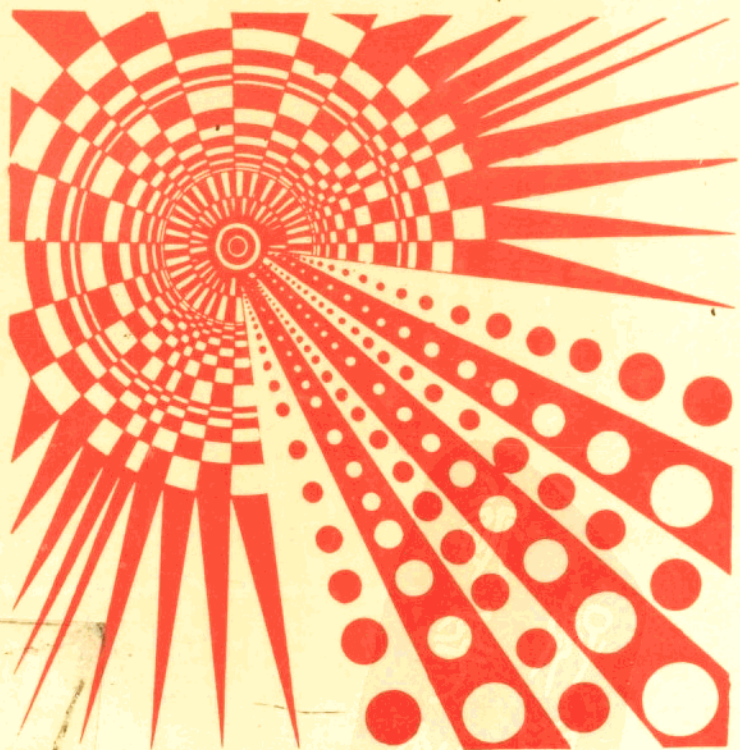


信息世界的进化

邬焜 著



西北大学出版社

内 容 提 要

本书是作者为建立信息哲学所撰写的系列著作之一，是系统建立信息进化论的一种尝试。

本书第一章是全书的总论，它具体勾划了信息世界发现的过程，以及信息世界的发现为我们的世界观所带来的革命性变革。

本书的二、三章和五、六章具体讨论了人类的种种演化观念的进化。其中包括必然性和偶然性的观念、封闭性和开放性的观念、时间和空间关系的观念、对相互作用认识的概念、对演化范畴认识的概念等等。在对诸多演化观念的历史演进的考察中，本书力图实现一种进化观的转换，即从物质进化观向信息进化观的转换，从对演化观中的诸多范畴的物质论诠释向信息论诠释的转换。

本书的第四章是为帮助读者恰当理解和把握本书中的某些提法和观点而插入的一章。该章具体讨论了物质、能量和质量的关系，系统的分类，“整体大于部分之和”的实质，要素、系统与环境的相对规定，以及环境在系统生成、存在和演化过程中的地位和作用等现代系统科学中的诸多方面的问题。

本书的七至十章具体讨论了信息世界进化的一般机制和过程。其中包括宇宙信息的自在进化、生命的信息进化、从猿到人的信息进化，以及人类社会的信息进化等。

本书的最后一章讨论了信息进化所达到的一种高度综合统一的境界——全息境界。这一境界是自然进化演化的信息创生、积累所实现的信息量的扩张和质的跃迁的一种结果。

本书的很多观点都具有探索性和创新性。在写作上也更多采用了讨论式的手法。虽然，比起作者的其它著作来，本书还具有通俗易读的特点。

序

如果有人提问：最能集中体现我们这个时代特征的那个词是什么？那么，更多的人将会不加思索的选中“信息”（英文：Information；俄文 Информация）。

确实，在当今时代，信息概念的使用频率是极高的。现代科学已经揭示，材料、能量和信息已并列成为组成世界的三大基本要素。

信息概念不仅以它自身所具的新颖含义揭示出了一个全新的存在领域，而且还以它的独特价值展示出了一种全新的认识方式。当把信息概念与另外一些人们早已熟悉的概念相互结合时，当把信息原理应用于已有的传统学科时，便会立即赋予这些传统概念、传统学科以某种崭新的意义和面貌，从而刷新人们的观念和科学的理论。

