿说 猿员

猿缘激情发现

- 艾芙·居里 :镭的发现 猿猿
钱德拉塞卡 :爱丁顿对广义相对论的验证 猿园
狄拉克 :回忆激动人心的年代 猿苑
沃森 :双螺旋之发现 猿远

猿缘学术纷争

- 韦斯特福尔 :牛顿颜色理论的问世 猿怨
派依斯 :爱因斯坦对新动力学的反应 猿怨
卢里亚 :论科学家之争 猿愿
威尔逊 :分子大战 猿员
古尔德 :对威尔逊社会生物学的反驳 猿员

猿缘浪漫生活

- 达尔文 :贝格尔舰上的经历 猿苑
艾芙·居里 :居里夫人的恋爱 猿园
库茨涅佐夫 :爱因斯坦的伯尔尼时期 猿源
费曼 :当科学大师碰上菜鸟 猿员

题 说

我们是谁？来自何方，意欲何往？这是自古以来就困扰着人类的最原始最形而上学的问题。起初，这类问题由神话来回答，后来由宗教和哲学提供答案。今天，最权威的回答来自科学。这个事实表明了，科学绝不只是解决具体问题的方术，而首先是意识形态。科学的世界图景，这个被公认为世界之真相的东西，恰恰暴露了科学的形而上学本质。科学最终的力量不仅来自坚船利炮，而且来自对世界真相的支配。

近代科学的世界图景基于简单性的逻辑：寻找千变万化的现象背后不变的东西。这个东西可以是实体，比如分子、原子、电子，也可以是方程。代表不变性的方程，既代表了某种不变性（方程即等式），也代表了某种确定性，因而近代科学的世界图景基本上是一个决定论的图景。但是，生命科学一向挑战这个决定论图景的完备性，生命现象总是试图逃避纳入科学的世界图景之中。分子生物学的崛起扭转了这个局势，但追求生命科学之自主性的势力依然强大。20世纪中期以来，新兴的复杂性科学从根本上挑战“简单性”图景本身，为未来科学的发展提供了新的可能性。尽管如此，宇宙的进化、生命的进化和人类的进化，以及在这些进化中发挥决定论作用的定律，还是大体织就了一幅科学的世界图景。

“宇宙”部分包括了“宇宙的膨胀”、“热力学第二定律”、“量子论”、“天体物理学”、“大陆漂移”等物理科学的核心内容，许多作者还是这些科学理论的重要原创者。这些文字均选自一些著名的科普著作，其中，伽莫夫的《从一到无穷大》、温伯格的《最初三分钟》和霍金的《时间简史》，已经成为20世纪的经典科普作品。

“生命”部分包括了对生命各个侧面的不同见识。量子力学的创始人薛定谔、阅读双螺旋结构的发现者之一克里克以及法国著名的生物学家莫诺，均强调生命的分子构成以及物理化学定律对于生命现象的适用性，而另一些生命科学家像贝塔朗菲、威尔逊、迈尔则极大地伸张生命的特异性，强调生命的历史性、整体性和多样性，法国的另一位生理学诺贝尔奖得主雅各布干脆宣布“生命始终是奥秘”。生命现象使统一的世

界图景产生了裂缝。

“人类”部分主要介绍了人类作为一个物种的进化问题,而对人类生理学、病理学、心理学以及体质人类学和文化人类学,都没有涉及,这是因为“人类的由来”问题是对科学的世界图景之完备性最具威胁性的问题,而其他问题尚不具备“世界观”的意义。在这一节里,我还选入了关于“外星人”的讨论,因为这是把人类自身纳入世界图景的过程中逻辑上最后的一笔,这一笔由当代最伟大的博物学家迈尔来画恰如其分。

柏拉图和赫拉克利特

莫摇诺

约三千年前,西方哲学在爱奥尼亚岛上诞生以来,就已分成了两个看来是对立的营垒。一方认为,世界的真正的和终极的真理,由于本质是不变的,所以只能存在于完全不变的形式之中。另一方则认为,惟一的真理存在于流动和演化之中。从柏拉图到怀特海,从赫拉克利特到黑格尔、马克思,他们的形而上学的认识论的见解,显然总是同他们的伦理学偏见和政治偏见密切相关的。这些思想体系尽管声称对于理性是不辩自明的,实际上却是为这些哲学家的先入之见、为他们的伦理政治成见作辩解,而在事后作出的一种构思。^①

