

·自然科学中的哲学问题·

世界的复杂性与熵理论

——兼评《新自然观》一书中的“熵理论与自然观”

钱时惕

(河北大学,河北 保定 071002)

摘 要:文章立足于世界复杂性观点,从哲学上分析了熵(经泛化)的涵义、熵变的多种形态及规律,给出了一种新的熵理论,指出了这种熵理论的现实意义。同时,批评了《新自然观》一书中“熵理论与自然观”一文之错误:把 100 多年前从一个极其简单系统(仅有分子无规则热运动的孤立系统)抽象出来的热力学第二定律(或熵增原理),不加论证、随意地应用于包括宇宙在内的各种复杂系统,形成一幅单调衰减,走向死亡的“自然观”。

关键词:复杂性;熵;熵理论

中图分类号:N031

文献标识码:A

文章编号:1003 - 5680(2004)01 - 0019 - 06

一 引言

童天湘教授、林夏水教授共同主编的《新自然观》(中共中央党校出版社,1998 年版)一书,根据现代科学技术的最新成果,探索并论述了马克思主义新的自然观。读后,获益匪浅,颇受启发。该书由于其在学术上的探索性、开拓性,从而得到中国社会科学院学术委员会及有关专家的首肯,这是无可非议的。不过,我以为,该书“熵理论与自然观”一章,在科学知识上及哲学分析上都存在着问题,与《新自然观》一书力图论述的世界的“复杂性”大相庭径。因此,本文以“世界的复杂性与熵理论”为题,谈谈自己的看法。不妥之处,还望专家、读者指正。

二 熵增原理的适用范围及其涵义

“熵理论与自然观”一文的所谓“熵理论”,概括起来包括三方面之内容:

(1)对熵涵义的泛化理解:熵是系统无序性的表征,是“对所研究对象系统自发变化状态的混乱度、衰竭度和迁移度的宏观描述”(《新自然观》,第 342 页)。

(2)对熵的运动或变化规律之认定:熵增原理,即一个孤立系统熵的运动或变化总是增加的(从有序走向无序)，“任何事物都处于一种随机的热运动状态,而其内部结构中又都

存在着一种固有的衰变趋势”。(《新自然观》,第 342 页)。

(3)把对熵涵义的泛化理解及对熵的运动或变化规律的认定,即以上两个方面的观点,应用来解释地球、生命、宇宙、社会……等现象。

在以上三方面内容中,其核心是第二项,即熵增原理。为此,有必要来分析、考察一下熵增原理的确切涵义。

1. 熵增原理的物理意义

熵增原理(又称为热力学第二定律)是从热现象的研究中总结出来的。观察与分析热传导、扩散及功热转换三种基本热现象可以得出如下结论:

在热传导过程中,热总是自发地从高温向低温传递,而欲使热从低温向高温传递(例如冷冻机),则必须依赖外界做功予以补偿。如图 1 所示。

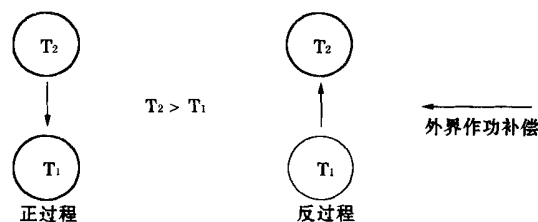


图 1 热传导过程

【收稿日期】 2003 - 05 - 20

【作者简介】 钱时惕(1936 -),男,浙江绍兴人,武汉大学物理系毕业;原河北大学自然辩证法研究室主任、教授,现河北大学人环科技产业集团总经理部顾问。研究方向:科学哲学、科技与社会。

