

二 熵——源 事 理

张锡纯 著

谨以此书奉献于我的父母

北京航空航天大学出版社

内容简介

本书阐述物理熵(简称物熵)和信息熵(简称信熵)为何是一切人类社会中各种事理的根源,是一本涉及哲学—自然科学—社会科学综合的新的边缘学科的书。它从大爆炸宇宙学和系统科学的理论论述起,说明为什么物熵和信熵是宇宙间单调增长的基本参数。它们无时不在,无处不在,对宇宙万物的起源、生长、发展和衰亡起基础作用;由于二熵的矛盾斗争才创造出现代世界文明;今天遍及全世界的环境污染和信息时代的到来以及世界前途的展望,无不与二熵有根本性的联系。书中总结出由二熵导出的熵的一族;提出任何耗散系统都适用的熵流图;指出日常工作中的权、势、名、位均是二熵的导出概念;指出事理中“利之所至,序之所至,亦理之所至”的事理规律;举出报刊文摘的任何一则消息都与二熵有关;36计和军事谋略的源事理都是二熵;被系统科学界奉为名著的美国学者拉兹洛的广义进化综合理论追本溯源亦是二熵;最后指出人类万物发展的活力也在信熵,信息时代的到来已属世界现实。客观信熵与每个人的主观信熵的全面系统的深入结合是人类未来的希望。

本书为熵的世界观(宇宙观)的基础提出了比较完整的基本概念体系。如果说20世纪头等重要的发现是“人类对于地球存在极限的初步认识”,则21世纪熵的世界观将成为“地球村”内人们意识净化中的核心问题,教育的主导方向也将围绕如何提高熵觉悟这个中心展开。

本书可供具有大学以上文化水平的各行业人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

二熵:源事理/张锡纯著. —北京:北京航空航天大学出版社,2000.6

ISBN 7-81012-971-6

I. 二... II. 张... III. ①熵—研究②熵(信息论)—研究 IV. 0414.11

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第14670号

二熵——源事理

张锡纯 著

责任编辑 陶金福

责任校对 陈 坤

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市学院路37号(100083) 发行部电话 82317024

<http://www.buaapress.cn.net>

E-mail: pressell@publica.bj.cninfo.net

北京宏文印刷厂印装 各地书店经销

*

开本:850×1168 1/32 印张:9.875 字数:256千字
2000年7月第1版 2000年7月第1次印刷 印数:1000册
ISBN 7-81012-971-6/O·048 定价:22.00元

自序

荀子在《天论》篇中一开头就指出：“天行有常，不为尧存，不为桀亡”。在 2200 年前就有这样明确的唯物论思想，实在使人惊讶！但是对于现代人来说，什么是天？什么是常？既然生当科学昌明的现代，似乎应该弄得更清楚一些。同样这位荀子，在他的《王制》篇中却说：“始则终，终则始，若环之无端也。”似乎自然的规律还是比较简单，老在始则终、终则始那样循环着，所以可以“以类行杂，以一行万，即用“类”和“一”就可以去驾驭驳杂和多变的世事了。如果世界老在这样循环着，那还有进化没有呢？还有没有从简单到复杂、从低级到高级、从穴居野处到典章文物的社会进步呢？人类社会在进化过程中还有没有阻碍和磨难呢？

J. 里夫金的《熵：一种新的世界观》一书对我有深刻的启发。他描述的具体世界是既非循环重复，而又困难重重的。人类一步步闯过来的经历是艰难险阻的。新的物理学提出时间的不可逆性，使人们意识到“沧海桑田”这种人们对自然环境长期观察的经验结论并非指的是沧海和桑田的简单的循环重复，而是每一次变迁都有在新时空条件下的新遭遇。这种新时空条件首先就是由熵增造成的。比里夫金更早，有罗马俱乐部的《增长的极限》一书，也给我留下了深刻的印象。这两本书至少反映了“地球村”中已有一些人感觉到几十亿人口生存依附的星球的支撑能力不是无限的，这种认识使原本不自觉地地球上生活着的人们开始觉察到环境的局限性。这是人类对其所处环境的认识的一个飞跃，是非常可贵的一种人类的觉醒。“地球村”这个新名词之所以能在、也只能在 20 世纪 90 年代变得家喻户晓，就是这个原因。