在我们这个时代，信息概念似乎具有某种魔力，这一魔力之所至，不仅全面刷新着科学技术的领域，而且全面刷新着社会的政治、经济、文化的体制，还全面刷新着人们的一般认识方式和生活方式。一句话，信息凭借它那神奇的魔法，正在开辟着一种新的文明，正在开创着一个新的时代。

虽然，也有一些科学工作者对信息概念的泛化使用提出过这样那样的批评，虽然也有一些人在信息概念面前感到莫名的困惑，但是，诸如信息科学与信息哲学、信息工程与信息技术、信息革命与信息时代、信息经济与经济信息、信息文明与信息社会等提法却越来越被更多的人所理解、所使用、所赞同。

其实，信息概念的泛化恰恰是信息所具的那种最为一般性的普遍性品格的实现。正是信息所具有的这一普遍性品格集中体现

着我们这个时代精神的精华，展示着我们这个时代有别于人类的其它历史时代的全新风貌。

对于信息科学的学科性质，以及它与其它传统学科间之关系，人们往往只用交叉学科、横断学科，以及新兴学科等提法来予以说明，虽然，这些说法并不算是不贴切，但是，仅仅停留在这些说法则还远不能揭示出信息科学本身所具的对传统学科全面辐射性的全面改造的意义和价值。信息科学在本质上是一种科学范式的转型，这一转型导致了一种崭新的现代意义的，以信息理论为主导认识方式的现代科学体系。这一体系是由一般信息理论通过对传统科学体系的全方位的理论折光而再造创生出来的，如此看来，信息科学乃是一种现代化科学体系的模式，而并不仅仅是某一单一的分支学科，而居于这一现代化的科学体系之端的则正是信息哲学。

信息哲学是信息科学的哲学理论的层次，是对信息问题的哲学方面的考察，是对信息概念和信息原理的哲学层次的概括。诸如信息的哲学本质、哲学分类、信息的质和量的哲学表述，以及信息作为一种普遍化的存在形式、认识方式、价值尺度、进化原则的一般性理论等等，都是信息哲学所应考察的方面。信息哲学本身又可以包括信息本体论、信息认识论、信息方法论、信息进化论等诸多哲学领域方面，并且，这些领域方面还可能再包括若干子项分支哲学学科。由此可见，哲学学科本身仍然是分有层次的。

自1980年起，我开始致力于信息哲学方向的研究，现已系统建立了一门信息哲学，先后在各类学术刊物发表论文70余篇，出版专著3部（《哲学信息论导论》，陕西人民出版社1987年版；《信息哲学》，陕西师范大学出版社1989年版；《自然的逻辑》西北大学出版社1990年版），译著1部（〔苏〕E·A·谢多夫著：《进化与信息》西北大学出版社1993年版）。

本书是我在一系列相关研究的基础上系统建立信息进化论的一种尝试。我关于信息进化论的思想的形成，最早可以追溯到1984年，那一年我为陕西省哲学学会的年会提交了一篇题为《信息·人类·社会》的论文，该文不仅作出了关于社会本质的信息规定，而且给出了社会进化的信息尺度，并由此提出了一种关于社会的信息进化的理论。1986年，我在《信息与物质世界的进化》（《求是学刊》1986年6月）一文中又专门写了“生命起源和进化的信息论表述”一节。在1987年3月完成，并于1990年5月出版的《自然的逻辑》一书中，我用最后一章讨论了“演化和信息”的问题，并写出了“演化是信息积累和耗散的过程”、“物质形态和信息形态具有同步演化性”、“演化和全息现象”等节。正是上述的相关成果，为本书的写作提供了先行研究的基础。