在扩散现象中,物质总是从密的地方向稀的地方自发扩散,反之则不然;欲使物质从稀的地方向密的地方迁移或集聚,必须依赖外力作用才能实现。如图 2 所示。

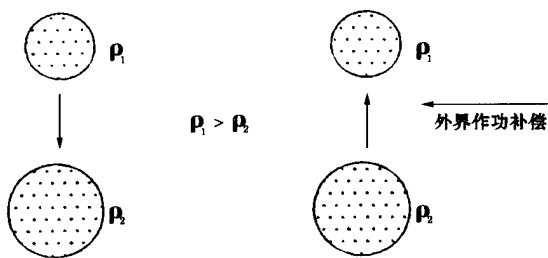


图 2 扩散过程

在功热转换(例如摩擦生热)过程中,机械能 W (分子有规划的运动)可以完全转化为热能 Q (分子无规则运动);而热能则不可能完全转化为机械能。在热机中,从高温热源取出的热量 Q_1 只有一部分能转化为机械能,而另一部分热量 Q_2 将传递给低温热源。热机的最大效率 $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$, 其 T_2 为低温热源, T_1 为高温热原。如图 3 所示。

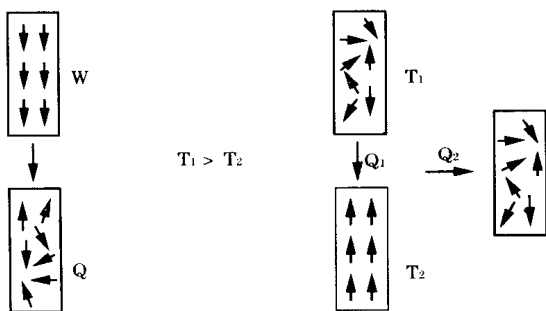


图 3 功热转换过程

以上现象告诉我们,热现象或热过程是有方向性的,即自发热过程,热总是从高温向低温传递,分子有规则运动总是自发向无规则运动转化,物质总是从密的区域向稀的区域扩散。热现象或热过程的这种方向性又称为热过程的不可逆性。所谓不可逆性指的是正、反方向的不等价性,即在正方向,从初态到末态可自发进行;而在反方向,从末态到初态不可能自发进行,必须依赖某种补偿(引起环境状态之改变)才得以实现。如图 1-3。

在上述基本热过程中,热传递的方向性或不可逆性用的是温度来作判据,即从高温到低温代表过程的正方向,反之则为反方向;功热转换的方向性用的是分子运动的规则性作判据,即从有规则运动到无规则代表正方向,反之则为反方向;扩散的方向性用的是密度作判据,即从密到稀代表正方向,反之则为反方向。人们自然会想到,各种不可逆性是否存在一个共同的判据呢?回答是肯定的,这个共同的判据就是熵,通过对上述三种热现象的分析可见,在热传导过程中,热自发从高温走向低温,能量发生了弥散,温度分布均匀化

了;在扩散过程中,物质弥散了,密度分布均匀化了;在功热转化过程中,分子运动从有规走向无规,系统的结构(其组元的排列)发生了弥散,分子的运动速度,方向均匀化了。这三种过程的一个共同特点,是系统发生了某种(能量、物质、结构)弥散,或者说均匀化。因此,作为热过程不可逆性的共同判据的熵,其意义指的是系统的弥散度或均匀度,即熵大,弥散度大或均匀度大;熵小,弥散度小或均匀度小。生活经验及科学实验告诉我们,在一切自发的热过程中,系统的弥散度或均匀度(或能量、或物质、或结构)都会增大,这个规律称之为熵增原理。

2. 熵增原理的适用范围

我们知道,任何物理定律都仅在满足一定条件才能成立,或者说,它们都仅在一定范围适用。例如,牛顿力学定律仅在宏观($L > 10^{-6}$ 米)、低速($V < c$)、弱引力场(平直空间)、可积系统条件下成立。超出这个范围,牛顿力学就不成立,将被量子力学、相对论、混沌学所取代。熵增原理是否也有自己的适用范围?它在什么条件下才成立?

