

## 现代物理学基础的思考之一:《哲学探索》总目录

李学生 (Li Xuesheng)

山东大学副教授, 理论物理教师, 中国管理科学院学术委员会特约研究员, 北京相对论研究联谊会会员, 中国民主同盟盟员 (作者为中国科学院高能物理所研究员)

[xiandaiwulixue@21cn.com](mailto:xiandaiwulixue@21cn.com), [1922538071@qq.com](mailto:1922538071@qq.com)

**摘要 (Abstract):** 物理学是科学的基本学科。本文章分析探讨了现代物理学的重要问题, 物理哲学, 供参考。  
[李学生 (Li Xuesheng). 现代物理学基础的思考之一:《哲学探索》总目录. *Academ Arena* 2017;9(13s): 1-69].  
(ISSN 1553-992X). <http://www.sciencepub.net/academia>. 1. doi: [10.7537/marsaj0913s1701](https://doi.org/10.7537/marsaj0913s1701).

**关键词 (Keywords):** 质点; 电荷; 引力; 电力; 空间; 方程; 量子力学; 狭义相对论; 物理哲学

第一篇: 相对绝对问题

第一章: 相对绝对论

- 1、对立统一规律简介
- 2、相对绝对问题
- 3、相对与绝对的辩证关系
- 4、真理的绝对性与相对性问题
- 5、物理学中的相对与绝对问题浅议

第二章: 全息问题

- 1、全息的绝对性
- 2、全息的相对性
- 3、全息的相对性与绝对性

第二篇: 对称性原理

第一章: 对称的绝对性

- 1、自然界中的对称性问题
- 2、对称性原理与伽罗华群论
- 3、对称性原理与李群
- 4、对称性原理在物理中的表现形式
- 5、不变性与对称性原理
- 6、对称性原理在物理学中的重要性

第二章: 对称的相对性

- 1、分立对称性失效问题
- 2、自然界中的非对称性问题
- 3、现代物理学理论中的非对称性问题

第三章: 对称的相对性与绝对性原理

- 1、对称的绝对性与相对性原理
- 2、对称的绝对性与相对性原理在自然界与人类社会中的表现形式
- 3、数学理论的相对性与绝对性
- 4、对称与对称破缺
- 5、对称的绝对性与相对性原理与 CPT 联合对称
- 6、对称的绝对性与相对性原理在相对论中的表现形式
- 7、对称的绝对性与相对性原理在基本粒子理论中的表现形式

第三篇: 有限与无限

- 1、有限与无限
- 2、有限与无限的相对性与绝对性
- 3、物理学中的有限和无限的问题

第四篇: 离散与连续

- 1、物质的无限可分性问题

- 2、离散与连续的绝对性与相对性
- 3、芝诺的四个悖论
- 4、数学中的离散与连续
- 第五篇：时间和空间
- 1、时空问题与物理学
- 2、贤哲们对于时间的思考
- 3、时间单位
- 4、空间单位
- 5、运动与静止
- 6、亚里士多德的时空观
- 7、牛顿的时空观
- 8、康德的先验时空观
- 9、彭加勒的约定时空观
- 10、运动、静止的绝对性与相对性
- 11、马赫的批判
- 12、以太论的起源与衰弱
- 13、热力学的时间箭头

## 第一篇 相对绝对论

由每一次科学革命所引发和标志的科学世界观的根本变革，对社会文化的发展和社会物质生活的进步，都会产生深刻的影响，其中对作为科学文化的核心和时代精神精华的哲学观念的变革，更具有直接的影响和决定性的作用；而变革后的新的哲学观念，又可以推动科学思想的巨大发展。因此，在科学与哲学的关系中，科学革命推动着哲学观念的变革，以某种具有革命意义的科学理论为依据的哲学观念一经形成，并被推广到科学各个领域的理论研究活动之中，就可以大规模地促进科学在各个领域中迅速而健康地发展；当某种新的哲学观念通过体现它的科学理论，在科学的各个领域中立了自己的统治地位以后，科学的进一步发展，就会产生出与这种占据统治地位的哲学观念不同的、代表着更新的哲学观念的科学理论，成为新一轮的科学革命的萌芽和源头。这时，居于统治地位的那种哲学理论的代表者，则难以容忍这种代表着更新的哲学观念的科学理论的存在，从而起着阻碍科学发展和进步的消极作用。科学史上的一些革命先驱者的不幸遭遇的根源之一正在于此。但是，随着这种代表着更新的哲学观念的科学理论的成长和壮大，居统治地位的那种哲学观念的被推翻、被否定或被扬弃，从而实现哲学观念的彻底变革，将是不可避免的。

## 第一章 相对绝对论

### 1、对立统一规律简介

#### (一) 对立统一规律的提出

在中国古代，《易经》用阴阳两种力量的相互作用解释事物的发展变化。老子在《道德经》中也认为宇宙万物的总根源是“混而为一”的阴阳之“道”，混而为一就是宇宙，对于千姿百态的万物而言，“道”是独一无二的。道中的阴阳相互作用产生了万物，它是天地之根，万物之母，反者道之动，弱者道之用。天下万物生于有，有生于无。道生一，一生二，二生三，三生万物。万物负阴而抱阳，冲气以为和。冲气就是阴气和阳气相互作用，其结果就产生相对和气的万物。

在欧洲，古希腊米利都学派关于“始基”的思想中已包含有对立统一的思想。在近代，黑格尔第一次以唯心主义的形式系统地阐述了对立统一规律，指出“一切事物本身都自在的，是矛盾的”，“矛盾则是一切运动和生命力的根源”。马克思、恩格斯批判了黑格尔的唯心主义体系，也创立了对立统一规律的科学形态。其后，列宁第一次提出对立统一规律是唯物辩证法的实质和核心。

#### (二) 对立统一规律的含义

现中国哲学界对对立统一规律的理解包含以下基本内容：一是对立和统一分别体现了矛盾两种基本属性。矛盾的对立属性又称斗争性，矛盾的统一属性又称同一性。同一性表现为对立面之间具有相互依存、相互渗透、相互贯通的性质，斗争性表现为对立面之间具有相互排斥，相互分离的性质。二是矛盾的统一性和斗争性是相互联结的。统一是对立面双方的统一，它是对立面之间的差别和对立为前提的。矛盾的斗争性寓于矛盾的统一性之中。斗争是统一体内部的斗争，在对立面的相互斗争中存在着双方的相互依存，相互渗透。斗争的结果导致双方的相互转化，相互过渡。三是矛盾的统一性是相对的，矛盾的斗争性是绝对的。矛

盾的统一性是指它的条件性,任何矛盾统一体的存在都是有条件的;矛盾的斗争性的绝对性是指它的普遍性,无条件性。矛盾的斗争性不仅存在于每个具体矛盾运动的始终,而且也存在于新旧矛盾交替的过程中。四是矛盾双方既统一又斗争推动事物发展。矛盾的统一性是矛盾存在和发展的前提,矛盾双方互相渗透,贯通为矛盾的解决准备了条件;矛盾的斗争性导致矛盾双方力量对比和相互关系不断变化,以致最终造成矛盾统一体的破裂,致使旧事物被新事物所取代。五是把事物发展理解为“事物自身固有的各种矛盾,在外部因素的影响下,变化的结果”,即内因决定,外因影响。

对立统一规律就是事物之间的相互作用。恩格斯指出:“相互作用是事物的真正的终极原因。”事物之间的相互作用形式有合作和对抗两种。对抗是事物之间相互排斥、相互否定、相互分离、相互斗争的一面,对抗分为物质之间对抗和信息之间的对抗;合作就是事物统一和谐的一面,合作分为物质之间合作和信息之间的合作。合作就是和谐,和谐就是事物双方相互依存、相互传递、相互输入、相互促进和共同发展的思想,强调平衡、协调、合作的精神。和谐并没有失去事物之间和事物内部的对立矛盾的两个方面,和谐也并不是没有矛盾,而是使矛盾控制在合理的范围之内,在不平衡中求得平衡,促进事物的发展。

在辩证法中,矛盾双方在一定条件下是可以相互转化的,矛盾面不是绝对的,而是相对的,且相对之中包含着绝对性的差异。如“前”与“后”,就是相对中有绝对。“前”可以转变为“后”,“后”也可以转变为“前”,它只决定于观察者所面对的方向。方向改变,“前”与“后”即发生改变。但“前”与“后”又是不等价的两个概念,它们之间存在着绝对性的差异。在实际中所能观察到的矛盾面,全部都是相对的。且为:相对之中有绝对。即绝对是相对的绝对,相对是相对的相对,这就是辩证法。

### (三) 对立统一规律的表现形式

矛盾思维的核心是两个词:统一和对立,它解释了宇宙万物的特点,列举如下:

辩证唯物论方面,有以下对立统一:(1)物质和意识的对立和统一(2)尊重客观规律和发挥主观能动性的对立和统一(3)绝对运动和相对静止的对立和统一;(4)物质和运动的对立和统一(5)解放思想和实事求是的对立和统一;等等。

辩证唯物主义认识论方面,有以下对立统一:(1)实践和认识的对立和统一;(2)实践的客观物质性和主观能动性的对立和统一(3)真理的绝对性和相对性的对立和统一;(4)真理和谬误的关系,实践的来源和手段的关系;等等。

唯物辩证法方面,有以下对立统一:(1)整体和局部的对立和统一;(2)系统和要素的对立和统一;(3)新事物和旧事物的对立和统一;(4)前进行和曲折性的对立和统一;(5)量变和质变的对立和统一;(6)对立的绝对性和统一的相对性的对立和统一;(7)普遍性和特殊性的对立和统一;(8)主要矛盾和次要矛盾的对立和统一;(9)主要反面和次要方面的对立和统一;(10)两点论和重点论的对立和统一;(11)肯定和否定的对立和统一;等等。

“变”与“不变”反映了事物运动变化与相对静止两种不同状态,但它们在一定条件下又可相互转化,这种转化是“数学科学的有力杠杆之一”。例如,要求变速直线运动的瞬时速度,用初等方法是无法解决的,困难在于速度是变量。为此,人们先在小范围内用匀速代替变速,并求其平均速度,把瞬时速度定义为平均速度的极限,就是借助于极限的思想方法,从“不变”来认识“变”的。

曲线形与直线形有着本质的差异,但在一定条件下也可相互转化,正如恩格斯所说:“直线和曲线在微分中终于等同起来了”。善于利用这种对立统一关系是处理数学问题的重要手段之一。直线形的面积容易求得,求曲线形的面积问题用初等的方法是不能解决的。刘徽用圆内接多边形逼近圆,一般地人们用小矩形的面积来逼近曲边梯形的面积,都是借助于极限的思想方法,从直线形来认识曲线形的。量变和质变既有区别又有联系,两者之间有着辩证的关系。量变能引起质变,质和量的互变规律是辩证法的基本规律之一,在数学研究工作中起着重要作用。对任何一个圆内接正多边形来说,当它边数加倍后,得到的还是内接正多边形,是量变而不是质变;但是,不断地让边数加倍,经过无限过程之后,多边形就“变”成圆,多边形面积便转化为圆面积。这就是借助于极限的思想方法,从量变来认识质变的。

近似与精确是对立统一关系,两者在一定条件下也可相互转化,这种转化是数学应用于实际计算的重要诀窍。前面所讲到的“部分和”、“平均速度”、“圆内接正多边形面积”,分别是相应的“无穷级数和”、“瞬时速度”、“圆面积”的近似值,取极限后就得到相应的精确值。这都是借助于极限的思想方法,从近似来认识精确的。

对立统一是宇宙最根本的规律,宇宙可以自我获得新生,宇宙在增熵的退化过程中一定存在减熵的进化过程,只是减熵的途径我们目前尚未明了,世界绝对不会无可奈何地走向“热寂”。有人说物理学现在已基本完备,这是不对的,对很多问题我们还是一知半解,有待进一步的研究。对立统一规律是唯物辩证法的实质

和核心,对立统一是事物发展变化的根本原因,但对立统一规律中的对立不是对抗,也不是斗争,是事物之间和事物内部矛盾的两个方面,对立统一就是事物之间和事物内部对立的两个方面的相互作用。事物内部矛盾的两个方面本质上也是事物之间的两个方面,只是在不同的角度看问题,事物内部也是由许多内部事物组成的,内和外是相对的概念,事物之间和事物内部都存在对立统一的关系,因此对立统一就是事物之间的相互作用。随着自然的神秘面纱慢慢隐去,其美轮美奂的真容开始渐渐清晰。自然创造宇宙所用的哲学原理是对立统一规律,并彰显在宇宙的最深层面,因此它是真的;自然对待宇观、宏观、微观都是相同的,不偏袒任何一个方位、时刻和存在形态,因此它是善的;自然时空结构的对称性最具广泛性,其数学表达最具完备性和优雅性,因此它是美的。

## 2、相对绝对问题

黑格尔讲:“哲学若没有体系,就不能成为科学。没有体系的哲学理论,只能表示个人主观的特殊心情,它的内容必定是带偶然性的。哲学的内容,只有作为全体中的有机环节,才能得到正确的证明,否则便只能是无根据的假设或个人主观的确信而已。许多哲学著作大都不外是这种表示著者个人的意见与情绪的一些方式。所谓体系常被错误地理解为狭隘的、排斥别的不同原则的哲学。与此相反,真正的哲学是以包括一切特殊原则于自身之内为原则。”哲学史上任何一个认真的、严肃的、沉思的哲学派别,都有其长短优劣之处,都有其合理的积极因素。正确的思想方法是使它们和谐互补,而不是把某元推向极端,或干脆排斥对立的一极。诚如爱因斯坦 1918 年所说:“我对任何‘主义’并不感到惬意和熟悉。对我来说,情况仿佛总是,只要这样的主义在它的薄弱处使自己怀有对立的主义,它就是强有力的;但是,如果后者被扼杀,而只有它处于旷野,那么它的脚底下原来也是不稳固的。”

我们的科学被划分成了一个相对孤立的体系,并不断地进行继续的分化,看起来科学之树越来越枝繁叶茂,但同时也越来越繁琐,越来越孤立。划分这些体系的是一个开创新学科的大师们所进行的分析与简化。回顾科学大师们的足迹,我们不得不惊叹他们对于事物本质的把握能力,但他们把握的依然不是事物的完全真实本质,而只是相对正确。审视整个科学之树,我们看到,新的科学体系的诞生无不是在固有体系的基础上,根据当时所了解的知识,理想化出一系列基本理论,并在这些基本理论基础上发展出来整个体系。但没有人能保证这些基本理论始终有效。当我们学习这些科学体系时,对权威的崇拜,对这些科学体系魅力的迷恋,对整个科学体系坍塌的恐惧使得我们的自由意志与既有结论或权威对立时,我们的第一个反应就是逃避。而作为科学基本的态度和精神的怀疑与批判,则早已被我们置之脑后。逐渐地,我们就把这些基本理论看成神圣不可侵犯的“公理”,即使它们已经不合时宜。

2005 年 6 月英国的 J. Dunning-Davies 教授曾说过一段很有意思的话:“在 20 世纪末,许多人仍象对待圣物那样盲目相信由相对论推出的任何结果。他们忘记了所有理论都是人为的,而宇宙却不是人造的。任何理论或模型,只不过是微不足道的人类智力作出的某种解释。但许多人如此深信某个理论的正确,而知名权威们竟不惜代价地阻止任何人对这些理论提出任何问题。Dingle(对相对论)的忧虑至今被隐藏起来,Thornhill 对狭义相对论(SR)的有效性的怀疑难见天日。……实际上,主流物理学并非如大多数人所以为的那样坚实与无懈可击。”在两次革命之间,有一个较长的所谓“常规科学”时期。在这个时期,新范式被发展、被应用。同时占统治地位的范式也逐渐暴露出无法使人满意的地方,不断产生“反常现象”。大量反常现象的涌现导致“危机”,危机是新理论诞生的一种适当的前奏,是科学革命的前兆。库恩的科学发展动态模式是:前科学→常规科学→危机→科学革命→新的常规科学……以 Einstein 为代表的建构新的相对论的整个科学革命史,生动地体现了为了解决经典物理学中出现的重大经验问题和概念问题,利用假说演绎法和图像推理法,试探性地改进旧理论,提出革命性的科学新思想,最后形成新的自然秩序理想的过程。自然图景的简单性,统一性,深刻性,严密性和预见性在科学的革命性演变中不断进步,旧的假说和研究纲领的合理成分在科学发展的辩证否定中得到扬弃。

Rosenberg 在《科学哲学》一书中给科学哲学下的一个工作定义:“哲学处理两类问题:首先,科学——如物理科学、生物科学、社会科学和行为科学等——现在不能回答也许永远不能回答的问题。其次,有关为什么科学不能回答第一种类型的问题的问题。”科学哲学担负了区分科学与伪科学的一种持久的责任。霍金在《时间简史》中说:“迄今,大部分科学家太忙于发展描述宇宙为何物的理论,以至于没有工夫去过问为什么的问题。另一方面,以寻根究底为己任的哲学家不能跟不上科学理论的进步。在 18 世纪,哲学家将包括科学在内的整个人类知识当作他们的领域,并讨论诸如宇宙有无开初的问题。然而,在 19 世纪和 20 世纪,科学变得对哲学家,或除了少数专家以外的任何人而言,过于技术性和数学化了。哲学家如此地缩小他们的质疑范围,以至于连维特根斯坦这位本世纪最著名的哲学家都说道:‘哲学仅余下的任务是语言分析。’这是从亚里斯多德以来哲学的伟大传统的何等堕落!”德国哲学家黑格尔在《小逻辑》导言中曾这样说过:

“哲学若没有体系，就不能成为科学。没有体系的哲学理论，只能表示个人主观的特殊心情，它的内容必定是带偶然性的。哲学的内容，只有作为全体中的有机环节，才能得到正确的证明，否则便只能是无根据的假设或个人主观的确信而已。”黑格尔这段话应该引起我们的高度重视和深思。我们应该注重哲学体系的建立，使之成为科学。可以说，没有知识体系的知识都是无本之木、无源之水的死知识，是把零碎的知识进行简单的罗列和叠加。那么什么是知识体系呢？知识体系就是从一个基本概念出发，逻辑推出与这个概念相互联系的基本内容和基本定律，从而建立起相对独立自洽的有机循环知识系统。

**绝对和相对是运动的两个方面，互为前提：没有绝对性就没有相对性；没有相对性绝对性也就失去意义。**

### 3、相对与绝对的辩证关系

绝对和相对的关系，是辩证的统一。没有绝对，就没有相对；没有相对，也就无所谓绝对。绝对存在于相对之中，并通过无数相对来体现；在相对中有绝对，离开绝对的相对是没有的。绝对和相对的区别既是绝对的，又是相对的，二者是相互渗透的，在一定条件下相互转化。【1】“绝对”和“相对”是一对相辅相成的对立统一概念。没有绝对就没有相对，没有相对也就无所谓相对；相对之中有绝对，绝对之中有相对。不能说“一切都是相对的”，这种“一切都是”的说法本身就含有绝对性，因此有逻辑矛盾。例如：宪法原则与具体法律条文的关系；原则目标与具体措施的关系；统一性与多样性的关系；一般性与个别性的关系；普遍性与特殊性的关系；内因与外因的关系；原则性与灵活性的关系；整体目标与分段目标的关系；整体与个体的关系；基础理论与分支科学理论的关系；人类世界、国家、民族、家族、与家庭个人的关系；绝对真理与相对真理的关系；国家政策与地方政策的关系；生物进化总目标与生物阶段进化的关系……；又例如一个人，面对他的祖代，他的诞生环境有相对变化；因而他的基因、面貌、性格、经历……有各种相对变化，因而他具有各种相对性。而他面对他的后代，则他的所有后代，都会继承到他的基因……因而他具有了一定的统一性(绝对性)。

黑格尔说：“无论这命题是如何的真，但它是否意味这它所包含的真理，却是有疑问的，因此至少这个命题的表达方式是不完美的。因为我们不能明确决定它所意味的是抽象的知性同一，亦即与本质的其他规定相对立的同一，还是本身具体的同一。而具体的同一，我们将会看到，最初[在本质阶段]是真正的根据，然后在较高的真理里[在概念阶段]，即是概念。——况且绝对一词除了常指抽象而言外，没有别的意思。譬如绝对空间、绝对时间，其实不过指抽象空间、抽象时间罢了。”【3】绝对空间和绝对时间，无非是抽象空间和抽象时间而已，换言之，与客观事物存在形式完全一致的“空间尺度”就是该客观事物的“绝对空间”，与客观事物运动过程完全一致的“时间尺度”就是该客观事物的“绝对时间”。正如黑格尔所说：“如果我们将同一与绝对联系起来，将绝对作为一个命题的主词，我们就得到：‘绝对自身同一之物’这一命题”。也就是说，只要一种描述能够与自在之物完全一致，也就真正体现了这种描述本身的绝对意义。当然，这是从“形式逻辑”的意义上来说的。如果从“辩证逻辑”的意义上来看，则如同黑格尔所说：“无论这命题是如何的真，但它是否意味这它所包含的真理，却是有疑问的，因此至少这个命题的表达方式是不完美的。因为我们不能明确决定它所意味的是抽象的知性同一，亦即与本质的其他规定相对立的同一，还是本身具体的同一。而具体的同一，我们将会看到，最初[在本质阶段]是真正的根据，然后在较高的真理里[在概念阶段]，即是概念。——况且绝对一词除了常指抽象而言外，没有别的意思。譬如绝对空间、绝对时间，其实不过指抽象空间、抽象时间罢了。”【4】”。

**相对绝对论应当是唯物辩证法的一条基本原理，毛泽东讲：“相对绝对的道理，是关于矛盾问题的精髓”。**相对与绝对是指世界上一切事物都具有相对与绝对两种不同的属性，笔者认为它们之间的关系可以用量子力学的互补原理（或者中国古典哲学中阴阳太极图）来表述——彼此互补的两种事物，不可能用任何方式把它们结合成一个无矛盾的统一体（统一图景），只有这些现象的总体才能将关于客体的可能性包罗尽。光的波粒二象性正是这一问题的表现形式之一。正如 Bohr 所讲的：“在伟大的戏剧存在中，我们既是观众又是演员。”“原子客体和测量仪器之间的相互作用，构成原子现象中一个不可分割的整体。”从超对称到超引力，从量子理论到 M——理论，从全息论到对偶论，把 Einstein 的广义相对论和费因曼的多重历史思想结合成能描述发生在宇宙中的一切完备的统一理论，都说明了相对绝对论的正确。“当我们终于知道物理学的最终定律时，我们一定会感到意外，为什么它们一开始不是那么明显呢？假如是这样，我们要探索的就是：寻求一组简单的物理原理，它们可能具有最必然的意味，而且我们所知有关物理学的所有一切，原则上都可以从这些原理推导出来”【5】。

参考文献：

- 【1】 邢贲思 主编。《哲学小百科》 中国青年出版社 1984 年 10 月。  
【2】 《小逻辑》第 247~248 页。  
【3】 《小逻辑》第 247~248 页。  
【4】 理查德·费曼 S·温伯格。从反粒子到最终定律 [M]。湖南：湖南科学技术出版。2003.5。

#### 4、真理的绝对性与相对性问题

真理的绝对性有三层含义：一是就真理的客观性而言，任何真理都是对客观事物及其规律的正确认识，都包含不依赖于人的意识的客观内容，这是无条件的、绝对的。因此承认客观真理，也就必然承认绝对真理。二是就人类认识的本性来说，完全可以正确认识无限发展的物质世界，每个真理的获得都是对无限发展的物质世界的接近，也是无条件、绝对的。因此承认世界的可知性，也就必须承认绝对真理。三是从真理的发展来说，无数相对真理的总和构成绝对真理。因此承认认识发展的无限性，也就必然承认绝对真理。真理的绝对性既具有绝对性的真理，是指真理的无条件性、无限性。真理的绝对性体现在以下两点——首先，任何真理都是建立在一定的条件上，根据时间地点条件为转移的。但在特定的时间里必然包含着同客观对象相符合的客观内容——是正确的，并不能因此而模糊或推翻了与谬误之间的界限，承认客观真理，就必须承认绝对真理。其次，从可知论角度来说，人类认识每前进一步，都是在靠近着无限发展的物质世界，承认可知论，就必须承认真理的绝对性。

真理的相对性是指人们在一定条件下的正确认识是有限度的，也有三层含义：一是从广度上说，它只是对客观世界的一定范围、方面的正确认识，有待于发展；二是从深度上说，它只是对特定事物的一定程度、层次的近似正确的认识，有待于深化；三是从进程上说，它是对事物的一定发展阶段的正确认识，有待发展。真理的相对性既具有相对性的真理，是指真理的有条件性、有限性。

真理是客观性、绝对性和相对性的统一，表明真理是具体的，而不是抽象的。从内容上讲，真理是运动发展着的事物的多方面规定的统一，是多样性的统一；从形式上讲，真理是由一系列的概念、真理是有条件的。任何真理都是在一定时间、地点和条件下主观与客观的符合，它要受条件的制约，并随条件的变化而变化；离开具体的时间、地点和条件，真理就是抽象地、无意义的。在绝对的总的宇宙发展过程中，各个具体过程的发展都是相对的，因为在绝对真理的长河中，人们对于在各个一定发展阶段上的具体过程的认识只具有相对的真理性。

真理是个发展过程，既是绝对的，又是相对的，这是真理问题上的辩证法。真理是具体的，是发展的，真理的绝对性和相对性是统一客观真理的两种不同属性，任何客观真理都是绝对真理与相对真理的辩证统一。绝对真理和相对真理是相互联结、相互包含的，绝对真理寓于相对真理之中，其一，相对之中有绝对，绝对则寓于相对之中；其二，绝对之中有相对，相对真理通过绝对真理表达出来，无数相对真理的总和构成绝对真理。相对真理和绝对真理又是辩证转化的，真理是由相对真理走向绝对真理的永无止境的过程，任何真理性的认识都是从相对真理向绝对真理转化过程中的一个环节。“在绝对的总的宇宙发展过程中，各个具体过程的发展都是相对的，因而在绝对真理的长河中，人们对于在各个一定发展阶段上的具体过程的认识只具有相对的真理性。无数相对的真理性之总和，就是绝对的真理性。”“人们在实践中对于真理的认识也就永远没有完结。”丁文江指出：“牛顿这种精神，真是科学精神，因为世界上的真理是无穷无尽，我们现在所发现的不过是极小的一部分。科学上所谓公例，是说明我们所观察的事实的方法，若是不适用于新发现的事实，随时可以变更。马赫同皮尔逊都不承认科学的公例有必然性，就是这个意思。这是科学同玄学根本不同的地方。”温格伯说的对，物理学并不是一个已经完成的逻辑体系，相反，它每时每刻都存在着一些观念上巨大混乱。所有理论都是有缺陷的，有实用范围的。

辩证唯物主义认为，真理的绝对性和相对性是辩证的统一，不可分割，人类认识的过程是从相对逐步逼近绝对的无限深化的过程。对应原理蕴含着这一哲学思想。一方面承认理论的相对性，认为经典理论不是完美无缺的终极的理论。同时它又承认理论发展的相对性，十九世纪末二十世纪初，一系列新发现和新的实验事实摧毁了经典理论的一些旧观点，进而诞生了新理论——量子理论；另一方面它又不否认理论的客观性和绝对性。量子理论向前推进了经典理论，可是并没有把经典理论根本推翻，而只是限定了经典理论体系的界限。经典理论对于它所适用的范围来说，它的真理性是绝对的，因为它反映了这个范围内物质运动的客观内容。并且它又承认理论发展的绝对性。