里夫金的书似乎告诉人们，人类某种能源短缺了，自然会找到另一种能源来取代。没有阐明新能源之所以能找到的原因，从而

给人的印象是,只要发生能源短缺(可用度减少),即某种能源的熵增,新的能源就会自然找到。这在理论上是不完善的。我相信熵与无用处密切相关的客观规律,但总觉得里夫金的理论有欠缺处。正当我 70 岁生日之期,与一位我过去的研究生探讨某种机理时,突然想到只用熵的概念不足以说明其发展的原因,必须加入信息在其中的作用,而且这种作用往往是更加积极的,由此开始研究信息和信熵。1992 年 9 月在平湖参加一次中国系统工程学会的年会,某天在从宾馆到会场的马路边人行道上,与许国志教授边走边谈,他突然提起信息的作用非常重要,我当然赞同,也暗想到,不但维纳特别强调过信息在控制系统中的作用,深刻地感觉到信息的作用的,恐怕在学术界也大有人在。这些思想酝酿触发我逐渐形成“二熵”的概念。

信息是什么?通讯系统理论中把信息看成为具有知识的秉性的东西,它能消除信宿认识上的不确定性。这样说来,如果这个信宿已经知道了某种信息,则这种信息对这个信宿来讲已不能消除其认识上的不确定性,故不能算作信息,但是对于其他信宿仍可能算作信息。这样对信息下定义相对性太重,客观性太差。维纳则针对信息的本质指出:“信息就是信息,不是物质,也不是能量。”维纳名气大,他这个点化很容易引导人们从物质、能量之外去寻找信息的本质,这又导致一些人去探索信息究竟是精神的,还是物质的?作者经过反复认识,认为信息既是精神的,又是源于物质的,但归根结蒂是物质的。信息的实质就是事、物的运动状态和存在方式的反映。一切事、物既然都由物质和能量构成,所以信息也是物质和能量的运动状态和存在方式的反映。信息可分为客观信息和主观信息两大类。客观信息经人的大脑的收集、综合和加工,经由人们的实践、验证,去伪存真,形成主观信息,从而产生精神。人的大脑是物质的,人的主观信息和精神也是源于物质的,它们都是靠客观信息反映到思维的认知结构中,与原有的主观信息相融合而形成

的。但也正是由于这种不断产生的主观信息和反复的实践,能动地改造着客观世界,才使客观世界不断进步。一方面是物理熵的单调增长,另一方面是信息熵的单调增长,它们的矛盾斗争,方形成这个宇宙、这个世界的辩证发展。这是作者提出“二熵”这个概念的由来。

作者对事理感到应该研究早在8年前,那时认为应该有一门指导工程设计的技术科学,也许可称为工程事理学。这门新学科同时也应对工程系统工程起指导作用。当1995年作者提出《工程事理学探索研究》的研究报告时,深感还应有人去研究比各种事理更基本的问题,诸如事理的根源和成事的条件。办事既然是一切耗散系统有目的的社会活动,而这种目的无非是广义的负熵,则耗散结构理论正好是一种能把熵理论和所有耗散系统的不懈追求(为获得更多负熵而办事)联系起来的现成理论;足以证明因做功而投入的能量必有一部分变为无用的能量退化原理也是现成的。这种有用性经过做功会变成无用性的客观规律对于研究事理非常重要。这两方面的现成理论帮助我建立起从熵概念通向事理的桥梁。

作者认识到,物理熵和信息熵这二熵不但是客观存在的,而且它们的矛盾运动是充盈时空的。它们无时不在、无处不在。人们初识信息,接受的都是脱体信息,但也存在体内信息。就信宿、信源的关系来说,信息没有不离源的,但未必是脱体的。生物体内神经感觉信息和遗传信息都不是脱体的,只有脱体的信息才便于复制、综合和变换加工,才能依靠来自各种信源的信息综合出新的信息。信息的脱体性为信息的复杂化准备了条件,而复杂化导致了进化。