(1) 必须是孤立系统

物理学给出的证明是:“在孤立的场合下,系统的内能不变,其熵只是朝着一个方向变化,常增而不减,是为熵增加原理。”^[1]根据耗散结构理论,“对于一个开放系统,熵的变化可分为两部分,一部分是由系统本身不可逆过程引起的熵产生 $d_i s$,另一部分则是系统与外界带来的熵流 $d_e s$,而整个系统的熵变: $ds = d_i s + d_e s$. 当熵流小于零而其绝对值又大于熵产生时,系统的总熵减少”^[2]。此时熵增原理不成立。

(2) 系统内粒子作无规则运动之动能远大于粒子间相互作用势能

热力学第二定律或熵增原理是从发生在地球范围内的热现象中总结出来的,而地球范围内的热力学系统有如下特点:

a) 系统由作无规热运动的大量($N = 10^{20}$ 以上)粒子所组成。

b) 在通常情况下,粒子间仅有万有引力相互作用。其中粒子热运动的动能:

$$E_k = \sum_{i=1}^N \frac{1}{2} m_i \bar{v}_i^2 \quad (1)$$

粒子间万有引力相互作用势能:

$$E_p = - \sum_{i,j=1}^N G \cdot \frac{m_i m_j}{r_{ij}} \quad (2)$$

分子无规热运动是一种排斥力量或因素,而分子间万有引力相互作用势能是一种吸引力量。

(1)(2) 两式中 m_i, m_j 代表粒子的质量, v_i 代表粒子热运动之速度, r_{ij} 代表粒子间的距离, G 为万有引力常数, N 为系统中粒子的总数。

在通常情况下(标准大气压、室温),考虑由气体分子组成的热力学系统, m_i, m_j 约为 10^{-25} 千克, v_i 取值 500 米/秒, r_{ij} 取值 10^{-10} 米, $G = 6.67 \times 10^{-11}$ 米/千克·秒,把这些数据代入(1)(2),计算得出 $|E_k| = 10^{30} |E_p|$, 或表示为:

$$|E_k| \gg |E_p| \quad (3)$$

即分子无规热运动的动能(排斥力量)远大于万有引力势能(吸引力量),这正是一切自发热过程系统的熵总是增大的原因。

当系统内粒子(或物体)间相互作用势能大于粒子无规则运动动能(如原子核内)时,熵增原理就不成立了。

(3) 系统必须是处于平衡态或近平衡态

熵增原理(热力学第二定律)的严格表述应该是:“当热力学系统从一平衡态经过绝热过程到另一平衡态,它的熵永不减少。”^[3]如果不追求严格性,熵增原理也只能在近平衡态有效。

(4) 系统必须处于静态空间

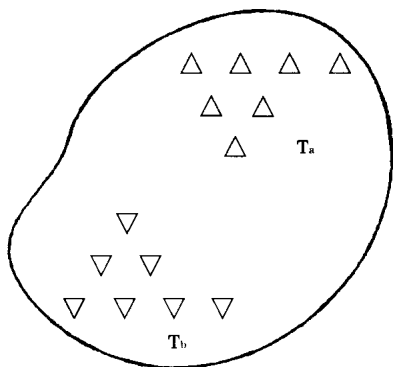


图4 腔内温度平衡

设想一个腔内温度平衡问题的实验,见图4。在空腔内有二个物体A与B。它们分别由不同种类的物质粒子所构成。设物体A的温度为 T_a ,物体B的温度为 T_b ,按热力学第二定律,热将从温度高的物体自动地传递到温度低的物体,直到热平衡为止。这种结果是在假设空腔本身的体积保持不变的情况下得出的。若空腔体积发生变化,由于组成物体A与B的物质种类不同,温度 T_a 随空腔体积 V 之变化可能与 T_b 随体积 V 之变化不同,则原来已达到温度平衡的腔体会由于体积之变化而引起温度的不平衡。即

在 V 不变时 $T_a = T_b$

在 V 变化时出现 $T_a > T_b$ 或 $T_a < T_b$

这显然不遵守热力学第二定律。

3. 泛化的熵增原理的涵义

通过对热力学状态的统计分析得知^[4],作为状态函数的熵在微观上代表着可能的微观状态的数目。通常,把这种可能的微观状态与系统的有序性、无序性对应。可能的微观状态多,对应无序性大;可能的微观状态少,对应无序性小。严格说来,一个系统的序与其排列混乱还是有规则、结构简单还是复杂、运动形态低级还是高级,……等相关。因此,把微观状态的多少与序的程度对应起来,已经包含着“泛化”。