经典理论发展为量子理论，一些永远不会被推翻的带有绝对真理性的“颗粒”被保留继承下来，正是这些“颗粒”的不断增添积累，理论的发展才越来越全面，越来越深刻地反映无限发展的物质世界。英国著名物理学家狄拉克 1975 年 8 月 25 日在澳大利亚悉尼新南威尔大学作的关于“量子力学的发展”的演讲中，有这样一段话是很有启发意义的：“我认为也许结果最终会证明爱因斯坦是正确的，因为不应认为量子力学的现

在形式是最后的形式。关于现在的量子力学，存在一些很大的困难，……，它是到现在为止人们能够给出的最好的理论，然而不应当认为它能永远地存在下去。我认为很可能在将来的某个时间，我们会得到一个改进了的量子力学，使其回到决定论，从而证明爱因斯坦的观点是正确的。”这种承认理论的绝对性和相对性的辩证统一，承认理论发展的绝对性和相对性的辩证统一，正是对应原理坚持真理的绝对性和相对性的辩证关系原理的体现。

恩格斯在《自然辩证法》中写道：“这种绝对的认识有一个重大的障碍。正如可认识的物质的无限性，是由纯粹有限的东西所组成一样，绝对地进行认识的思维的无限性，是由无限多的有限的人脑所组成的，而人脑是一个挨一个地和一个跟一个地从事这种无限的认识，常做实践上的和理论上的蠢事，从歪曲的、片面的、错误的前提出发，循着错误的、弯曲的、不可靠的途径行进，往往当真理碰到鼻尖上的时候还是没有得到真理（普利斯特利）。著名科学哲学家卡尔·波普尔的金玉良言：“科学是可以犯错误的，因为我们都是人，而人是会犯错误的。”“人们尽可以把科学的历史看作发现理论、摒弃错了的理论并以更好的理论取而代之的历史。”

### 5、物理学中的相对与绝对问题浅议

物理学在一开始就与哲学紧紧地联系在一起，哲学的思维始终影响着物理学的发展，物理学的新发现又影响着哲学的新认识。其中，尤以相对性与绝对性最为突出。涉及事物绝对性的概念很多，例如：统一性、共性、共同性、一致性、一般性、普遍性、前提性、内因性、原则性、根源性、原始性、祖代的、父母本的、本质性、历史性、确定性、决定性、肯定性、不变性、关键性、方向性、基础性、基本概念、总规律、总原则、最高原则、立场性、原则性、纲领性、总政策、总路线、大方向、定性的、宗旨性、整体性、全局性、整体目标、终极目标、主要矛盾、……。抓好了事物绝对性，就不会出现方向性、根本性、原则性的错误。无论是社会科学还是自然科学，其基本概念、基本原则、一旦抓错了，往往是全盘皆输。涉及事物相对性的概念也很多，例如：多样性、个性、个别性、特殊性、特色的、差异性、对立面、外因性、具体性、支流性、现象性、现在的、现代的、后代的、子代的、非本质性、种性分离的、亚种亚目的、不确定、非决定、不肯定、可变的、非关键、曲折性、复杂性、形式的、表面性、片面性、孤立性、分支条目、观点性、具体性、定量的、局域性、非原则性、阶段性、小段目标、中段目标、次要矛盾……。抓好了事物相对性，就不会犯僵化的、或具体性的错误。

研究物理必须要有哲学观点作指导。把简单的哲学观点用数学表达出来，并进行逻辑验算，进而解释、预言实验现象，这就是物理。Einstein 是这一方面的杰出代表。不管是狭义相对论，还是广义相对论，都是从基本假设开始，进行数学验算，继而形成物理理论。恩格斯说：“世界真正的统一性是它的物质性，而这种物质性并不是魔术师的三两句话所能证明的，而是哲学和自然科学的长期的持续的发展来证明的。”自然科学的物质观在于研究物质的构造，是随着自然科学的进步而变化的，它总是具有近似的、相对的性质，而这些相对真理的总和，使我们日益接近于客观的、绝对的真理。从逻辑上来说，相对性原理，最小作用原理，守恒原理，不可逆原理不能认为是独立的。若是以要求世界线和测地线重合，即一般说来和以要求非欧氏空间的短程线重合这种形式提出相对性原理，那么相对性原理和变分原理的联系就变得十分明显了。守恒原理和变分原理的联系是如此紧密，以致拉格朗日也不再认为变分原理是独立的。

早在 1908 年，在物理学急剧发展的浪潮中，列宁就一针见血地指出：“……一般自然科学家以及物理学这一专业部门中的自然科学家，绝大多数都始终不渝地站在唯物主义方面。但也有少数新物理学家，在近年来伟大发现所引起的旧理论的崩溃的影响下，在特别明显地表明我们知识的相对性的新物理学危机的影响下，由于不懂得辩证法，就经过相对主义而陷入了唯心主义。……”【1】科学技术的进步是前赴后继的，既有渐进又有突变。没有前人的工作，也就没有后人的成果。爱因斯坦等人通过他们的开创性工作，为二十世纪物理学取得惊人成就谱写了光辉的篇章，他们的工作所留下的余辉，有如大海中的灯塔和航标，为后人在科学的海洋中航行指明了方向。

参考文献：

【1】 《唯物主义与经验批判主义》，列宁 著，第 359—360 页。

## 第二章 全息的绝对性与相对性

### 1、全息的绝对性

华夏文明于数千年前的炎黄时代已成气候，虽几经沉浮，但始终一脉传承从未间断，底蕴相当深厚。厚积薄发气如虹，民族复兴不可挡；东西融合大趋势，全球一体成定局（王贤文）。全息生物学诞生 30 年来，开过 3 届国际学术讨论会，收到过美国总统的贺电；其创始人张颖清分别受到江泽民主席和温家宝副总理单

独接见；张颖清发明的全息诊断仪曾获巴黎国际博览会最高奖；张颖清曾三次应邀访问瑞典卡罗琳斯卡医学院，在具有诺贝尔奖提名权的教授们主持下作学术报告并获得高度评价；享誉国际的中国生物学界泰斗汪德耀教授认为：“全息生物学填补了生物学层次研究的空白，与细胞学说有着相同重要的科学意义”；英国皇家学会会员、诺贝尔生理学和医学奖获得者赫胥黎教授曾指出：张颖清的理论具有非常重大的意义；美国医学杂志 HPR 发表评论说：“像细胞的发现在生物学史上所起的作用一样，张颖清创立的全息胚学说将大大促进医学与生物学的发展。”……

17 世纪后半期，牛顿经典力学的建立为自然哲学带来了机械论。不可否认，经典力学的美曾经打动了无数科学家，而它最初一二百年的飞速发展也给人留下了深刻的印象。17 世纪末的变革成了科学辉煌的代表，机械论的观点也被大多数科学家所接受。生物学家们也像数学与物理学家们一样，非常希望用机械论的观点来指导他们的研究，但机械论的观点在生物学中并不像在数学与物理学中那样有效。事实上，机械论的许多观点是与生命现象相矛盾的，生物学界一直没有完全接受机械论。在 19 世纪，细胞学说，达尔文的进化论，孟德尔的遗传定律相继建立，生物学界逐渐形成了自己的一套世界观。在此后的一段时间内，自然哲学指的就是数学与物理学中的哲学，生物哲学被从整个的自然哲学体系中孤立了出来，只有生物学家应用它并了解它的意义。

当历史时钟的指针指到 20 世纪初，经典力学的大厦开始动摇时，生物哲学突然站到了众多科学家的面前，人们猛然意识到机械论与生命现象的矛盾。“重大的打击来自以进化论为代表的生命科学的进展。无疑，以时间中的演进为特点的生命有机体作为自然界的一部分无论在本体论、认识论，还是方法论上都是机械论框架中难以容纳的。”生物学以其蓬勃的发展与量子力学一起推动了对科学、对世界的重新认识。这之中也包括了数学的重新认识。“欧氏几何中的命题并非总是康德所谓的先验判断，而是按照演绎方法应用和检验的归纳推理，因此，必须认为形式科学(逻辑、数学、几何学、运动学)像物理科学和生物科学一样，也是实验的和经验的。就是演绎本身，也只是归纳过程的必要补充，事实上是归纳过程的必然部分。”我们对世界的认识逐渐接近自然的真实，我们开始意识到自然界中的各种现象像生命现象一样，是相关联的，整体的，逐渐生成的，随机的和不可逆的。新的自然哲学形成了，并被用来指导科学的发展，老的学科被注入新的活力，各学科逐渐融合，新的边缘学科纷纷产生，科学界呈现出强大的生命力与全新的景象。在这次变革中，各学科的相互作用得到了极好的体现。科学中的各门分支共同起源于人类对自然的最初的蒙昧认识，它们沿着不同的进化路线发展，各自产生更多的分支，并逐渐接近现象的本质。这些进化的过程绝不是平行进化，互不干扰的关系，它们在自身完善的过程中不断向外发出信号，并对外来信号的刺激进行反馈和调整。随着时间的发展，这些进化主线之间形成了复杂的适应关系，以至于我们想把任何一条线路独自检出都无法做到。这些线路中的任意一条发生微小的变化，都会给其他线路带来深远的影响，而一条路线的快速演进也会带来其他各学科的大发展，从而构成科学界的整体繁荣。

美国普林斯顿大学的 John A. Wheeler 认为，“物理世界是由信息构成的，物质和能量不过是附属物而已”。加拿大沃特卢理论物理 Perimeter 学院的 Lee Smolin 还提出“最终理论考虑的不是场，甚至不是时空，而应该是物理过程之间的信息交换。”全息图形借合适方法曝光，将产生一个真正三维影像。而描述三维图景的所有信息都可以被编码到二维胶片上的明暗相间的图样上。这一全息原理就可以类推到所有物理系统，既然二维胶片随时可以复现该三维图景，那么在该区域的二维边界上定义的物理学理论就应该能完全描述该三维区域的物理学。那么信息熵和热力学熵是否存在上述这种联系呢？

如果说玻尔兹曼的热力学熵和香农的信息熵是等价概念，差异只来源于两种熵在计算时所考虑的不同自由度。一般说来，当我们还不知道一团物质的终极组成部分或其最深层次的结构时，我们是无法计算其终极信息容量的，当然也同样无法计算其热力学熵。

吴学谋教授的泛系全息、张颖清教授的生物全息、王存臻和严春友教授的宇宙全息强调全息的三个命题：

1、泛系全息的命题——动态系统或广义系统，派生或控制了它的系统与子系统之间、各子系统之间、全过程与子过程之间、历时结构与共时或斜时结构之间、群体进化与个体发育间的缩影、相似、重演和全息等类的模拟关系。任何系统都有这类潜在的或显化的缩影系统间的模拟性。这种规律就叫做泛系全息重演律。它统一地概括了诸如生物重演律、智力发展重演律、生物全息现象、生物全息重演律、历时共时潜似性、认识过程中的泛系观控全息重演律等概念。

1868 年达尔文在《家养动植物变异》一书讨论他的遗传想法“泛生假说”。1866 年孟德尔发表他的遗传学论文。比较达尔文和孟德尔的文章，有些问题并未过时，而很有现实意义。达尔文不仅做过孟德尔类似的实验，而且还提出过遗传理论泛生假设：达尔文把五类现象，代间遗传、发育、再生、植物嫁接、用进废退，全部联系在一起讨论，他提出的理论，把我们现在认识到的“细胞全能性”（全身很多细胞一直保持整



套基因组)、和遗传规律混在一起。他的泛生论确实好像可以解释多个现象,但事后我们可以看到是不同性质和不同层次的现象,因为他求全,将多个现象联系在一起,提出一个假说可以同时解释这些现象。所以得出的反而是错误的理论。而孟德尔的遗传学研究,有高度的选择,而得出清晰的结果、推出明确的理论。

达尔文提出生物体全身体细胞都产生泛子 gemmules(后人亦称 pangenesis),进入性细胞中,这些 gemmules 的组合决定了性细胞内含,形成不同的性细胞,再产生不同的后代。在强调体细胞产生泛子的重要性时,达尔文说再生原生质要么不全在于生殖细胞,要么生殖细胞没有再生原生质,而是收集和选择泛子。他在讨论中甚至接受了拉马克(1744-1829)的“用进废退”,而认为泛生假说能解释用进废退(比如连续多代人工地切掉牛角),这是他的理论最可笑的部分,虽然他说很难相信,但自己也看过一个例子,当然还据其他人说。他说受外界影响的体细胞性状可以获得并通过 gemmules 进入性细胞而传代。达尔文在获得 F2 代重新出现 F1 代不见了隐性性状时,仅看到现象,提出所谓“回复原理”,这并非原理,而是以新名词复述现象。

体细胞的性状是否可以影响生殖细胞的遗传组成?据此德国生物学家魏斯曼(1834-1914)提出 germ plasma(种质)学说,种质只存在于生殖细胞中由亲代传给后代,生殖细胞可以产生体细胞,而体细胞不能产生生殖细胞,种质不受体细胞和环境的影响而改变。完全摒弃了拉马克主义的基础。魏斯曼的实验很简单:他把小鼠的尾巴切掉,然后让他们生子鼠,他观察了5代,901只老鼠,没有一个后代的尾巴短了。反对魏斯曼的人会说5代不够,要更多代(而且可以无限代)的重复才能证明。但是实际上一般民间传说都是外界对一代动物影响(比如剪断猫尾巴)就遗传到下一代,所以,虽然5代实验不能代替几十代、几百代,这个结果还是完全否定了此前民间和学界不负责任的传说,也摧毁了获得性遗传的基础。魏斯曼还用了人群的社会习俗作为例子:中国妇女裹脚多代并没有导致中国人小脚,而当时代代继续裹才行;犹太儿童切割包皮没有导致犹太人天生无包皮,而得每代都环切才行。如果从一般遗传性状上看来,以后的经验也都证明种质隔离的正确性。但是,魏斯曼的实验很简单,而做结论时,不仅普遍化而且层次上升了。也就是说,其结论超出了其实验结果。

再看孟德尔不考虑其他现象,只研究代间遗传:他是仔细选择了实验对象,还选择了观察的性状。他明确说只研究子代一定相同于父本、或者母本的那些性状,而他知道有些性状,子代既不同于父本、也不同于母本,或者介于两者之间。这样,他得出的结果很干净,而他的理论很好地解释了他的结果。现在假设,我们在当时看到孟德尔和达尔文的理论及其证据,一般并不能很简单地断定谁对。孟德尔的理论比较严谨,但他高度选择可能是优点,也恐怕导致理论不具有普遍意义。达尔文的遗传理论,解释现象较多,但怕是眉毛胡子一把抓。在现在和未来做研究时,这样的问题,同样存在,只是一般来说,当局者迷,到以后才会恍然大悟。如果在研究的早期,正确的选择范围和对象,可能是科学洞察力的关键之一。当然,性状不能获得性遗传,也并不能否定体细胞有可能影响性细胞内的遗传物质。我们现在重新思考在基因概念一再变化的情况下,遗传不一定要用性状来看,而可以用分子来看,比如 DNA、RNA、甚至蛋白质和其他分子或亚细胞器。那么,我们是否可以重新设计实验,研究体细胞对于生殖细胞能否发生能够遗传的改变?目前热门的表观遗传学,对此还是有值得探讨的。1983年11月1日钱学森先生说:“因为生物科学几十年来一直在研究从受精单细胞发育过程中出现规律形态的道理,即胚胎学及形态发育学。这才是‘生物全息律’的学问。这个意见我当面向张颖清讲过”。

2、生物全息的命题——张颖清教授的研究主要来自他对中医针灸经络学的理解和探索。他有个论点说:穴点部分和整体对应部分的相似程度有分布规律,是整体的成比例的缩小。生物体的任一相对独立部分的每一位点的化学组成相对于这一部分的其它位点,都和整体上的其所对应部位的化学组成相似程度较大。简言之,生物体每一相对独立的部分的化学组成模式与整体相同,是整体的成比例的缩小。提出者声称:不管是动物还是植物,不管是海星还是大象,不管是水母还是长颈鹿,都有着这样的统一性,即生物体存在每一相对独立的部分,存在部分与部分相似,部分与整体相似的构成。当以这样的观点观察生物时,那些司空见惯的事实,如叶形、果形、斑马的斑纹、人手指的数目就都被赋予了新的意义,使人感到了巨大的惊异,好象是第一次认识它们似的,如全息照片,任何撕裂的碎片,都具有整体的成像。

评价全息生物学,首先要认真研究其理论内涵。全息生物学是山东大学全息生物学研究所张颖清教授创立,其基本内涵是:生物体上的任何一个相对独立部分是整体的缩影,整体与部分、部分与部分之间,在形态、生理、生化、遗传、病理等生物学特性上存在较大的相似性。张颖清教授把相对独立部分称为全息胚。全息生物学是研究全息胚生命现象的科学。把握全息生物学的概念要注意几点:(1)全息胚上的每一部位,相对于该全息胚的其他部位,与整体或其他全息胚的其所对应部位的形态、生理、生化、遗传、病理等生物学性质相似程度较大。注意,这里讲的是对应部位的相似性,并且是相对其它部位而言的,不是指数学意义上的相同;(2)全息胚是处于由体细胞向着新个体成体发育的某个阶段上的胚胎。这种胚胎生活在亲体这样

的天然培养基上,在自主发育的同时发生了特化。特化的结果使这样的体细胞胚没有发育成新个体,而是成了生物体的组成部分——器官。生物体是处于不同发育阶段和具有不同特化的多重全息胚组成的无性繁殖系或克隆。全息胚既是构成生物体的结构单位,又是相对独立的向着新个体自主发育的发育单位。(3)全息胚是生物体上客观存在的单位,张颖清教授在他的专著中列举了大量事实,并从系统发育和个体发育角度,做了科学阐述。全息胚的发育可以停滞在发育时间轴上的不同位置,从而就与整体发育的对应阶段,存在生物学性质上的相似性。如,细胞是全息胚,却是发育程度最低的,所以不与成体有形态上的相似性。人的手指是神经阶段的胚胎,所以其不再有分枝。大豆的个体发育按时间先后顺序分为七个阶段,相应地构成了七种类型的全息胚。如体细胞在形态上和受精卵一样,是合子型全息胚,子叶是原胚型全息胚。真叶自主发育停滞在2子叶—完全叶苗期,与有2个子叶1个大叶的发育阶段的全株在总体形态特征上是相似的,是一个完全叶苗(有托叶、叶柄,叶片)型全息胚。它继续向前发育,形成了复叶,复叶与有2个子叶2片真叶1片复叶的发育阶段的全株在总体形态特征上是相似的,是2子叶3大完整真叶苗型全息胚,简称3叶苗型全息胚。而松科植物的针形叶或线形叶这样全息胚的发育滞点是不在分枝期的早期阶段,所以不可能与成体有形态上的相似性。一些植物的阔叶如卵形、到三角形叶,其发育程度比针形叶或线形要高,可以达到成株阶段,可以看作是扁化的整体,故与成株有外形上的相似。用以上理论可以解释果形、叶形、分枝等相似问题。全息生物在理论生物学方面有30多项创新,感兴趣的读者请自行研究,在此不再介绍。全息生物学在实践上的重要意义不容质疑。全息生物学在医学、农学、兽医学、园艺学、中草学、考古学等许多学科和领域有了广泛的应用,取得巨大的经济效益和社会效益。就医学而言,全世界至少有30个国家和地区,有众多的医生和公民应用张颖清的全息诊疗法,治疗疾病上百种,有效率90%以上,并多有奇效。全世界已有千千万万人由于张的这一发现和发明而受益。全息胚定域选种和全息胚定时选种法已经在中国的很多省份推广,应用的作物有小麦、玉米等30多种作物,为农业增产、农民增收发挥了极大作用。以上所列是基本事实,有根有据可查。他,作为一名科学工作者,能投入毕生精力,探索自然,造福人类,使千千万万的患者摆脱疾病的痛苦,使千千万万的农民获得丰收,我们还有什么理由和资格对他说三道四呢?诚然,其理论可能有不足之处,但需要后人去补充、发展,怎么也达不到咒骂、完全否定的程度。回头看看自己,我们在科学上做出多少令人骄傲、称道的创新,为国家、为社会做出多少贡献?专家也罢,博士也罢,高级人才也罢,为社会做不成实事,一切一切名份统统归为零。事实胜于雄辩,事实说明了全息生物学有存在价值,有科学生命力。如果它是伪科学,可能早已自消自灭了。

3、宇宙全息的命题——宇宙是一个统一整体,在这个统一体中,各子系与子系、子系与系统、系统与宇宙之间在空间、时间上存在着泛对应性。在这些泛对应关系中,凡对应部位较之非对应部位在物质组成、重演程度、感应程度、对应程度、脉动频率、经络振荡等物质特性上相似程度较大。这样,在潜信息上,子系包含着系统的全部信息,系统包含着宇宙的全部信息;在显信息上,子系是系统的缩影,系统是宇宙的缩影。这很象一幅全息照片,这一图景展示了宇宙整体的大统一性。

泛系、全息在不到十余年的时间,以交叉出数十门学科的速度普及到半个中国学术界。有人声称,系统论和全息论分别体现了两种相反相成的思路。全息认识论丰富与发展了辩证法的认识论,为部分与整体、有限与无限对立统一的辩证关系提出了全新的实际内容和科学证据。中国科技大学的李志超先生所说的:“全息学迄今主要被看作是一门技术科学,但它的深度和广度应该大大扩展。从信息学角度而言,全息学与思维、生命、宇宙等大科学学科有密切关系。为此,有必要从数理基础上重新整顿全息学体系。”分形几何学的基本思想是:客观事物具有自相似性的层次结构,局部与整体在形态、功能、信息、时间、空间等方面具有统计意义上的相似性,称为自相似性。这与宇宙全息统一论是一致的,利用分形几何学可能研究宇宙全息统一论。Einstein认为:“西方科学的发展是以两个发现为基础的,这就是希腊哲学家发明的形式逻辑体系(在Euclid几何学中)以及通过系统的实现发现有可能找到因果关系(在文艺复兴时期)。在我看来,中国的贤哲没有走上这两步,这倒不是令人惊奇的,令人惊奇的倒是这些发现在中国全都做出来了”。这说明中国古典哲学中尚存在着许多重要的问题需要研究。

1953年,两位年轻的科学家弗朗西斯·克里克和詹姆斯·沃森发现了生命是共轭的,而且是双共轭,并且是双共轭编码:DNA的基本结构是由两条核苷酸链组成的双螺旋结构,即由于构成DNA分子的四核苷酸之间有严格的两两配对关系,根据双股螺旋DNA分子的一个单股为模板合成另一个单股必然形成另一个和原来的DNA分子完全相同的双股DNA分子。双螺旋结构理论解开了缠绕在遗传学上的诸多死结,成为20世纪生命科学最重要的转折点,克里克和沃森于1962年获得了诺贝尔奖。我国邹承鲁和王志珍院士说,在20世纪最伟大的科学发现中,原子核结构和DNA结构的阐明无疑都是名列前茅的。即19世纪末放射性元素的发现,20世纪初用重粒子轰击破碎原子核弄清了原子核是由质子和中子构成的,这些方面的突破影响

了整个物理学的发展；生物学不仅研究自然界里所有的生物体，还要研究生命活动的各种表现形式，构成生物体的所有物质，以及这些物质在生命活动中所起的作用，而生物体遗传信息的世代相传是依靠 DNA 分子的自我复制。这里，生命科学的物质与物理科学的非生命物质，是一种共轭。而物理科学的物质涉及空间与时间，空间与时间也是共轭的，爱因斯坦的狭义相对论则是把空间与时间这对共轭统一起来；进一步，时空与质量也是共轭的，而爱因斯坦的广义相对论引力波方程，则是把时空与质量这对共轭统一起来。全息原理是说，一定维数时空的全息性完全等价于少一个量子位的排列数全息性。邹承鲁、王志珍院士认为，长期以来，我们一直用“科技”一词来涵盖科学与技术两个方面，但在许多问题上，“科学”与“技术”不可合二为一。科学以认识自然、探索未知为目的；而技术是以对自然的认识为根据，利用得到的认识来改造自然为人类服务。由此可见，“科学”与“技术”也是共轭的。从全息原理的视角看，“技术”是立体的“建筑”，“科学”是平面的“建筑”，“科学”对“技术”来说，是全息的。

附录：

1、 美国总统克林顿的贺信：第三届国际全息生物学学术讨论会暨首届国际全息胚医学和全息针灸医学学术讨论会于 1996 年 8 月 17-18 日在美国洛杉矶假日酒店隆重举行。美国总统克林顿给大会发贺信，说：“向参加洛杉矶举行的第三届国际全息生物学学术讨论会暨首届国际全息胚医学和全息针灸医学学术讨论会的全体代表致以热烈的问候和祝贺。我高兴地欢迎全世界众多的专家来到洛杉矶参加此次会议。你们应该为能够促进人类的健康贡献力量而骄傲。你们将几千年来人类获得的知识与现代医学的最新见解结合起来，已经使许多人得到同情和帮助，使他们健康幸福，正当我们努力使全球各地人民得到优良的医疗服务时，全世界医生能够从你们的杰出努力中得到灵感和启示。”

2、 [原卫生部副部长胡晓明对全息生物学的评论]全息生物学对生物学和医学的发展有着重要的意义  
胡晓明

全息胚学说和全息生物学的创立是本世纪生物学史上最重要的事件之一。它将使人们对生物体的认识发生一次根本性的改变。它对生物学和医学的发展，特别是对传统医学，如中医学的现代化有着重要的意义。全息胚学说和全息生物学是中国科学家张颖清教授创立的。他经过近二十年的研究，发现了穴位全息律、生物全息律和全息胚，发明了生物全息诊疗法，创立了全息胚学说、全息生物学和泛控论。全息胚学说和全息生物学已经得到了中国和其他国家许多学者的很大重视和许多经验。已经开过四届中国全息生物学学术讨论会。现在全息生物学已经被用于医学、农学、动物学、植物学、中草药学、园艺学、古生物学等许多领域。特别是，穴位全息律和生物全息诊疗法已在中国的绝大多数省、市、自治区，在日本、美国、新加坡、巴西、马来西亚、波兰、澳大利亚和香港等许多国家和地区得到应用，治疗病种在 80 种以上，治疗病例达 20000 例以上，总有效率在 90%以上。生物全息诊疗法是一种易学、方便和临床效果很好的方法。张颖清的主要著作已由中文译成了英、日、俄、蒙古等文字，他的理论还被以法文、南斯拉夫文等形式传播。他在全息胚学说基础上发明的生物全息电图诊疗仪获得了第 80 届巴黎国际发明展览会发明项目的最高奖——巴黎市政府大奖。我相信，第一届国际全息生物学学术讨论会之后，全息生物学将会得到更为广泛的传播、应用，得到更为迅速的发展。

[注：1990 年，第一届国际全息生物学学术讨论会在新加坡召开，本文是当时任国家卫生部副部长兼国家中医药管理局局长、世界针灸学会联合会主席的胡晓明先生为会议作的发言稿，由其秘书代为出席会议并宣读。题目是编者后加的。]

3、 [著名生物学家汪德耀教授关于全息生物学的评论]全息胚学说与细胞学说有着相同重要的科学意义  
汪德耀

全息生物学作为一门新的交叉学科已经在中国诞生！它是由山东大学张颖清教授创立的，也是近百年来由中国人创立的及其少数新学科之一，这是非常值得庆贺的。

张颖清提出生物全息律和全息胚学说，我是十分欣赏和赞成的。从生物全息律的发现到全息胚学说和全息生物学的创立，并得到国内外学者的关注和赞扬，我更为之高兴。经典生物学是从生物的宏观层次研究生物的生长、发育规律的；全息生物学则是从生物的中间层次研究生物的生长、发育规律，研究生物的个体的整体与部分之间的全息相关规律，填补了生物学层次研究的空白。全息胚学说揭示了生物学若干新的规律，是理论生物学和应用生物学一个重要的研究成果。

