

摘译

外国自然科学哲学

1
1976

摘 译

外国自然科学哲学

上海外国自然科学哲学著作编译组编

1

1976

上海人民出版社

摘 译

外国自然科学哲学

一九七六年第一期(总七期)

上海外国自然科学哲学著作编译组编

上海人民出版社出版

(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 上海新华印刷厂印刷

开本 850×1156 1/32 印张 6 字数 47,000

1976年2月第1版 1976年2月第1次印刷

定价: 0.47 元



目 录

热 力 学 问 题

大爆炸宇宙学是倒了个头的热寂说…………… 苏汝铿(1)

热力学和宇宙学

时间各向异性和不可逆性起源的危机

——热力学天体物理学派所倡导的新联系

……………〔以〕 B·伽一载尔(7)

宇宙演化和热力学不可逆性……………〔美〕 D·雷宙(22)

关于不可逆问题

统计力学中的不可逆性概念……………〔美〕 R·茨旺齐格(36)

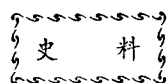
热力学第二定律的两种可供选择的陈述

……………〔英〕 A·J·希勒尔(47)

不可逆问题……………〔法〕 O·科斯塔·德·博勒加尔(50)

关于热力学和宇宙学中时间不对称性的讨论

……………〔法〕 O·科斯塔·德·博勒加尔(78)



- 麦克斯韦妖.....〔英〕W·爱伦伯格(94)
熵的一百年.....〔印〕M·达塔(105)

肿瘤的性质和发生

- 癌变和细胞的演化.....〔美〕E·法伯(116)
病毒引起癌肿和白血病的事实和学说
.....〔美〕L·格鲁斯(135)
病毒的致癌基因假说,新证据
.....〔美〕G·J·托达罗等(146)
肿瘤基因的起源.....〔美〕H·M·特明(157)
恶性细胞向良性细胞分化〔美〕S·考夫曼(166)

苏修科技动态

心理现象的神经动力学密码问题

- (一些哲学观点和社会前景).....〔苏〕Д·И·杜勃洛夫斯基(179)

大爆炸宇宙学是倒了个头的热寂说

苏 汝 铿

近年来,西方出现了一个号称对自然科学基本问题有“哲学兴趣”的“天体物理革命学派”,他们认为,宇宙本来是服从“可逆场方程”的,时间也是各向同性的,只是因为加了个“初始条件”;在一百多亿年前来了一次宇宙大爆炸,才使时间有了特殊的方向,出现了“时间各向异性”,有了“时间箭头”,产生了一系列的不可逆性。

有没有宇宙的可逆场方程,能不能把宇宙概括在某一种具体的物理定律内?这在自然科学史上曾引起过许多讨论。在十九世纪生产实践的基础上,克劳胥斯总结出了热力学第二定律,从一个侧面看到了自然界里某些局域过程发展的方向性,在物理学领域内第一次真正触及不可逆过程。这本来是个进步。但是,他又把热力学第二定律推广到全宇宙。在他看来,举凡宇宙中的一切,连同宇宙本身,都可以概括在热力学第二定律内,从而给整个宇宙描绘了一幅逐步趋向热寂的热力学图景。在他看来,“宇宙学”不外乎是热力学在宇宙上的应用,是热力学的宇宙学。一百多年后,天体物理革命学派把问题倒了个头。他们认为,不能用热力学来概括“宇宙学”;相反,而是由宇宙学派生出热力学。“热力学第二定律的起源可以追溯到宇宙现在的膨胀上。”热力学、电磁学,以至于生命现象,一切都来自宇宙的一次大爆炸。两极相通,极端相合。不管是克劳胥斯还是天体物理革命学派,他们都妄图找到无所不包的最终宇宙定律。但是,宇宙是具有无限的质的多样性的物质世界。

正因为具有无限的质的多样性,因而,它永远不能概括在某一条物理定律内。任何妄图网罗整个宇宙的“宇宙解”,不管是热力学的还是流体力学的,不管是引力的还是电磁的,都只能是一种数学游戏。从本质上说来,都不外是形而上学思维方式的产物。