对于科学来说,只有客观性假设才是惟一的一个先验的不变的东西。这个假设把科学从变和不变的争论中解救出来,或者不如说禁止它参与争论。科学是研究演化的,不管是宇宙的演化,还是宇宙里包括人在内的生物界等系统的演化。我们知道,任何现象、任何事物、任何认识都包含着相互作用,而相互作用本身又使系统的要素产生变化。但不能因此而否认在宇宙的结构中存在着不变的实体。正好相反,科学在分析现象时所采取的基本策略就是要探索不变量。在这一点上,每一条物理学定律同每一门数学的发展一样,都是去规定不变量的某种关系,科学的基本陈述都可以用宇宙的“守恒原理”来表达。随便举一个例子就可以看到,如果不依据现象所保持的不变量,那么事实上就无法分析任何一种现象。动力学定律的形成也许是个明显的例子。它首先要求微分方程式的发明,就是说,要求有一种用不变的东西来规定变化的方法。

当然,人们可以问,构成科学论述的一切不变量、守恒和对称等,是否都是为了

^① 卡尔·帕贝:《开放的社会及其敌人》,伦敦:罗脱莱奇和凯根·保罗 莫摇诺

一种新的理性

普利高津

19世纪初,波普尔(卡尔·波普尔)在他所著的《开放的宇宙——关于非决定论的论争》一书中写道:“常识倾向于认为每一事件总是由在先的某些事件所引起,所以每个事件都是可以解释或预言的。……另一方面……常识又赋予成熟而心智健全的人……在两种可能的行为之间自由选择的能力。”这一詹姆斯(威廉·詹姆斯)所称的“决定论的二难推理”与时间的含义密切相关。未来是给定的还是不断变化的结构?这个二难推理对每个人都非常重要,因为时间是我们存在的基本维度。正是把时间结合到伽利略物理学概念体系之中,标志着近代科学的起源。

人类思想这一成就也是本书所述核心问题的根源,即对时间之矢的否定。众所周知,爱因斯坦(阿尔伯特·爱因斯坦)常常说:“时间是一种错觉。”的确,物理学基本定律所描述的时间,从经典的牛顿动力学到相对论和量子力学,均未包含过去与未来之间的任何区别。甚至对于今日的许多物理学家而言,这已是一种信念:就自然的基本描述而言,不存在什么时间之矢。

然而,无论在化学、地质学、宇宙学、生物学或者人文学科领域,处处可以见到未来和过去扮演着不同的角色。从物理学描述的时间对称的世界如何产生时间之矢?这就是时间佯谬——本书的中心议题之一。

时间佯谬是在19世纪下半叶维也纳物理学家玻尔兹曼(路德维希·玻尔兹曼)的研究工作之后被确认的,他试图仿效达尔文(查尔斯·达尔文)在生物学中的研究,系统阐述物理学中的演化方法。但在当时,牛顿物理学定律长期被公认为是客观知识的典范。由于牛顿定律隐含着过去与未来之间的等价性,因而,任何赋予时间之矢以基本意义的尝试均因危及到这一典范而受到抵制。牛顿定律在它适用的领域被认为是终极完善的,这有点像今天许多物理学家把量子力学看作是终极完善的一样。那么,在不破坏人类思想的这些惊人成就的情况下,我们如何引入单向时间呢?

自从玻尔兹曼以来,时间之矢被贬低到现象学范畴。我们人作为不完善的观测者,通过对自然的描述中引入近似,造成了过去与未来之间的差异。这依然是盛行的科学说法,有些专家悲叹我们立于科学无能为力和无法解决的奥秘面前。我们相信不再会是这样了,原因在于最近的两个进展:一方面是非平衡物理学,另一方面是肇始于混沌概念的不稳定系统动力学,二者都取得了长足的进展。