建立在全息胚学说基础上的全息生物学具有十分深远的理论和实践意义。如果说伟大的达尔文进化论打破了物种的种与种之间的绝对界限，是生物系统的进化论，那么全息胚学说就打破了生物个体的整体与部分、部分与部分之间的绝对界限，是生物个体的进化论。我认为：全息胚的发现，以及全息胚学说的提出同细胞的发现以及细胞学说的提出有着相同的、重要的科学意义。而癌机制的全息胚癌区滞育论以及全息胚分化促

进剂治癌方法的提出，可以说是对癌肿的一种新认识。

全息生物学已在医学、农业、园艺、兽医、植物组织培养、中草药学、古生物学等领域广泛应用，取得了显著的科学和经济效果；特别是生物全息诊疗法和全息定域选种法的发现对中医、针灸以及农业生产的发展必将起着重要的作用。

## 2、全息的相对性

只讲任何部分与整体、部分与部分都相似的这种全息，难免不带预见性、确定性。应该说，这不是系统辩证学能接受的观点。差异协同律不独持全息，因为它认为不论是物质世界还是精神世界，也不论是微观世界还是宏观世界、生命体还非生命体，系统形态都存在着对称与非对称问题。也就是说，全息、全息不全、不全息都是系统的题中之义。事实证明也是这样：有人用无芒的小麦和甜玉米做全息遗传势的定域选种试验，证明无全息胚学说的效应，从而提出全息生物学的复杂性思考，即世界上已发现近 190 万种生物，要建立一个适合于全部生物界的理论，发现能支配全部生物种类的规律，就不能不充分考虑生物界的千差万别。全息胚并不是继虎克、施来登、施旺发现细胞之后，又揭示出生物还有另外一种统一的结构单位和功能单位，而是继哥德、居维叶、圣希莱尔之后，把已经搁置起来的生物体普适模式问题的争论，再次挑起来。自然全息说到底，只是一种由此及彼的自然联系与思维联系的印记。著名生物学家吉尔勃特(S.W.Gilbert)所说的，“传统生物学解决问题的方式是完全实验的。而正在建立的新模式是基于全部基因都将知晓，并以电子技术可操作的方式驻留在数据库中，生物学研究模式的出发点应是理论的。一个科学家将从理论推测出假定，然后回到实验中去，追踪或验证这些假定”。

即使从 DNA 的半保留复制和细胞的有丝分裂，使生物体的胚胎和体细胞保留着与整体相同的一套基因来看，这也还不是全息胚向新整体发育的充分必要条件，而仅是一种必要条件。这里可以借用魔方作类比：旋转魔方可以组织  $4.325 \times 10^9$  的 19 次方余种图案，但魔方每次只能停留在一种图案状态，而且一段时间的旋转也难穷尽这  $4.325 \times 10^9$  的 19 次方余种图案；相反它在某些人手里只会反复呈现某些固定的图案。这说明魔方的结构与功能，既保持着一种概率性，又保留着一种待开发性。这是不带预见性和确定性的全息演示。对此，耗散结构理论创立者、诺贝尔奖金得主普利高津还说：时间性可逆过程在现实中是罕见的，不可逆过程却在我们周围频频发生；这一明显的不可逆时间流，赋予物理学一种新的文化内涵：我们生活在一个可确定的概率世界，生命和物质在这个世界里沿时间方向不断演化，确定性本身才是错觉。

对此，也能从中科院生物物理所研究员郭爱克写的泛系全息重演律方程中推证出全息不全。郭爱克研究了麦克莱恩关于三位一体的脑结构和脑进化的脑模式：覆盖脊髓、后脑和中脑上面的另外三层连续堆积及其功能特化的爬虫复合体、边缘系统和新皮质，爬虫复合体负责攻击和性行为；边缘系统控制兴奋、恐惧以及多种人所特有的又往往是难以捉摸的感情。以上都是退化了的爬行动物和哺乳动物的脑子，而人类还有自己的脑子，即新皮质的高度发育阶段，是寓藏想象力、辨别力等高级智能活动的物质基础。之后，他对泛系全息重演律的认识是：一个动态发展的泛系在时空结构上隐含了原泛系及发展历程的复合鸟瞰系统的泛系模型，这种模型只有在一定条件下才产生。即脑的进化模式正是一个泛系与作为环境泛系的两者间的协同和泛适应。这不正如产生激光全息照片，需要两束相干光一样吗？

泛系的这种进化或鸟瞰，实质表明泛系或全息隐含一种时间流或时间箭头。即若 S 为某一泛系，它有某种分划  $S=US_1$ ，并设这里有某种泛系模拟  $f_2: SUS_2 \rightarrow S_1$ ，这里  $S_2$  为某种泛系环境。这时 S 就叫做泛系全体。而全息不全、泛系不泛是由于  $f(S_2(T,t)US(T,t))$ 。t--T 分别表示个体发育和种系进化的时间参量， $S(t_2)$  对于  $S(t_1)$  有更多的协同模拟性，这里  $t_2 > t_1$ 。然而在自然界中，可同时或同地，或同时同地存在  $S(t_2)$  与  $S(t_1)$  泛系。也许有人会问，这是两个不同种群的部分，它们当然不能相对应。然而正是这种不同群系的不能相对应，在自然界也能同时同地进入或呈现在一个系统或整体中。这其中的道理，是点线面体文明早就揭示了的。例如一个圆圈的旋转或平动，它可以形成球面或环面，即在一个连续系统中可以同时有球面和环面；而球面和环面又是不同伦的。

其次根据自旋的定义，类圈体的整体三旋是与它的转座子三旋不同伦的，即整体的自旋含有对称和能组织旋转面，部分却不能；这又含有“整体与部分不同伦”的命题，并可分解含有“部分与部分同伦”或“类圈体与类圈体同伦”，以及“部分与部分的相似大于部分与整体的相似”这样的意思。只要你是部分，你就不能全息了解整体。精致地研究“部分与整体相似”的一些情况，可以发现是一些弱相似，或者是一种有很强限制条件的相似。例如要做一个部分与整体完全自相似的分形分维图形，是要选择确定的源多边形和生成线的。而且这种图形只等价于球面与球面的一部分，或平面与平面的一部分相似这种情况。因为不管是在球体整个面上画一个圆，还是在球体局部面上画一个圆，对于约当定理这类情况的了解都是一样。但在环面却不一样，部分面不能代表整体面。

所以，全息论中所谓的“部分与整体相似”的命题，只等价于一个球面命题，也只等价于类圈体上“部分与部分相似”这个命题。并且由于球体为能作线旋，因此凡是表面不能作线旋的圈体，在三旋意义上也只和球体类似（这与暂不作线旋不同，这是指死圈），这是三旋不同于拓扑学的地方。

因此层次、等级、阶段的可比原理，首先是要确定系统是三旋系统还是非三旋系统。如果是三旋系统，部分与整体相似或部分等于整体，只存在于整体的大部分与小部分相较之中，确定论意义也在于此。这样，要想从部分了解整体，最好是用无条件概率计进行检查。这就是确定论与统计论的统一与分离。

**生物的全息律源于生物体的任一器官、组织，甚至其每一个细胞都是其基因的表达物，每一个生物体都有其特定的基因，其任一器官、组织的每一个细胞都含有同一种基因。因而，从细胞到器官、组织到整体都透射出其基因所包含的信息，即各别部分和整体具有类同的信息，这是全息律的绝对性。由于生物体的每个器官、组织之间具有差异，即其同一基因的表达方式有所不同，因而，其表达的信息细节上会有所差异，这是全息律的相对性。同种生物，其基因中只有万分之一甚至更少的差异，从而它们表现很大的相似性。**

在物理世界，物质虽分为微粒物质（有形物质）和场物质（无形物质）二类，但它们之间可相互转化，并且又时时处处地相互紧密联系，而微粒物质从最深层次而言，都是几种夸克的耦合物（重子和介子）或几种色胶子的耦合物（轻子），再由它们通过场物质耦合成各种元素原子，再由这些原子通过场物质的联系组成形形色色的物体分子，这些分子又通过场物质的联系构成具体的物体。从而，宇宙的各个物质结构层次也就具有了基于微粒物质和场物质既紧密联系又时有转化所反映的全息律了。

西方现代称为“里奇张量”或“里奇流”，它也是一种整体效应。自然全息也是一种整体思维，因此也许才是相通的原因。在西方，这起因于圆周运动的数学进化和物理射影，是由意大利几何学家格里高里·里奇（Gregorio Ricci）想到的。里奇（1853~1925），意大利数学家，理论物理学家。张量分析创始人之一。1884~1894年里奇通过研究黎曼、李普希茨以及克里斯托费尔微分不变量的理论，萌发了绝对微分学（现称张量分析）的思想。1896年发表了内蕴几何学的论文，进而提出缩约张量（里奇张量）的概念，这是一种协变或逆变张量的集合。1900~1911年里奇和他的学生列维-齐维塔进一步推动了这一学科的发展。但直到爱因斯坦在广义相对论中使用了里奇理论之后，里奇思才受到普遍的重视。彭罗斯的解释是：爱因斯坦的广义相对论方程，包括韦尔张量和里奇张量。韦尔张量囊括类似平移运动的相对加速度，对球面客体单向的拉长或压扁作用；这与牛顿力学的性质对应。而里奇张量囊括当球面客体有绕着的物体圆周运动时，整体都有一个纯粹向内的加速，产生有类似向心力的扩张或收缩的缩约、缩并作用。韦尔张量，韦尔是测量类似自由下落的球面的潮汐畸变，即形状的初始变形，而非尺度的变化。里奇张量，里奇是测量类似球面的初始体积改变。这与牛顿引力理论要求下落球面所围绕的质量，和这初始体积的减少成正比相合。里奇张量、里奇流是21世纪科学和以往科学的水分岭，也是21世纪基础科学研究的方向。

### 3、全息的相对性与绝对性原理

20世纪80年代前后，当乌杰教授将系统哲学与辩证哲学交叉构建系统辩证学的时候，与系统方法认识和处理整体与部分关系相近的，如吴学谋教授的泛系全息、张颖清教授的生物全息、王存臻和严春友教授的宇宙全息等也开始起步。系统辩证论的中心规律---差异协同律揭示得好：任何系统都是差异与协同的整体、同一体。这表达了全息不全的系统辩证规律。

同伦概念来自微分几何和拓扑学，而它们正代表了当代的点线面体文明。加上诸如映射、连续函数、流形、群等概念，都能揭示全息不全、泛系不泛的内涵。例如把一个圆圈 $s$ 映射到环面（内胎）上有三种情况： $g(s)$ 是沿此圈可在环面局部开个小孔； $f(s)$ 是沿此圈能把环圈切断变成圆柱筒； $h(s)$ 是沿此圈可把环圈剖开变成圆环面。这三种情况在环面上找不到一串圆圈或封闭曲线能使 $g(s)$ 连续地变形成 $f(s)$ 或 $h(s)$ ，反过来也是一样。这说明映射 $g$ 、 $f$ 、 $h$ 是互相不同伦的。类此，把 $s$ 映射到某个图形 $X$ 上，所得到的所有映射按照彼此同伦与否划分成等价类，彼此同伦的算一类。同类的集中在一起时就构成一个群，叫做 $X$ 的同伦群，记作 $\pi_1(X)$ 。由于球面上的 $s$ 的所有映射都同伦，即 $\pi_1$ 只含零元素，所以能用 $\pi_1$ 把球面与环面区别开来。由于一个系统中可能同时存在类似球面与环面的子系统，而会引发系统辩证学涉及球面与环面不同伦的问题。

即同伦是一种映射连续函数。用此映射，能连续变换的图形称为同伦，反之则称为不同伦。同伦的称为群，不同伦则可分为不同的群。用此群，能分出球面和环面不能连续映射。流形也是一种图形的连续运动的轨迹。流形与群都有判断分类的问题。这是拓扑学、微分几何中的情况。泛系全息、生物全息、宇宙全息涉及的则不同，因为用此标准，球面和环面可能同时存在一个系统中，用连续映射评断各个子系统，会出现球面与环面的不同伦。而连续映射是相似概念的一个最弱\*作。既然如此，球面与环面又是系统的子系统，即证明部分与部分有不相似的；同理也能证明部分与整体有不相似的。即证明在泛系全息、生物全息、宇宙全息系统中，会有全息不全。

可以看出,全息的部分是一个群元素,且仅是一个群元素。全息既然是群,群就有差异,而不是仅由球面构成自然界的所有系统。泛系与全息产生的陷阱,是把球面构成的系统当成了从简单到复杂的所有系统的特征,无视环面一类系统或球面与环面混合一类系统的存在。这是中国传统文化和点线面体文明之间的最大差异。全息由于是同伦群,就有条件限制,如物理全息,要有两束相干光。即使分形的自相似也有标度限定。因此不能把任何部分与部分、部分与整体都是相似的,当作是普遍成立的泛系全息、生物全息、宇宙全息的定律。反之,泛系全息、生物全息、宇宙全息从同伦出发,也有存在。即把其中部分与部分相似的,部分与整体相似的看成一个群,剔出来作为一个同伦群来研究,也非常有意义。

在拓扑学和微分几何中,把一个球面与一个环面相靠粘连起来而不封闭环圈,那么新构成的整体将算作环面,即这个限定为:球面+环面=环面。微分几何的定理与拓扑学的定理是相容的,不能这里是错误,在那里是正确。这被引申为数学无矛盾定理,即正确+错误=错误。这使得各门数学中的定理不能相互矛盾,如在平面几何与非欧几何中有第五公设的矛盾,但作平面和曲面的区分限定为都正确,不作区分限定为错误。也许系统现象中也有:正确+错误=正确+错误,但这也要有限定。例如世界上由于国家不同、制度不同、时期不同,有法律规定的矛盾。但在同一个标准限定的系统内,仍然应该是:正确+错误=错误。这有如对应球面+环面=环面。所谓的点线面体文明,是指人类的实践、思维与知识,对投射基础的数学几何思考的依赖,以避免或走出主观或客观设置的陷阱。人类各个时期的实践、思维与知识不一定要追寻到点线面体常识,也不需要停留在点线面体的研究,这是科学技术的层次性。但奇异的是,即使到了今天,现代物理学的理论和应用都取得了无比的辉煌,但在20世纪末科学家们还不得不回到两千多年前类似最初对点线面体的区别中去。这可真谓叫清理点线面体文明。例如被誉为物理学的第三次革命的超弦理论,就不再把两千多年实践应用下来的能量点,作为科学基础的出发点,而是重新选定能量环。环面与球面不同伦,科学也经过数千年的发展,最后才在拓扑学、微分几何、微分流形中建树起这种全域性与局域性区分的观念。但也难向其它学科渗透,三旋是第一个作这种全面推广的尝试。简单地说,环面与球面不同伦,类似家庭中的伦辈现象;家庭中不能以好似同构、同胚、同调看待人,表现在文明的社会要想可持续传代发展,是禁乱伦的。环面与球面的区别不是类似曲面与平面的区别,而是对应全域性与局域性的那种区别,其不同伦区别的意义在于也有科学文明的拨乱作用。现在还没有人能从物理实验上证实物质是无限可分的,因为物质实际是对现存物体作的广延、合理抽象而构成的实体,即物质的基础是我们可以观感到的物体;不可观感的物体,如以太、暗物质之类,仍是从可观感到的物体方面,作的抽象、推理或数学、物理之类的延伸。它们都主要是一种动力学概念,而不是象粒子还包含有几何学概念。例如说,它有一个几何包围面,粒子分子,这个添长着的表面现象仍然去不掉;如果它是球面,我们就可以判定它和环面不同伦。如果它是环面又存在三旋,我们就有法证明它上面的标记出现,是成几率波性的。因此,虽然哲学对物质无限可分这类强调有限无限涉及世界整体的世界观问题,有发言权。但粒子可分是具体的科学问题,粒子不是无限可分说正体现物质无限可分必须引进新的概念的宗旨,其次也体现粒子可分强调科学研究要进行实在的\*作。所以从三旋的62种自旋态的实际\*作上看,如果前夸克是一种类圈体模型,它就定量地结束了粒子结构单元所处的无限可分的猜测阶段。同时也涉及对实验证伪与逻辑推证的传统科学精神,要用球面与三旋环面不同伦作重新审视,而再放光芒异彩。

### 【1】

我们所言的物质世界是统一性,是指物质世界的“分形”结构形式和“全息”规律。太阳系结构和原子结构相似就是物质基本的“分形”结构形式。把原子的结构放大,就会呈现太阳系的结构。“分形”是物质的基本结构形式,其基本的“分形”单元就是类似于太阳系或原子的结构形式。物质世界的这种“分形”结构形式在层次上是无限的。物质结构的“全息”规律是与它的“分形”结构形式相统一的。就是说,一个基本的“分形”单元包含了整体的全部信息。就象动物的一个细胞包含了动物的全部信息一样。如果我们可以有动物的一个细胞,通过“克隆”技术,再克隆出同样的动物。那么,要据全息规律,我们可以由一个原子揭示出太阳系的全部信息。这样,我们就可以根据已知的原子的一些性质来推测太阳系的一些性质;反过来,也可以根据已知的太阳系的一些性质来推测原子的一些性质。例如,我们可以根据行星(地球)的磁场来推测电子的性质,使我们得到结论:所谓电荷就是具有磁性的微粒。根据物质结构的“分形”和“全息”规律,我们可以很容易来解释一些物理现象,它使我们得出一个系统的物理学理论。新理论不仅能解释现代物理学能解释的问题,更多地是解释了一些现代物理学解释不了的问题。新理论是自洽的,没有内部矛盾的。

吕锦华先生认为:在量子理论中我们已经见到,无论是原子、分子的能级,还是原子核的能级,都是不同自由度间耦合相互作用的结果,这就是度作用的见证。宇宙体系内的度作用是系统内错综复杂的非线性相互作用,严格地讲需用混沌理论(Chaos Theory)的数学分析来处理,但混沌体系具有的全息原理(Holographic Principle)所表达的自相似性和自组织性。全息原理是宇宙的拟对称性表现的理论概括。所谓拟对称性是具

有拟似的、非全同的对称性。自发破缺的对称性、映射对称和超对称性都属拟对称性。

例如,星系的结构与宇宙的结构是拟对称的:星系的主体是恒星系及恒星集团组成的,其外围是氢云层,再外面是等离子层,更外面是中微子、光子层。恒星系与星系的结构是拟对称的:恒星系的主体是恒星(单星或双星或多星)及周围的行星、行星周围的卫星,小行星及彗星。在这些星体之外也有氢云层包围着,氢云层外也是等离子层,更外面是中微子、光子层。恒星本身也具有类似宇宙的拟对称的结构:高温高压的星体外层是氢云层,外面是密度较低的炽热的等离子气体层,更外面是恒星辐射区,其中主要是中微子和光子,夹有其它的基本粒子辐射。就是地球也一样,地球大气层的上层也是氢气层,外面是密度较低的等离子气体层,更外面是地球的红外辐射层。微观而言,原子拟似于恒星系,分子拟似于星系。黑洞的结构与其外的宇宙又具有拟对称性。宇宙是全息图的多层次网络,是拟对称性和自组织机理的综合结果。

“有序性是相对的、暂时的、从属的;无序是绝对的、永恒的、自在的。”宇宙的演化就是从简单到复杂又回复到简单。在这过程中既贯穿着有序性(显现着对称性和共性),又呈现了新的无序性(发展着个性和变异)。在新的物质形态和运动状态中又显现出新的有序和对称。事物就是在有序和无序的否定之否定的螺旋式发展中前进着。新的物质形态和运动状态在与旧的物质形态和运动状态之间的对称性中,包含着继承和统一,又出现了新的内涵和差异。“对称是相对的,不对称是绝对的。”“对称意味着统一,而世界却呈现出多样性。”这种对立和统一就归结为全息原理的拟对称性。

参考文献:

【1】王德奎 《论吴学谋和乌杰教授等的异同与科学文明》 北京相对论联谊会网站。

## 第二编 对称性原理

### 第一章 对称的绝对性

#### 1、自然界中的对称性问题

“对称”一词最早出现在公元前5世纪,是古希腊的雕塑家波利克里托斯在一本讨论雕塑中的理想比例关系的著作中提出的。关于对称的解释,可谓仁者见仁,智者见智。毕达哥拉斯学派认为,平面中的圆形,空间中的球体是最完美的几何图形,因为它们有着全部的旋转对称性。弗赖指出:对称意味着静止和约束,不对称意味着运动和松弛;前者有秩序和规律,后者却任意和偶然;前者拘于形式上的刻板 and 约束,而后者有生气、有变化、有自由。美国教育家波利亚说:一个整体具有几个可以互换的部分,就可以称之为对称的。赫尔曼·外尔认为:对称性一词在日常生活中有两种含义。一种含义是对称的即意味着是非常匀称和协调的,另一种含义是对称性则表示结合成整体的好几部分之间所具有的那种和谐性。优美是和对称性紧密相关的。徐一鸿认为:如果对一个几何图形进行某种操作,而图形保持不变,那么图形对这种操作是对称的。对称(Symmetry)韦氏大字典中的诠释是:“比例均衡、匀称…”,其涵义和艺术的审美观相联,大自然在最基础的根基上是按美来设计的。在千变万化、缤纷多姿的表象中潜藏着内在深邃的美——简捷、对称、和谐塑造了世界。

在艺术里由向对称与和谐的古典美挑战的印象派开始的新潮流。在音乐领域中,印象派音乐的遭遇比较起来就要好得多,虽然在结构和主题发展的原则上偏离了传统,但是它的始创者德彪西的和声与旋律的巨大天才很快就征服了传统的听众,使他们领略到这个流派带来的前所未曾感受过的美。往后在斯特拉文斯基作曲的芭蕾舞剧《春之祭》的首演上,怪异的旋律、不协和的和声以及耳朵不习惯的配器,引来喝倒采的喊叫声和口哨声响成一片,赞成的和反对的观众当场殴打起来,台上的舞蹈演员根本听不到乐队在奏什么。然而现在回过头看,莫奈、雷诺阿、德加、德彪西、斯特拉文斯基的作品都已经成为新的“古典”,如果就从一个新的角度描写了本来在自然就存在的现实来说,和谐与不和谐、对称与不对称,本来都是客观存在的,何况最初时的不对称与不和谐是作为小量引入对称与和谐之中的,当年引起的骚乱和大惊小怪倒是有点难以理解的了。

1953年,两位年轻的科学家克里克和沃森发现了生命是共轭的,而且是双共轭,并且是双共轭编码:DNA的基本结构是由两条核苷酸链组成的双螺旋结构,即由于构成DNA分子的四种核苷酸之间有严格的两两配对关系,根据双股螺旋DNA分子的一个单股为模板合成另一个单股必然形成另一个和原来的DNA分子完全相同的双股DNA分子。双螺旋结构理论解开了缠绕在遗传学上的诸多死结,成为20世纪生命科学最重要的转折点,克里克和沃森于1962年获得了诺贝尔奖。

Gross说过:“自然界的秘密在于对称性。”科学家从晶体开始研究对称性,发现了一些重要的性质:在二维平面上,平移不变的单元一共只有17种;在三维空间中,平移不变的单元一共只有230种;晶体结构相同而化学成分不同的晶体,有许多性质是相似的;反之,化学成分相同而晶体结构不同的物质,可以具有

非常不同的性质。晶体结构的对称性对物理性质有重要作用。研究对称性的数学工具是群论，它不仅对晶体学起了巨大的推动作用，而且成为研究分子、原子、核子以及基本粒子对称性极为重要的工具。在自然界中对称性的例子很多，例如：1, 虽然没有两片雪花是相同的，但均为六重旋转对称，即绕中心旋转  $60^\circ$  图形不变；2, 五瓣的梅花是五重旋转对称，十字花科的四瓣花朵均为四重旋转对称，如此等等。事物的变化归根到底是事物空间位置的变化和在此基础上的衍生变化而事物的空间位置可复原的，如：3, 核子的空间位置是变化的且变化是可逆的，核子之间可以聚变还可以裂变，电子的空间位置是变化的且变化是可逆的，化学反应中氧化还原反应。4, 原子的空间位置是变化的且变化是可逆的，离子的空间位置是变化的且变化是可逆的，如化合分解反应；5, 分子的空间位置是变化的且变化是可逆的，如氧和红细胞结合又可以和它分开；6, 细胞的空间位置的改变是可逆的，如血液循环；7, 多细胞个体的空间位置的改变是可逆的，如人上下班；8, 生物群体的空间位置是变化的且变化是可逆的，如物种的迁移。9, 生态系统，生物圈的空间位置是变化的且变化是可逆的，如大陆漂移；10, 地球的空间位置是变化的且变化是可逆的，昼夜循环，四季更替；11, 地月系，太阳系，银河系，总星系的空间位置是变化的且变化是可逆的。

物理中的小孔成像、平面镜成像、光的反射、简谐振动等都体现着丰富的对称思想。化学中的苯环就是典型的轴对称图形，也是中心对称图形。生物学作为宇宙万物的缩影，更体现着宇宙中固有的形形色色的对称：大部分植物的叶子要么成轴对称图形，要么按照黄金分割比长出，动物中类似蜈蚣中间部分的平移对称性，鸚鵡螺的壳所体现的不连续群的对称性，圆盘水母的中心对称性等都包含着深刻的对称思想。杨振宁说：“对称，非常重要，非常基本，哲学家、科学家很自然会广泛应用。”李政道认为：“艺术与科学，都是对称与不对称的巧妙组合。”“对称的世界是美妙的，而世界的丰富多彩又常在于它不那么对称。”

## 2、对称性与伽罗华群论

平面上一个物体如果有一个非平凡的对称群作用，则称它是对称的。所以对称现象背后的数学就是群论。群论是法国青年数学家伽罗华为了用根式来解决代数方程而引入的。

任意二次方程  $ax^2 + bx + c = 0$  可以用根式来解。16 世纪时人们就发现三次和四次代数方程可以用根式来解。对于高次方程一直不得其解，直到 19 世纪阿贝尔证明了，对 5 次以上方程，不存在一个一般解的公式。

对于某些特殊的高次方程，仍然可以用根式来解。伽罗华用代数方程的对称性给出了方程可解的精确条件。他的结论也许有些令人惊讶：如果方程具有过多对称的话，那么就不能用根式来解。（这似乎有悖于人们的认识，丰富的对称性通常可以让问题得到简化。所以对于对称的合理解释就显得非常重要）。

考虑下面三个方程  $(x-1)^5 = 0$  ,  $(x^4 - 6x^2 + 5)(x-2) = 0$  ,  $a_1x^5 + a_2x^4 + a_3x^3 + a_4x^2 + a_5x + a_6 = 0$  , 其中  $a_1, \dots, a_6$  是随机选取的整数。每个方程都有一个有限群，称为伽罗华群。伽罗华群越大，就越对称。

第一个方程有平凡的对称，所以可以很容易解出，即  $x = 1$ 。第二个方程的对称性也很小，所以方程可以用根式解出： $x_1 = 2, x_2 = -1, x_3 = 1, x_4 = -\sqrt{5}, x_5 = -\sqrt{5}$ 。最后这个具有随机系数的方程是最对称的，所以不能够用根式解出。根据通常的认识，随机性与对称性应该是背道而驰的，所以倾向于认为一个具有随机系数的方程不是对称的。可是在许多情况下，随机是被某些对称所支配的。另一个例子是，随机矩阵的特征值分布是由多种对称性支配的。这种现象可以用中国的一句成语来描述，就是“物极必反”。伽罗华群是有限的。对称群，除了直线上的平移群以外，也都是有限的。所有实数集合构成一个群，直线上周期现象的平移群是它的一个子群。