有没有全宇宙的可逆场方程?没有。自然界中的实际过程都是不可逆的,局部的可逆场方程只是一种简化、一种抽象。其实,在物理学领域里,可逆和不可逆的矛盾早就出现了。在力学里,碰撞和摩擦过程就“不是直接地可逆的”(《自然辩证法》)。热学里的热传导过程、电磁学里的推迟波,都是不可逆的。自然界里实际发生的具体过程都有“时间箭头”。但是,从经典力学的牛顿方程到电动动力学的麦克斯韦方程,到量子力学的薛定谔方程,却又都是“可逆”的,这些方程都具有时间反演不变性。实际过程的不可逆与数学方程的可逆,这是个矛盾。为了解决这个矛盾,不少人曾从不同的角度提出过各种解释。“麦克斯韦妖”、“可逆佯谬”、“再出现佯谬”、各态历经、粗粒法、时间光滑化、系统的非封闭性、热力学极限,一直到宇宙大爆炸,花样虽然不断翻新,问题却总是解决不了。根本原因在于,他们不懂得辩证法,从形而上学否认矛盾出发,把可逆过程绝对化,根本否定自然界实际发生的过程的不可逆性,从而否定了事物的运动、发展、变化。

在物理学里,研究可逆过程是有意义的。在牛顿力学里,忽略摩擦等因素,才抽象得出惯性概念;在电磁学里,略去辐射阻尼、辐射场对运动电荷的反作用等影响,才有可能总结出电磁场的运动方程;在经典热力学里主要也是研究可逆过程。在自然界无限发展的历史长河里,不仅在一定条件下,可能出现暂时的、重复的过程;而且,每一个具体的不可逆过程中,也有其相对稳定的一面。在这个意义上,所谓体系和外界都严格回复到原来状态的可逆过程,在一定程度上从一个侧面反映了事物运动过程中可以重复的、相对稳定的一面。因此,在人类认识过程里,研究可逆性是必要的,这

样我们才能抓住事物暂时不变的一面，掌握它的规律性。从这个意义上说，表现物理规律的数学方程的可逆性，是来自一定的物理模型的，不是什么纯粹主观臆造。但是，重复总是暂时的；稳定总是相对的。所谓可逆性，实际上是把暂时重复、相对稳定的一面绝对化。世界上哪有什么一切都绝对恢复原状的可逆过程呢？地球绕太阳转动，就不是绝对的重复、绝对地在椭圆的轨道上打转转。这样才有岁差，才有近日点的进动，才有每年冬至、春分时间的不同。虽则春夏秋冬来复去，总是今年光景胜往年。完全重复，绝对可逆，岂不是一切都变成永恒不变的了么？

事物总是在矛盾斗争中前进的。“事物的矛盾法则，即对立统一的法则，是唯物辩证法的最根本的法则。”“对立的统一是有条件的、暂时的、相对的，而对立的互相排除的斗争则是绝对的。”不变、平衡、静止，总是相对的；变、不平衡、运动才是绝对的。反映在物理学里，对称、守恒、可逆总是相对的；不对称、不守恒、不可逆才是绝对的。没有绝对的守恒律、绝对的时间反演不变性。在宏观领域内如此，在微观世界内也是这样。六十年代，人们在微观领域内也打破了绝对的可逆过程，打破了时间反演不变性^①。辩证法并不否认，某些局部的、个别的运动状态有可能发生重复，甚至发生倒退的运动。但是，即使是局部的后退、有条件的重复，也仍然是为无限发展、不断前进准备条件。事物的发展总是螺旋形上升的，总是波浪式前进的，总是否定之否定。在这否定的过程里，就含有新的萌芽、新的肯定。用可逆的物理方程去描述客观世界，既略去了物体的内部层次结构，又简化了物体和外界的相互作用，这只是一种相对的、有条件的、简化了的认识，是一定条件下的抽象。在这个意义上，玻姆说的有理：“将自然定律描述成在原则上完全可逆，只不过是实在的极度简化的表象的产物。”（《现代物理学中的因果性和机遇》）

^① 1964年，在长寿命 K^0 介子衰变为 2π 和 3π 的过程中，发现了时间反演不守恒现象。

从根本上说来，自然界的规律是发展的。不可逆性正是反映了事物的发展的侧面。因此，只有承认发展变化，承认不可逆性，人类对自然的认识才不会永远停止在一个水平上。不承认发展变化，搞什么宇宙的“可逆场方程”，搞什么在时间上各向同性的宇宙模型，都是形而上学的。