当我们认定熵是系统无序性的表征,并把从物理学得到的熵增原理推广到其他系统(生命系统、经济系统、社会系统……等),则得到泛化的熵增原理,也可以说是哲学意义上的熵增原理。考虑到上述熵增原理成立之条件(暂不计3、4两个条件),泛化的熵增原理的涵义在于:

在一个排斥力量大于吸引力量的孤立系统之中,系统的有序性程度将不断降低。

三 现代宇宙学支持“宇宙热寂说”吗?

1. 何谓“宇宙热寂说”

1867年,克劳修斯在题为《关于热力学第二定律》的演说中指出:“在一切自然现象中熵的总值永远只能增加而不能减少,于是对到处不断进行的变化过程可以用下面的定律简短地表述:

宇宙的熵趋向极大。

宇宙越是接近这个熵是极大的极限状态,进一步变化的能力就越小;如果最后完全到达了 this 状态,那就任何进一步的变化都不会发生,这时宇宙就会进入一个死寂的永恒状态^[5]。这就是所谓的“宇宙热寂说”。

“宇宙热寂说”提出后,一些神学家或具有神学倾向的科学家,把热寂说当作上帝存在的科学证据。1951年,罗马教皇庇护十二世在向罗马教皇科学院的院士们发表题为《从现代自然科学来看上帝的证明》之演说中就曾讲到:“现代科学不仅扩大和加深了我们关于宇宙变化的事实和范围的知识,而且也给我们提供了关于自然过程的发展方向的极其有价值的说明。还在一百年前,尤其是在能量守恒定律发现之后,人们就设想过自然过程是可逆的,因而根据封闭的自然因果性的原则认为宇宙的不断复兴和返老还童是可能的,但后来人们根据鲁道夫·克劳修斯所发现的热力学第二定律认识到自发的自然过程总是跟有用的自由能的减少相伴随的,这种情况必然会最后引起在封闭的物理系统中量的过程的中止。这种命运般的现象,好像出于实证科学经验一样,迫切地要求一个必要本质的存在^[6]。这里所谓“必要本质”,即暗指全能的上帝。

《熵理论与自然观》一文作者完全赞同用来证明“上帝”存在的“宇宙热寂说”,认为“熵理论运用于整个宇宙,首先必然逻辑地推导出宇宙的热寂”(《新自然观》,第344页)。为了加深人们对热寂说的认识,《熵理论与自然观》一文作者指出:“它(指“宇宙热寂说”——引者)意味着世界的‘毁灭’和‘末日’的来临,尽管人们在感情上很难接受这点,然而,宇宙间的客观发展规律和自然法则就是这样严酷无情。”(《新自然观》,第347页—第348页)。

为了说服更多的人相信“宇宙热寂说”,《熵理论与自然观》一文作者援引“大爆炸宇宙说”进行所谓科学的论证。下面,我们就要分析一下,“大爆炸宇宙论”到底是支持“宇宙热寂”,还是否定“宇宙热寂”?

2. 现代宇宙学宣告了“宇宙热寂说”的破产

关于宇宙,目前学术界有所谓科学上之“宇宙”(有限的)及哲学上的宇宙(无限的)两种不同概念。我们这里的讨论仅针对科学上的宇宙而言。科学意义上的“宇宙”,按目前天体物理学的理解,指的是总星系,其直径约100亿光年。按大爆炸宇宙论为基础的现代宇宙学,这个宇宙是如此形成的:

在约150亿年之前,发生过一次原始爆炸,最初的温度高达 10^{31} K。此时产生了许多高能粒子,这些粒子不断碰撞,相互转化约1秒钟,粒子相互转化的平衡中止,宇宙的体积