素数  $2, 3, 5, 7, 11, \dots$  是最基本和重要的研究对象。可是它们在自然数列  $1, 2, 3, \dots$  中的分布看起来好像完

全是随机的。研究它们的一个重要工具就是著名的黎曼 zeta 函数。它定义在  $\text{Re}(s) > 1$  上，
$$\zeta(s) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^s}$$
，可以亚纯解析延拓到整个复平面上。我们把  $\xi(s)$  规范化，得到  $\xi(1-s) = \xi(s)$   $\xi(s) = \pi^{-s/2} \Gamma(\frac{s}{2}) \zeta(s)$ 。 $\zeta(s)$  或  $\xi(s)$  的一个重要性质是下面的函数方程  $\xi(1-s) = \xi(s)$ ，即它关于直线  $\text{Re}(s) = \frac{1}{2}$  对称。这就反映



出了序列 $1, 2, 3, \dots$ ，或者说整个整数集合的对称性，这个对称性质的证明与双曲镶嵌的对称性有关，也就是相对于模群 $SL(2, \mathbb{Z})$ 的模性质。简而言之，双曲镶嵌要求在 $SL(2, R)$ 的离散子群（例如 $SL(2, \mathbb{Z})$ ）作用下的不变性，模形式满足 $SL(2, \mathbb{Z})$ 作用下的某些变换律。

### 3、对称性原理与李群

李群通常是不可数的，并且有非平凡的拓扑，虽然它们包含某些有限群与离散子群作为特例。另一个重要的例子是 $\mathbb{R}^n$ 中全体正交变换构成的群 $O(n)$ ，一个非交换（或非阿贝尔）群。另一个稍大的群是 $\mathbb{R}^n$ 中的全体可逆线性变换构成的群 $GL(n, \mathbb{R})$ 。另一个重要的例子是作用在 $\mathbb{C}^n$ 上的特殊酉群 $SU(n)$ 。

在数学中，对称的概念经常与李群的概念等同起来。我们称一个对象（或一个系统，一个映射，一个微分方程）具有由一个李群 $G$ 所给定的对称，当这个群 $G$ 保持不变地作用在其上，或者满足某个简单的变换条件。比如，我们熟知 $\sin 2\pi x$ 以1为周期，所以在平移群 $\mathbb{Z}$ 的作用下保持不变。函数 $\sin 2\pi x$ 的图像是一个波。

19世纪晚期，数学家发现了复杂的248维对称结构，被称之为“E8”。这个结构的维数所代表的并不是一个与我们生活的三维空间类似的必要空间，但它们却与数学自由度相符合，每一个维数代表一个不同的变量。E8是“李群”的一个实例。李群这一理论是19世纪挪威数学家索菲斯·李(Sophus Lie)提出来的，用于解释对称物体可随意移动而保持形状不变这一现象。举一个相对简单的例子，一个三维球体绕它的轴心旋转时，无论从哪一个角度看，它的形状都是不变的。而E8解释的是57维物体的对称性，其中的一个原因只有高级数学家才会知道——E8本身就具有248个维度。248维对称结构也是2007年由物理学家加勒特·里希提出的统一场理论的基础。他将E8称之为“最美的数学结构”。现在，物理学家又在一个截然不同的领域——超低温晶体实验——发现E8。这就是牛津大学的拉杜·科尔迪亚及其同事，对一个由钴和铌构成的晶体进行冷冻，使其温度降至只比绝对零度高0.04摄氏度的程度。晶体内的原子排列成长长的平行链。由于一种被称之为“旋转”的量子特性，依附在这些原子链上的电子表现出类似条形磁铁的特性，每一个的指向只能是向上或者向下。而由钴和铌构成的原子链奇怪的是，在对晶体施加一个强大的5.5特斯拉磁场，与这些电子“磁铁”的方向垂直时，链条内旋转的电子会自发地呈现出各种样式。如拿3个电子这样一个简单例子来说，它们的方向会是上上下下或者下上下下以及其它可能性。每一个截然不同的样式拥有与之相关的不同能量。这些不同能量水平的比率显示，旋转电子按照E8对称结构中的数学关系自我调整。基本上由一维磁铁链构成的这样一个简单系统，在理论上预测的类似系统能量与根据E8对称结构得出的预期相符合。虽然E8确实在弦理论计算中出现，但在磁晶体实验中观察到这种对称结构，并不能为弦理论本身提供任何证据。事实是，在这样一个旋转链中看到这个独特的对称结构，对于弦理论本身并不意味着什么。这种对称结构存在的意义在于，能够与任何独特的物理学现象分离开来。

据英国《泰晤士报》报道，18名世界顶级数学家凭借他们不懈的努力，历时四年，完成了世界上最复杂的数学结构之“E8”的计算过程。如果在纸上列出整个计算过程所产生的数据，其所需用纸面积可以覆盖整个曼哈顿。

“E8”困扰数学界长达120年

四年来，这18名科学家便一直将自己关在实验室里，心思全部花在人类已知的一个最具吸引力的数学计算上。尽管E8的计算结果还无法立即得到应用，但普通人想要搞清楚它的来龙去脉可能还需要一名获得数学博士的人的帮助。虽然事实如此，但这个数学家小组毕竟还是解决了困扰数学界长达120年，曾经一度被视为“一项不可能完成的任务”的数学难题。

E8是“李群”的一个实例。李群这一理论是19世纪挪威数学家索菲斯·李(Sophus Lie)提出来的，用于解释对称物体可随意移动而保持形状不变这一现象。举一个相对简单的例子，一个三维球体绕它的轴心旋转时，无论从哪一个角度看，它的形状都是不变的。而E8解释的是57维物体的对称性，其中的一个原因只有高级数学家才会知道——E8本身就具有248个维度。

马里兰大学数学教授、该研究项目负责人杰弗里·亚当斯(Jeffrey Adams)说：“它有点像人类基因工程，这一工程的的目的就是为了绘制包含一个人所有遗传信息的DNA的图谱。我们要做的就是‘绘制’E8的结构，展现其所有不同的表现形式。如果有人认为我们是一群疯子，从一定程度上说，他们是对的。但这毕竟是最高层次的数学问题，也是我能够想到的最有意思的事情。”

计算结果数据量可用MP3连续播放45天

E8计算过程中出现的一个主要问题便是，这个数学家小组的计算所产生的数据量是惊人的庞大。他们

仅为计算机编制计算公式的程序就用去了 2 年时间。在接下来的第 3 年，他们又是要找到一台计算能力超强的计算机完成计算。最后，华盛顿大学的超级计算机“塞奇”(Sage)花了 77 个小时得出答案。

人类基因工程需要十亿字节的磁盘存储空间，E8 则需要 600 亿字节，如果将这些空间用于存储 MP3，可连续播放 45 天。虽然很少有迹象显示 E8 有哪些实际上的应用，但亚当斯教授相信，它可能帮助物理学家解释他们面临的一些问题。E8 原是物理学弦理论的产物。一些物理学家相信 E8 在解释有关物质的理论中扮演着至关重要的角色。可能在未来的某一天，这一计算将帮助物理学家揭开宇宙的奥秘。

麻省理工学院数学教授大卫·沃甘(DavidVogan)说：“这是一项庞大的工程，需要付出庞大的努力，但其中的乐趣也是无穷的。这就如同爬山一样，爬到半山腰的人最终都想爬到山顶上去。能够参加这么一项工作是一件乐事，同时也是一件幸事。”

#### E8 计算过程

1. E8 计算结果是一个矩阵，它拥有的行数和列数均为 45. 306 万。
2. 很多科学项目需要处理大量的数据，但 E8 的计算是一个例外：要求输入的数据量是很小的，但得出的答案本身就是庞大的，而且非常密集。
3. E8 的根系统包含 240 个向量，这些向量均在一个 8 维空间之内。

#### 4、对称性原理在物理学中的表现形式

在近代科学的开端，哥白尼对日心说的数学结构做了美学说明和论证，他从中看到令人惊异的“对称性”与“和谐联系”——这可以说是科学美学的宣言书。开普勒醉心于宇宙的和谐，他在第谷的庞杂数据中清理出具有美感的行星运动三定律，并由衷地感到难以置信的狂喜和美的愉悦。伽利略对落体定律的揭示，在纷繁的事实多样性中求得统一的定律。牛顿的严谨而简单的力学体系把天地间的万物运动统摄在一起，他推崇和倡导节约原理，并认为上帝最感兴趣的事情是欣赏宇宙的美与和谐。这一切，谱写了近代科学的美的协奏曲。以相对论和量子力学为代表的现代科学，更是把科学审美发挥到了极致。撇开这些理论的抽象的理性美和雅致的结构美不谈，令人叫绝的是，数学实在和物理实在之间的（神秘的）一致是由群的关系保证的，科学理论中审美要素的存在是由群的真正本性决定的——对称性或不变性（协变性，invariance）之美跃然纸上！

##### (1)经典物理学中的对称性原理

在原始的意义上，对称是指组成某一事物或对象的两个部分的对等性。物理是研究客观世界的最基本规律的一门科学，而它们在很多方面存在着对等性，例如：正电荷和负电荷、电荷的负与正、光速的可逆性、空间与时间、正功与负功、质子与中子、电子与正电子等均具有对称性。万有引力公式  $F=GMm/r^2$  与静电力公式  $F=KQ_1Q_2/r^2$ ，弹性势能公式  $E=0.5kx^2$  与动能公式  $E=0.5mv^2$ ，凸透镜成像公式  $1/u+1/v=1/f$  与并联电阻公式  $1/R_1+1/R_2=1/R$ 、弹簧串联公式  $1/k_1+1/k_2=1/k$ ，欧姆定律公式  $I=U/R$  与压强公式  $P=F/S$ 、密度公式  $\rho=m/V$ 、电场强度  $E=F/Q$ 、电压  $U=W/Q$  与电容  $C=Q/U$ ，安培力  $F=BIL$  与电功  $W=Uit$ ，重量  $G=\rho gV$  与热量  $Q=cm \Delta t$  等均具有相似性根据这些相似性。开普勒用行星轨道的椭圆对称性代替了古希腊人所坚持的圆形对称性，开普勒第一定律：每个行星都沿椭圆轨道运行，太阳就在这些椭圆的一个焦点上。

物理学中有一些规律属于基本定律，它们具有支配全局的性质，掌握它们显然是极端重要的。例如力学中的牛顿定律是质点、质点组机械运动（非相对论）的基本定律，电磁学的麦克斯韦方程组是电磁场分布、变化的基本定律，物理学中还有另外一种基本定律的表述形式，这就是最小作用原理（变分原理），它可表述为系统的各种相邻的经历中，真实经历使作用量取极值。可以看出最小作用原理的表述形式与牛顿定律、麦克斯韦方程组的表述形式极不相同。牛顿定律告诉我们，质点此时此刻的加速度由它此时此刻所受的力和它的质量的比值决定；麦克斯韦方程组告诉我们，此时此刻的电场分布由此时此刻的电荷分布以及此时此刻的磁场的变化决定，此时此刻的磁场分布由此时此刻的电流分布以及此时此刻的电场的变化决定，它们以微分方程式的形式出现，指明所研究系统（质点或场）的状态在其真实经历中是如何随时间变化的。而最小作用原理则告诉我们，系统的各种可能的经历中，真实的经历总是使作用量取极值。牛顿定律和麦克斯韦方程组把注意力集中在每一时刻系统所处的状态，而最小作用原理则是总观系统的各种可能的经历，并用作用量取极值挑选出真实的经历来。可以看出牛顿定律和麦克斯韦方程组比较具体细致，而最小作用原理则比较抽象含蓄。正是最小作用原理比较抽象含蓄，它概括的面更广泛，不仅适用于机械运动（非相对论）场合，可以导出牛顿定律；而且也适合于电磁场场合，可以导出麦克斯韦方程组；甚至它还可以适合其他场合，导出物理学其他领域的基本定律。可见最小作用原理才是综合整个物理学的真正的基本定律。

根据最小作用原理导出各个领域的具体基本定律的方法就是先找出系统不同经历的作用量来，然后从中选择出相对邻近的经历作用量取极值的经历，它就是真实的经历，其中隐含了系统变化的基本定律。在这点上，要找出游同经历的作用量，对称性分析起着决定性的作用，对称性制约物理定律的形式得到最好的体现。如

果一具研究领域内的全部对称性已经清楚,则作用量可以完全被确定,从而也就可以得出这个领域的基本定律。例如在非相对论力学范围内,根据空间各向同性、空间平移不变性、时间平移不变性和伽利略变换不变性,可以找出作用量等于系统的动能减去势能对经历的累加,由此可导出牛顿定律。

由于存在最小作用原理,对称性在物理基础研究中显示出其重要地位。物理学家通过对称性分析找出不同经历的作用量,从而确定具体领域的基本定律。物理学家们研究一个新的领域,常常是试探地分析其中的对称性,在描述这个世界的作用量公式中增加一些描述新领域的项,从而得到该领域的新的基本定律。

## (2) 现代物理学中的对称性原理

对称性在量子理论中定义为:事物在一组变动中保持不变的性质。万物皆动,那动中的不动便是规律;这是动与静的关联,变与不变的哲学。人们把这种变动称为对称性变换,保持不变的性质又可以表述为不可观测性或不可区分性,于是对称性又和守恒定律联系起来。二十世纪初,物理学家开始明白,一切物质都是由某几种不同的粒子组成的。1930年,英国物理学家狄拉克在研究这些粒子的数学理论时断言说,每一种粒子都应该会有它的对立面。电子具有负电荷,而质子具有大小正好相同的正电荷,但这两种粒子并不是对立面,质子的质量显然比电子大得多。

按照狄拉克的意见,应该存在着一种具有与电子同样大的质量、但却带有一个正电荷的粒子,也应该有一种具有与质子同样大的质量、但却带一个负电荷的粒子。这两种粒子后来确实被人们探测到了,因此,我们现在知道有一种“反电子”(即“正电子”)和一种“反质子”。中子根本不带任何电荷,但它有一个指向某个方向的磁场。“反中子”也不带电荷,但它的磁场所指的方向同中子的磁场相反。似乎存在着这样一条自然规律:一个粒子可以转变为另一个粒子,但是,要是在起先并不存在粒子的情况下产生了一个粒子,就必定会同时产生一个反粒子。

不论我们怎样调节时间,物理定律也都有着相同的形式;这并不是说事物不随时间变化,而是说在不同时间和不同地方发现的定律是相同的。可以想像,如果没有这种对称性,那么在任何一个新的地方,任何一个新的时刻,我们的物理定律都得重新建立。自然定律的对称性在经典物理学中当然很重要,但更重要的还是在量子力学中。电子的能量、动量、自旋,除了这些以外,宇宙中的每一个电子都是一样的。正是电子的这些性质,描述了电子的量子力学波函数在对称变换下的响应。这使得物质在物理学中失去了中心的地位,留下的只有对称性原理和波函数在对称变换下可能的不同行为方式。比那些简单的平移或旋转运动更不易觉察的还有时空的对称性。以不同速度运动的观察者看到的物理定律仍然具有相同的形式不论在什么地方做实验,都不会有什么不一样。这种对称性被称为相对性原理。在牛顿的经典力学理论中已有了相对性原理的概念;不过牛顿认为相对性原理是理所当然的;而爱因斯坦则把相对性原理与一个实验事实协调起来,即真空光速不变原理。他在狭义相对论中把对称性作为一个物理学问题来强调,这标志着现代对称性思想的开始。在牛顿和爱因斯坦的理论中,观测者的运动都会影响观测者在时空中的位置,两者最重要的差别在于牛顿力学理论是以绝对空间和绝对时间作为理论框架,而运动是相对的。狭义相对论则是以真空光速不变原理作为理论框架,而时间和空间是相对的。在狭义相对论中,说两件事物是同时发生是没有任何意义的。

格纳是20世纪著名物理学家,他在量子力学的发展中做出了许多重要贡献,还将群论用于量子力学研究,奠定了量子力学和基本粒子理论中对称性原理的基础。在1963年,维格纳由于对称性基本原理的发现和应荣获诺贝尔物理学奖。宇宙中物质与能量对偶性的发现,最精典的是超弦理论中的T对偶性、S对偶性以及弦—弦对偶性。在物理学中经常考虑物理规律在某种对称变换下的不变性,因为根据诺特定理:每一种对称性均对应于一个物理量的守恒定律,反之亦然。例如:空间平移对称对应于动量守恒定律,时间平移对称对应于能量守恒定律,旋转对称对应于角动量守恒定律。从信息观点看:单元具有全部的信息,平移只是重复,毫无新意。哥白尼原理(在宇宙中没有任何特殊的位置,每一个观察者看到的现象都是一样的。)是对称的绝对性的表现形式。

在量子力学中,作为全同粒子的玻色子具有对称性,而费米子具有反对称性,二者分别表现为对易关系和反对易关系。碰撞理论和Feynman图中具有各种对称性。1968年提出的Veneziano模型是在此之前许多量子理论的集大成者,由它可以得到双关性(duality),S道的一个共振态相应于t道的无限多条Regge轨迹;反之,t道的一条Regge轨迹相应于S道的无限多个共振态。在Chew等发展的靴带(bootstrap)模型中,各种基本粒子完全平等,彼此对称,互相组成而没有下一层次的结构。由U(1)对称性导致电荷守恒及量子电动力学(QED)等。对称性发展为SU(2)等,则导出Yang—Mills场等非Abel规范理论。更一般地说,场论与统计力学之间具有形式上的类似性,这也是一种对称性。对称原理的应用常常可以导出某些新的结果,例如麦克斯威的位移电流,德布罗意的物质波,及狄拉克预言的反粒子,磁单极子等。韦斯科夫论述了对称性在核,原子和复杂结构中的作用。

物理学中的对称则有更加深刻的含义,它是指某类对象的全体(在数学上通常称为集合,用S标记)在

某种操作（数学上称为变换，用T标记）下不变的性质。变化群体的科学组合，形成变换群。所有的物理理论都有自己的变换群：伽利略变换的全体构成牛顿力学的变换群；洛仑兹变换的全体构成电动力学和狭义相对论的变换群；时空的任意坐标变换构成广义相对论的变换群……它们各自的基本方程在自己的变换群下形式是不变的，它们都是对称的理论。广义相对论之所以能震撼几乎所有物理学家的心灵就在于它的变换群是我们四维时空中最广泛、最一般的变换群。一、从宏观上看：在物理学中它起着重要的作用，通过对系统所具有的对称性的分析，可以得到系统相应的守恒量，这些守恒量的存在对于了解系统的物理状态和性质就十分重要。二、在微观世界中，特别是在粒子物理学中，对称性就更为重要了。首先，从对称性原理出发，可以唯象地构造系统的拉氏量的形式，或者从规范（不变）原理出发，所构造的拉氏量自动地给出了相互作用的形式。其次对称性还可以判断一个过程能否发生及粒子的寿命。粒子的衰变是由相互作用引起的，相互作用越强，粒子衰变越快，寿命越短。强相互作用满足的对称性最多，由对称性导致的守恒律也最多，是许多过程不能发生。因而不是所有的粒子都能作强衰变。电磁作用有较小的对称性，所以当粒子不能发生强衰变时，它可以发生电磁衰变，如果连弱衰变都不能发生，那么这些粒子就是稳定的。在强相互作用，弱相互作用，电磁相互作用中，吸引和排斥都是对称的。基本粒子理论的“标准模型”的基本假定之一是理论必须对称，运动方程中的相互作用哈密顿函数和波函数都必须具有“对称性”。理论物理中的“对称性”的含义是，哈密顿函数和波函数都必须具有规范不变性。把“对称性”当作自然定律或原理完全是一种信仰，并不是实验所能证实的普适原理。

物理学中存在一个显著的事实，自然中发现的大多数粒子有自旋，这是一种独立于空间自由度 X、Y、Z 以外的转动。如果将电子在原子内的运动和行星在太阳系中的运动对比，电子的轨道角动量表示的转动相当于行星的公转，自旋角动量表示的转动相当于行星的自转，自旋角动量的大小是粒子的固有性质，组成普通物质的粒子如电子、质子和中子，自旋角动量为  $1/2h$ 。只包括一些公转的粒子而每一个粒子都不自旋的对象不允许有这个角动量值。它只能是由自旋为粒子自身的固有性质而引起的（也就是说，不是因为它的“部分”围绕某种中心的公转引起的）。具有自旋为  $h/2$  的奇数倍（如  $h/2$ 、 $3h/2$  或  $5h/2$  等等）的粒子称为费米子。它们在量子力学描述中呈现出非常奇怪的行径，完整的  $360^\circ$  旋转使态矢量回到负的态矢量，而不是回归到自身，需要再旋转  $360^\circ$ ，即总共  $720^\circ$  其态矢量才回归到自身，自然界的许多粒子就是这种费米子。

##### 5、不变性与对称性原理

益川敏英说：“科研包含科学与技术两个方面的研究。成功的基础科学研究，就像音乐、美术一样更加容易对人们的生产与生活方式产生影响。未来的时代，需要我们探索社会与宇宙发展的规律性，这些规律可能会影响我们未来十年、二十年甚至是更长时间内的的发展”。对称的不变性规律也许就算得上这类影响。

格林说，费曼是用两句话来概括现代科学的基本点的：一、世界是由原子组成的。二、对称性是宇宙规律的基础。原子是球状，当然也是对称的。格林解释所谓的对称性操作，是并不要求保持你的观测不变，而是关心这些支配的定律本身在对称性下是否不变。

关于对称性和守恒定律的研究一直是物理学中的一个重要领域，对称性与守恒定律的本质和它们之间的关系一直是人们研究的重要内容。

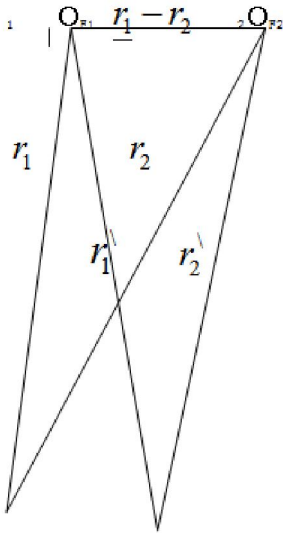
对称性与守恒定律的对应关系表：

不可观测量	物理定律变换不变性	守恒定律	适用范围
时间绝对值	时间平移	能量守恒	完全
空间绝对位置	空间平移	动量守恒	完全
空间绝对方向	空间旋转	角动量守恒	完全
空间左和右	镜象反射	宇称守恒	弱作用中破缺
带电粒子与中性粒子的相对相位	电荷规范变换	电荷守恒	完全
重子与其它粒子的相对相位	重子规范变换	重子数守恒	完全
轻子与其它粒子的相对相位	轻子规范变换	轻子数守恒	完全
粒子与反粒子	电荷共轭	电荷、宇称守恒	弱作用中破缺
时间流动方向	时间反演		破缺

物理学中的对称性和守恒律:

不可观测量	数学变换	守恒定律
绝对位置	空间位移 $r + \Delta r$	动量守恒
绝对时间	时间平移 $t + \Delta t$	能量守恒
绝对空间方向	转动 $r \rightarrow r'$	角动量守恒
绝对的左和右	空间反演 $r \rightarrow -r$	宇称守恒(P)
绝对的电荷正负	电荷反演 $e \rightarrow -e$	电荷共轭(守恒)(C)
绝对的时间方向	时间反演 $t \rightarrow -t$	时间反演(守恒)(T)
全同粒子	置换	玻色-费米统计
状态的绝对位相	规范变换 $\psi \rightarrow e^{iq\theta}\psi$	相空间转动电荷不变

1、时间平移对称性和能量守恒——时间平移对称性要求物理定律不随时间变化，即昨天、今天和明天的物理定律都应该是相同的。如果物理定律随时间变化，例如重力法则随时间变化，那还想利用重力随时间的可变性，就可以在重力变弱时把水提升到蓄水池中去，所需做的功较少；在重力变强时把蓄水池中的水泄放出来，利用水力发电，释放出较多的能量，这是一架不折不扣的能创造出能量的第一类永动机，这是与能量守恒定律相违背的，这就清楚地说明时间平移对称性与能量守恒之间的联系。2、空间位移的不变性导出动量守恒定律。



假定两球的相互作用势能为  $V(r_1 - r_2)$ ,  $V$  只与两球的相对位置有关,与绝对位置无关。

$$F_1 = -\frac{\partial V}{\partial(r_1 - r_2)} = -\frac{\partial V}{\partial r_1}$$

设球 1 受力为:

$$F_2 = -\frac{\partial V}{\partial(r_1 - r_2)} = \frac{\partial V}{\partial r_2}$$

球 2 受力为:

两球的绝对位置不可分辨(或者说,两球受力与两球所在坐标原点设在那里无关),假定原点离球很远,可近

似的看作  $r_1 = r_2$ ,

$$F = F_1 + F_2 = -\frac{\partial V}{\partial r_1} + \frac{\partial V}{\partial r_1} = 0$$

合力:

$$(\text{即: } F_1 = -F_2, \text{ 牛顿第三定律})$$

$$F = \frac{dP}{dt} = 0$$

亦即:  $\frac{dP}{dt}$  (动量 P 是恒量)。绝对位置的不可测不但导出动量守恒,也能导出牛顿三定律。

考虑两个质点组成的系统,它们的相互作用能为 U, U 是这两个质点位置  $r_1$ 、 $r_2$  的函数,  $U(r_1, r_2)$ , 由于物理定律具有空间平移对称性,质点的绝对位置是一个不可观测量,质点间的相互作用势能只能依赖质点间的相对位置,即  $U(r_1 - r_2)$ 。将质点 1 和质点 2 移动相同的小量,相互作用能 U 不变,则相互作用力做功的总和为零。由于位移相同,因此相互作用力之和为零,即两个质点之间的作用力与反作用力大小相等,方向相反,且在一条直线上,这正是牛顿第三定律。而我们知道,在力学范围内牛顿第三定律与动量守恒是互为因果的。可见空间平移对称性与能量守恒之间的联系。至于空间各向同性与角动量守恒,考虑两个质点组成的系统,固定质点 1,将质点 2 以质点 1 为中心移动一小段弧长 S,如果相互作用力存在切向力分量,则相互作用能改变为  $U = f \text{ 切 } S$ 。空是各向同性意味着两个质点相互作用势能只与它们之间的距离有关,与两者连线在空间的取向无关,所以移动操作不改变相互作用能,从而  $U = 0$ ,于是相互作用力切向分量  $f \text{ 切 } = 0$ ,或者说两质点的相互作用力沿两者的连线,这与“角动量守恒”是等价的,从而空间各向同性与角动量守恒是联系在一起的。

诺特定理引导物理学家们去寻找新领域中的守恒定律和守恒量,由此确定其中的对称性,从而获得作用量的形式和基本定律;反过来,如果知道了使一个给定的作用量保持不变的对称变换,从而也就可以知道相应的守恒定律和守恒量。这样使得物理学的基础研究有法可循而变得富有成效。