在自然界里，不可逆过程是绝对的。但是，这是否意味着，宇宙间就有一个统一的绝对不可逆过程的最初起源，或者统一的不可逆过程的最后结束呢？

十九世纪热寂论者认为，在自然界中存在着“机械能耗散的普遍趋向”，最后一切机械能都要转化为热。热力学不可逆性是宇宙间一切不可逆过程的结束。过了一个世纪，天体物理革命学派把问题倒了个头，他们不谈结束，而谈起源：“在所有局域过程中不可逆性的起源，就象在自然界中观察到的所有时间不对称性一样，可以追溯到导致宇宙作为一个整体，产生出现在的膨胀的边界条件上。”这个宇宙总的统一的不可逆过程的起源，就是大爆炸。据此出发，他们提出了一幅宇宙演化图：从大爆炸开始，空间非均匀膨胀，产生了宇宙第一不可逆性；然后逐步冷却，早期温度很高，以辐射为主，产生第二宇宙不可逆性；以后温度继续下降，辐射逐步凝聚为各种天体，宇宙变得透明了，产生了红移等现象，出现第三宇宙不可逆性；以后又出现了银河系、太阳系，产生了局域的热力学不可逆。总之，宇宙的因果链条从大爆炸开始，自然界中各种不可逆性都起源于大爆炸，以后逐步降级，直至最后热寂。

早在十九世纪人们就发现，热传导、扩散、粘滞性等几个典型的热力学不可逆过程，都是互有联系的。可以从热传导过程的不可逆性推断扩散过程、粘滞性过程的不可逆性，也可以反过来。以后，人们的视野又扩展到电磁学、化学等领域，发现越来越多的不可逆过程和它们之间的相互联系。这些研究说明，自然界中各种物质运动形态是相互联系的。但是，在形而上学思维方式的支配

下,不少热衷于寻求终极原因的人们,却走上了极端,他们屏弃物质形态的相互联系,妄图找到一个最终的绝对等级,从而把自然界中各种具体的不可逆过程都统一在宇宙间最根本的第一不可逆过程内。

在自然界里,各种不同的运动形式总是相互联系又相互转化的,既没有最初的一环,也没有最终的一节。在不同条件下,既可以从热运动转化为电磁运动,也可以从电磁运动转化为热运动。物质是无限多样的,不可能统一在某种单一的物质形态里。运动也是无限多样的,不可能把所有运动形式都归结为某一种运动。任何运动形态,都不是绝对最初的,也不是绝对最后的,只能是无限发展链条中有限的一环。因此,在自然界的无限发展中,非但根本没有什麼一切不可逆过程的统一起源和最后归宿,而且各种运动形式之间也没有绝对的级别。早在十九世纪,克劳胥斯等人就曾错误地认为,热力学第二定律是自然界能量的绝对降级定律,不可逆过程意味着能的绝对贬值,一切能量最后都贬值为最低级的热能,以后再也不转化了。一百多年后,天体物理革命学派变本加厉,从热力学不可逆性倒过头来,一直追溯到宇宙大爆炸,把各种能量,各种不可逆性都划上了绝对的等级,搞出了一个逐步降级的图式。固然,各种不同运动形式之间有质的差别,它们之间可以转化,可以比较,在这种意义下,可以说有不同的“级”。但是,这种级别只能是相对的、有条件的。在不同的条件下,可以实现各种不同运动形式之间的不同的相互转化。根据不同的条件,既有从引力收缩逐步形成炽热的星云,从机械能转化为热能;也有从太阳辐射出来的热能,实现着从热能到化学能、电磁能、机械能乃至生命运动所需要的能量的转化。宇宙是无限的,这里冷下去了,那里还会热上来;这里功转化为热了,那里还会热转化为功。“放射到太空中去的热一定有可能通过某种途径(指明这一途径,将是以后自然科学的课题)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。”(《自然辩证法》)无限的宇宙中,不存在运动形式的绝对降级,更不可能最后趋向于热寂。