迅速膨胀、温度不断下降。至 20 分钟左右,氢核形成,温度降低到约 10^8 K。在这个高温阶段,光子密度大大超过物质粒子(指具有静止质量的粒子)的密度,称为辐射时代。但在宇宙膨胀中,光子密度比物质粒子密度衰减的快,约经 2×10^5 年,温度降至约 4000 K,光子密度与物质密度基本相等,物质粒子与光子的紧密作用停止,达到所谓解耦。从此,物质与辐射彼此独立地演化,进入了物质时代。在这个阶段,物质粒子密度愈来愈大于光子密度,宇宙在膨胀过程中,形成弥散的气状物质,再进一步收缩为星系、星团……,直到形成我们今天看到的星空世界。

以下说明^[7],这样一种演化的宇宙,不满足热力学第二定律适用条件,因此,热力学第二定律不能应用于宇宙系统,宇宙热寂不会发生。

(1) 万有引力在宇宙演化中起着主导作用

在地球实验室系统考察热现象以及各种自然过程,万有引力之作用一般可以忽略。但是,对于宇宙系统,在一定条件下,引力作用将超过热作用,而出现物质粒子从弥散向集结方向之演化。

试考虑有一物质分布的小区域,那里的物质密度稍高于别处,那么,这个小区域将吸引更多的物质而使自己的密度增加。当然,应该注意到任何物质分布的小区域,其内部的物质处于运动之中,因此,有一内部压强,这个内部压强正好与引力作用相反,它倾向于使高密度区的分裂。因此,只有当物质分布区域达一定尺寸或质量达一定数值时,物质分布的自引力才可能超过内部压强而使区域密度不断增加。根据理论计算,当物质区域的质量超过 10^6 太阳质量时,物质大量集聚现象就可能发生。

现今观测到的星系的质量大体都在 10^6 太阳质量到 10^{12} 太阳质量之间,与理论计算基本相符。因此,目前多数天体物理学家认为:星系是由引力的不稳定性(自引力超过内部压强而使物质密度不断增加)所引起的。

(2) 宇宙一直处于膨胀中

如上所述,自宇宙大爆炸以来,目前一直处于膨胀之中。然而,组成宇宙的辐射粒子(即光子)与物质粒子(氢、氦等)系统,其温度随宇宙膨胀下降的速度不同。计算指出:物质粒子系统温度

$$T_m \sim \frac{1}{R^2} \quad (R \text{ 为膨胀宇宙的半径})$$

辐射粒子系统的温度

$$T_r \sim \frac{1}{R} \quad (R \text{ 为膨胀宇宙的半径})$$

可见,粒子系统温度 T_m 比辐射系统温度 T_r 下降更快。因此,当物质粒子系统温度 T_m 与辐射粒子系统温度 T_r 达到平衡($T_r = T_m$),由于宇宙之膨胀,温度之平衡将会破坏而走向不平衡($T_m < T_r$)。显然,这不符合热力学第二定律或熵增原理。

(3) 宇宙一直处于非平衡态之中

按照大爆炸理论,宇宙一直处于膨胀之中,系统的各项状态参数都在随时间而发生变化,宇宙作为一个系统它一直处于不平衡态。从这一点来说,熵增原理也不能应用于宇宙

系统。

总结以上三方面可以看到:热力学第二定律对宇宙而言不能应用。正是“大爆炸宇宙论”宣告了把特定条件下适用的熵增原理任意地应用于宇宙系统而导出的“宇宙热寂说”之破产。

既然,“宇宙热寂说”对于科学意义上的“宇宙”(有限的)不成立;那么“宇宙热寂说”对于哲学意义上的“宇宙”(无限的)就更不成立了。

四 世界的复杂性及熵变的多样性

1. 从追求简单性到研究复杂性是自然科学又一次重大革命

“科学革命指的是正在成长的新科学传统(科学的基本思想与观念、科学的社会建制、科学活动的方式及方法、科学的规范及标准)取代旧科学传统的活动或过程,这种传统的变换,意味着人类认识的飞跃。”^[8]