人类认知信息不过是半个世纪的事,从20世纪40年代提出信息论,后来发展为信息科学。从信息爆炸到信息时代,都是20世纪最后50年间的事。熵的概念从150年前克劳修斯提出热力学第二定律后,玻尔兹曼和薛定谔先后提出了负熵的概念,普利高津在其耗散结构理论中为负熵在耗散系统演进中的作用定了位,里夫

金在分析了熵定律对人类生存资源的影响后提出了以物熵猛增为基础的熵的世界观,并指出了熵增引起的危机。地球上人口猛增、资源短缺、环境和生态破坏的现实迫使人们去重新认识环境和寻找出路。二熵概念在 20 世纪下半叶的出现,正是反映了这种现实。信息时代的显现既是生产力发展到一定时期的必然结果,又是人类文明行将跨入一个全新阶段的曙光。客观信熵日益全面深入地渗入人们的思维和意识,与主观信熵密切结合,最终将使人格净化和升华,意识解放,把人类的追求和行为与地球村的大环境协调起来,进化出一个全新的世界,实现人天的统一。这是作者认识到的唯一出路。

作者有幸在 21 世纪到来之前认识到二熵的作用及其与事理所存在的本质联系,现特在本书中整理记录下来,作为事理学构筑材料的一砖一瓦,奉献于所有追求真理的人们,其中也包括具有善良心愿的半文盲的我的父母。希望在下个世纪熵的世界观和熵觉悟能更早普及于全世界!

本书牵涉学科范围较广,很像一本学习笔记。虽然作者力求弄清各书作者原意,用个人认知水平把各学科间的有关信息沟通起来,提出一种以二熵为基轴的概念体系,但是毕竟作者本人学识有限,所研究的对象又跨度过大,舛误不当之处必多,敬希海内外方家不吝指正。

本书写作过程中,曾陆续得到苗东升教授、樊恭然教授、陈纲教授、陈剑昂大夫、潘大礼总师、郑可昌高工、庞家驹教授、王存诚教授、冯厚植教授、忻鼎定教授、朱行健教授和赵震炎教授等热心审阅原稿,提出许多很好的建议、帮助和指正,作者在此深表感谢!

张锡纯

2000. 3

目 录

开场白	(1)
第一章 热力学第二定律的一些推论	(2)
一、物理学中的熵	(2)
二、“热寂”推断难以信服	(4)
三、能量的退化	(9)
第二章 耗散结构理论与负熵	(13)
一、耗散结构理论并不否定热力学第二定律	(13)
二、耗散结构与麦克斯韦妖	(17)
三、麦克斯韦妖和酶	(20)
四、生物和信息	(26)
五、生命与负熵	(30)
第三章 二熵的性质和信熵的意义	(38)
一、热熵和信熵是在有限时空的形成和发展中的两个 基本参量	(38)
二、信息的特征和意义	(57)
第四章 负熵获取与环境保护	(77)
一、广义的熵及其与生产力发展的关系	(77)
二、熵增与环境	(83)
1. 大气和地球	(83)
2. 生态系统和地球	(86)
(1)生态系统的功能和结构	(87)
(2)生态系统的进化	(92)
三、地球环境和生态危机	(99)
1. 人类认知生态危机不易	(100)
2. 我国生态危机(熵灾)举例	(116)
(1)黄河断流	(117)