因而,热寂说和大爆炸宇宙学,一个胡吹宇宙的末日,一个大谈宇宙的开端,形式似略有不同,本质却完全一致。所谓宇宙最终的可逆场方程;所谓宇宙大爆炸是宇宙间一切不可逆过程的统一起源;所谓热寂是宇宙间一切不可逆过程的最后归宿,所有这一切,本质上都只能是上帝的同义语。因而他们都只能在神学里找到最好的知音,成为罗马教皇庇护十二世之流从“现代科学”来证明上帝存在的工具。

新瓶装旧酒。不管贴上了多少时髦的“科学”标签,本质依然如旧。不管打着什么“革命学派”的旗号,添加了多少物理、数学的作料,不管对国内外天文学界、物理学界有多大的影响,不管怎么倒过来、顺过去,但在最根本的一点上,总是要把物质世界的创造权和毁灭权交给上帝。正是在这个根本点上,大爆炸宇宙学师承了十九世纪的热寂说。这就说明,自然科学这个阵地,无产阶级世界观不去占领,资产阶级世界观是不会自动退出去的。它们总是要占住这块阵地,宣传唯心论和形而上学,对抗马克思主义,为维护资本主义制度服务。老的热寂说如此,新的大爆炸宇宙学也是如此。因此,我们必须谨防沉渣泛起,必须坚持自然科学领域里的革命大批判,继续深入批判大爆炸宇宙学和热寂说,不断肃清流毒。

时间各向异性和 不可逆性起源的危机

——热力学天体物理学派所倡导的新联系

〔以〕 B·伽一蓀尔^①

〔内容提要〕^② 本文概述了“天体物理革命学派”的观点。这个学派打着“独立思考”、“批判传统习惯”的旗号，宣称目前在自然科学的根本基础上出现了“危机”，大肆鼓吹要摆脱危机只能靠他们倡导的把信息论、热力学、电磁学、生物学、统计物理学等都统一在宇宙大爆炸中的一揽子计划。他们认为，宇宙应当服从“时间对称的场方程”，一切不可逆过程都和初始条件相联系，而最根本的初始条件就是宇宙大爆炸。他们还由此出发搞了一个宇宙不可逆性逐步降级图。

本文还露骨地宣扬，按照统计热力学全宇宙无论怎么大都应有一个有限的弛豫时间，最后处在平衡态的热寂说观点。

江河皆入海，大海永不溢。

——所罗门王，旧约传道书 1:7

^① 作者是以色列工学院副教授，在美国匹兹堡大学任职。本文是作者在 1970—1971 年间分别在美国明尼苏达大学和以色列特拉维夫大学和魏茨曼科学研究院的讲稿改写稿。

^② 本书各篇“内容提要”为译者所加。

由于最近对自然科学的热力学基础所作的讨论，科学上一个古老的危机重新引起了注意。当试图回答下列那样基本的问题时，这个危机表现得最为清晰：自然界中不可逆性的起源是局域的呢还是宇宙的？它存在于定律之中还是存在于边界条件之中？在宇宙膨胀、信息论以及热力学的、电磁的、生物学的和统计的时间箭头背后，可能的物理内在联系是什么？物理定律本身被包含在内的、有点儿神秘的时间坐标系的基本性质是什么？推迟波原理、因果性、拜尔斯几率原理在时间上的应用之间有没有密切联系？

这些问题以及和它有关的其他许多问题是这样地根本，以致每个有思想的科学家都曾给以考虑。然而，使许多人感到为难的是，在他们得到自以为是对这个问题的基本了解之后，却发现自己的观点和他们的同行们的观点存在着严重分歧。因此，今天愈来愈多的科学家相信，这涉及到我们许许多多理论的基础问题，应当定期在刊物上和在国际会议上反复讨论，直到得出一种比较趋于一致的见解为止。这就是近年来召集的起码三次大的国际会议的动机。第一次，也可能是最重要的一次，是戈尔德组织的，1963年在康奈尔大学召开，有一些科学界的首脑人物参加。后来，由戈尔德出版了非正式的讨论集，其中包含了由戈尔德和其他少数与会者提出的一个新的革命性观点：所有局域过程中不可逆性的起源，就象在自然界中观察到的所有时间不对称性一样，可以追溯到产生整个宇宙现在的膨胀的边界条件上。因此，不可逆性的起源不是在动力学的对称定律之内，而是在边界（或初始）条件之中。根据这种观点，从宇宙学中就产生出了热力学。（就是说，热力学第二定律的起源可以追溯到宇宙现在的膨胀。）在我们以后的讨论里，还会回到这个问题上。