本书的构思与写作开始于1988年4月。当时是想把已经写完的《自然的逻辑》一书的最后一章提出的信息进化论的思想再系统化为一本专门的著作。然而，当时只写了三章，便因其它事情之干扰而搁笔了。后来，曾于1991年、1992年两次动笔，但都未最后完成此书的写作。1993年，我争取到了以“信息科学与辩证发展观”为题的国家教委青年人文、社会科学基金项目，这就促使我集中了一段时间和精力，最终完成了本书的写作。

信息进化论所涉及的问题是相当之多的，有一些问题的解决还有相当程度的难度。本书所作的工作仅仅是初步的，其中的许多问题与其说是已经解决，还不如说是才刚刚提出。如果本书的努力能够引出学界同仁们的更多更好的议论，那么，我将会感到极大的欣慰。

邬 焜

1994年6月27日于西安

- 3 -

目 录

序	
第一章 新的综合: 信息世界的发现	(1~28)
一、热力学熵	(2)
二、统计熵	(3)
三、信息熵	(5)
四、生命的负熵论	(9)
五、信息的负熵论	(10)
六、耗散结构的负熵论	(12)
七、熵和信息的科学含义的统一	(14)
八、申农和维纳信息量公式的差别的认识论根源 ...	(17)
九、哲学的比附	(19)
十、哲学的批判	(22)
十一、一个全新的世界	(26)
第二章 必然性和偶然性及其信息量判据	(29~55)
一、拉普拉斯妖	(29)
二、偶然性的观念	(34)
三、必然性和偶然性的辩证关系	(43)
四、系统内在必然性和偶然性关系的信息量判据 ...	(47)
五、绝对偶然性和必然性程度的相对测度	(52)
第三章 开放性与不死的宇宙	(56~86)
一、宇宙热寂论	(56)
二、生物进化论	(59)
三、麦克斯韦妖	(61)
四、开放的体系	(63)

五、进化与广义热力学第二定律	(65)
六、不死的宇宙	(71)
七、循环的宇宙	(79)
第四章 对系统科学中若干问题的讨论	(87~115)
一、对物质、能量、质量等范畴关系的辨析	(87)
二、从信息活动的角度对系统的分类	(91)
三、开放系统的分类	(96)
四、“整体大于部分之和”的实质	(100)
五、要素、系统、环境的相对规定	(105)
六、环境在系统生成、存在和演化过程中的地位和作用	(108)
第五章 相互作用、演化与信息	(116~140)
一、时空转化与演化的信息	(116)
二、相互作用与双重演化	(127)
三、非线性的世界	(135)
第六章 演化范畴的双重规定	(141~154)
一、演化是进退相依之统一	(141)
二、演化是秩序之展开	(147)
三、演化过程中的两类信息活动	(149)
四、演化是信息产生、耗散和积累的过程	(151)
第七章 宇宙信息的自在进化	(155~190)
一、信息的基本形态	(155)
二、宇宙原始信息密码的破译	(159)
三、原始宇宙的信息活动	(164)
四、向更高层级的信息模式跃迁的宇宙进化	(177)
第八章 生命的信息进化	(191~234)
一、适宜生命产生的宇宙环境的演化	(191)
二、生命诞生的信模创生过程	(200)

三、生命进化的信模跃迁过程·····	(208)
四、动物信息活动的形态跃迁·····	(216)
第九章 从猿到人的信息进化 ·····	(235~268)
一、从猿到人的进化是动物群体结构模式进化的 最高结果·····	(235)
二、从猿到人的生理遗传信息模式的进化·····	(242)
三、从猿到人的心理信息活动模式的进化·····	(247)
四、从猿到人的行为结构信息模式的进化·····	(254)
五、从猿到人的生理、心理、行为进化的全息协 同统一性·····	(258)
第十章 人类社会的信息进化 ·····	(269~306)
一、自然与社会·····	(269)
二、文化与社会·····	(275)
三、人与社会·····	(282)
四、社会本质的信息规定·····	(292)
五、社会进化的信息尺度·····	(297)
第十一章 全息境界 ·····	(307~330)
一、演化历史关系全息·····	(307)
二、演化未来关系全息·····	(312)
三、演化系列关系全息·····	(315)
四、演化内在关系全息·····	(317)
五、演化结构全息·····	(322)