(2)长江呻吟	(123)
第五章 熵的一族	(133)
一、各种熵的事理概念界定	(135)
1. 信 熵	(135)
(1)主观信熵和客观信熵	(135)
(2)思 维	(136)
(3)概 念	(137)
(4)思想和意识	(137)
(5)说明主客观信熵之例	(141)
(6)科学和技术	(144)
(7)文学和艺术	(145)
(8)信熵和真理	(146)
(9)世界观、人生观和价值观	(147)
(10)什么是名?	(155)
2. 负物熵	(158)
(1)耗散系统的统一熵流图	(158)
(2)负物熵的特征	(160)
3. 心熵和社会熵	(171)
(1)基本概念	(171)
(2)权、势、位、名、序	(179)
二、利之所至、序之所至、亦理之所至	(188)
1. 什么是利?	(188)
2. 利之所至,序之所至	(189)
3. 五率最高和六维时空	(194)
(1)五率最高原则	(194)
(2)整体大于部分之和	(198)
(3)六维时空	(200)
4. 利、序、理三位一体	(203)

第六章 源事理应用举隅	(208)
一、报刊文摘中的源事理	(208)
二、兵法、谋略中的源事理.....	(225)
1.《三十六计》的源事理.....	(225)
2.军事谋略学中的活力对抗论.....	(233)
(1)充满着欺诈的场合	(234)
(2)行动导致反行动	(234)
(3)双方企图的互斥性与对策的互含性	(235)
(4)科学与艺术永远并存随行	(235)
(5)风险与机会同时存在	(236)
(6)从空间上争取主动	(237)
(7)从时间上争取主动	(237)
(8)“付出”同“获得”存在着不等值关系	(238)
(9)制胜的功夫有时在场外	(238)
(10)基本动力是利益矛盾.....	(239)
(11)手段的进步决定对抗方式的变革.....	(239)
三、E.拉兹洛的广义进化综合理论与源事理	(241)
1.进化的逻辑——广义综合理论的基础.....	(242)
(1)进化的概念	(242)
(2)进化范式	(243)
(3)第三种状态下的系统	(245)
(4)结构和自由能	(248)
(5)向更高层次会聚	(250)
(6)自创生和分叉	(251)
(7)总 结	(253)
2.社会的进化.....	(257)
(1)社会进化的原理	(257)
(2)历史的时间之矢	(260)

(3) 社会进化的动力学	(263)
3. 源事理分析	(266)
第七章 结束语	(273)
一、为什么二熵成为源事理——本书小结	(273)
二、活力在信熵	(277)
三、意识可以重塑	(288)
参考文献	(301)

开场白

什么是事理？事理是关于事的本身以及“知事”、“办事”的规律、原理、机理、道理和逻辑关系。知事和办事也有原则和方法问题，但原则和方法不能看成事理。因为原则和方法是人们主观规定下来的，而事理所应探究的应是客观存在的规律和道理以及逻辑关系等，或者是某些重要的、有代表性的原则和方法中所蕴含的事理，而不应是原则和方法本身。倒是相反，人们在制定原则和方法时，应该充分考虑到事物的实际情况和事理。

事理有无根源？应该有。为什么？因为客观物质世界是统一的。小到原始细胞，大到整个地球，中间有各种生物和人类社会，都遵循宇宙间的普遍法则。在运动和生灭、渐变和突变、适应和改造环境之中，它们开创和演进着各自的和相生相制的历史。许多表面看来出于偶然或由主观因素决定的现象，都应有其客观的因缘或根源可以探寻；也有许多纯出偶然的巧合，究其原因，必有种种必然因素交会而使然，不过出现的概率很小很小罢了。我们现在研究的事理，当然是客观实践中出现比较频繁的现象之理，更加应该是可知的、可以探求的东西。本书即试图探讨一下：世界上千姿百态的事理，有无它们的根源可寻？这种根源（或源泉）应该是什么？