其他二个会议的目的是为了对经典的、统计的和相对论热力学加以全新的批判性研究。第二次会议于1969年在匹兹堡大学举行，会议文集已由司徒阿尔特、伽一蓓尔和布伦纳德出版；由兰

兹伯格组织的第三次会议于1970年在英国的加的夫举行。在这次会议里，一些热力学的有名专家都对现代热力学理论的基础作了评论，提出批判。然而，在自然界里时间不对称性和不可逆性起源问题上未取得一致意见，这却是个明显的事实。而且这些答案不可能在短期内明确了解，与会者的意见分歧表明了基础上的危机。可以在由热力学、统计力学、相对论等等的老权威们的冲击而形成并推动的传统思想和主张里找到这类问题的某些根子。与此相反的是薛定谔所描述的革命精神：

“我们的时代具有一种强烈批判传统习惯和见解的倾向。

一个新的革命精神正在兴起，它不承认任何权威，它与其说允许，毋宁说要求对每个问题进行合理的独立思考。它对根据这种思考而作出的任何抨击不加理睬，即使这样的抨击的矛头所指向的是曾被人们看成是非常神圣的事物。在我看来，这种精神就是今天隐藏在每个科学危机背后的共同起因。它的结果可能是有益的：没有任何一个科学结构完全毁灭了；值得保存的东西都保存了下来，而不要求保护。”

已存在的危机还没有在文献上给以适当考虑的这一事实，是实验热力学们常常表现出来的态度的结果之一。他们认为对基本问题的任何新回答，对热力学和有关学科都没有实际应用，因而只有哲学兴趣。这种误解对科学所造成的逻辑上的大破坏或许还没有被一般人承认。事实上，新的答案实际上可能会改变我们有关熵、温度和其他有联系的热力学函数的概念。

四个主要思想派别

过去几十年来，不可逆热力学和统计力学有了显著进展。然而，许多热力学基本问题却大部分尚未解决。作者们试图解决这些问题而提出的种种见解，大致可以分为四种主要学派：

(1) 带有某些精细地修改过的传统公理式热力学派。

(2) 更为实证的统计学派,它从初始条件、几率论和宇宙的局域行为这三者的组合推出时间不对称性(见下面)。

(3) 天体物理革命学派,它从膨胀宇宙的大尺度非平衡动力学推出不可逆性与电磁学、热力学时间不对称性的起源。后者又直接和时间对称的场方程的初始条件相联系。这个学派还对信息论作了某些新的宇宙学修正。

(4) “二元”的量子-几何动力学派,它采纳量子原理和相对论作为自然界的二大构筑原理,还应用“超空间”这个革命性概念,把很大的世界(引力崩坍和宇宙的膨胀-收缩演化)紧密地与很小的世界(基本粒子)联结了起来。

由于前两个学派的基本思想早就为人们熟知,而且被广泛地采纳。所以本文主要只讨论后两个学派。本文也将首先展开近年来在统计学派中考虑初始条件时所出现的某些题目,因为它们对于天体物理学派的基本概念也同样是重要的。

统计学派论初始条件

关于统计的时间箭头的起源曾提出过许多问题。例如,许多科学家相信在统计力学和热力学理论中包含着佯谬,特别是众所周知的洛喜密脱与赛密罗佯谬。然而,后者应该和另一个更古老的佯谬有关,它从巴斯卡、费尔马和拜尔斯起就出现在概率论中,被称为“原因几率原理”。以后它又和这种经验事实联系了起来:即盲目的统计预测是“物理的”,而盲目的统计回测却不是(即人们可以计算某些物理事件将要发生的几率,而不能计算某些事件确已发生的几率)。因此,这个统计的时间箭头是作为一个强加于概率论和宏观演化方程的初始条件而被物理学家承认的。