在过去几十年间,一门新学科——非平衡过程物理学——诞生了。这门新学科产生了像自组织和耗散结构这样一些概念,如今它们广泛应用于许多学科,包括宇宙学、化学、生物学以及生态学和社会科学。非平衡过程物理学描述了单向时间效应,为不可逆性这一术语给出了新的含义。过去,时间之矢只是通过像扩散或黏性这样的简单过程出现在物理学中,在通常的时间可逆动力学未作任何扩展的情况下,这是可以理解的。但今天已非同以往。我们现在知道,不可逆性导致了诸如涡漩形成、化学振荡和激光等许多新现象,所有这些现象都说明了时间之矢至关重要的建设性作用。不可逆性再也不会被认为是一种如果我们具备了完善的知识就会消失的表象。不可逆性导致了相干,其影响包含亿万个粒子。形象地说:不具备时间之矢的平衡态物质,是“盲目的”;具备了时间之矢,它才开始“看见”。没有这种起因于不可逆非平衡过程的相干,很难想像地球上会出现生命。因此,断言时间之矢“仅仅是现象学的”,或者是主观的,皆属荒谬。我们确实是时间之矢之子、演化之子,而不是其祖先。

修正时间概念的第二个重要进展是不稳定系统的物理学表述。经典科学强调有序和稳定性。现在,反过来,我们在观测的所有层次上都看到了涨落、不稳定性、多种选择和有限可预测性,像混沌这样的思想已变得相当流行,影响着从宇宙学到经济学,实际上所有科学领域的思想。我们将要表明,我们现在可以扩展经典物理学和量子物理学以包括不稳定性和混沌。这样,我们会得到适合于描述我们的演化宇宙的自然法则的一种表述,其中包含时间之矢,而过去和未来也不再扮演对称的角色。从经典观点——包括量子力学和相对论——来看,自然法则表达确定性。只要给定了适当的初始条件,我们就能够用确定性来预言未来,或“溯言”过去。一旦包括了不稳定性,情况就不再是这样了,自然法则的意义发生了根本变化,因为自然法则现在表达可能性或概率。我们在此与西方思想的基本传统之一(对确定性的信念)相抵触。如同吉热泽(原译:詹姆斯·热泽)等人在《机遇帝国》一书中所述:“尽管四百年来科学剧变把亚里士多德(原译:亚里士多德)与巴黎的贝尔纳(原译:贝尔纳)分开,他们至少共享一种信念:科学与原因有关,与机遇无涉。康德(原译:康德)甚至鼓吹构成所有科学知识必要条件的普适的因果决定论。”

然而,也存在反对的呼声。大物理学家麦克斯韦(原译:詹姆斯·克拉克·麦克斯韦)就谈到“一种新型的知识”会克服决定论的偏见。但总的来说,盛行的观点是,概率是心智的状态,不是世界的状态。尽管量子力学已把统计概念囊括于物理学核心之中,如

今仍然如此,但量子力学的基本对象波函数却满足确定性的时间可逆方程。要引入概率和不可逆性,量子力学的正统表述需要一个观测者。

观测者可以通过观测在时间对称的宇宙中引入不可逆性。再者,像在时间佯谬中一样,从某种意义上说,我们对宇宙的演化模式负有责任。观测者的这种作用给量子力学涂上了主观色彩。这也是妨碍爱因斯坦认可量子力学的主要原因。它引起了无休止的争论。

把不可逆性或者时间流引入量子理论中,观测者的作用是一个必要的概念。然而,一旦证明不稳定性破坏了时间对称性,观测者就不再重要了。解决了时间佯谬,我们也就解决了量子佯谬,从而得到一个新的、量子论的实在论表述。这并不意味着回到经典决定论的正统观念,恰恰相反,我们超出了与传统量子论定律相联系的确定性,强调概率的基本作用。无论在经典物理学还是在量子物理学中,基本定律现在表达概率。我们不仅需要定律,而且需要把完全新颖的要素引入自然描述的事件。这种新要素使我们得到麦克斯韦所期望的“新型的知识”。对于经典概率论的奠基人之一棣莫弗(1667-1734)来说,机遇既无法定义也难以理解。我们将表明,我们现在能够把概率包括到物理学基本定律的表述之中。只要做到这一点,牛顿确定论就破产了,未来不再由过去所确定,过去与未来之间的对称性被打破了。这使我们面对最困难的问题:什么是时间之源?时间起源于大爆炸,还是先于我们的宇宙而存在?