按照对科学革命的上述理解,从整体意义来说,自然科学经历了三次重大革命。

第一次科学革命(16 世纪—18 世纪)指的是近代自然科学的产生与发展,其特征为:自然科学摆脱神学统治走向独立发展道路(1543 年哥白尼《天体运行论》一书发表为其标志);用机械世界图景取代基督教神学的自然图景,用实证科学方式取代自然哲学方法。

第二次科学革命(19 世纪末—20 世纪上半叶)指的是电子、放射性的发现以及量子论、相对论之建立,其特征是:突破原子不可分的形而上学观点,人类认识从宏观走向微观及宇观;用辩证的世界图景取代机械世界图景。

第三次科学革命(20 世纪中叶——至今)指的是系统科学、非线性科学的产生及发展,其特征是:从追求世界的简单性到研究世界的复杂性;科学研究的对象从理想模型(个体性、线性、存在态)转化为现实世界(系统性、非线性、演化态);用非线性系统的辩证世界图景取代一般的辩证世界图景。

2. 《新自然观》的主要特点就在于揭示“世界的复杂性”

我认为,《新自然观》一书是对第三次自然科学革命所取得最新成果进行哲学概括的一种探索性、开拓性研究工作,因此,具有深远的理论意义及重大的现实价值。

我个人的体会,《新自然观》的主要特点就在于揭示“世界的复杂性”并描绘非线性系统的辩证的世界图景。

在这种世界图景中,系统的内、外因素相互作用是非线性的(线性只是它的一种简化或特例)。这种多种因素的非线性相互作用导致多元性、复杂性、模糊性、分形、混沌、演化、自组织、创造等的出现,使我们对世界的结构及其运动规律有了全新的认识;使我们传统的哲学观念(本质性与规律性、决定性与非决定性、因果性、偶然性与必然性、量变与质变、渐变与突变)有了全新的内容;使我们的哲学语意世界加入了全新的成员(系统和非系统、线性与非线性、存在及演化、自组织与他组织、潜在与显现、构成与生成、静观与参与……等)。

3. 熵变及其规律的多样性

非常遗憾的是,《熵理论及自然观》作为《新自然观》一书之一章,没有体现《新自然观》的精神:从哲学上概括第三次科学革命(系统科学、非线性科学的产生与发展)的最新成就,描绘非线性系统的辩证世界图景。相反,把 100 多年前从一个极其简单系统(仅有分子无规则热运动的孤立系统)抽象出来的科学定律(熵增原理)不加论证,随意地应用于包括宇宙在内的各种复杂系统,形成所谓的“自然观”。这种“自然观”给出了一幅单调衰减、走向死亡的世界图景,与《新自然观》一书力图描绘的,以多样性、复杂性为特征的非线性系统的辩证世界图景形成鲜明对照。

现代科学与哲学的研究成果告诉我们,从日常生活经验总结出来的热力学第二定律(熵增原理)只是多种熵变形态及其规律之一。根据目前的知识水平,熵变及其规律至少有以下几种形态。

(1) 熵增型熵变

在平衡态或近平衡的孤立系统中,而且系统中的排斥力量大于吸引力量,系统的熵变遵守熵增原理。在这种情况下,系统从有序走向无序。如果物质世界只有这种熵变形式,那么整个宇宙最后达到温度的均匀分布并失去运动、变化的任何能力。熵增原理当然也就成为主宰整个世界进程的最高原理。但物质世界并非只有熵增这一种熵变形式,这才形成千姿百态、五彩缤纷的世界图景。