第一章 新的综合：

信息世界的发现

现代科技革命的浪潮将人类推进到一个崭新的时代。毫无疑问，在这个崭新的时代里，无论是科学还是哲学都将要再次实现某种全新的综合。追溯这个全新综合起始的源头，我们发现，它是和一个新的世界——信息世界的被发现相关联的。信息世界与以往的科学和哲学所注重研究和阐释的那个“实在”的物质世界虽然具有不可分割的联系，但是，这两个世界又显明地呈现着各自不同的存在方式、价值和本性。信息世界是一个和物质世界不同的全新的世界，这个全新世界的被揭示从根本上改变了我们对世界的看法，为现代科学和哲学正在进行着的，以及将要完成的全新的综合提供了基础性条件。

信息世界的发现，首先应该归功于具体科学的理论性和实用性研究。物理学中的热熵和统计熵理论、通讯领域中的信息熵理论，以及控制论中信息的负熵论、物理学和耗散结构论中的负熵论是对信息世界进行具体研究的不同支脉，而这些不同支脉的汇流和在几乎整个科学领域中的拓广乃是新的科学综合的标志。其次，信息世界的发现还应该归功于众多科学家和哲学家对信息本质的深入讨论，这种讨论导致了建立在对信息本质的不同理解的基础之上的种种信息哲学的兴起，在这一方面所实现的是科学和哲学的汇流。

科学间的汇流，以及科学和哲学的汇流，正是我们时代的特征，而信息世界的被发现，以及这个世界给我们的世界观所带来的根本性变化则正是在时代的这一汇流中实现的。有必要指出，揭示出信息世界的这种汇流在事实上是被包容在另一个更大的汇流之中的，当然，前一个汇流在这个更大的汇流中无疑具有某种主导地位和意义。这个更大的汇流便是包括现代系统科学（信息论、控制论、系统论；耗散结构论、协同学、超循环理论、突变论；大系统理论、模糊学、分形理论、湍流和混沌理论等等）现代技术革命（微电子技术、空间技术、海洋技术、生物工程、新兴材料、毫微技术等等），以及整个社会、经济变革（按照西方某些学者的说法，亦可称为“信息经济”、“信息社会”、“第三次浪潮”等等）在内的现代科技，社会革命。

现在我们就来追溯一下信息世界被发现的基本线索。

一、热力学熵

最初，对信息世界的研究，并不是在“信息”概念的旗帜下进行的。那时，首先被科学家们所讨论的并不是“信息”，而是多少带着某种神秘性的“熵”。

熵概念首先是在热力学中被建立起来的。

17、18 世纪，西方设计永动机的风气很盛。最初，人们曾想要设计“第一类永动机”，试图用一种巧妙的机构，使它成为一种不消耗任何能量就能永远作功的机器。但是，很快人们便发现，这是不可能的，因为它违反了“热力学第一定律”。这一定律指出：“热是物质运动的一种形式，外界传给一个物质系统的热量等于系统内能的增量和系统对外所作的功的总和”。当“第一类永动机”被科学家否定之后，人们又想要设计“第二类永动机”，即试图制造一种能在没有温度差的情况下，从某一巨大物质系统

(如海水、空气)中不断吸取热量而将它转变为机械能的发动机。但是，制造这类永动机的种种尝试也均告失败。在这一情况下，许多有远见的科学家稳约地感到“第二类永动机”可能也是不可能实现的。为了找到否定“第二类永动机”的理论依据，科学家们开始探讨新的热力学规律。