这些问题把我们置于空间和时间的边缘。详细解释我们主张的宇宙学含义,需要写一本专著。扼要地说,我们认为,“大爆炸”是与产生我们宇宙的介质内的不稳定性相联系的一个事件,它标志着我们宇宙的起源,但不代表时间的起源。尽管我们的宇宙有年龄,但产生我们宇宙的介质却没有年龄。时间没有开端,也许亦无终点。

但是在这里,我们开始涉足臆测的世界。本书的主要目的是提出低能区内自然法则的表述。这是宏观物理学、化学和生物学的领域,亦是人类存在实实在在发生的领域。

时间和决定论难题,自苏格拉底以来一直是西方思想的核心。在一个确定性世界里,我们如何构想人的创造力或行动准则呢?

这一问题反映了西方人文主义传统中存在的深刻的矛盾,这个传统强调两个方面,即知识和客观性的重要性,以及个体责任和民主理想所蕴含的自由选择。波普尔和其他许多哲学家都指出,只要自然单纯由确定性科学所描述,我们就面临无法解决的难题。把我们与自然界分离开来,是现代精神难以接受的一种二元论。我们在本书中的目标是显示我们现在能够克服这一障碍。倘若如塔纳斯(1927-1990)所述,“西方世界的激情在于与其存在的基础重新统一”,那么说我们正在接近我们激情的目标也许并不为过。

人类正处于一个转折点上,正处于一种新理性的开端。在这种新理性中,科学不再等同于确定性,概率不再等同于无知。我们完全赞同勒克莱尔(再翻)的看法,他说:“在本世纪,我们遇到继牛顿物理学在18世纪取得胜利以来科学与哲学的分离。”布罗诺夫斯基(再翻)如是很好表达了同样的道理:“认识人性和认识自然界内的人类境况,是科学的一个中心课题。”

世纪末,常常有人问科学的未来可能是什么样子。对于某些人,比如霍金(再翻),他在所著的《时间简史》中指出,我们接近终结,即到了接近了解“上帝意志”的时刻。相反,我们认为,我们确实处于一个新科学时代的开端。我们正在目睹一种科学的诞生,这种科学不再局限于理想化和简单化情形,而是反映现实世界的复杂性,它把我们和我们的创造性都视为在自然的所有层次上呈现出来的一个基本趋势。

作者简介:伊利亚·普利高津(再翻),俄裔比利时理论物理学家和物理化学家,创立耗散结构理论,获1977年度诺贝尔化学奖。著述很多,译成中文的有《从存在到演化》(上海科技出版社,1985年版)、《探索复杂性》(四川教育出版社,1989年版)、《从混沌到有序》(上海译文出版社,1987年版)、《确定性的终结——时间、混沌与新自然法则》(上海科技教育出版社,1995年版)。他的著作旁征博引、纵横捭阖,把新的科学思想与西方哲学、西方历史文化交织在一起叙述,颇有开风气之先的大哲风范。他的新科学与东方思想富有亲和性,特别容易为中国学界所接受,在我国学界有广泛而深入的影响。

文献来源:普利高津《确定性的终结——时间、混沌与新自然法则》,湛敏译,张建树校,上海科技教育出版社,1995年版,引言(第1页)。沿袭原有标题。

生物学定律和物理学定律

贝塔朗菲

显然,这里有三种不同的可能性和问题需要加以区分。它们是:(员)生物学是否只是物理学和化学中已知定律的应用领域;(圆)如果不是这样的话,生物学定律是否可以最终还原为物理学定律和从物理学定律中推导出来;(猿)生物学定律是否具有像物理学定律一样的逻辑结构。