基本物理方程具有某些对称性要求,如 Lorentz 不变性,广义协变性等,这些不变性对方程具有很强的约束,对解的性质有重要作用,所以很重要。方程的对称性与现实世界的中的几何对称性是两回事,其关系是方程与解之间的关系。对称意味着稳定,意味着一个系统的稳定,反之不对称意味着不稳定。一个稳定的系统是可以由许多的物理学量来描述的,所以说一种对称对应一个守恒量。当我们考虑物理学发展中起主导作用那方面内容的时候,我们发现整个物理学贯穿着这样一个猜想——对性性。正如我们看到的那样:牛顿力学具有伽利略群的对称性,狭义相对论具有庞加莱群的对称性,广义相对论具有光滑的、一一对应的完全变换群的对称性。“从对称性出发到方程再到实验”这个连锁方法建立起来的相对论,有着惊人的数学美而让人信服,远比其它可能的方案更为简单,而且奇迹般地被无数事实所证实。

在科学理论中,对称性涉及到两个概念:变换和不变性。麦卡里斯特说:“一个结构在一定的变换下是对称的,只要该变换能够使该结构保持不变。”每一个变换不变性都含有两个基本关系式,即不变量与变换式。在科学发展的常规阶段,不变量与变换式是互相适应的,它们共同构成某种变换不变性。而在科学革命阶段,常常会不断地发现一些新的不变量及新的变换式,它们常和旧的不变量或变换式发生深刻的矛盾。科学革命的任务之一就是新的变换不变性来代替旧的变换不变性。变换不变性方法的实质也就在于,抓住不变量与变换式之间的内在矛盾,并通过不断扩大变换不变性来解决两者的矛盾,从而达到变革旧理论、发展新理论的目的,达到物理学基本规律逐渐扩大统一性的目的。传统的对称性简单地说就是:从不同角度看某个事物都是一样的。相对性原理就是对称性的一种描述和反映。没有这种、对称性,我们的物理学理论,不要说美丽,就是存在都会变得艰难。比如空间和时间的对称性,使我们的实验室可以建立在任何地点,实验可以在任何时间做,都不会影响实验结果。我们无法想象实验结果与实验的时间和地点有关,会给物理学带来什么灾难。在量子理论中,对称性也无所不包不在,如局域对称性,但这些对称有别与传统的对称。

现代物理学理论研究要把发现不变性,寻求变换式及适用范围作为目标。自从本世纪初,在发现物理规律的洛仑兹变换不变性之后,物理学界逐渐认识到变换不变性概念和物理学对称性概念的内在联系,以及变换不变性方法对现代物理学发展的极端重要性。可以说,现代物理学的每一次重大进展,从狭义相对论、广义相对论、量子力学、量子场论,到规范场理论,都是以变换不变性思想为模线,发展起来的。狄拉克更是指出,理论物理学进一步前进的方向是继续扩大变换不变性。目前,物理学已经建立了将定域同位旋对称性与对称性自发破缺相结合的弱电统一理论,正在向更进一步的大统一理论目标前进。而从整体对称性到定域对称性的深入,是达到这一目标的最有希望的探索方向。早期的爱奥尼亚哲学家就相信:“不管所有的变化和转化,必然存在某种恒久的东西。”例如,古希腊的水(泰勒斯)、气(阿那克希米尼)、火(赫拉克利特)、存在(巴门

尼德)、四原素(恩培多克勒)、奴斯(阿那克萨哥拉)或原子(德谟克利特),近代的能(笛卡儿)、物质(培根)、最小作用(费马和莫培督)和光速(爱因斯坦)。尽管本格森断言不变量这样的信念是古代的错误,但是不变性原理(物理学定律的数学形式相对于坐标系的变换保持不变)作为对自然的认识工具在科学中是相当成功的。尤其是爱因斯坦,更是把它运用到炉火纯青的地步,以致杨振宁干脆把不变性原理称为“对称支配相互作用原理”,并认为它已经从被动角色转化为主动角色,在20世纪的物理学中起了举足轻重的作用。

规范场论纲领直接继承了量子场论纲领的全套基本理念,它是场本体论的、量子化的,只是在理论结构上,加上了规范对称性(规范原理)的严格限制。任何规范理论的核心是具有规范对称性的群和它在决定理论动力学(以相关的守恒定律为标志)时的关键作用。对称性可以有不同的类型:(1)如果一个对称性的表象在不同时空点都是同样的,称作全域对称性。(2)否则,称作局域对称性。(3)如果相关可观察度在本质上是属于外部时空的,则是外部对称性。(4)否则,就是内禀对称性。现代规范理论正是从外部对称性到更普遍的局域内禀对称性的推广。这第一步是由杨振宁和米尔斯所采用的,当时他们想要寻找假定同位旋守恒定律的后果。同位旋概念是由 N. Kemmerz 在 1938 年引入的,同位旋被设想为在进行相互作用时与电子自旋相类似。它在随后的核力理论和规范场理论中都有重要作用。同位旋守恒是核力对电荷无关性这一事实的重新表述。按海森伯的说法,质子和中子是在一个抽象的同位旋空间中的同一个粒子的两个状态。既然电荷守恒与相不变性有关,那么通过类比,人们就会猜想强相互作用在同位旋转动中有不变性。从科学哲学的观点看,在规范不变性的思想中所体现的是,客观的物理事件独立于我们所选择的描述框架,即物理学定律具有某种深刻的内在不变性。同位旋不变性属于规范不变性之列(同位旋空间属于内部空间的一种)。杨与米尔斯所得的结果意义重大。

1905 年爱因斯坦发表的《论动体的电动力学》,被学界称为“相对论”,因为这种理论依据的两条原理分别是:力学相对性原理和光速不变原理。“事实上,爱因斯坦本来宁愿把他的理论称为不变量理论,而不称为相对论。但是,相对论这个名称强加于他了。他把它叫做‘所谓的相对论’表示了他的不快”。【1】

二十世纪三十年代以后,由于加速机器技术和探测技术的发展,利用粒子的碰撞和粒子相互作用的衰变,实验物理学家相继发现了许多新粒子,这些粒子中只有极少数的几个是理论上预言的,绝大多数的粒子是突出其来的,它们在性质上和相互关系上表现出极大的差别,极大地丰富了人们对于粒子世界的认识,形成了庞大的粒子物理领域。而对如此庞大的粒子家庭,亟须把它们整理出次序来。物理学家们分析实验资料,找出许多守恒量和守恒定律,这些为认识粒子世界的对称性和探索其中的基本定律准备了条件。

理论物理发展到分析力学的阶段,最小作用量原理和欧拉-拉格朗日方程,哈密顿方程逐渐升起,经过普朗克写出狭义相对论力学的拉氏量,希尔伯特写出广义相对论的拉氏量后,渐渐占据了主要位置。其中,在欧拉-拉格朗日方程中,广义坐标,广义速度是关键变量。在哈密顿方程中,广义动量和广义坐标是关键变量。他们之间差别在一个拉朗德变换。量子场论的出发点,就是把波函数  $\phi$  算符化,其中  $\phi$  作为广义

坐标和  $\partial_\mu \phi$  作为广义速度,构建拉氏密度。这个是波恩,约当等为了量子化电磁场而开始的。因为电磁场是连续变量。后来对狄拉克方程的研究,特别是兰姆位移的出现,导致了费米子场的量子化。总结发现,拉氏密度主要有以下形式:标量场拉氏密度,旋量场拉氏密度,矢量场的拉氏密度。这些分别是原有的克莱因-戈登方程,狄拉克方程,麦克斯韦方程反推而来的。最小作用量原理成为主流后,经过多年的发展,对如何构建拉氏密度,逐渐形成了一定的经验。

曹天子的书《二十世纪场论的概念发展》中拉氏量:复标量场:  $\mathcal{L} = \partial_\mu \phi^\dagger \partial^\mu \phi - m^2 \phi^\dagger \phi$ , 矢量场:

$\mathcal{L} = -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu}$ , 其中  $F_{\mu\nu} = \partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu$ , 旋量场:  $\mathcal{L} = \bar{\psi}(i\gamma^\mu \partial_\mu - m)\psi$  这些拉氏密度代入拉格朗日方程,分别可以得到克莱因-戈登方程,麦克斯韦方程和狄拉克方程。特别是矢量场的拉氏密度,产生了深远影响,因为矢量场是 U(1)规范场。以后杨米尔斯场等都是类似模仿这个构建。也就是加上类似

$\mathcal{L} = -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu}$  的量,同时在导数里面加上一个协变项  $igA^\mu$ ,即导数  $\partial_\mu$  用  $\partial^\mu + igA^\mu$  替代。建立拉氏密度后,利用拉格朗日方程建立场方程,利用诺瑟定理得到守恒量。这就是量子场论的一个主要方面。(然而,作为当时粒子物理工具的量子场论,量子化(粒子化)是必须的。这个是量子场论的另一个课题。)韦尔规范不变性保持电荷守恒的不变性:杨振宁教授说,把韦尔的不可积相性因子等同于电磁学本质的关系,是由

于量子力学建立的考虑，在原先韦尔的不可积标量因子式的算度因子中嵌入了一个 $-i$ ，而使标量因子变为相因子，韦尔的理论就是量子力学中电磁理论。

参考文献：

【1】巴里·派克著 爱因斯坦的梦 湖南师范大学出版社 1990年 P29.

## 6、对称性原理在物理学中的重要性

《自然杂志》19卷4期的‘探索物理学难题的科学意义’的97个悬而未决的难题：23。自然界是否存在七种对称性晶体？77。CP不守恒难题只能在中性K介子衰变中见到吗？78。引起CP对称性破坏的力是什么？87。是否存在中性，稳性，质量至少大于40 GeV的超对称粒子？美籍华人著名的物理学家、诺贝尔奖金获得者李政道把“一些物理现象理论上对称，但实验结果不对称”、“暗物质问题、暗能量问题”、“类星体的发能远远超过核能，每个类星体的能量竟然是太阳能量的 $10^{15}$ 倍”、“夸克禁闭”称为是21世纪科技界所面临的四大难题。这些问题都于对称性原理存在着密切的联系。

对称美在于：在杂乱中形成规律，在无序中引入秩序。物理学的第三个特点是它的和谐性和统一性。自然界本身就是和谐统一的，自然美反映到物理学理论中，就显示出统一与和谐的物理学美的规范。物理学规律的统一、有序与神秘的和谐、自恰常常使一些物理学家感到狂喜和惊奇。而物理学家们创造出来的系统的思想所表现的统一与和谐之美又使更多的人感到愉快。我们可在门捷列夫的元素周期表中感到这一体系结构的“诗意”。在牛顿对天地间运动规律的统一之中；在焦耳迈尔对热功的统一之中；在法拉第、麦克斯韦对电与磁的统一之中；在 $E=MC^2$ 所表示的质能统一之中；在广义相对论的引力、空间、物质的统一之中；我们都会感到一种和谐的满足。守恒与对称和统一、和谐的观念紧密相连。守恒和对称会给人一种圆满、完整、均匀的美感。从阿基米德的杠杆原理到开普勒第二定律表现的角动量守恒，以及动量守恒、能量守恒等，都符合守恒的审美标准。在数学中，方程与图形的对称处处可见，这也是数学美的重要标志。中心对称、轴对称、镜像对称等，都是诗人愉悦的形式。笛卡尔建立的解析几何学是在数学方程与几何图形之间建立的一种对称。爱因斯坦于1905年提出了具有革命性意义的狭义相对论，从其新思想的来源看，不仅是逻辑的，而且具有美学的性质，是一种对称美的追求。电磁场的基本方程——麦克斯韦方程组就具有一定程度的优美的数学对称性。它确定了电荷、电流、电场、磁场的普遍规律与联系，用完美而对称的数学形式奠定了经典电动力学的基础。对称性原理简单说就是从不同角度看某个事物都是一样的。在所有这样的对称中，最简单的是左右对称。例如：从镜子里看左右颠倒了的脸，它都是一样的。有些事物比人脸有着更大的对称性。立方体从六个相互垂直的不同方向看，或者颠倒它的左右来看，都是一样的。球从任何方向来看都是相同的。这样的对称性千百年来愉悦和激发着艺术家和科学家。但对称性在物理学中最重要的不在于事物的对称，而是物理定律的对称。当我们改变观察物理现象的角度时，我们看到的物理定律的形式不会改变，这样的对称性通常称为不变性原理。不论我们的实验室在什么方向，我们发现的物理定律都有着相同的形式；不论我们面向南方，还是北方，向上还是向下去测量，都不会有什么不同。应当指出，我这里所说的对称并不是说上与下是一样的，从地球表面向上和向下测量的观察者对下落的物体会作出不同描述，但他们发现的定律却是相同的，物体都是因为大质量的地球的吸引而下落的。

杨振宁(C. N. Yang)讲：“从十分复杂的实验中引导出来的一些对称性，有高度的单纯与美丽，这些发展给了物理工作者以鼓励和启示。他们渐渐了解到了自然现象有着美妙的规律，而且是他们可以希望了解的规律。”“三十年来，我进行的物理研究工作，都同对称性原理和统计物理两大题目有关”。“对称性决定相互作用”。当年数学家韦尔(H. Weyl)在讨论艺术作品中的对称性时，提到西方艺术像其生活一样，倾向于缓解、放宽、修正，甚至打破严格的对称性，接着有一名句：“但是不对称很少是仅仅由于对称的不存在。”【1】杨振宁引用了韦尔的话，并加上一句评论：“这句话在物理学中似乎也是正确的。”【2】“我们则又加一句，无论对于科学还是艺术，“同样，找到对称也绝对不是仅仅由于非对称的不存在。”【3】著名的数学物理学家韦尔认为：“对称是一个广阔的主题，在艺术和自然两方面都意义重大，很难找到可以论证数学智慧作用的更好的主题。”现代对称性原理已经渗透到自然科学的很多领域，它支配着理论物理学家创造的数学表达形式，在物理学的前沿探索中发挥着越来越大的作用，它使我们懂得应该怎样创立理论，才能精确地描述自然界，科学家不只是求真，也在求美。对称性无所不在，是宇宙的普遍规律。宇宙和宇宙中一切事物的基元都是[对称]与[不对称(对称缺损)]构成“基本”相互对称的概念，并统一为“对称偶基”的[概念|量]，其演化过程发生的变换都是上述“对称偶基”[概念|量]的多维多次双螺旋变换。对称性的规律具有极大的普遍性和可靠性，它是统治物理规律的规律。对称性分析在物理学中占有重要地位。



物理学家温伯格相信,自然定律具有简单性和必然发生性(inevitability)。由于简单性,基本的自然定律是有限的。由于必然发生性,一个定律的性质必须与整体联系,并受其他定律的性质制约。于是,他把这两个标准用来定义美:“完善的结构之美,万物完全适应之美,无事物是可变的之美,逻辑严格性之美。”可是,简单性和必然发生性能够被对称性原理俘获,这就是许多物理学家和其他人欢迎该原理的原因。由此我们也可以看到,鉴于自然是简单的和相互关联的,而美是简单性和必然发生性,因此美是自然定律的向导。现代物理学是以对称性、守恒性、数学形式的变换不变性为基础的正统方法。对称性,从辩证唯物主义观点看来,是一种特殊形式的对立统一;从数理观点看来,就是变换不变性,守恒性。反过来也可以说,变换不变性反映了自然界的一种对称性,一种守恒律。Einstein渴望看到自然的先定的和谐,孜孜不倦地追求科学理论的统一。对于没有任何经验体系的不对称性与之对应的这样一种理论结构的不对称性,他是无法容忍的。他把逻辑简单性视为科学的目标。就其本质而言,它们都是从不同角度对科学理论的探索与评价,实际上说的是一个意思。“和谐”、“统一”似乎是就理论的内容来说的,“对称”似乎是就形式而讲的,至于“简单性”则是针对逻辑前提而言的。

根据对称性的抽象程度,物理学中的对称性主要表现为直观对称、抽象对称、数学对称三种形式:

### 1、直观对称

对称性的概念最初来源于生活,也就是直观唯象对称性,是许多事物所显示的直观形象的对称。直观对称又表现为空间的、时间的和物理知识表达形式上的对称。空间对称表现为:人体的左右对称、雪花的完美的六角对称、我国古代的宫殿、庙宇和陵墓建筑的对称设计、正电荷与负电荷、反射与折射、杠杆的平衡、单摆的运动和磁场的南北极等。时间对称表现为:音乐的等间隔重复节奏、地球的周期性公转和自转、匀强电场不随时间发生变化等。物理学知识,如概念、规律、公式等,在表达式上也表现出明显的直观对称。对称的数字、公式和图像是数学形式美的重要标志,因为中心对称、轴对称、镜像对称都是令人愉悦的形式。如晶体结构具有一定的几何学上的对称性;描述电磁场规律的麦克斯韦方程组具有形式上的对称性等。天文学家历来喜欢用对称的几何图形来描述天体运行的轨道,如亚里士多德、托勒密、哥白尼、开普勒等。例如,托勒密的地心说认为,各行星都在一个较小的圆周上运动,而每个圆的圆心则在以地球为中心的圆周上运动。他把绕地球的圆叫“均轮”,每个小圆叫“本轮”。同时假设地球并不恰好在均轮的中心,均轮是一些偏心圆;日月行星除作上述轨道运行外,还与众恒星一起,每天绕地球转动一周。托勒密这个不反映宇宙实际结构的数学图景,却较为完满地解释了当时观测到的行星运动情况,并在航海上取得了实用价值,被人们广为信奉。后来,天文学家哥白尼从对称美的角度考虑了宇宙的结构,他发现“地心说”的体系过于复杂,难以反映宇宙体系的和谐、统一。他以崭新的日心模型为出发点,建立了对称性更高的“日心说”来解释天体运行规律。

### 2、抽象对称

随着人类认识的深入和发展,科学家面临着越来越多的抽象问题,许多问题仅仅依靠简单直观的对称图像难以解决。这时抽象对称性就起到了重要的作用。抽象对称性是将对称的直观表象和抽象思维相结合,从得出的某一个概念、规律或理论中反映出新的对称性,是人类思维活动对于对称性的更深层次的认识和理解。统计力学和误差理论中的概率思想,就是一种抽象对称:分子热运动在三维空间各自由度上发生的概率都相等;气体对容器的压强处处都相等。例如,德布罗意从对称思想认识到:19世纪科学家对于光学的研究过于强调了波动性,忽视了粒子性的研究方法;而对于物质的研究则过分强调了物质的粒子性,而忽视了物质的波动性。他认为物质也应该具有与粒子性相对称的波动性,提出了物质波假说。再如,1931年,狄拉克运用对称思想提出了磁北极和磁南极是可以分开而单独存在的学说,称为磁单极子理论。他的这一预言虽然至今未被确证,但许多物理学家正在通过各种实验探寻磁单极子。

### 3、数学对称

数学对称是指,如果某一现象(或事件)在某一数学变换下不变,那么该现象(或事件)就具有该变换所对应的对称性,也叫做数学变换下的不变性。而在某种变换下不变的理论叫做对称理论。数学对称是比抽象对称更加深刻的对称性,通常用群论来描述对称性。如物理定律在洛仑兹变换下保持形式不变,就是数学对称性的体现。在爱因斯坦建立相对论的过程中,数学对称性起到了重要作用。爱因斯坦认为,自然科学的理论不仅要求一些基本概念或基本方程具有形式上的对称性,而且要求理论本身具有内在对称性。爱因斯坦把现实的三维空间加进了时间因素,把三维空间的对称概念拓展到了四维时空空间,探讨高维空间的对称性。

**Poincare 讲过:物理学定律揭示事件的结构和相互联系,对称性原理在阐发物理学理论中,我们将重新发现它披着新的外衣出现。**通常定义物理量的对称性是:如果某一现象或系统在某一变换下不改变,则说该现象或系统具有该变换所对应的对称性。任何物理理论的相对性都以使这个理论的定律保持不变的变换群来标志,因而该变换群描述某种对称性,例如描述这个理论所涉及的空间范围的对称性。这样,正如我们看到

的那样：牛顿力学具有所谓伽利略群的相对性，狭义相对论具有彭加勒群（或“广义”洛伦兹群）的相对性，广义相对论具有光滑的、一一对应的完全变换群的相对性。即使某理论仅在绝对欧几里得空间成立，但只要此空间在物理上是均匀的和各向同性的，它就具有转动和平动群的相对性。相对论有着惊人的数学美而让人信服，而且远比其它可能的方案更为简单。在现代物理学中，对称性已经成为一个重要思想方法，即对称性指引物理学研究。如果说 Maxwell 是从直接可见的关于电和磁的对称性以及数学形式的对称性方面建立了电磁学理论的话，那么 Einstein 是通过深层次的直接经验无法觉察的对称性——规范不变性深刻的理性思考而建立了他的狭义相对论，Einstein 的对称性制约物理定律的思想可以说是 20 世纪物理学研究方法上的一大飞跃。

一、从宏观上看：在物理学中它起着重要的作用，通过对系统所具有的对称性的分析，可以得到系统相应的守恒量，这些守恒量的存在对于了解系统的物理状态和性质就十分重要。

牛顿定律是统帅整个经典力学的基本规律。因由时空对称性导出的能量、动量和角动量守恒定律，是跨越物理各个领域的普遍法则。可见，牛顿定律与时空对称性有一定的内在联系。牛顿第一定律指出：孤立质点静止或作匀速直线运动。显然，它是动量守恒定律或能量守恒定律对于孤立质点的具体体现。可见，决定孤立质点惯性运动即牛顿第一定律的时空对称性是空间平移对称性或时间平移对称性。

<<自然哲学的数学原理>> 前言中指出：……哲学的全部责任似乎在于——从运动的现象去研究自然界中的力，然后从这些力去说明其它现象，可见力的概念是牛顿定律的核心。力的概念是从动量守恒定律引入的，

它可用受力物体的动量变化率来量度，即  $\vec{F} = \frac{d}{dt}(m\vec{v})$ ，这是牛顿第二定律的最初形式。不计质量的相对论改变仅用于质点速率远小于光速的情况，则为  $\vec{F} = m\vec{a}$  这便是牛顿第二定律在通常教科书中的表达式。显然，它是在引入力的概念后动量守恒定律的推理，也可认为空间平移对称性的推理。结果中的不对称性必在原因中有所反映，它符合对称性原理。

牛顿第三定律指出：两物体 1 和 2 相互作用时，作用力和反作用力大小相等，方向相反，在同一直线上，用公式表示，则有  $\vec{f}_{12} = -\vec{f}_{21}$ ，由动量守恒定律，角动量守恒定律与时空对称性的关系，可知，决定牛顿第三定律的时空对称性是空间平移不变性和空间各向同性。伽利略变换，是绝对时空的联合变换，则由变换式可知牛顿定律具有伽利略变换对称性。由上述牛顿定律与时空对称性的关系可见，牛顿定律有其局限性——质点，惯性系，绝对时空观。

二、在微观世界中，特别是在粒子物理学中，对称性就更为重要了。

从对称性原理出发，可以唯象地构造系统的拉氏量的形式，或者从规范（不变）原理出发，所构造的拉氏量自动地给出了相互作用的形式。简单的说，一个粒子对应于希尔伯特空间上哈密顿作用特征函数的特征空间。如果一个李群保持哈密顿作用（或与之交换），那么哈密顿作用特征空间就是表示空间。同一个特征空间中的状态有许多共同的性质。除了有时出现的退化现象，特征空间给出了群的所有不可约表示，并且术语一个不可约子空间的特征函数（或状态）自然的形成初等粒子的多重态。在 1960 年代初期，许多新的亚原子结构被发现，可是缺少一致的组成结构。李群  $SU(3)$  的加权空间分解给出了粒子多重态的参数化。一个相关的特别重要的表示是李代数  $su(3)$  的伴随表示，它是八维的，所以命名为八重道。一些新的粒子最早就是由这个分类所预言，后来由实验加以证实。除了这些和  $SU(3)$  的平凡表示，只有另一个 10 维的表示很自然的出现。 $SU(3)$  在  $\mathbb{C}^3$  上的标准表示并不出现。这个标准表示中的三个权向量被 Gell-Mann 称为夸克。对表示的标准运算，如取张量和对称积可以用来解释和澄清亚原子粒子的某些结构。在这个意义下来说， $SU(3)$  代表了宇宙的对称（或者更加谦虚的说，代表了亚原子世界的对称）。

美国麻省技术研究中心的格利-保尔是研究物质多年的科学家，他们于 1964 年开始的实验研究是一个重要的里程碑，他们曾因此而获得过诺贝尔奖。他们的研究对物理界通用的标准模式提出了质疑。保尔说：“如果有人能找到一个方法推翻标准模式的话，这将是一个振奋人心的事情。”理论上讲，世界上的一切都是相对称的，有组成世界的物质，就有与之相反的反物质存在。对称性是物理学的灵魂，整个物理学都是关于对称性的学问。1.三大守恒定律：能量守恒，动量守恒，角动量守恒分别来源于时间均匀性、空间均匀性和空间各向同性。2.狭义相对论：惯性系之间的等价性。3.电动力学：电磁场的时空协变性。4.统计力学：微观态的同概率性。

- 参考文献: 【1】《对称》, 商务 1986, 第 11 页。  
【2】《基本粒子发现简史》, 上海科技 1979, 第 58 页。  
【3】《分形艺术》, 湖南科技 1998, 第 149 页。

## 第二章 对称的相对性

### 1、分立对称性失效问题

法国物理学家 Curie 说: "非对称创造了世界", 这句话包含有丰富而深邃的辩证法思想。我们的理论是根据对称产生的, 可是我们的世界又是不对称的, 这是非常奇怪的。、、、我们有很充分的实验证据表明, 我们这个宇宙、我们这个世界是不对称的。【1】杨振宁 (C.N.Yang) 讲: "分立对称性失效的根本原因今天仍然是未知的。事实上, 对于这些失效的潜在的理论基础, 看来甚至尚未有人提出任何建议。这样一种理论基础, 我相信必定是存在的, 因为从根本上说, 我们已经知道, 物理世界的理论结构决不是没有原因的。" 李政道 (T.D.Lee) 认为, 我们现有的全部知识是很不全面的, 一定有另外一个力, 这个力是推翻对称的。【1】任何一个守恒律都是在一定的条件下得到的, 都有一定的适用范围, 这本身就反映了对称性不是绝对的无条件的适用于一切场合的。

对称性意味着守恒定律, 唯一麻烦的是, 实验表明几乎所有的这些守恒定律 (因自然界不存在右旋中微子) 而受到破坏 (即对称性的丢失); 我们建议把物质与真空都考虑进去, 于是这个部分的对称性就可以恢复了。物理学里有对称性失效机制的理论, 如 LANDAU 的二级相变理论, 场论的 HIGGS 机制。目前世界最大的加速器是美国布鲁海文国家实验室的相对论性的重离子对撞机 (RHIC), 它使两个加速到每个核子 1000 亿电子伏特的金离子对撞, 在如此高的能量下, 两个金核中的物质互相穿过, 而将所带的相当一部分能量留下来, 产生激发态的真空。李政道教授认为, 恢复整个的对称性的答案, 应该在碰撞实验中所产生的这一瞬间具有高能态的激发态的真空之中。吴健雄用两套实验装置观测钴 60 的衰变, 她在极低温 (0.01K) 下用强磁场把一套装置中的钴 60 原子核自旋方向转向左旋, 把另一套装置中的钴 60 原子核自旋方向转向右旋, 这两套装置中的钴 60 互为镜像。实验结果表明, 这两套装置中的钴 60 放射出来的电子数有很大差异, 而且电子放射的方向也不能互相对称。实验结果证实了弱相互作用中的宇称不守恒。就李政道、杨振宁发现 "弱相互作用下宇称不守恒" 的事迹, 何祚麻先生在《宇称不守恒的发现影响了一代人的思维》一文中写道:

"1956 年底和 1957 年 1 月, 消息传来, 吴健雄教授有关钴 60 极化核的  $\beta$  衰变的实验, 竟然观察到末态电子分布的左右不对称! 接下来, 伽尔汶等人又观察到  $\pi \rightarrow \mu \rightarrow e$  衰变过程中的左右不对称。于是, 宇称守恒的定律就此被李政道、杨振宁两位科学上的先驱者所 '打破'! 一时之间, '打破' 宇称守恒定律的消息传遍世界, 在许多国家激起 '李、杨效应'。一些青年学子, 纷纷立志要向李政道、杨振宁学习, 有的立志要向粒子物理进军, 立志向科学进军, 立志要 '赛因顶峰会李杨'。至于我们这些略为懂得一些粒子物理的初等知识的 '粉丝' (追星族), 更是对李先生、杨先生所做的这一经典工作, 崇敬之至! 在许多国家激起 '李、杨效应'。一些青年学子, 纷纷立志要向李政道、杨振宁学习, 有的立志要向粒子物理进军, 立志向科学进军, 立志要 '赛因顶峰会李杨'。" 阿西莫夫在《宇称是什么?》的文章称: "后来, 人们又明白了, 为了使这个法则真正保险, 还必须考虑到时间 (T) 的方向; 因为一个亚原子事件看起来既可以在时间中向前推进, 也可以是在时间中向后倒退。添上时间以后的法则称为 'CPT 守恒'。近来, 就连 CPT 守恒也成问题了, 不过到底怎么样, 目前还没有得出最后的结论。"

1956 年李和杨提出弱作用宇称不守恒的事例会有启发性意义: 在 1956 以前, 发现了一个实验上奇怪的例子, 就是所谓 theta-tau 之谜, 这两个粒子 (当时称呼为 theta 和 tau) 的电荷、质量、自旋、寿命等参数都一样, 似乎应该是同一种粒子, 但其宇称不同, 似乎不应该是同一种粒子。李和杨提出: 它们应该是同一种粒子, 但宇称在弱作用中不守恒, 所以看起来它们显示有不同宇称。其实, 提出 "宇称在弱作用中不守恒" 这本身没有什么了不起 (当时还有其他好几人也有此类观念)。但李和杨的一个重要的点睛之笔是问: 为何以前几十年宇称守恒定律在弱作用中用得好好的, 没有出现什么矛盾? 他们进一步发现, 原来在以前几十年弱作用实验中, 其实用不用宇称守恒定律都无所谓, 所以其是否成立, 也就在以前的实验中变得不重要了, 因此过去也就没有出现麻烦。现在则才出现了麻烦。

理查德·费曼认为: "在自然现象之间存在着旋律和图样, 但普通人的眼睛往往对这些旋律和图样视而不见, 只有分析家才能看到。被我们称为 '物理学原理' 的正是这些旋律和图样。这些理论从来不是完美无缺的, "始终存在一条神秘的边界, 始终会有一个地方需要我们做一些看似徒劳的思考。" 爱因斯坦想把一切定律压缩到一个统一场论中去的时候, 这个巨大的梦想已经破灭了。

任何一个再高明的理论，一旦变为没有论域和前提限制的神话，那么这个理论总将必然蕴藏着极大的逻辑不自恰。相反，如果认真分析和认识一切理论体系所必然存在的前提和条件，自觉地意识和构造一个有限真实的理论体系，那么这个自觉承认是粗糙和近似的理论体系，恰恰能够成为一种真实的科学陈述。

笔者认为，分立对称性失效的原因在于物质的性质在某一层次上既对称又不对称，既存在着对称破缺，它在深层次上又对称，但另一属性可能又不对称，如此往复，永无止境，现代物理学理论揭示了物质的某一属性，因此“一些物理现象理论上对称，但实验结果不对称”。对称性与反对称性矛盾的普遍存在，恰恰就是通过真实的物质世界和理性的主观认识之间辩证统一的逻辑必然。

物理学家们在寻找自然终极设计的对称性时遇到了麻烦，正如阿·热先生谈道，对称意味着统一，而世界却呈现出多样性。如果设计完美而对称，那么我们的世界什么都只有一种，比如基本粒子就会完全相同，从而彼此不可分辨。这样的世界是可能的，但它又会非常单调和乏味，就会没有原子、没有星星、没有花朵、也没有物理学家。终极设计既要统一又要多样性，既要绝对完美又要喧闹的生机，既要对称又要缺乏对称，他好象对物理学家们提出一个不可能实现的要求。物理学一些最基本的理论，都是建立在空间对称性基础上的，自从在弱相互作用中发现左和右的绝对性后，空间对称性的概念才开始动摇了。物理空间是对称的吗？很多人都提出过这一疑问，但是有更多的人认为空间的左右对称性是一种客观的存在，是一种自然美。有位数学界的著名人士举了两个例子（假想实验）：用1张正方形的理想化纸片，沿中线对折后，随机打上生物颜料构成的注记，摊开后看看左右是否对称？如果设想，到远离地球引力场的外空间，假设有一块正方形的空间面积，沿中线对折，左和右是否对称？真实的空间是不对称的，理由很简单：生物大分子的旋光异构体，若按原子排列命名某一生物分子为左手系（L），则它的异构物按同一原则的原子排列就必为右手系（R），它们只在假想的数学空间具有左右对称，但在真实的物理空间，却是具有不同物理特征的空间结构，左与右具有不同的能量差。现代制药工业正是利用这一原理，对常用的200余种手征性药物，有目标的选择与（L）或（R）相对应的价电子力，或表达其能量差的其它方法，使其中没有药效的一种手征性大分子形成中性盐或络合物而被清理出局，如果真实的空间是不对称的话，恐怕连治病的药物都买不到了。

物理学空间是否左右对称，更理想的测试还有三个：其一是沿左右空间人造卫星自转速度变化率的测定；其二是沿赤道面光缆进行电磁脉冲的双向传递，测定向左和向右时间差的实验；不过，最好的实验还是“引力探测器B”卫星，因为它的运行轨道，其中半个周期是左手征空间，另半个是右手征空间，在离地球640千米的极地轨道上运行，左和右的光速差引起陀螺仪自转轴偏转，1.5年后将有10.824"附加角偏转，它比其它物理效应都要大（3项物理效应都是向量值），实验结束后自见分晓。在自由空间，在分子世界，在原子和亚原子世界都存在着确定的手征性空间，问题只在于，这一类左右手征性是如何形成的？20世纪的空间理论是无法相容的。

参考文献：

【1】李政道—科学的发展：从古代中国到现在 朱长超主编。《世界著名科学家演讲精粹》139 百花洲文艺出版社 1995年3月第1版 第3次印刷。

## 2、自然界中的非对称性问题

人生不可能是尽善尽美的。我们也很难找到一朵花是完美无缺的。虽然人体总的来说是左右对称的，可是这种对称远远不是完全的。每个人左右手的粗细不一样，一只眼睛比另一只眼睛更大或更圆，耳垂的形状也不同。最明显的，就是每个人只有一个心脏，通常都在靠右的位置（当然也有极少数人的心脏在左侧）。不仅日常生活中我们会无意的打破对称，艺术家有时也会极力的创造出不对称的图像和物体，可是仍然给人以和谐与平衡的美感。

对称是相对的，不对称是绝对的，一个系统一旦实现了对称，这个系统就不存在了。李政道(T.D.Lee)认为，“宇宙有三种作用：强作用、电弱作用、引力场。这三种作用的基础都是建立在对称的理论上的。可是实验不断发现对称不守恒，为什么我们的理论，尤其是在1950年代发现宇称不守恒以后似乎应越来越不对称，但实际不然，理论越来越对称，而实验越来越多地发现不对称，使人觉得理论不行。它是21世纪科技所面临的四大问题之一。”李政道1996年5月23日在中央工艺美术学院的演讲中曾指出：“艺术与科学，都是对称与不对称的巧妙组合。”这无疑是正确的。对称是美，不对称也是美，准确说，对称与对称破缺的某种组合才是美。“单纯对称和单纯不对称都是单调。一个对称的建筑只有放在不对称的环境空间中才显得美，反之亦然。”【1】对称是美的，不对称（例如破缺、失稳、混沌等）在一定条件下也能给人以美感。对称性理论只是在弱场情况下有效（因为忽略了二阶小量），而在强场中对称性理论就失效了。毛泽东于1974年与李政道谈话时表示，他完全不能理解对称在物理学中会被捧到如此高的地位。实际上，数学完美方面的

对称理论依赖于极为高深的数学工具，单纯为了普及的目的也要发展数学完美方面的不对称理论（但其符合物理方面的对称性，如能量守恒原理等）。

大自然趋稳，所以要对称性的破缺。对称性破缺分两种，自发性对称破缺和非自发对称性破缺；生物物种的形成源于基因的突变，同一物种具有某些特征（形体、行为等）的不可区分性。物种在适应环境变化中基因不断改变，如果基因变异引起物种某些特征的变化，在后代繁衍进化中能消失，则物种系统是稳定的。如果变异积累到一定大小，群体差异使物种系统失稳到一定程度，物种将分裂，单一物种被破坏，新物种产生，整体系统趋稳。这是自发性对称破缺。生物化学家发现，在生物演化中也存在宇称不守恒现象。例如氨基酸的立体化学结构有左手螺旋型的和右手螺旋型的两种，它们互为镜像，称为左手性（L型）的和右手性的（D型）的。它们具有完全相同的化学性质，在化学反应中都同样能够存在。但是人们发现，生物活体中的氨基酸却有些不同。地球上有150万种生物，一个高等生物具有几万种蛋白质，它们都是由8种核苷酸和20种氨基酸组成的。20种生物氨基酸中，除甘氨酸特别简单，不具有手性外，其他都是左手性的，而核苷酸的糖环则都是右手性的。

把物质的宇称、超荷、同位旋等所有物理性质都加起来考虑，会发现它们总体上并不守恒，即对称性有破缺。人们假设，这是只考虑“物质”的结果，如果把“真空”也算在内，就有可能找回“失去的对称性”，总体上这世界仍然是对称的、守恒的。问题是，到目前为止，科学家对真空的了解还不够多。为什么CP不守恒，而CPT就守恒？CPT守恒意味着什么？CPT真的永远守恒吗？这都是些非常重要而艰难的问题，目前只知道一小部分答案。对称性是第一世界（自然物理世界）固有的，还是第二世界（人类精神世界）强加于其上的？是自然界的属性，还是自然科学中物理定律的属性？或者问，对称性是客观的，还是主观的？一种简便的而肯定的回答是，对称性是客观的、自然世界固有的属性。这也是过去流行的观点，但此观点对于解决问题并不比相反的观点更具有优势。如果把认识世界视为一个复杂的、不断进步的过程，理解对称性也要放在一个过程之中进行，在此认识系统中，“属性”的词汇是不恰当。如果仍然保留“属性”一词，它也只能指对象在某种条件下表现出来的功能，这也可以称作“条件主义”科学哲学。条件也即约束，可对应于某种操作，标示某种认识层次。对称性原理均根植于“不可观测”的理论假设上；不可观测就意味着对称性，任何不对称性的发现必定意味着存在某种可观测。那么“不可观测”是不是由于我们认识能力而导致的一种假相呢？

李政道说：“这些‘不可观测’中，有一些只是由于我们目前测量能力的限制。当我们的实验技术得到改进时，我们的观测范围自然要扩大。因而，完全有可能到某种时候，我们能够探测到某个假设的‘不可观测’，而这正是对称破坏的根源。然而，当确实发生这样的破坏时，一个更深入的问题是，我们怎么能够确信这不是意味着世界不对称呢？是否有可能，自然界基本规律仍然是对称的？是自然规律不对称，还是世界不对称？这两种观点究竟有什么区别呢？”【2】此论述概括了理论物理学的认识过程，更涉及一些基本的哲学问题。

美国《天空与望远镜》杂志在1997年7月一期的第53-55页引用了D.K.Yeomans的研究：“海尔-波普彗星的周期是4210年，但是下一次出现只要再过2380年就行了。”说明了对称的相对性。1964年曾在一种质子中发现了不对称现象，1998年和1999年美国费尔米国家加速试验室的研究者曾在B介子中发现了不对称现象。英国生物学家在植物中发现了一个会使原来对称的叶子和花瓣变为略微不对称的基因，利用它可以创造出更美丽的花朵，即对称破缺是美。日本文部科学省高能加速器研究机构（KEK）的高崎史彦教授等在罗马召开的国际研讨会上发表了有关宇宙充满物质，“CP对称性失衡即电荷宇称不守恒”现象近乎100%存在的观测结果。37年来随着科学的不断发展，6类夸克已被发现，对物质世界的认识也日益深入。今年7月6日，美国斯坦福直线加速器中心（SLAC）的国际科研小组利用重1200吨的BaBar位于探测器已证明电荷宇称不守恒现象存在的概率为99.997%。日本的KEK自1999年就组成了国际科研小组开始证明这一现象的存在。他们利用BFactory加速器制造了大量的B介子和反B介子，然后观测它们衰变的速率，结果显示，不守恒现象存在的概率为99.999%，该结果比美国的观测结果要精确得多。目前在KEK工作的小林诚教授和担任京都大学基础物理研究所所长益川敏英认为。这次观测结果虽证明了电荷宇称不守恒现象的存在，但今后还必须进一步破译其不守恒原理。随着今后实验精度的不断提高，很有可能出现物理传统理论不能解释的意外结果。

#### 参考文献：

- 【1】《分形艺术》，湖南科技1998，第149页。
- 【2】《对称与不对称》第37-38页。

附录：科学家观察到不对称梨形原子核。

据《科学现场》在线版及物理学家组织网近日报道，一个由美国密歇根大学、英国利物浦大学等组成的国际团队，首次观察到部分原子核能呈现出不对称的梨形，该研究成果发表在5月9日的《自然》杂志上。

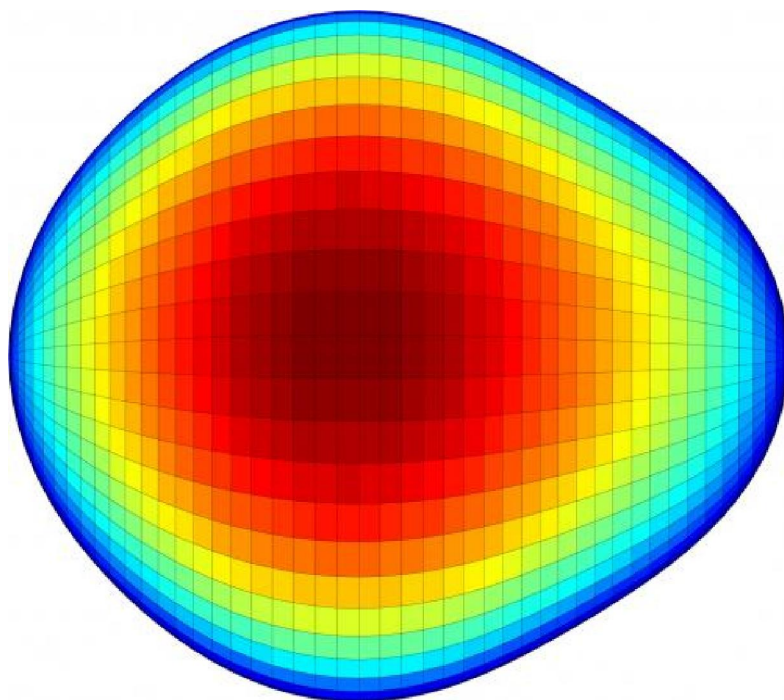
原子核的形状，应由它所含核子数量及它们之间的相互作用来决定。在目前已知几千种稳定的和放射性的原子核中，绝大部分是球形的或椭圆形的。罕见的梨形原子核之前已能理论上预测其存在，但在实验中观察到这种形状十分不易。

此次科学家们利用欧洲核子研究中心的上线同位素质量分离器(ISOLDE)设备，产生了氦-220 和镭-224 的短光束。原子束被加速到光速 10%，以非常近的距离从镉、镍和锡原子核周围经过，冲击使镭和氦发生转动或振动，当它们静下来后，便发出了伽马射线。

这种射线的强度向科学家展示了激发原子核量子态的可能性，其与原子核内电荷分布状态是直接相关的，而原子核的正电荷分布显示其形状是不规则的。科学家通过测量放射性元素氦和镭原子核的轴以及自旋的排列证实，这些原子核的形状呈梨形，而不是更典型的球形或椭圆形。

参与研究的科学家表示，梨形原子核的特殊意味着组成原子核的中子和质子在一个轴内稍微不同的地方，新的相互作用影响了科学界正研究的物质与反物质不对称性课题。人们已知当前宇宙中物质与反物质是不平衡的，但形成这样局面的原因却是一个巨大难题，其也没有被标准模型这个介绍大自然规律和物质性质的总体理论所预言。

研究的带头人、英国利物浦大学物理学教授彼得·巴特勒称：“我们否定了一些原有的理论，但将有助于完善它们。”新发现能帮助人们更好地探索电偶极矩（EDMs，衡量正电荷分布与负电荷分布的分离状况，即电荷系统的整体极性），其目前正在北美和欧洲展开研究。“我们期望这个物理实验数据，可以结合原子捕获实验的结果去测量 EDMs，从而对构建宇宙本质的最佳理论——标准模型做出最严格的测试。”（来源：科技日报华凌张梦然）。



### 3、现代物理学理论中的非对称性问题

哥德尔定理指出，在任何公理化形式系统中，总存留着在定义该系统的公理基础上既不能证明也不能证伪的问题，也就是说任何一个理论都有解决不了的问题。

人类原来以为大自然是对称的和完美的。然而，自李政道与杨振宁发现了弱力的宇称不对称以后，自发性破缺就成为了最前沿的一个科学话题，日本科学家还因研究这个获了诺奖。但是，对称的自发破缺问题，一直没有得到质的突破。这一是由于对自然界的来龙去脉与本质没有搞清楚，二是物理学上有一个普适性的定理：热力学的不可逆定律——任何事物的热能都只能由高向低转化，而不可能由低向高转化。这个定律经

过了科学的严格检验，确实很符合自然的根本规律。所以，这个规律也造成了对称性的自发破缺：没有了可逆的热力学反应，世界只会由高向低转化，哪来的对称呢？在宏观世界，热力学不可逆定律对对称的自发性破缺问题的影响与决定性作用还不是十分明显。但是，在量子世界，粒子的热力学定律效应就清楚地显示出来了——科学实验证明，粒子与反粒子并不严格遵守 PCT 联合对称律！实际上，这就是世界对称的自发性破缺的缘由。既然微观世界的粒子与反粒子都不严格遵守对称律，破坏了联合对称律，那么，由微观世界构成的宏观世界的对称破缺的累积效应，当然会造成明显的宏观对称破缺效应。从真空到化学反应式中的极化现象，同样是由于这个原因。平衡是造成对称的原因。但是，由于这种平衡是以动态的非线性方式进行的，所以必然造成对称的破缺。那么，对称的自发破缺与热力学的不可逆定律，真的是全部不可违犯的吗？也不全是。例如，粒子与反粒子的大致对称。甚至，宏观世界也是大致对称的。

这说明事物是可逆的与可反演的。而在动力学中，这种可逆的反演现象更加明显——你施以一个动力，马上会有一个反动力相对应。但是，无论这种可逆与对应的力如何运动，它们都不是完全对称的，而是存在着自发的对称破缺，而只能保持大致的对称。但是，热力学定律的不可逆反应规律，却制约了人们对世界可逆性的根本性思考。热力学定律的不可逆反应规律，基本上是不可更改的。热力学第二定律作为一个选择原则表明，时间对称破缺意味着存在一个熵垒，即存在不允许时间反演不变态。力学定律对于时间是对称的，但是熵增原理对于时间是不对称的。在经典物理里面，描述热力学第零定律的热传导方程和斯蒂芬-波尔兹曼定律都不具有协变对称性。

在我们的宇宙里，对称的量子数是不守恒的，其中第一个重要发现就是宇称不守恒，现在还有不少东西不守恒。在惯性测量坐标系变换下的某些对称的绝对物理量和某些对称的绝对物理式。在非惯性测量坐标系变换下，那些能够继续保持不变性的依然被称作对称的绝对物理量和非对称的相对物理量；然而，那些不能继续保持不变性的则被称作非对称的相对物理量和非对称的相对物理式。这时，这些量或式被称作“对称性破损”。按照传统的观点，某些物理量或物理现象，譬如态函数，往往被表示成某个坐标系中的一个函数图形，这实际上忽视了它在空间任意方向等几率出现的特征。另一些物理量或物理现象，由于它的均值为 0，而被忽视研究，实际上它在某个瞬间，某个空间方向有显著的特征，而又不是混沌现象。

量子力学方程是薛定谔在德布罗意用弦振驻波模型描述氢原子的思想启发下，经数学处理得到的一个方程。“薛定谔虽然得到了一个成功的方程，但他搞不清楚波函数在物理学上的含义。”（《时间之箭》）。后来，波恩作了一个假设，把波函数解释为某种几率振幅。波恩的这个解释引起了量子力学一场争论，时至今日，争论仍在进行。为了描述粒子的运动，必须找到粒子的运动要素；同时，也必须找到合适的数学工具。海森伯用  $p$  和  $q$  两个字母代表两组量， $q$  代表粒子的位置， $p$  代表粒子的动量。他设计了一个相当自然的规则和傅里叶变换对应，把波变成正弦波；根据巴耳末一里兹频率梯级进行矩阵运算。后来，经波恩进一步完善，创立了一种新的力学——矩阵力学。波恩和伯尔当从经典公式  $\oint pdq = nh$  出发，外加许多假定，最后提炼出以下一个极为重要的方程： $p \times q - q \times p = h/i2\pi$ ，这个公式内涵深刻、意义重大；它是量子论能够成为领袖的深层基础。公式中的  $p \times q \neq q \times p$ （这和我们传统数学运算中的  $A \times B = B \times A$  大不一样），它们之间的差等于普朗克常数  $h$  除以  $i2\pi$ ；经整理也可写成： $-ih/2\pi$ ；这就是著名的海森堡算符。在数学中，一个算符不是一个数，而是一个指令。

寻找一个包括宇宙中每一件东西的完整的统一理论被称之为“物理学的大统一”。Einstein 用他晚年的大部分时间去寻求一个统一理论，但是没有成功。诺贝尔奖获得者马克斯·玻恩在 1928 年告诉一群来哥丁根大学的访问者：“据我们所知，物理学将在 6 个月之内结束。”他的信心是基于狄拉克新近发现的能够制约电子的方程，并且认为这是理论物理的终结。然而，中子和核力的发现对此又是当头一棒。人类只能近似地探索自然界的规律，误差总是存在的，只不过在不断地减小。人类能够不断发现自然界中的新规律，但永远不能穷尽自然界中的规律。因此，并不存在宇宙的最终理论，仅仅存在一个越来越精确地描述宇宙的无限的理论序列。首先，对统一性的任何探讨，通常是通过探索越来越大的对称性来进行的。可是如果没有相应的对于对称性破缺的探讨，那么对于统一性的探讨，在加深我们对物理世界的理解上，就只有非常有限的意义，虽然它可能为我们提供一些美丽的数学建构。电弱理论的最令人信服和最美丽的方面之一是它的希格斯机制，没有希格斯机制，我们将只有猜想而没有物理理论。我说没有物理理论指的是我们没有任何理论手段来处理实验上可能得到的数据。其次，统一性探讨预设了并蕴涵着还原论。还原性的追求值得尊重。没有还原，在一个层次上发生的事情就不可能从更深层次上发生的事情来得到解释。但是还原性的追求必须以背景知识（knowledge of the context）来补充。只有在特定的背景中，较低层次实体的行为才会导致较高层次上事件的出现。这些背景知识通常无法还原为只涉及较低层次实体行为的知识。相反，它通常与较低层次组分的特定结构的整体特性有关。也就是说，如果没有有关背景的整体知识的补充，仅有还原性知识，不足以对任何层

次上的现象提供因果解释。还原论更严重的问题在于“脱耦 (decoupling)”所导致的关于较低层次的知识可能与较高层次的现象无关。在夸克胶子层次上发生的事情对化学层次上的现象极少或者根本没有任何影响。在理解较高层次实体行为方面,脱耦观点对还原性知识是否相关设置了严重的界限:这些较高层次实体的行为主要由其背景所规定。当然,如果还原性知识能补充以有关较高层次实体于其中显现的背景的整体知识的话,它对理解较高层次实体的构成方面仍然有用。应当指出,脱耦并非与对称性破缺无关。实际上,脱耦的边界通常由引起对称性破缺的粒子的质量尺度所设定。第三,还原和统一涉及不同的能量尺度。统一和还原的最有吸引力的特征之一是不同尺度间的物理学互有联系。这种联系甚至可以用数学上的重整化群来描述。可是这里一个深层的问题出现了:一个尺度范围内的物理学通常不同于另一尺度范围内的物理学。因此重整化群描述的联系本身,并不能用来避免理解物质世界等级结构的艰巨使命。而且,如果我们能够沿着重整化群联系的两个方向任意移动的话,那么哪个尺度上的实体比其它尺度上的实体更基本就成为不可解决的问题。这一情况对还原论没有好处。

### 第三章 对称的绝对性与相对性原理

#### 1、对称的绝对性与相对性原理

在爱因斯坦看来,科学理论的本体论即理论实在(不是独立于人而存在的客观实在或外在世界)是随物理学的进展面变化的,新的实在不断地被创造出来,以便形成关于世界的更正确的理论。在牛顿力学中,物理实在是由空间、时间、质点和力(质点的相互作用)表征的。到世纪之交,电磁场概念作为一种终极实体已被普遍接受,物理实在是由连续的场代表的。后来物理实在又变为爱因斯坦的场论。爱因斯坦坚持认为,“我们关于物理实在的观念决不会是最终的”,任何概念系统“只有用于某一特殊领域,才会有效(也就是不存在康德意义下的终极范畴)”。为了以逻辑上最完善的方式来正确地处理所知觉到的事实,我们必须经常准备改变物理实在的概念。

爱因斯坦看到,一种理论永远不可能被证明是绝对的、唯一的真理。这不仅是因为新发现的事实随时会推翻它,而且还因为能说明同一证据的可供选择的理论总是可能的。除了归纳不确定性这个体谟的老问题外,我们还必须承认用证据证明理论的不充分决定性(underdetermination)。他不止一次地指出,牛顿的理论只是某种近似的真理:他也多次强调,相对论并不是终极的真理,试图用长矛和瘦马去保卫相对论是可笑的,是堂吉珂德式的。科学的现状不可能具有终极的意义,科学在每一个阶段发现的真理都是近似的、不充分的,而“自然规律的真理性是无限的”。二十世纪物理学大师劳厄说过一番话,对于如何看待物理学中美的观念的发展和变迁是很有见地的。他说:“物理学从来不具有一种对一切时代都是完美的、完满的形式;而且它也不可能具有完美的、完满的形式,因为它的内容的有限性总是和观察量的无限丰富的多样性相对立的。”

我们的科学设备局限于当代的工业与技术水平。在宏观测量方面,每一次新的望远镜的发明都带来天文学上新的发现和宇宙更深的认识。即是说,我们的实验天体物理知识基本上局限于天文望远镜及其辅助设备(频谱仪及电脑等)的观察和分析能力。在微观测量方面,我们局限于电子显微镜,频谱仪,加速器和探测器等的测量与分析能力。我们的电子显微镜目前的极限分辨率约一个纳米。频谱仪只能用来分析原子分子过程。要探测比核子尺寸还小的空间中发生的物理现象,唯一的设备就是加速器。这也是我们对微观世界认识的实验手段的局限。欧洲核子研究中心的大强子对撞机(LHC)的设计能量为14 TeV。这大概是目前欧美经济能够咬紧牙关勉强承受的极限。要达到大统一理论(grand unification theory)所要求的能量,加速器的半径要和银河系一样大。这当然是绝对做不到的。所以现在的所谓大统一理论是一个无法用实验检验的理论。无法用实验检验的理论不是真正意义上的科学理论。