1850年，德国的物理学家鲁道夫·克劳修斯提出了热力学第二定律，即，热量总是从高温物体传到低温物体，不能作相反的传递而不带有其它的变化，这一定律指出了热力学系统自发变化的必然方向。用怎样的方式来更为明确地表达这种方向呢？1864年，克劳修斯又提出了“熵”这一概念，用它来表示系统的热量变化和绝对温度之间的确定关系，并相应地把热力学第二定律表述为“熵增原理”：“在孤立系统内实际发生的过程，总使整个系统的熵的数值增大”。说起来，克劳修斯制造“熵”概念的过程，也是颇具戏剧性的。在他看来，“熵”和“能”这两个量在物理意义上是极为相近的，因而，他认为，二者在名称上也应当具有某种相似性。于是，他建议根据希腊词 $\tau\rho\alpha\pi\eta$ (转变)，并故意写成与 *Energie* (能) 很相似的德文词 *Entropie* (熵)。“熵”的中文定名则来源于热量除以绝对温度所得“商”之同音约定。克劳修斯虽然构造了“熵”概念，但是，他所指明的仅仅是“熵增”现象，即他仅仅是在“转化”的意义上，在熵的变化的意义上来把握“熵”概念的，至于某一物理系统本身所具的熵的绝对值，以及其富有创造性的意义和价值，克劳修斯并不曾给出一个明确的规定和解释。这样，克劳修斯的熵概念便不能不具有了某种猜测性和神秘性。

二、统计熵

消除“熵”概念的猜测性和神秘性的功绩，应该归于奥地利物

理学家波尔兹曼。波尔兹曼从分子运动论的角度，运用统计方法对熵的物理意义及熵增原理作出了概率性解释。按照这种解释，热力学第二定律的统计意义在于：一个孤立系统内部发生的任何过程，总是从几率小的状态向几率大的状态进行，总是从包含微观状态数目少的宏观状态向包含微观状态数目多的宏观状态进行。从这一统计意义出发，波尔兹曼进一步揭示了宏观状态量熵（S）和微观状态量热力学几率（ Ω ）之间的确定性关系。1877年，他给出了规定这一关系的数学表达式：

$$S = K \ln \Omega$$

这就是著名的定义熵的波尔兹曼公式。式中K称为波尔兹曼常数。之所以用对数关系表示，是因为熵是容量性质，对于两个互相接触的热力学体系，熵具有加和性，而根据几率定理，复杂事件的几率等于各个简单的、互不相关事件的几率的乘积，这种熵的加和性和几率的乘积性只有在对数关系中才可能达到统一。

克劳修斯提出的熵增原理，以及波尔兹曼用宏观系统的微观参量所阐释的熵函数的意义，奠定了物理学中熵理论的雏型。之后，熵理论便很快在更为广泛的领域中得以拓广和运用。

熵概念和统计方法在物理学中的引入，极大地开拓了科学家们的视野，它不仅第一次给出了孤立系统自发演化的方向判据，而且建立了对物理系统不同层次间的关系进行定量描述的某种一般性方法。虽然当时人们还未曾在“熵”和“信息”这两个概念之间建立起某种联系，但是，“在之后对于“信息”问题的讨论却总是和对“熵”概念的讨论交织在一起的。我们完全有理由认为，信息论的产生，信息世界的被发现，正是从“熵”在科学中的引入开始的。正是熵的引入，使我们在看待事物的观念上起了一个根本性的变化。普里戈金就曾这样说：