作者认为，熵与事理有密切关系，故探讨这个问题就从热力学第二定律开始。

第一章 热力学第二定律的一些推论

一、物理学中的熵

牛顿的经典力学是建筑在可逆过程的基础之上的。但是,自然界不存在严格的可逆过程,只能实现与可逆过程接近的过程。在可逆过程中,应不存在因摩擦使机械能转变为热量的损失,也不应存在热量从高温物体直接传入低温物体时所引起的作功能力的损失;而这些,在实际过程中是不可能发生的。热动力装置中的实际过程,都是不可逆过程。所谓不可逆过程,是指物质系统和外界一经发生变化之后,不能一起回复到初始状态的物理或化学过程。自然界(包括人类社会)的实际过程都是不可逆过程。德国物理学家克劳修斯于 1850 年提出的热力学第二定律是关于在有限空间和时间内一切和热运动有关的物理、化学过程的发展具有不可逆性这样一个事实的经验总结。它的最初表述形式是:“热量不能自动地从低温物体传向高温物体。”自从 1865 年克劳修斯提出熵的概念后,它的表述形式又有:“在孤立系统中实际发生的过程,总是使整个系统的熵的数值增大,它是不可逆的。”这就是熵增加原理。用数学式子表达,以符号 S 代表熵的数值,就是

$$\Delta S > 0 (\text{孤立系统、自然过程})。 \quad (1.1)$$

克氏完全用宏观分析的方法,在上引第二定律第一种表述的基础上得出了结论式(1.1)和熵的定义:

$$dS = \frac{dQ}{T}。 \quad (1.2)$$

这里, dQ 为系统从热源 T 所吸收的热量, T 为系统的热力学温度, dS 即为系统在受热过程中在一微小时段内所增加的熵。由于式(1.2)表示熵是热量 Q 除以热力学温度 T 之商, 故“熵”这个新汉字既是一个形声字, 又含有指事的内容。熵是系统的状态函数。当系统沿任意可逆过程由状态 1 过渡到状态 2 时, 它的熵的增量 $\Delta S = S_2 - S_1$ 可由式(1.2)积分求得:

$$S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T}。 \quad (1.3)$$

这个关系式也是克氏用宏观分析方法得出的。

在宏观上研究热机工作效率而引出的热力学第二定律说明, 在一个孤立系统中, 符合自然过程的方向的热交换, 总是使系统中的熵不断增加; 而从微观上理解, 这就是大量分子运动中的无序程度的增加。如果式(1.3)确实正确反映了客观世界的规律, 则宏观分析的结果应与微观综合的结果一致。

现在就来对微观综合作一介绍。让 Ω 表示任一宏观状态所对应的微观状态数, 称为该宏观状态的热力学概率。根据大量分子活动的统计分析可知:

▲ 对于孤立系统, 在一定条件下的宏观平衡态对应于 Ω 为最大值的宏观态。

▲ 若系统最初所处的宏观状态的 Ω 不是最大值, 那就是非平衡态, 系统将随着时间的推移而向 Ω 增大的宏观状态过渡, 最后达到 Ω 为最大值的宏观平衡态。

所以, 一切自然过程总是沿着使热力学概率 Ω 增大的方向进行, 而 Ω 就成为分子运动无序性的一种度量。宏观状态的 Ω 越大, 表明在该宏观状态下可能所处的微观状态数越多, 即系统在微观状态的变化繁多, 这就表示系统的分子运动的无序性越大, 与 Ω 为极大值相对应的宏观平衡态就是在该特定条件下系统内分子运动的最无序状态。1877 年玻耳兹曼用下式:

$$S \propto \ln \Omega$$

定义的熵 S 来量度系统无序性的大小。1900 年,普朗克引进比例系数 k ,写成

$$S = k \ln \Omega, \quad (1.4)$$

此式即玻尔兹曼公式, k 为玻尔兹曼常数。对于系统的某一宏观状态,必有一个 Ω 值与之对应,因而也就有一个相应的 S 值与之对应,故式(1.4)所定义的熵是系统状态的函数,描述了系统的无序度。从微观分析和综合所得出的熵在孤立系统的自然过程中总是代表着系统的无序度,并不断增加。它的结论也必然和式(1.1)的结果一样。从函数形式来看,式(1.3)的 dQ ,可表为 $cmdT$ (m 为系统的质量, c 为比热容)。经积分,也是对数形式。可见,“熵”这个看似人为提出的物理量,确实从宏观上反映了自然过程不可逆性的本质特征,而热力学第二定律,也正确地描述出了不仅在地球上,而且是迄今为止人们凭科学推断和世代实践经验所认识到的有限世界中的普遍规律。“熵”这个物理量已被世界学术界所公认,它是热力学中的一个态函数;其他两个态函数是热力学温度 T 和热力学能 U ,它们彼此间并非相互独立。由 S , T 和 U 三个态函数所组成的热力学基本方程,被认为原则上可以解全部平衡态的热力学问题。提出耗散结构理论的著名系统科学家,诺贝尔奖金获得者 I. 普利高津十分重视热力学第二定律,把它视为自然界的基本规律之一。

二、“热寂”推断难以信服

热力学第二定律是就孤立系统(与外界无热、功和质量交换的系统)而言的,而耗散结构理论是研究非孤立系统如何从无序走向有序的可能性及其条件。热力学第二定律理论严密,无懈可击,问题是将其应用到整个宇宙的大范围中,从而得出“热寂”的推断,还

不能使人信服。下面就此问题展开一些探讨。

恩格斯在《自然辩证法》一书中对“热寂说”批判时指出：“放射到宇宙空间中去的热一定有可能通过某种途径(指明这一途径,将是以后某个时候自然研究的课题)转变为另一种运动形式,在这种运动形式中,它能够重新集结和活动起来。”* 从辩证唯物主义的基本原理看,整个宇宙就是整个物质世界,它处于不断的运动和发展中,在空间上无边无界,在时间上无始无终。总体的宇宙是不生不灭的,具体的天体则是生生灭灭的,每个天体都有它的发生、发展、衰亡的历史。原恒星是在形成中的星体。O 型星、B 型星是年轻恒星,主序星(包括太阳)是中年恒星,白矮星和中子星是老年恒星。太阳不过是拥有至少 2 千亿颗恒星的银河系中的一颗普通的恒星。包括 9 大行星在内的太阳系当然也是一个有限世界、一个具体的天体,也有从发生到衰亡的发展过程。现代天文学能探测到的宇宙深度已达 150 亿光年。但是,从哲学上讲,如此寥阔的天文范围,仍然是有限的。由于观察时间和地点的局限性,人类迄今对宇宙和天体的形成和演化还远未研究清楚,但是现代天体物理学最大的成就之一就是基本上说明了恒星演化和元素演化两个重要问题。据介绍,低密度的星际物质凝成团块,称为星云。质量足够大和密度足够高的星云,其中占很大比例的氢尚未电离,温度在 100 K 以下,被称为中性氢云的,通过自身的引力收缩,既有凝聚,又有碎裂,先后经历快收缩和慢收缩两个过程,逐步形成恒星。在这些过程中,当中心密度达到 10^{-13} g/cm^3 时,热量就不易外逸,使温度增加,当中心温度达到 2 000 K 时,氢分子开始成为原子,吸收大量热量,使压力骤降,压力抵不住引力,致使中心崩陷为体积更小,密度更大的内核,其外围形成强大的星风,足以阻止星外物质继续落向中心,而且将其驱散。在慢收缩过程中,星云内向内的引力与

* 恩格斯:《自然辩证法》,北京:人民出版社,1984,22 页。

向外的压力(辐射压)几乎相等,形成准流体平衡。收缩增加内部热量,使中心部分温度上升,当中心温度达到 $7 \times 10^6 \text{ K}$ 以上时,氢聚变为氦的热核反应发生,当由此产生的热量已足以补偿向外辐射掉的热量时,星云便不再收缩,达到流体平衡状态,成为一颗正常的恒星,称为主序星。处于从星云过渡到主序星前慢收缩阶段的天体就叫原恒星。新的恒星都是从原恒星演变过来的。我们平时所听到的新星爆发,并非标志新的恒星的产生。在天体命名中,新星是爆发变星的一种,是在可见光波段第一次观测到其亮度在几天内突然增加 9 个星等以上,然后在几个月到若干年内有起有伏地下降到爆发前状态的天体。由于这种星在爆发前通常暗得看不见,只在爆发后一段时间内才相当明亮,所以曾经被误认为是新生的星而取名“新星”,沿用至今。