例如,按科斯塔·德·博勒加尔的说法,这个“边界”条件(它

是初始的而非终结的条件)应读作“禁止盲目回溯”,就象在宏观波动理论中边界条件应读作“禁止超前波”一样,是同一种表述的两种提法。于是,根据科斯塔·德·博勒加尔,在推迟波原理,拜尔斯原理的时间应用和因果概念之间存在着密切联系。爱因斯坦和里兹间的争论(爱因斯坦认为推迟波定律应由几率增加原理推出,而里兹则坚持从推迟波原理推出熵增加原理)于是被解决了。联系到辐射的电磁理论中初始条件问题,值得注意的是,霍伊尔和纳里克、及纳里克已阐明了如何从膨胀空间里超乎惠勒—费曼理论给出的时间对称电动力学之外产生出电磁的时间箭头来(见图2)。

在结束本节前,我只强调三点:

(1) 按照某些作者的看法,不可逆性的数学表述具有“类似事实”而不是“类似规律”的特征。

(2) 统计的引进本身不产生不可逆性。我们必须对统计加上一个特殊的不对称的假设。

(3) 统计学派和天体物理学派实质上都同意宏观不可逆性可由时间对称定律通过初始条件而引出(很象单向交通是由表示单向的路标来保证一样)。我们将要看到,他们最根本的不同之点是在“本体”的初始条件的起源和地位上。

今天大多数作者倾向于赞同不可逆性的起源本质上是宇宙学的,而对于“大”的和“小”的体系之间的联系的精确性质却很少有共同意见。下面我将评述主要流行的理论的基础、它们固有的困难以及它们所受到的主要批评。

热力学和宇宙学时间箭头

众所周知,存在着几种时间箭头。为什么任何东西都有时间箭头呢?为什么所有已知的箭头在指向正的时间方向上是一致的呢?这里我将首先考虑热力学箭头,然后再说明,根据天体物理学

派，它可以从以相对论宇宙学来解释的宇宙箭头推出。由于比较实证的热力学理论的基础完全不同于相对论，因此找出了两者之间的基本联系，这看来是使人惊讶的。然而，当人们企图应用统计（或经典）热力学到整个宇宙而把它看成是单个封闭体系时，在理论和实验之间就产生了明显的矛盾。按照统计热力学，全宇宙或者其中的任何有限区域，无论怎么大，都应当有一个有限的弛豫时间，而将处在平衡态。然而，遍及我们的观察所能达到的宇宙的广大区域内，自然界的性质根本不象个平衡体系（例如红移、哈勃定律、在星系物质周围的无反射空间里的光子的非平衡膨胀）。按照朗道和利弗希兹的说法，必须从广义相对论宇宙学中寻求摆脱这个矛盾的出路。他们主张，当考虑物体的统计性质时，由于度规张量一般说来不仅是空间座标的函数，也是时间座标的函数，空一时度规性质可作为非稳定的外界条件看待。这样，宇宙作为一个整体，或者宇宙中的任何有限区域，就必须看成是一个在变化着的引力场中的非平衡体系。相应地，熵增加定律的经典表述不可能对越来越大的宇宙区域都成立。这个结论与众所周知的奥尔伯斯佯谬紧密相连。根据这个佯谬，在静止宇宙中夜空应当特别明亮。解决这个佯谬的办法可从红移上找到，红移的作用在于减弱远处物质对辐射场的贡献。这样，天空仍是暗的，因为在大多数方向上，在视野线上的物质都在迅速退离（宇宙膨胀）。这是宇宙箭头中最惊人的一面。它建立在膨胀空间易于吸收任意数量的辐射上。红移效应表明，在膨胀宇宙的广大区域内，热力学平衡不占优势，对所有进入空虚空间的辐射流来说，这个区域变成为一个巨大的“热力学陷阱”。这个结论不仅得到宇宙学观察的支持，而且和广义相对论宇宙学的理论预期一致。或许没有一项对于爱因斯坦相对论的检验比宇宙膨胀本身更富于戏剧性了。如果爱因斯坦坚持他原有的理论（不引入所谓宇宙常数以避免弗里德曼对一个膨胀宇宙的预言），哈勃数年后发现除了被看成是相对论的第四个检验