热力学第二定律的这种表述是在十九世纪中完成的，但从那时以来，研究复杂系统的倾向一直继续着。

今天我们终于可以说，我们的兴趣正从“实体”转变到“关系”，转变到“信息”，转变到“时间”上。^①

“熵”概念的出现，拉开了对一个新的世界——信息世界进行探讨的序幕，热力学第二定律的表达则孕育了科学和哲学思维上的一场巨大的变革。

三、信息熵

虽然，“物理熵”的揭示，拉开了对信息世界进行探讨的序幕，但是，信息作为一个科学概念正式被科学确定下来却是在通讯领域中实现的。

本世纪四十年代，随着雷达、无线电通讯和电子计算机、自动控制的相继出现和发展，以及防空系统的需要，促使许多科技工作者在各自的工作岗位上，对信息问题进行了大量的研究。正是在这一历史背景下，美国应用数学家贝尔电话实验室的申农博士在总结前人和同时代人工作的基础上，从通讯科学的角度创立了信息论。

1948年，申农在《贝尔系统技术杂志》上发表的《通信的数学理论》一文是通讯信息论创立的标志。该文专门讨论了信源和信道的特征，并推导出了通讯过程中信息量的申农公式。

十分有趣的是，申农的通讯信息论正是在波尔兹曼的统计熵理论的直接启迪下创立的。申农利用了波尔兹曼的统计熵理论的两样东西，一个是统计方法，另一个是熵公式。

申农在阐明了通讯的基本问题是“在通信的一端精确地或近

^①湛星华等编：《普里高津与耗散结构理论》，陕西科学技术出版社1982年版，第204页。

似地复现另一端所挑选的消息”^①的同时，建立了通讯系统的一般模型，并对信源、信道、信宿的性质进行了明确的规定和相应的统计性技术处理。在申农看来，信源是一个能够产生一组具有各自产生概率的随机消息的集合系统，而通讯则相应被看成是根据已知的概率，对各种可能的消息进行选择的过程。这样，他就把数学的概率统计方法引入了通讯理论，并在此基础上提出了度量信源产生的信息量的数学公式：^②

$$H = -K \sum_{i=1}^n p_i \log p_i$$

其中 H 是平均信息量， p_i 是第 i 个消息出现的概率， n 是消息集合中消息的总数， K 为正常数。

应该用一个什么概念来称谓上一公式所作的信息度量呢？著名数学家冯·诺伊曼建议申农采用“熵”这一概念。不能仅仅把信息量和熵之间的这种相关一致性看成是一种名称选择问题，这其中具有极为深刻的实质性意义。申农是用这样一段话来揭示这种深刻的实质性意义的：

量 $H = -\sum p_i \log p_i$ (常数 k 仅等于度量单位的选择)

在信息论中起着重要的作用，它作为信息、选择和不确定性的度量。 H 的公式与统计力学中的所谓熵的公式是一样的。式中 p_i 表示一个系统处在它相空间中第 i 个元的概率。因此，这里的 H 就是波尔兹曼著名的 H 定理中的 H 。我们将把 $H = -\sum p_i \log p_i$ 称为概率集 p_i ...