我们的太阳就是一颗普通的恒星,约 50 亿年前,也是由星际物质云在自身引力作用下逐渐收缩形成的。它的总寿命估计可达 100 亿年。目前处于主星序中的黄矮星阶段,将逐渐转变为红巨星,然后再转变为红超巨星。它每秒钟向外辐射出的总能量约为 $3.83 \times 10^{26} \text{ J}$,相当于以 $1.38 \times 10^{27} \text{ kW} \cdot \text{h}$ 的巨大功率每秒发出的能量。这样大的辐射能足以把地球上各大海洋的全部水量煮沸。太阳在几十亿年内能够稳定而持续地发出如此巨大的能量,是靠其内部的氢聚变反应。再过几十亿年,在所有的核能源都用完之后,太阳内部将没有能源来抵制引力坍缩,这就会使其大大收缩,密度大增,变成白矮星,最后成为不发光的黑矮星。这是一般恒星的演化过程,太阳并无例处。当然,对太阳来说、这个过程大概还有 50 亿年的漫长时间。人类发展至今充其量不过几百万年,与之相比,实在微乎其微。

总之,每一颗恒星都有它的归宿。根据现代恒星演化理论,恒星早期是由星际物质凝聚而成,而恒星又以各种爆发、抛射和流失的方式把物质送回星际空间。这样的过程不知要经历多少亿年,但

这正说明了恩格斯在 110 多年前所写的《自然辩证法》中早已指出的规律：“形成我们宇宙岛的太阳系的炽热原料，是按自然的途径，即由运动着的物质天然具有的运动的转化产生出来，而转化的条件也因此必然要从物质再生产出来，即使是在亿万年后或多或少偶然地，但是以那种也为偶然中所固有的必然性再生产出来。”“无限时间内天体的永恒重复的先后相继，不过是无限空间内无数天体同时并存的逻辑的补充。”同时也认为“物质虽然在某个时候一定以铁的必然性在地球上毁灭自己最高的精华——思维着的精神，而在另外的某个地方和另外的某个时候一定又以同样的铁的必然性把它重新产生出来。”现代天文学和物理学在《自然辩证法》成书一百多年后，已经弄清楚书中所称的“曾经有一个时期，我们的宇宙岛的物质把如此大量的运动——究竟是何种运动，我们现在还不知道——转化成了热，以致（依据梅特勒）从这当中可能发展出至少包括了两千万个星的种种太阳系，而这些太阳系的逐渐灭亡同样是确切无疑的”中的“何种运动”就是氢聚变为氦的核反应，而“放射到宇宙空间中去的热”能够重新集结和活动起来所通过的“某种途径”，也正是氢的热核反应。至于散布在广漠无垠的宇宙空间中的热能又如何与宇宙物质中的氢相结合？密度极为稀薄（银河系中星际物质密度只有 $10^{-20} \sim 10^{-25} \text{ g/cm}^3$ ，相当于每 cm^3 中只有一个氢原子；而地球上在实验室中能达到的真空度只有 10^{-12} g/cm^3 的量级，即相当于每 cm^3 中有 32 000 个氢原子）的宇宙物质又如何凝聚成 0.5~20 个太阳质量这么多物质的中性球状星云，以便收缩为恒星，则是现代科学还无法完全说清楚的问题。虽然具体过程还不清楚，但是，已有的科学知识已经指明：把低密度、低温（100 K 以下）的中性氢云凝聚成恒星是靠引力。如前所述，引力收缩使氢云内部逐步达到 2 000 K，然后达到 $7 \times 10^6 \text{ K}$ 以上，从而促成热核反应。我们的太阳，由于内部存在重金属元素，所以是第二代恒星；它以前还存在过第一代恒星。银河系中不断有超