(2) 耗散结构型的熵变

根据比利时科学家普里高津的理论,对于远离平衡态的开放系统,当其内存在非线性相互作用,系统通过与外界交换物质、能量与信息并达某一阈值时,系统就可能从无序状态转变为一种结构或功能上的有序状态。这种通过消耗外界的物质或能量而维持自身有序状态之系统称之为耗散结构系统,激光系统、生命系统、社会系统都属于此列。在这种情况下,系统的熵变:

$$ds = d_s + d_e s \quad (4)$$

其中 d_s 是系统自身熵的变化, $d_s \geq 0$; 而 $d_e s$ 是熵流,即外界输给系统的物质、能量所引起的熵变效果, $d_e s$ 可能小于零,即 $d_e s \leq 0$ 。因此,系统的熵变可能出现:

$$ds = d_s + d_e s \leq 0 \quad (5)$$

即不是熵增而是熵减。生物的进化、社会的进化依靠的就是这种熵减的机制。

(3) 黑洞型的熵变

当系统的吸引力量大于排斥力量,即使对于平衡态或近平衡态的孤立系统,系统的熵变也不是熵增而是熵减。下面来说明这个问题。

假设系统的排斥力量仍由粒子无规热运动动能

$$E_k = \frac{1}{2} \sum_i^N m_i \vec{v}_i^2 \quad (6)$$

所代表,系统的吸引力量仍由粒子间相互作用势能

$$E_p = - \sum_{i,j=1}^N G' \cdot \frac{m_i m_j}{r_{ij}} \quad (7)$$

所代表,不过相互作用常数 G 可能是万有引力常数 G ,

也可能是其他类型相互作用常数。试比较(6)与(7),可以发现,在以下四种情况 $|E_k| < |E_p|$, 使系统熵减而不是熵增。

a. 系统的质量足够大

因为 $E_k \sim m_i$, 而 $E_p \sim m_i m_j$, 即 E_p 随粒子(或物体)质量增长比 E_k 快。因此,当系统内总质量达一定值时,可能出现 $|E_p| > |E_k|$, 星系的形成就是典型例子。

b. 粒子间的尺寸足够小

因 $E_p \sim \frac{1}{r_{ij}}$, 而 E_k 与 r_{ij} 无关。因此,当粒子间距离足够小时,也可能出现 $|E_p| > |E_k|$ 。在宇宙中的某些致密星体,特别是黑洞(在宇宙中已发现许多个),就是这种典型。

c. 粒子间相互作用足够强

因 E_p 正比于相互作用常数 G' , 而 E_k 与 G 无关。因此,当 G 足够大,则可能出现 $|E_p| > |E_k|$ 。原子核就是类似例子。

d. 以上三种情况的某种组合

(4) 其他复杂的熵变形态

如果认定熵是无序性的表征,考虑到“序”的丰富内涵(规则与混乱;简单与复杂;低级与高级;对称与破缺;旧质与新质……等)及演化的多样性(聚敛、扩散、转换、转化、分岔、迭代、同化、异化、复制、变异、产生、湮没……等),在非线性作用下,熵变会有更多、更复杂的形态。

总之,对整个物质世界来说,熵变具有多种形式,不论在空间上、还是在时间上,它们都交叉地发生着。世界不是单一的,而是丰富多彩的。

五 熵理论的现实意义

由于熵的问题与演化的问题相联系,因此,它不仅具有重大的理论意义,也有直接的现实意义。然而,在如何评价及应用熵理论的问题上,首先,还是要遇到对熵定律如何认识或理解的问题。我们认为,那种把熵增原理当作熵定律的全部而到处滥用,有可能引起谬误;只有全面考虑熵的变化、熵变的机制及其规律性,才能使熵理论充分发挥自己的作用。

1. 警惕与防止自发性“熵增”

如前所述,熵是表征系统的无序性的一个重要参量。熵增即表示系统的无序性之增加。从能量角度来说,熵增表示有效能之减少,无效能(即污染)之增加。因此,熵增对人类来说是一件值得警惕的坏事。如何来防止这种坏事呢?应该分析熵增的机制或熵增的原因。如前所述,熵增乃是系统内排斥或分离因素所引起,因此,抑止、约束或消除系统中的排斥、分离因素是避免熵增或尽可能减少熵增的途径。值得注意的是引起系统熵增的排斥因素,往往是由系统中自发性的无规运动所引起的。因此,为了尽可能减少熵增,提高自觉性、限制自发性至关重要。