①申农：《通信的数学理论》，载《信息论理论基础》，上海市科学技术编译馆1965年版，第1页。

②申农：《通信的数学理论》，载《信息论理论基础》，上海市科学技术编译馆1965年版，第7页。

..., p_n 的熵。^①

申农还进一步把他的信息量称为“信息源的熵”，而这个熵“度量了信源产生的信息量”^②，并且这个量“可以直接从消息序列的统计特性的极限运算来确定”^③。

就这样，申农从信息量和熵的相关一致性出发建立起了他的通讯的信息熵理论。

其实，申农的信息熵公式和波尔兹曼的物理熵公式无论在形式上还是在内在本质上都是完全一致的。

在我们面前有两个公式，一个是波尔兹曼的物理熵公式：

$$S = K \ln \Omega \quad ①$$

另一个是申农的信息熵公式：

$$H = -K \sum_{i=1}^n p_i \log p_i \quad ②$$

既然两个公式中的 K 都是常数，那么，只要取一个适当的对数底的形式，就可以把这两个公式中的 K 均化为 1，于是公式①、②便可分别化为一个较为普遍的表达式：

$$S = \ln \Omega \quad ③$$

$$H = \sum_{i=1}^n p_i \log p_i \quad ④$$

如果我们假定信源发出的每一消息事件的概率都是相等

①申农：《通信的数学理论》，载《信息论理论基础》，上海市科学技术编译馆1965年版，第7页。

②申农：《通信的数学理论》，载《信息论理论基础》，上海市科学技术编译馆1965年版，第8页。

③申农：《通信的数学理论》，载《信息论理论基础》，上海市科学技术编译馆1965年版，第9页。

的, 则有 $p_i = 1/n$, 并且 $\sum_{i=1}^n p_i = 1$, 这样, 公式④便可化为如下的形式:

$$H = -\log p_i$$

$$H = \log n \quad \text{⑤}$$

试将③、⑤两式对比, 我们看到它们具有完全等同的形式和意义。③中的 Ω 是系统所处的宏观状态中所包含的微观状态数, ⑤中的 n 则是信源可能输出的消息事件的基元数。如果我们从宏观和微观互为表征的对应关系的角度出发, 那么, 公式③和⑤便会获得完全一致意义上的解释, 因为公式③是公式①、公式⑤是公式②的特式, 所以, 我们便可以由此证明波尔兹曼的物理熵公式和申农的信息熵公式的完全等同的意义。其实, 申农信息量的计算也同物理熵的计算一样揭示着某种宏观状态和微观状态间的相互规定和联系。如果我们把信源可能发出的全部消息事件总集看成是信源特性的宏观表现, 那么, 信源所发出的每一消息事件便构成了与这个宏观表现相对应的微观表现, 正是这些所有微观表现的综合作用体现着信源的宏观特性。如果把热力学体系中的分子的每一种分布方式都看成是一个可能发生的消息事件, 那么, 熵也便成了信息的量度。

物理熵和信息熵所具的这种内在统一性说明着这样一番道理: 无论是熵还是信息量都是关于某一物质系统本身的某种状态的量度, 物理熵概念在通讯领域中的推广就是信源的不确定度, 信源不确定度概念在热力学体系中的具体化就是物理熵。从上面公式的对比也可以看出, 物理熵公式仅仅是信息熵公式在等概情况下的特例。

物理熵和申农信息量的统一性, 使我们有理由把科学对信息问题进行探讨的起始时间大大推到克劳修斯创立热力学第二定律

的年代。问题并不在于“信息”一词是否被科学正式采用，而在于所探讨问题的实质是怎样的。

四、生命的负熵论

对信息世界进行具体研究的另一条支脉可以说是在生物领域和控制论中，以及后来建立的耗散结构论中所广泛建立和采用的负熵理论。如果说，经典物理学中以热力学第二定律为代表的熵理论阐释的是一条万物衰亡、没落，向无序化演化的悲观主义路线的话，那么，在种种负熵论中所阐释的则是一条相反的充满蓬勃向上的生机的进化之路。

自达尔文在 1859 年出版了他的震动当时学术界的《物种起源》一书以来，生命是在进化着的思想一直是深入人心的。当热力学第二定律预言了宇宙将会走向“热寂”的时候，人们对于生命领域的进化观念也不曾有丝毫的动摇。但是，正式用“负熵”概念来说明生命特征的是奥地利的著名物理学家、量子力学的奠基人之一薛定谔。1944 年，他在《生命是什么？》一书中提出了“有机体赖负熵为生”的名言，并认为负熵即“取负号的熵，它本身是有序的一个量度”。他写道：

一个生命有机体在不断地增加它的熵——你或者可以说是在增加正熵——并趋于接近最大值的熵的危险状态，那就是死亡。要摆脱死亡，就是说活着，唯一的办法就是从环境里不断地吸取负熵，我们马上就会明白负熵是十分积极的东西。有机体就是赖负熵为生的。或者，更确切地说，新陈代谢中的本质的东西，乃是使有机体成功地消除了当它自身活着的时候不得不产生的全