但是加速器的局限性远远不是能量限度和财政限度问题,这里还存在着许多人尚未觉悟的根本问题,那就是:即使我们的财政容许我们建造一个像银河系一样大的加速器,它也不一定给我们揭示微观世界的全部秘密。

现代物理学中所指的通常不是一条唯一的对称原理,而是一系列对称性原理,即物理学理论所固有的不是某种确定的、一劳永逸地固定下来的对称性,而是在相当程度上决定这些理论的特点的各种对称性的总和。所以一方面对称性及其被破坏是克服新问题的源泉和有力方法;另一方面每一条对称性原理本身一旦被提升为普适的和绝对可靠的真理,那么同时也就成为物理学发展的障碍。因此对称性是相对性与绝对性的统一,对称性原理之间有机地联系着,而且它们实质上同相对性原理和不变性原理相结合,至少现在是这样。世界本质上应该对称,不对称的原因是我们只生活在世界的局部。我们称之为对称的相对性与绝对性原理。

#### 2、对称的绝对性与相对性原理在自然界与人类社会中的表现形式

周光召教授:“对称性和对称破缺是世界统一性和多样性的根源”。对称的绝对性与相对性原理是自然界与人类社会的基本规律之一,它的表现形式多种多样,例如地球是球形,但非标准球形;人的器官(肺、



脸、耳、眼、大脑、手、腿、肾、脚等)左右既对称又不完全对称;粒子与反粒子的性质既相同又不完全相同;能量守恒定律是对称的绝对性的体现,但是它的某种表现形式不一定守恒,这是由对称的相对性决定的。太阳系的结构、细胞的结构以及原子的结构相似是对称的绝对性的表现形式。

目前物理学中某些可以视作与“对称性”大致相当的守恒定律,充其量只能视作一种“有限真实、条件存在”的局部性描述。宇称不守恒现象的发现说明自然界并非左右对称的,正象人们的左右手一样,因此不难理解 DNA 分子的双螺旋结构。黄金分割是自然界中的一种奇妙的性质,物体的很多物理性质、筛选法等与黄金分割存在着密切的联系,黄金分割是对称的相对性与绝对性原理的表现形式,黄金分割点不在中心是对称的相对性,黄金分割点有两个并且关于中点对称,是对称的绝对性。黄金分割可能是对称的相对性与绝对性的数学表示形式。经济生活中信息的不对称性在大量情况下发生,例如银行没有关于被贷款人今后收入的完全信息;企业主作为经营者不可能有关于成本和竞争条件的详尽的信息;保险公司不可能完全觉察到对于被保险的财产和对于影响赔偿风险的外部事件的政策制定者的责任;被拍卖人没有有关潜在的买主支付愿望的完全信息;政府需要在对个体公民的收入不很了解的情况下制定所有税制度;等等。

由于自然界存在完全对称和不完全对称,当我们通过各种办法使不完全对称的现象被平衡和补偿起来而达到完全对称时,我们对自然的认识就前进一步,从而才能进一步改造自然。这也就是科学理论研究的目的。对称美给人以匀称、均衡、连贯、流畅的感受,因而体现着一种娴静、稳重、庄严,但却也显得有些平淡、单调、缺乏生机和妙趣横生,这是因为对称性并没有包揽美的全部。人们发现,美除了对称之外,还需要蜿蜒曲折、错落有致、此起彼伏,美是对称与不对称结合的表现。

### 3、数学理论的相对性与绝对性

1900 年巴黎数学家会议上,希尔伯特遵从“世界上没有不可知”,“人类理性提出的问题人类理性一定能够回答”的哲学信念,提出 23 个问题数学问题,其中的第二个问题就是建立整个数学的一致性(即无矛盾性或称协调性),20 年代希尔伯特本人曾提出了一个使用有穷方法建立实数和分析的一致性的方案,称为希尔伯特元数学方案。所谓有穷方法,粗略地说就是一套可操作的形式化程序,依照这样的程序可以一步一步地在有穷步骤内得到确切结果。

1930 年哥德尔开始沿着希尔伯特方案的路线着手解决希尔伯特第二问,不完全性定理正是解决第二问题所得的结果。哥德尔最初是想寻此方案首先建立算术理论的一致性,然后再建立相对于算术而言实数理论的一致性,但出乎意外的是,他得到了与希尔伯特预期完全相反的结果,最终证明了形式算术系统的一致性不能用有穷手段证明。哥德尔首先用一阶谓词逻辑的形式语言陈述皮亚诺算术的五条公理,同时将所形成的算术形式系统记为 PA,在发表于 1931 年的论文《论《数学原理》及有关系统中的形式不可判定命题 I》中,证明了如下两个重要结果:哥德尔第一不完全性定理:如果 PA 是一致的,则存在 PA 命题 P, P 在 PA 中不可证;如果 PA 是  $\omega$ -一致的,则 P 的否定  $\neg P$  在 PA 中不可证(1936 年罗塞尔(J. B. Rosser)证明可以将条件“ $\omega$ -一致”改为“一致”),即系统 PA 是不完全的,这样的 P 称为不可判定命题(即命题和命题的否定都不是系统的定理)。哥德尔第二不完全性定理:如果算术形式系统 PA 是一致的,则不可能在系统 PA 内部证明其一致性。哥德尔的两个不完全性定理可以更一般地表述为:哥德尔第一不完全性定理:任何足以展开初等数论的数学形式系统,如果是一致的,就是不完全的,即其中必定存在不可判定命题;哥德尔第二不完全性定理:任何足以展开初等数论的数学形式系统,如果是一致的,其一致性在系统内不可证。第二不完全性定理的另一种形式:任何足够丰富的数学形式系统,如果是一致的,那么它不能证明表达它自身一致性的命题是定理。哥德尔证明第一不完全性定理的思路是,先在形式系统中构造一个命题 P,这个命题形如“P 在系统中不可证”,进而指出,这个命题 P 和它的否定  $\neg P$  都不是系统的定理,即这个命题在系统中是不可判定的。依照经典逻辑,任何一个命题,或者为真,或者为假,二者必居其一,二者只居其一,即命题和命题的否定必有一真,因此,系统中存在不可判定命题,就意味着系统中存在真的但不可证的命题。事实上,哥德尔构造的命题 P 身就是一个真的但在系统中不可证的命题。哥德尔证明第二不完全性定理的思路是,既然有事实,如果系统 PA 是一致的,则 P 在系统 PA 中不可证,那么表达这个事实的论证可以在系统 PA 中形式化。例如,“系统 PA 是一致的”可以表示为  $\text{Con}(PA)$ ,同时把“P 在系统 PA 中不可证”就用 P 表示,相应论证就表示成:  $\vdash \text{Con}(PA) \rightarrow P$  根据前述,如果  $\text{Con}(PA)$  可证,则有  $\vdash P$  即 P 在系统 PA 中可证。这显然与第一不完全性定律相矛盾。哥德尔定理第一次向世人澄清了“真”与“可证”概念的本质区别。由于一个命题在一个形式系统中可证,就意味着遵循推理规则,能够一步接着一部地在有穷步骤内完成证明过程。但哥德尔指出,即使限制在皮亚诺算术这样狭小的数学范围内,要想用形式化的有穷手段证明它的无矛盾性这一真理都是不可能的。换句话说,任何丰富到足以展开初等数论的形式系统,至少会遗漏一个数学真理,数学形式系统不能囊括所有的数学真理。那么,能不能添加更强的公理扩充原有的系统穷

尽所有的数学真理呢？哥德尔说，不行！因为，对于新扩充的系统还会有新的数学真命题在其中不可证，……继续扩充，情形依然如此。实际上，除非你把这种扩张过程持续到超穷，否则这种系统连最简单的算术真理都不能穷尽。哥德尔本人谈及定理证明过程时曾说过，“我在数论形式系统中构造不可判定命题的启发性原则是将可证性和相对应的高度超穷的客观数学真理概念相区分”。看来，可证数学命题和数学真理之间永远隔着一个超穷距离，仅仅使用有穷方法甚至没有希望逼近它。正如哥德尔所说，“数学不仅是不完全的，还是不可完全的”，这一点也恰是哥德尔定理最深刻的哲学义蕴。<sup>3</sup> 哥德尔定理在不同语境下的版本显然，哥德尔定理与数学家的最初期望相去甚远，因为，一方面人们期望数学形式系统囊括所有数学真理，一方面又分明知道总有数学真理不可证；一方面经验和直觉告诉人们数学是一致的不含矛盾的，理性又教导人们数学不能证明它自身的一致性。因此，定理发现之后，人们不得不重新调整自己的思维方式。著名数学家外尔（H. Weyl）当时曾就此感慨到，“上帝是存在的，因为数学无疑是一致的；魔鬼也是存在的，因为我们不能证明这种一致性。”这段话形象地道出了当时处于两难境遇的数学家的困惑。甚至有人把哥德尔定理的意义进一步引申：宇宙给了我们一种选择，就人类认知而言，我们要么拥有一本正确的但却是极不完整的小书，要么拥有一本完整的但缺乏内在和谐的大书，我们可以选择完整也可以选择和谐，但鱼和熊掌不可得兼。在我们看来，这些说法不过是哥德尔定理带给人们的某些启示，事实上，哥德尔定理自图灵机概念诞生之后更加凸现其深刻和意义深远。

#### 4、对称与对称破缺

李政道教授说：我先讲一下“对称”与“不对称”。为什么我们相信对称，而我们生活的世界充满了不对称，这个矛盾怎样理解？有一个理解方法，就是最多的非对称的可能性是与完全的对称一样的，就是完全的对称会产生最多的非对称。这个提法，看来好像矛盾。（引自《物理学的挑战》）科学哲学是研究怎样证实科学的角度开始的，后来又转入到科学理论的合理性的问题。科学哲学从罗素与维特根斯坦开始，又经过了波普尔、奎因、库恩、拉卡托斯、夏佩尔、劳丹等人到现在，渐渐地认识到科学理论作为“精神客体”，也像生物世界一样，是不断进化的有内部结构的“有机整体”，科学理论也有其“基因”，也有其进化过程的“继承”与“变异”情况等。对称性反映不同物质形态在运动中的共性，而对称性的破坏才使得它们显示出各自的特性。物质世界的有序性，本源于自然能态的无序性。有序性是相对的、暂时的、从属的；无序是绝对的、永恒的、自在的。经典物理学是以“守恒律”构建理论，现代物理已发现物理学的“属性”是不守恒的；然而，现代理论的方法论却依然用数学。

在科学中，对称性是指某种操作下的不变性或者守恒性，对称性常与守恒定律相联系。与空间平移不变性对应的是动量守恒定律；与时间平移不变性对应的是能量守恒定律；与转动变换不变性对应的是角动量守恒；与空间反射（镜像）操作不变性对应的是宇称守恒。在弱相互作用中，“宇称”不守恒，自然界在 C 或 P 下不是对称的，在 CP 下也不是对称的，但却是 CPT 对称的。这里 C 表示电荷变号操作，相当于反转变换，如由底片洗出照片，电子变正电子，物质变反物质；P 表示镜像反射操作，如人照镜子；T 表示时间反演操作，如微观可逆过程。也就是说，当同时把粒子与反粒子互变（C）、左与右互变（P）、过去与未来互变（T），自然界又是对称的。

严格地说“对称破缺”实际应该叫“对称隐藏”，因为不是对称缺失了，而是“隐藏”起来了。过去电流下的磁针被认为违背左右手对称，但一当磁针的电流环本质被认识到，这个左右手对称性就恢复了。决定磁体内铁原子和磁场的方程，关于空间的方向是完全对称的，但实际永磁铁的磁场方向是确定的，对称似乎是缺失了。但我们把磁铁加热到 770 度时，永磁铁的磁场方向就会恢复“原有”的对称性。

假如有什么微小生物生活在常温的永磁铁的磁场中，它们感受到的“磁空间”是不对称的，需要很高的科技水平，才能发现它们的“磁空间”原来是对称的，只是这种对称性“隐藏”起来了。

关于对称性的问题，李政道在中科院建院 50 周年纪念会上讲了下面一段十分精彩的话：“我先讲一下‘对称’与‘不对称’。为什么我们相信对称，而我们生活的世界充满了不对称，这个矛盾怎样理解？有一个理解方法，就是最多的非对称的可能性是与完全的对称一样的，就是完全的对称会产生最多的非对称。这个提法，看来好像矛盾，但它不但不矛盾，很可能宇宙就是如此。举个简单的棍子弯曲的例子。对棍子施以压力，当压力小时，棍子就被压缩，压力增大，超过一个极限，就弯曲，该极限由欧拉方程式决定，早在 300 多年前欧拉就给出了解。可以用这个例子来解释对称和非对称的关系。假如棍子截面是圆的，圆截面是最完全的对称，而棍子可以向各个方向弯曲，可能弯曲的方向无穷多，每一个弯曲都是不对称的。圆表示最对称，可是截面是圆的棍子弯曲时，它有无穷多的非对称的弯曲可能性。假如棍子的截面是长方形，它只有两个方向可以弯曲，如果是半月形截面，那只有一个方向可以弯曲。所以非对称的可能性与本质的对称有密切关系，本质越对称，非对称的可能现象就越多，由此对称和非对称可以联系起来。再进一步讨论，假如棍子弯曲了，

已经是非对称了，不切开棍子的截面，怎样可以知道它的截面是否为圆。如果棍子的截面是圆的，它可以向任意方向弯曲，朝任意方向弯曲的能量相同，推一下棍子，它可以转变到另外的方向，这不需要能量，是可以测量的。对称的圆棍子能产生最多的不对称弯曲的可能性，而且，不同的不对称的弯曲方向可以通过转动连接起来。所以，在不对称的位置，测量有没有不需要能量就可以激发这些的态，假如有，就可以知道截面的形状。显然不同的不对称态是同一个能量级的，可以把这些能级归到一个新的能带，叫作戈德斯通玻色子。所以，在不对称的形态下可以推出本来是是否对称。“上述例子对于粒子物理有什么意义呢？粒子物理不是棍子，什么态类似于棍子，是真空。真空的物理定义也许应该是对称的，可是物理的世界是不对称的，物理的真空很可能也是不对称的。这也就解释了当前的几个重大问题。即为什么理论是对称的，而实验不对称。基本粒子并不代表所有的宇宙，基本粒子是在物理的真空界之内的，物理的真空很可能不对称，可以激发。真空是一个没有物质的态，可是，因为作用可以通过真空，所以真空的能量可以有涨落，真空由此很复杂，像超导体，可以有相变。也许可以破坏 CP（正负粒子的对称与左右的对称）守恒与时间对过去和未来的对称性。激发真空是目前物理学研究的重要内容，美国布鲁克黑文国家实验室刚刚完成的相对论性重离子对撞机（RHIC）就是用来激发真空的，这台加速器投资 10 亿美元，它能够把金的每一个核子能量提高到 1011 电子伏，整个金核的能量达到 20 万亿电子伏。它的目的是让两个高能金核对撞。由于能量很高，金核可以互相穿透再分离，但是将相互穿透的空间的真空改变了，这个改变可以延续一个短时间，由此可以研究真空在这短时期中是怎样改变的。预测在这个真空中可以有自由夸克，而且它们可以凝聚，这是很热门的问题。RHIC 刚刚建成，2000 年开始做实验，探测器已经完成，要研究真空怎么改变。假如我们能够改造真空，很可能也会了解一些宇宙开始时的情形，这就联系到 21 世纪物理学的前景。要了解 21 世纪的物理学前景，就要面向现有的几个重大问题，其中之一就是为什么夸克不能单独存在。主因是真空跟超导体相似，现有的真空把夸克禁闭起来了。2000 年可以开始进行改造真空的实验。”

具有对称性的物理规律，在数学上常常表现为运动方程和拉格朗日量对一定的数学变换具有不变性。更广义的对称原理可以包含相对性原理(各参照系间对称),等价原理(各等价量间对称),二者相应于置换群。对称原理包括牛顿第三定律(作用力和反作用力)对称,化学元素周期表,及各种平衡,均匀性,同一性,对易性和统一性,甚至相似性等。中国科学院资深院士沈致远说过：“完全的对称和完全的不对称都不美，美是在对称与破缺恰当地搭配下面浑然天成的才是美，也就是说两个极端都不美，美是在两个极端的某一个地方。”

### 5、对称的绝对性与相对性原理与 CPT 联合对称

现代物理学认为任何服从相对论和量子力学的理论必须服从 CPT 联合对称。换言之，如果同时用反粒子来置换粒子，去镜像和时间反演，则宇宙的行为必须是一样的。克罗宁和费兹指出，如果仅仅用反粒子来取代粒子，并且采用镜像，但不反演时间方向，则宇宙的行为不保持不变。所以物理学定律在时间方向颠倒的情况下必须改变——它们不服从 T 对称。这些都说明了对称的相对性与绝对性原理的正确。

首先被打破的是 P 守恒。1956 年前后，在对最轻的奇异粒子衰变过程的研究中遇到了所谓“ $\theta$ - $\tau$  疑难”。1956 年李政道和杨振宁分析了与  $\theta$ - $\tau$  疑难有关的全部实验和理论工作之后指出，这个疑难的关键在于认为在微观粒子的运动过程中宇称是守恒的。他们指出，在强相互作用和电磁相互作用过程中宇称守恒是得到了实验的判定性检验的，但是在弱相互作用过程中宇称守恒并没有得到实验的判定性检验。李政道和杨振宁提出，这个疑难产生的原因在于弱相互作用过程中宇称可以不守恒。他们进一步建议可以通过钴 60 的衰变实验来对这一点进行判定性检验。1957 年吴健雄等精确地进行了这个实验，证实了他们的理论。P 宇称在强相互作用和电磁相互作用过程中是守恒的，但是在弱相互作用过程中不守恒。但是当时认为，即使在弱相互作用中，在正反粒子变换（C）和空间反射（P）变换两个变换联合变换（即 CP 变换）时，物理规律仍然是不变的。1964 年，芝加哥大学的克罗宁（James W. Cronin, 1931-）和美国新泽西州普林斯顿大学的菲奇（Val L. Fitch, 1923-）及合作者克里斯坦森（James H. Christenson）和特莱（Rene Turley）在美国布鲁克海文国家实验室做的实验首先发现弱相互作用中两起破坏 CP 守恒（CP violation）的事例。他们用这个实验室的交变梯度同步加速器，从加速器射出的能量为 30GeV 的质子束轰击铍靶，他们研究中性 K-介子衰变，观测结果发现 CP 守恒破坏。进一步的研究表明，弱相互作用中 CP 破坏的部分只占千分之二。以后 CP 破坏在 K-介子衰变还观测到，但是直到 2001 年才在另外一个粒子（B 介子）中观测到。这是在斯坦福大学线性加速器的 BaBar 探测器做出来的（美国、英国、德国、加拿大、中国、俄国、法国、意大利、挪威九个国家，73 个机构，600 多个人，一千二百吨重）。B 介子和反 B 介子比质子重 5 倍，瞬间存在（ $10^{-12}$  秒），BaBar 上观测到了 B 介子和反 B 介子的差别。费米实验室、日本国家高能加速研究实验室也有类似发现。为什么在弱相互作用中会有 CP 破坏，为什么 CP 破坏的部分只占千分之二，CP 破坏的机理，是现代物理研究的重要课题之一。还有一个更联合的守恒：CPT 守恒，即在正反粒子变换、空间反射变换、时间反演变换的

联合作用之下，满足因果关系和自旋统计关系的点粒子的运动规律是不变的。

在微观粒子的弱相互作用中，空间反演不变，时间反演不变和正负电荷反演不变不再成立。杨振宁（C. N. Yang）讲：“宇称不守恒难以发现的原因有三个方面。第一，一般认为几何的对称是无条件的、绝对的，原子、分子和核物理中的空间—时间对称的精确性使这一观念更加强。第二，宇称选择规则，在核物理中同在原子物理学中一样，也起着很好的作用。在核能级标定、核反应和 $\beta$ 衰变中借助于宇称选择原则成功地分析了几百个实验。因此在过去如此广泛详尽的经验面前要人们接受宇称失效是困难的。第三，宇称仅在弱相互作用中不守恒的观念当时尚未诞生。”这段话充分说明了对称的绝对性与相对性原理的正确性，因为根据诺特定理宇称不守恒意味着镜像不对称。美国人詹姆斯·克罗宁和瓦尔·菲奇又发现K介子衰变过程违背宇称和电荷联合对称法则。对称、破缺与美的关系从信息观点看就是：形象所包含的信息太多或太少都不美，对称减少信息，破缺增加信息。巧妙地搭配二者，恰到好处就是美。例如连续对称的自发破缺伴随出现Goldstone粒子，零质量的规范场量子“吃”掉了场量子而带有质量，即Higgs场，因入的非阿贝尔规范场在理论上成功地解决了规范场量子的质量问题、重正化问题，而且在此基础上统一了弱相互作用和电磁相互作用，解释了电磁作用的长程性和弱相互作用的短程性，但是Higgs粒子尚未观察到，目前建造更大的加速器的主要目的就是为了发现Higgs粒子。由于时间、宇称和电荷作为一个整体被认为应该守恒，物理学家们曾猜想说，时间在特定情况下会违背对称性。欧洲核子中心的成果首次证实了这一猜想。

## 6、对称的绝对性与相对性原理在相对论中的表现形式

Einstein 对于对称性思想方法所作的贡献是众所周知的，根据广义协变性原理，相对任何一种坐标系，物理学的基本定律都具有相同的形式，一切参照系都是平等的。Einstein 讲：“我们能否建立起一种在所有的坐标系中都有效的名副其实的相对论的物理学呢？事实上，这是可能的！我们可以把自然定律应用到任何一个坐标系中去。于是，在科学早期的 C. Ptolemaeus 和 Copernicus 观点之间的激烈斗争，也就变成毫无意义了。我们应用任何一个坐标系都一样。”“太阳静止，地球在运动”或“地球静止，太阳在运动”两句话，便只是对两个不同的坐标系的两种不同的习惯说法而已”。根据广义相对论，地球和太阳都在沿着自己的短程线运动，地球围绕太阳转与太阳围绕地球转都不是绝对的，由于太阳的引力质量大，才出现地球围绕太阳转的现象，而且并非标准椭圆轨道。在引力场中自由粒子的运动轨迹只与其初始条件有关而与其引力质量无关，这与稳定的理想约束系统中“自由粒子”沿测地线运动非常相似。

**相对性原理认为物理定律对任何参考系都成立，这是对称的绝对性的表现形式；但是对不同的参考系测得的物理量的数值不同，这是对称的相对性的表现形式。对称是相对的又是绝对的，这要看考虑的对象的范围。**广义相对论的一切参考系都等价，没有排除有些参照系描写自然更加简单方便，在广义相对论中的一个非常有用的工具，即阿什特卡的“新变量”也是左右不对称的。Einstein 的引力方程左边包含  $R_{\mu\nu}$ ，右边包含  $T_{\mu\nu}$ 。他认为方程的左边很美妙，像是金子做的，右边不好，像是泥做的。他要把右边物质的贡献也变成几何的东西搬到方程的左边去。

爱因斯坦未能完全理解统一性的绝对性与相对性之间的辩证关系，因而在具体研究中过分强调和追求某种“绝对统一”的理论体系。爱因斯坦试图从一个最抽象场方程出发为整个物理学大厦建造一个包罗万象基础的“宏伟”目标耗费了其整个后半生。探索中屡遭挫折使爱因斯坦不得不承认，至今还没有可能用一个无所不包的统一概念，来取代牛顿的宇宙统一范畴。但他始终坚信，挫折和失败仅仅是其个人的，而统一场论目标本身是毫无问题的。对此，许多同时代物理学家则不以为然。他们认为，要用连续性的场彻底统一间断性的原子现象是不可能的，把统一场论绝对化是缺乏现实性的。耗散结构理论创始人普里高津就曾深刻地批评道：“这种寻找普遍图式的企图确实有过富有戏剧性的似乎接近成功的时刻。提到这种时刻，人们会想起波尔对原子模型的表述，他把物质归结为电子和质子组成的简单行星系统。另一次大的振动人心时刻发生在爱因斯坦想把物理学一切定律都压缩到一个‘统一场论’中的时刻，这个巨大梦想今天已经破灭了。无论向哪看去，都是进化、多样化和不稳定的。无论在基本粒子领域中，在生物学中，还是在天体物理学中，都是这样的。”著名物理学家邦迪对这种违反辩证法精神的绝对统一性信念的批评也是一针见血、精辟透彻的：“今天还有些人企图发现能回答一切的‘世界方程’。针对这种趋势提出许多反对意见之一是：能够回答一切的方程什么也回答不了，因为如果在这个千变万化的世界里看到的形形色色事情都能从一个方程里涌现出来，那么从方程到所观测到的事物之间所经过的路程必然是长得可怕，因此很难处理。”

## 7、对称的绝对性与相对性原理在基本粒子理论中的表现形式

### (1) 波色子与费米子

粒子按其高密度或低温度时集体行为的不同可以分成两大类：一类是费米子，得名于意大利物理学家费米，另一类是玻色子，得名于印度物理学家玻色。区分这两类粒子的重要特征是自旋。自旋是粒子的一种

与其角动量（粗略地讲，就是半径与转动速度的乘积）相联系的固有性质。量子力学所揭示的一个重要之点是，自旋是量子化的，这就是说，它只能取普朗克常数的整数倍（玻色子，如光子等）或半整数倍（费米子，如电子、质子等）。

费米子和玻色子遵循完全不同的统计规律。前者遵循的费米-狄拉克统计，其中一个显著和特点，就是1925年瑞士科学家泡利发现的“泡利不相容原理”，即在一个费米子系统中，绝不可能存在两个或两个以上在电荷、动量和自旋朝向等方面完全相同的费米子。这就像电影院里的座位，每座只能容纳一个人。而玻色子则完全不同，一个量子态可以容纳无穷多个玻色子。因此，也只有玻色子才可能出现玻色-爱因斯坦凝聚现象。

例如，锂的两种同位素锂6和锂7分别为费米子和玻色子。图片分别显示在810、510和240nm时锂6和锂7原子气和原子云照片。我们可以看到，锂7（左），随着温度的降低所占的尺寸变小，也就是发生了凝聚，而锂6（右）的尺寸则保持稳定，不发生凝聚。这是因为泡利不相容原理的限制，使两个费米子不可能在同一时间占据同一个空间。正因如此，白矮星最终只能在引力作用下坍塌到一个极限尺寸而不再进一步缩小。

玻色子包括：胶子 - 强相互作用的媒介粒子，自旋为1，有8种；光子 - 电磁相互作用的媒介粒子，自旋为1，只有1种。这些基本粒子在宇宙中的“用途”可以这样表述：构成实物的粒子（轻子和重子）和传递作用力的粒子（光子、介子、胶子、W和Z玻色子）。在这样一个量子世界里，所有的成员都有标定各自基本特性的四种量子属性：质量、能量、磁矩和自旋。

在量子力学中，把相同粒子（引力质量、电磁质量（后面分析电磁质量不是引力质量的一部分）、自旋等内禀性质完全相同的粒子，如n个电子、n个质子等）构成的系统，称为全同粒子系统。全同粒子系统的波函数和单粒子波函数类似，是各个粒子的坐标和自旋分量的函数。**Pauli不相容原理是对称的相对性的表现形式，而粒子的全同系统原理是对称的绝对性的表现形式。**