在自然系统中,引起熵增的自发过程主要是非目的性的无规热运动,例如做功过程的摩擦生热、输电过程的焦耳热……等。

在社会系统中,引起熵增的自发过程主要是社会个体或

群体的无规运动,例如散漫性、自由主义、平均主义、恐怖主义、.....等。

2. 努力建构开放系统的“熵减”机制

对于远离平衡态的开放系统,在一定条件下,有可能实现“熵减”,使系统从无序走向有序。前面谈过,开放系统的熵变可分为两部分:系统自身熵变 $d_i S$ 及系统与外界相互作用而引起的熵变 $d_e S$ 。为使系统熵减,不仅要求 $d_e S < 0$,而且要求 $|d_e S| > |d_i S|$ 。为达到这个要求,需要探讨与建构系统自身的作用机制,使它在与外界作用过程中能产生负熵效应。目前已经知道,系统内的这种作用必须是非线性相互作用而不能是线性作用;另外外界的输入要与系统内部结构(吸收、消化能力)匹配并适度

3. 增加系统的内聚力、抑止系统的离散力

为使一个系统从无序走向有序,也就是进化与发展,其关键在于增加系统的内聚力、抑止或消除系统的离散力。例如,对于一个社会或国家来说,集体主义、爱国主义、学习、敬业、创新、法制、道德、规范竞争中争取胜利.....都是内聚力,应大力予以加强、提高;而极端个人主义、极端民主化、懒惰、散漫、贪污腐化、走私贩毒、坑蒙拐骗、违法乱纪.....都是离散力,应严厉限制、打击。社会或国家就能从无序走向有序,不断进化与发展。

【参 考 文 献】

[1]严济慈. 热力学第一和第二定律[M]. 北京:人民教育出版社,1966. 86.
[2]李继宗. 现代科学技术概论[M]. 上海:复旦大学出版社, 1994. 506.
[3]李椿,章立源,钱尚武. 热学[M]. 北京:人民教育出版社, 1979. 239.
[4]钱时惕. 物理学及现代科技概论[M]. 北京:高等教育出版社,1991. 111 - 115.
[5]克劳修斯. 关于热力学第二定律[J]. 自然科学争鸣. 1975 (1).
[6]庇护十二世. 从现代自然科学来看上帝的证明[J]. 哲学译丛. 1963(10).
[7]详细的科学分析与论证可参见:钱时惕. 热力学第二定律成立条件与“热寂说”问题[J]. 河北大学学报(自然科学版). 1991(3):74 - 80;赵凯华. “热寂说”的终结[A]. 赵光武. 现代科学的哲学探索[M]. 北京大学出版社,1993. 29 - 42.
[8]陈筠泉,殷承祥主编. 科技革命与当代社会[M]. 北京:人民出版社,2001. 14.

(责任编辑 殷 杰)

山西大学科技史博士点招生简介

山西大学科学技术史一级学科博士点是 2003 年 9 月被批准招收博士学位研究生的学科点,从 2004 年起开始招收博士研究生,现就 2004 年的招生情况作一介绍。

- 一、报名时间:每年 3 月底 - 4 月初
- 二、报名地点:山西大学研究生院
- 三、考试科目: 151 英语 362 科技通史 462 物理学史 464 科学思想史 465 中国通史 467 中国科技史(必考, 四门课任选一)
- 四、招生对象: 招收跨专业考生; 同等学力考生加试:A. 政治理论;B. 世界史;C. 自然科学知识综合;D. 科技哲学(B. C. D 三门任选二门)
- 五、研究方向:
 - 1. 物理学史、化学史 指导教师 高 策
 - 2. 科技史理论与方法 指导教师 郭贵春 邢润川 魏屹东
 - 3. 科技史与考古 指导教师 石金鸣
 - 4. 地方科技史 指导教师 杨小明
 - 5. 古代科学与艺术 指导教师 高 策 杨小明
- 六、报名联系电话:0351 - 7011714 联系人:赵跃胜
专业咨询电话:0351 - 7018220 联系人:李树雪