生物学,就其是一门描述性科学而言,与物理学的明显差别是自主性问题,这种差别总是存在的,因为生物学的研究对象有其独特性。分类学、解剖学、形态学、胚胎学、生物地理学、古生物学、生理解剖学、生态学、系统发育,不会成为物理学的分支,即使在遥远的将来也是如此。这不是因为生物学定律是否反映自主性的问题——这个问题与这些领域无关——而是出于这样一个简单的理由:生命世界中的形态和现象的数量之多是非生命世界中的形态和现象无可比较的。例如,描述性的矿物学已成为物理学和化学的附属学科,因为几乎所有的矿物学问题可以由矿物的化学(矿物化学)的、矿物的形态学(结晶学)的和矿物的物理学(晶体物理学)的性质得到说明,而纯粹的描述,例如整理各种不同的玛瑙或长石,已逐渐淡化。但是,区分恶性疟疾蚊子与无害的蚊子,区分蛙与人的血液循环系统,蜥蜴类动物的系统发育——这样的事只能对之描述。康德梦想未来生物学领域中出现的牛顿,也许有一个公式,运用这个公式,各种蝴蝶双翼的图案就可以通过遗传学分析和发育分析的方法,从一个基本的模型中推导出来。但即使如此,他也不愿去描绘几万种蝴蝶双翼带有细小花点的图案,因为要做这种工作,他就必须至少拥有与几万种蝴蝶同等数量的助手,这样做毕竟是不值得的。甚至,这样一位未来的动物学家会默认像在今天分类学文献中发现的以动植物俗名语言所下的定义。必须强调,生物学中这种非物理程序是无论如何不限于词的狭义的单调描述的。实际上,确定一系列生物类型(比如脊椎动物颅骨类型)的形态学比较,详尽揭示脊髓中的通路和反射的解剖生理学研究,对人的系统发育的研究,以及大量的类似问题,都

是以特定的生物概念,诸如“类型”、“器官”、“系统发育系列”等概念为基础的,它们包含了一个有序系统,我们把这个有序系统带进扑朔迷离、多种多样的现象世界,正像理论物理学家用数学计算处理多种多样的物理现象那样。

正因为我们提倡精确的、理论的和定量的生物学,我们不得不指出在“精确”科学中表述为“定律”的东西,只代表了实在的一小部分。甚至最伟大的物理学家当他的帽子被疾风吹跑在街上时,他也会跟在后面追赶,这时,他不关心热的理论,也不能计算变化无常的风的漩涡,虽然他确信旋风是服从分子运动论的。地理学家和气象学家并不怀疑地壳和大气现象的形成是以物理学定律为基础的,而肯定不是由隐得来希幽灵造成的。然而,这些领域中的无数事物,是不能一古脑儿挤压进一个公式的,而只能加以描述,这里单凭经验的方法必定代替物理学的演绎法。像数学生物学家那样,我们尽最大努力使有机形态服从于精确的定律。比如说,我们感到极为高兴的是,发现了系统发育中脊椎动物颅骨的变化遵循异速生长定律。但是,正因为我们知道的太充分了,以至于只有一小部分现象才可能用“精确”的方法理解。两个颅骨不仅可以根据测量和计算所得的它们大略的比例不同而加以区分,而且可以根据它们大量的特征加以区分,这些特征只能用口头语言进行描述,甚或只能被形态学家受过训练的眼光注意到,但他几乎不能用词表达。

从这个意义上说,生物学决不会“同化为”物理学,它显然处于与物理学相对的“自主性科学”的地位。这种看法超出了“生物学机械论”的问题,而且完全与这个问题的任何结论无关。生物学机械论问题只与有序的一般特征有关,对这些有序的一般特征,我们可以用“定律”的形式作出陈述。

生物学负有确立生命界所有层次的系统定律或组织定律的任务。这些定律似乎在两个方面超出了无生命界的定律:

首先,有机界存在着比无机界更高的有序和组织层次。就大分子有机物质的构型而言,甚至就诸如病毒和基因那样的基本生物单位的领域而言,我们提出了远远超出无机化合物的结构定律的问题。

其次,生命过程如此复杂,以至于我们运用与作为一个整体的有机系统有关的定律时,不能考虑个别的物理—化学反应,而必须使用某个生物学序列的单位和参数。例如,如果我们要研究动物完整的新陈代谢,就不能顾及中间代谢过程中数量惊人 and 极为复杂的反应步骤;相反地,我们应当计算平衡值,确定所有这些通过氧的消耗、二氧化碳的产生或热量的产生而进行反应的全部产物。这是临床上确定基本代谢惯用的诊断方法。当我们想要确立新陈代谢或生长的定律时,这种方法也同样适用,这里,我们也必须使用表示无数物理—化学过程的大量结果的常数。用这种方法,我们有可能阐明若干精确的并可在一个理论中作演绎的总定律。相似地,遗传学不计算物理过程,而计算生物单位,例如基因,载有基因的染色体,植物和动物的群体,在这些群体中可以观察到易于辨认的性状在连续世代中的分布,