物质与反物质既是对称的，又是不对称的——在自然界里物质比反物质多得多。把物质的贡献几何化就需要把费米子和玻色子变得比较统一起来，而费米子和玻色子在现有理论中还是不对称的。除规范理论和引力外，弦论还可以导出超对称，这是一种玻色子与费米子之间的对称性。

物理世界中已经有大量实例证明，可以使费米子具有玻色子的行为，例如在超导与超流的实验中让费米子配对后就能使它具有玻色子的行为特征。**这是对称的绝对性的表现形式。**关于正负电荷的对称性（electric charge 共轭不变性），用C表示 electric charge 共轭变换。Dirac的假说导致了在所有情形中正电和负电在本质上的等价性，但是在弱相互作用中没有观测到 electric charge 共轭不变（后面将提出弱相互作用是万有引力的反作用力，与 electric charge 共轭变换无关）。**现代科学发现了 electric charge 共轭不对称性，electric charge 共轭不对称是对称的相对性的表现形式。**

**基本粒子分为玻色子和费米子体现了对称的绝对性，费米子和玻色子遵循完全不同的统计规律，表现了对称的相对性，这些充分说明了对称的相对性与绝对性原理在基本粒子理论中是正确的。**

## 2、电子与正电子

1932年8月2日，美国加州理工学院的安德森等人向全世界庄严宣告，他们发现了正电子。正电子的发现是利用云雾室来观测到的。在云雾室中充入过饱和的乙醚C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>O，当物质放射出正电子时，正电子穿过云雾室，在正电子运行轨道中出现液滴线。他发现，宇宙射线进入云雾室穿过铅板（6毫米）后，轨迹确实发生了弯曲，而且，在高速宇宙射线穿过铅板时，有一个粒子的轨迹和电子的轨迹完全一样但是弯曲的方向却“错”了。这就是说，这种前所未有的粒子与电子的质量相同，但电荷却相反，而这恰好是狄拉克所预言的反电子。

在正电子运行轨道中出现液滴线，通过外加磁场测量正电子的偏转方向及半径就可以知道它的带电符号及荷质比从而确定正电子的性质。

## 第三编 有限与无限

### 1、有限与无限

有限和无限是辩证法的一对范畴，数学家希尔伯特说：“数学是研究无穷的科学。无穷是一个永恒的谜，没有任何问题可以像无穷那样深深地触动人的情感，很少有别的观念能像无穷那样激励理智产生富有成果的思想，然而也没有任何其他的概念能向无穷那样需要加以阐明。”，Einstein讲：“有限与无限的问题是数学中最有趣而又最复杂的问题。”无限与有限有本质的不同，但二者又有联系，无限是有限的有限的发展。无限个数的和不是一般的代数和，把它定义为“部分和”的极限，就是借助于极限的思想方法，从有限来认识无限的。有限是指与其他事物相对，因而受其他事物影响或规定，即有条件的东西；无限是指不与任何其他事物相对，

因而也不受任何其他事物影响或规定的东西。对于有限和无限不能仅从数量方面来理解。有限的东西固然有其确定的数量规定，但这只是有限性的表现形式之一；它所固有的质，才决定了它是它自身而不是他物，同时也就构成对它自身和他物的一种限制。无限作为对有限的超越或否定，实质上是对一切质的和量的规定及其关系不断扬弃的过程。这种绝对的认识有一个重大的障碍。正如可认识的物质的无限性，是由纯粹有限的东西所组成一样，绝对地进行认识的思维的无限性，是由无限多的有限的人脑所组成的，而人脑是一个挨一个地和一个跟一个地从事这种无限的认识，常做实践上的和理论上的蠢事，从歪曲的、片面的、错误的前提出发，循着错误的、弯曲的、不可靠的途径行进，往往当真理碰到鼻尖上的时候还是没有得到真理（普利斯特利）。在数学的学习和研究中，几乎在每一个部分，都有无限性的问题。数学研究所问题中所涉及到的量，总要有有限和无限的情况。

人们对于无穷的认识基本上可以分为两种：一种是潜无穷，一种是实无穷。例如德谟克里特认为原子是无穷小的，并且这种无穷小是完成了的无穷小，因为原子本身是不能再分的。这就是一种实无穷的观点。柏拉图（BC427 - 347）从他的理念世界观点出发，数学对象在他那里获得了一种本体论意义上的实在性，无穷当然也不例外。所以柏拉图也是实无穷论者。历史上第一次明确区分了潜无穷和实无穷的是亚里士多德。与柏拉图相反，亚里士多德坚持认为只有潜无穷，而没有实无穷。他认为：无穷只能是一种潜在的存在，而不能是一种实在的存在。并且所谓无穷是一种潜在的存在，意思不是说它会在什么时候现实地具有独立的存在。它的潜在的存在只是对知识而言。因为分割过程永远不会告终；这个事实保证了这种活动存在的潜在性，但并不能保证无穷独立的存在。

与西方无穷观诞生、发展的轨迹相似，我国古代对于无穷的观点也同样分为潜无穷和实无穷两种。我国早在先秦时期，关于无穷的观点就诞生了。在先秦典籍《尚书》中，就使用了无穷一词：“公其惟时成周，建无穷之基，亦有无穷之闻。”这一时期的惠施提出了著名的“历物十事”，即关于天地万物的十个命题。其中有一个命题是：“至大无外，谓之大一；至小无内，谓之小一。”大意是说：在包含天地万物的那个称为“大一”的无穷大之外别无他物；在构成天地万物的那个称为“小一”的无穷小之内不可再分。大可以达到完全，小可以达到极至，这里显然包含了典型的实无穷思想。同一时期的辩者们提出了著名的“辩者二十一事”，即辩论的二十一个命题。其中有一个命题为：“一尺之捶，日取其半，万世不竭。”大意是：一个一尺长的木杖，今天取其一半，明天取其一半的一半，后天取其一半的一半的一半，如此进行下去，尽管木杖越来越短，但是永远也不会取完。这里显然包含了典型的潜无穷思想。实无穷论者认为，无穷是一个现实的、完成的、存在的整体。潜无穷论者认为，无穷并不是已完成的，而是就其发展来说是无穷的，无穷只是潜在的。但是，从历史的观点看，不同的学者对无穷有各自不同的理解，即使同为实无穷论者抑或同为潜无穷论者。

## 2、有限和无限的相对性与绝对性

由于人类认识的有限性，宇宙又是无限的，因而人们总是有有限的量来表示无限的结果。下面就这样的问题，介绍几个实例。1. 实数的有限性与无限性。我们知道实数，可以无限小，也可以无限大；而我们研究所用的是具体的有限的一些数，来表示我们所研究的东西。2. 直线的无限性和线段的有限性。在几何学里，总能提到线段和直线，而往往我们有限的线（近似地看成线段）来表示无线的直线。3. 理想平面的无限性和具体平面的有限性（平行四边形表示）。在立体几何中，理想的平面是画不出来的，只能靠想象和感觉来把握，而具体的平面，则在生活实际中，司空见惯，俯首可拾。

无限和有限是辩证的统一，两者之间既是普遍和特殊的关系，又是整体和部分的关系。从前一种意义上讲，无限就是无条件地存在于一切个别之中的普遍的东西，以有限为其存在形式；从后一种意义上讲，无限由有限所组成，是一切有限的东西的集合或整体。无限不是感性地存在着的东西，不能感性地把握，而只能经由个别上升到特殊，再有特殊上升到普遍的途径来把握。【1】例如每一个有限集合都不等价于其任意一个部分（真子集），而每一个无穷集合都等价于其某一个部分（真子集）。数学分析正是运用有限来认识无限的问题，其中极限是运用无限逼近的方式来研究数量的变化趋势的。实数集是无限的，但是根据实数的有限覆盖定理，可以用有限个区间覆盖。有限和无限的分析有其内在的逻辑，有限可以无限去分，有限是由无限组成的；而无限是由有限无限积累而得，无限是由有限组成的。

不同的时代，由于人们认识的不同，基本粒子家族的内容在不断地演变。希腊泰勒斯提出“水为万物之本”；亚里士多得认为水、火、空气，土是构成物质的基本元素；约公元前460年～前370年的德谟克利特，继承和发展了生活于公元前500年前后的留基伯的原子论，坚持物质构成的原子是最小的、不可分割的物质粒子；周代，我们的祖先就提出了五行说，即认为万物是由金、木、水、火、土五种物质原料构成；《周易》中有“太极生两仪，两仪成四象，四象生八卦”的哲学思想。太极即世界的本源，两仪是天地，四象是春、夏、秋、冬四季，八卦是天、地、雷、风、水、火、山、泽，由它们衍生出世界万物；战国时的老子说：“道

生一、一生二、二生三、三生万物”；汉代则出现了天地万物由“元气”组成的哲学观点；650年，牛顿曾说：“依我看，有可能一开始上帝就以实心的、有质量的、坚硬的、不可分割的、可活动的粒子来创造物质，它有大小和外形以及其它属性，并占据一定质量……”1660年，英国科学家R.玻意耳提出化学元素的概念；1741年，罗蒙诺索夫《数学化学原理》：“一切物质都是由极微小的和感觉不到的粒子组成，这些粒子在物理上是不可分的，并且有相互结合能力，物质的性质就取决于这些微粒的性质。”1789年，英国息今斯《燃素说及反燃素说的比较研究》，提出粒子彼此相互化合的设想。1844年，道尔顿学说：（1）元素是由非常微小、不可再分的微粒即原子组成的，原子在化学变化中也不能再分割，并保持自己独特的性质。（2）同一元素所有原子的质量完全相同，不同种元素原子性质和质量各不相同。原子的质量是每一种元素基本特征。（3）不同元素化合时，原子以简单整数比结合。化合物的原子叫“复杂原子”。复杂原子的质量等于它的组分原子质量之和。

亚里斯多德认为物质是连续的，按这种推理，人们永远不可能得到一个不可再分割下去的最小颗粒。这也是无终结观的鼻祖。这种无终结观在我国古代就很有名，例如《庄子·天下》篇中的“一尺之捶，日取其半，万世不竭”这个论断，延续到了新中国，也成了放之四海而皆可以的哲学。但在西方，以1905年Einstein用液体中的布朗运动说明原子的存在，使球量子有限可分与无限可分之争，才告一个段落。例如，高斯在给舒马赫的著名信件中就以十分坚定的口气表明了他对无穷的见解：“我反对把无穷量当作一种完成了实体来使用，这在数学中是绝对不允许的。无穷不过是谈及极限时的一种说话方式而已。”

美国数学家丹奇克(T Dantzig)指出：“无穷的概念既不是实验的天然物，也不是逻辑的必然物；而是数学的必然物。头脑知道它能想像出一种可能的动作的无限次重复，我们对头脑的能力的这种肯定也许是一种纯粹的幻想，然而它却是一种方便的、从而就是必要的幻想了。”美国数学家莫里斯·克莱因说：“从亚里士多德起，数学家们就能区分实无穷与潜无穷。比如说，地球的年龄，如果有人认为它是在某个确定时间创生的，它的年龄就是潜无穷。因为无论什么时候，它虽然有限，却在持续增长。所有(正)整数的集合也可以被看作是潜无穷的。因为，即使一个人数到了一百万，他还可以考虑再加一、加二，等等。然而，如果地球在过去是一直存在的话，则任何时刻其年龄都是实无穷的。同样，所有整数的集合被当作一个整体时是实无穷的。”以色列数学家马奥尔(Eli Maor)认为“前者(潜无穷)涉及的过程可被一次又一次地重复，但是它在任何给定的阶段所包含的重复次数仍然是有限的。自然数1,2,3, …的集合是潜无穷的，因为每一个自然数都有一个后继者，然而在计数过程的每一个阶段——无论这个阶段进展到何种程度，我们遇见的元素的数目仍然是有限的。从另一方面讲，实无穷涉及到的过程在每个阶段上已经得到了无穷多次重复。整数集在按照其‘自然’顺序：……, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, …排列时，就包含一个实无穷集，因为在每一个阶段都已经有了无穷多个整数出现。”

#### 参考文献：

【1】邢贲思 主编。《哲学小百科》 中国青年出版社 1984年10月。

### 3、物理学中的有限与无限的问题

客观实际给人们感受到的大自然的一切都是有限的。物理学立足于实验，实验得来的数据都是有限的。物理学是研究自然基本规律定量关系的自然科学，因此和数学有着十分密切的关系。数学量可从零连续变到无限。牛顿为了精确表述物理量的变化用了“无限小”的概念。例如在变速运动中定义即时速度为在某一时刻前进的无限小距离与相应无限小时间之比，无限小与无限小之比为有限值。这是速度的微分表述。从即时速度对时间积分可求出实际运动路线。这里所谓积分实质上就是把有限时间分成无限多个无限小时间微分，再用这无限多个时间微分去乘即时速度得无限多个无限小路径，这无限大乘无限小可得一有限数。有限数究竟等于多少由变化的趋势决定。由此可见牛顿力学将物理量表述为微分形式，物理量之间的关系表述为微分方程，再用解微分方程即用积分求出结果。出发于有限巧妙地应用无限大与无限小的运算回到有限。由此可见，牛顿定义的物理量是和数学量一样的可以趋向无限大、无限小，也可以等于绝对的零而化为乌有。因此牛顿定义的用以描述相互作用的“力”是有精确作用点和能瞬时超距传播的。这意味着物体可小到无限小成为质点，速度可大到无限大形成瞬时传播。速度可等于绝对的零而化为乌有，因而存在绝对静止。牛顿力学的空间是线性平坦无限的欧氏空间。牛顿称之为绝对空间，并认为绝对空间是绝对静止的。牛顿还定义了数学抽象的绝对时间。

牛顿力学的最根本观点是时间空间和物质互无关联相互独立。这观点既符合一般常识观点又便于应用线性数学。地上物体天上行星运动属于宏观物体低速(不足光速的万分之一)相对运动，牛顿力学在这范围内与实验十分符合。因此具有巨大的实用价值。这使得当时人们认为物理理论就是基本假设加数学模型，而把牛顿的基本假设就当成是普遍的自然基本规律。牛顿也自称其力学理论为“自然哲学之数学原理”。

牛顿认为物理量是连续可分的，因此物体的体积可小到无限小成为质点。实际的物体都不是质点。于是认为物体是由质点组成的。若质点的相对位置固定不变就成为刚体。这在数学观点看来是一个严格有意义的假设条件，但从物理观点看来是不能成立的。质点的相对位置固定不变要求质点相对静止，但万有引力会使质点互相靠近，距离无限小引力无限大，最后全宇宙会变成一个体积无限小密度无限大的奇特质点。只有质点具有不顺着引力方向的运动才有可能抵抗引力而保持平衡，可是这样就不可能保持相对位置不变。这表明从牛顿力学的物理观点来看，刚体也是不能成立的。牛顿的宇宙只可能是均匀混沌一片或者是一个奇点，根本不可能成为现时的不断变化的丰富多采的多层次世界。

相对论成功于敢于否定一个“无限大”肯定  $c$  为速度极大极限值，遗憾未被否定的那些“无限”悄悄演出奇点困惑。量子论成功于敢于否定一个“无限小”肯定  $h$  为作用量极小极限值，惊叹那些默认的“无限”竟然掀起不确定论风波。作用量常数  $h$  的存在说明作用量不能无限小，而有一个最小极限值。作用量的量纲可写成动量乘线度或能量乘时间。作用量不能无限小说明动量与线度不能都趋向无限小即是动量和线度不能都是连续的。若其中一个趋向无限小则另一个就会趋向无限大。否则相乘就不可能得到有限数。人们把不可再分的粒子称为基本粒子。依相对论，相互作用传播速度有限，具有有限体积的粒子在相互作用下必然变形，这说明它还可再分，因此基本粒子必须是质点。电子既是基本粒子，依相对论电子应为一质点，依量子论其线度为无限小则其动量必为无限大。这意味着电子的速度为无限大，这就违反了相对论。看来两论相互矛盾。实质上速度不能无限大意味着时间不能无限小，时间是不连续的，这与量子论的观点是一致的，问题在于狭义相对论广义相对论和量子力学量子场论为了应用传统数学默认时间连续，于是引起困惑，可见困惑都是“无限”惹的祸。

由  $G$ 、 $c$ 、 $h$  可求得各物理量的自然基础尺度(普朗克尺度)即物理量常数，这是物理量的普适常数。当物理量量变到这普适常数时就意味着沿这个方向的量变停止了，这普适常数就成了这物理量的一种物极必反的极限值或是产生质变的界限值。如  $c$  是由相对速度质变到绝对速度的界限值也是速度极大极限值。

力常数 (Einstein 引力常数的倒数)  $f = C^4/G$  是力的极大极限值。作用量常数  $h$ 、时间常数  $T = (h/Cf)^{1/2}$ 、线度常数  $L = (hC/f)^{1/2}$  等是极小极限值。质量常数  $M = (hC/G)^{1/2}$  有特殊意义。描述物质特性的质量  $m$  和描述时空特性的线度构成两个相反变化的量纲式：广义相对论的量纲式引力半径  $r = mc^2/f$  公式和量子场论的量纲式康普顿波长  $\lambda = h/mc$  公式。两量纲式中的线度与质量的关系正好相反成为矛盾的对立面，看来广义相对论与量子场论相互矛盾也就不足为奇了。天体参照系如地心系、日心系等均在宇宙引力场中沿其短程线运动，在系统外看它是有加速度的被加速系统。在系统内以系统为参照系这系外引力加速度就消隐了，这沿短程线运动的系统就成了局部惯性系。内部无相对运动就说明系统内没有可分的部分确是一个实体基本粒子。当质量等于质量常数  $M$  时两公式中的线度  $r$  或  $\lambda$  都等于线度常数  $L$ ，可见  $M$  是微观基本粒子质量的最大极限值，又是宏观引力封闭系统质量的最小极限值，成为宏观与微观的分界值。能量常数  $Mc^2$  是微观能量极大极限值，乘以玻尔兹曼常数折合温度等于  $1.21 \times 10^{32}$  开，是绝对温度极大极限值。

各物理量均有极限值且相互关联相互制约说明各物理量均不能趋向无限。物理量有极小极限值不能无限小说明其变化是不连续的。物理量变化的不连续性说明大自然具有层次结构。质量为质量常数  $M$  的最高能基本粒子的康普顿波长(量子线度)是线度最小极限值  $L$ ，宇宙的总质量是质量的最大极限值，因此宇宙引力半径  $R$  就是线度最大极限值。 $R$  与  $L$  之间的关系隐藏在基本粒子到宇宙的层次关系中。由电子电荷  $e$ 、电子质量  $\epsilon$ 、质子质量  $\rho$  与  $G$ 、 $c$ 、 $h$  这六个基本物理常数形成自然层次尺度(无量纲耦合常数)：

$$\text{电磁耦合常数 } \alpha = e^2/(hc) = 1/137、$$

$$\text{轻重子耦合常数 } \beta = \epsilon / \rho = 1/1836$$

$$\text{引力耦合常数 } \gamma = G \rho^2 / (hc) = 5.9 \times 10^{-39}。$$

线度最小极限值  $L$  增大  $\gamma^{-0.5}$  倍为质子的量子线度  $L \gamma^{-0.5}$ ，再增大  $1/\beta$  倍为电子的量子线度  $L \beta^{-1} \gamma^{-0.5}$ ，继增大  $1/\alpha$  倍就是电磁耦合基础系统线度玻尔原子半径  $\gamma^{-0.5} L / (\alpha \beta)$ ，最后增大  $1/\gamma$  倍就是引力耦合基础系统线度宇宙引力半径  $R$  了。线度极大极限值  $R$  与极小极限值  $L$  之比  $N = R/L = \gamma^{-1.5} \alpha^{-1} \beta^{-1} = 5.54 \times 10^{62}$ 。宇宙总质量为  $NM = 1.2 \times 10^{58}$  克。相当于  $1.6 \times 10^{81}$  个质子的质量。除去电子等其它粒子占有的质量，说明人们估计当前宇宙质子和中子总数约为  $10^{80}$  是恰当的。时间最大极限值也是微观最低能粒子康普顿周期为  $NT = 9400$  亿年。

在现实中没有完全独立的不受其它事物影响的事物，也不存在不影响其它事物的事物。可认知的事物都是有限的，无限意味着不知。这就是大自然显现在人们面前的自然基本规律的基本特点。在以实验为基础的物理学中，这特点就表现为物理量全面相关和存在极限值两大特性，这两大特性概括了自然基本规律信息：

(1) 物理量有极限值不会趋向无限说明物质世界是可通过观测和实验认知的。



(2) 物理量有极限值不能无限小表明其变化是不连续的量子跃迁, 大自然不是连续混沌一片而是有层次的。自然存在的层次尺度常数确定了由基本粒子到宇宙的多层次结构。各层次有确定的能阶范围和耦合强度, 从而形成了相对稳定的层次结构。早在 1960 年, 中国在杜布纳从事粒子理论研究的几位工作者, 朱洪元、周光召、汪容、何祚庥等人, 曾在 1960 年第二期的《自然辩证法研究通讯》上发表过一篇《现代基本粒子理论的新发展以及其中存在的一些哲学问题》的论文, 其中已指出: “实践已经证明基本粒子有一定的结构”, “对称性质是基本粒子最根本的性质”, “在原子的概念确立以前, 人们苦于化学化合物种类的繁复和纷杂, 但是在原子的概念确立以后, 复杂而纷乱的化学现象便得到了统一的解释。……今天基本粒子的数已经多达 27 个, 而且还有继续增加的趋势。因而人们当然有理由期待在如此丰富的基本粒子现象里面, 也一定能找到一个能更深入地反映全部基本粒子运动规律的统一理论, 解释一些目前理论所不能解释的基本现象, 并且预言一些新的目前未发现的事实。”如此等等。那么, 到了 1965 年, 在毛泽东的“无限可分”的哲学思想启示下, 粒子理论工作者就更是跃跃欲试地共同参加到粒子结构问题的研究之中。

(3) 物理量有极小极限值因而不能等于绝对的零而化为乌有, 说明了绝对静止是不存在的, 绝对零度是达不到的(热力学第三定律), 粒子存在自旋, 基本粒子不是质点, 宇宙不会变成奇点, 时间不存在绝对零起点而是无始无终周期性增减变化于大小极限值之间, 表明了不断运动和变化的物质世界宇宙是永存的, 不会无中生有也不会有中变无。电荷有正负可中和, 电荷不能化为乌有表现为电荷代数和守恒。

(4) 宇宙总质量(质量极大极限值)不变, 说明质量守恒定律以及含有质量量纲的能量、动量、角动量等守恒定律和热力学第一定律的存在。

(5) 物理量常数在比较量度中是不变的自然基础尺度标准, 表明自然界的大小是具有绝对性的。说明了微观系统不是宏观系统的相似微缩, 不能用宏观观点去理解微观。

(6) 物理量全面相关表明了各物理量都是物质的属性, 世界是唯物的, 时空各维相互关联说明宇宙空间不是平直无限而是弯曲封闭有限无边, 并随时间周期增减变化而胀缩震荡。还说明了从物质观点表述的相互作用规律和从时空观点表述的几何特性密切相关, 相互对应。我们可从时空几何研究相互作用。

(7) 物理量相互关联构成量纲式。量纲式隐含自然规律的基本信息。物理公式、物理方程必内含量纲式, 量纲式中的物理量常数决定了理论的适用领域。描述物质特性的质量与描述时空特性的线度之间的量纲式, 在微观是康普顿波长公式, 描述了最小系统基本粒子系统, 在宏观是引力半径公式, 描述了最大系统宇宙系统。微观与宏观存在相反的变化, 这对立矛盾关系构成大自然变化内因。两相反变化相互制约使物理量不能趋向无限, 这是物理量有极限值的根源。

#### 第四篇 离散与连续

##### 1、物质的无限可分性问题

在中国古代是元气学说, 在西方是古希腊原子学说。古希腊原子学说在哲学史上有崇高的地位, 因为德谟克里特的原子论确实对道尔顿原子学说起了影响。对物质结构的认识, 一直存在两种对立的观点: 一种观点认为物质不是无限可分的, 存在某种分割的极限; 另一种观点认为物质是无限可分的。古圣早就有“其大无外, 其小无内”的定理, 微观宇宙中“物质无限可分与有限可分”的争论是没有意义的。“六合之外, 圣人存而不论; 六合之内, 圣人论而不议”(《庄子—齐物论》)。要根本弄清物质是由何种最小微粒构成是不可能的, 哲学家们可以非常肯定的告诉你“一尺之捶, 日取其半, 万世不竭”。“一尺之捶, 日取其半, 万世不竭”, 这只是人们想象中的, 理论上的分割。在技术操作上是无法做到的, 是无力实施的! 人类永远制作不出如此精密的切割工具, 它能丝毫不损耗被切割之物; 也不存在每次只取其半, 不多不少的技术操作手段。实际的分割操作必定是有限次的! 实际的有限可分与理论的想象的无限可分, 这是人类在深度上对宇宙认识的一种对立统一。凡是能被物理学家观测的物质微粒必然有其一定的空间尺度, 有空间尺度的微粒就可以被再分割, 直到其空间尺度消失为止。而已经没有空间尺度的物质几已经不存在, 故无限可分的物质已经不再是被观测物质, 它只是一种哲学现象。物理学所谈的物质必是可被观测的客观实体, 当这一客观实体的空间尺度小到无法被人类所观测时, 它就不能再分割了。因此, 物理学上的物质不是无限可分的。

(1) 留基伯——公元前 5 世纪的古希腊哲学家留基伯在致力于思考分割物质问题后, 得出一个结论: 分割过程不能永远继续下去, 物质的碎片迟早会达到不可能分得更小的地步。他的学生德谟克里特接受了这种物质碎片会小到不可再分的观念, 并称这种物质的最小组成单位为“原子”(意思是“不可分割”)。由留基伯与德谟克里特提出的原子论哲学作为“最系统、最始终一贯, 并且可以应用于一切物体的学说”(亚里士多德语)是对早期希腊各派自然哲学的大综合, 并将早期希腊的自然哲学推上一个光辉的顶峰。

(2) 德谟克里特——在他们的观点中, 原子是最微小的、不可再分割的物质微粒, 是坚实的、内部绝对充满而没有空隙的东西。原子数目有无限多, 它们彼此间性质相同, 其差别只表现在形状、大小和排列上。

原子在虚空中不停地运动，运动中原子间会发生碰撞，有时会粘着并组合在一起。于是一组原子组合成一种东西，而另一组原子组合成另外的东西等等，这样万物就由作为实在的建筑石料的原子和虚空构成了。哲学家伊壁鸠鲁、卢克莱修先后接受了这种原子学说，后者在其著名诗作《物性论》中以动人的笔触全面介绍了原子学说，使之成为古代原子学说理论知识的最主要来源。在中世纪，一些阿拉伯的思想家接受了原子论，而西方的经院神学家们却因它与宗教学说教义相冲突而激烈反对这种观点。文艺复兴时期，与原子论相关的思想出现在布鲁诺、伽利略、弗朗西斯·培根等人的著作中。

(3) 伽桑狄——在此之后，法国哲学家伽桑狄（1592—1655年）接受了原子学说，他的有说服力的著作，使人们对原子学说的关注得以复苏，并引发了科学家的兴趣，从而将原子论引入到现代科学中。

(4) 玻意耳：英国化学家玻意耳，受到伽桑狄著作的强烈影响。他相信：“宇宙中由普遍物质组成的混合物的最初产物实际上是可以分成大小不同且形状千变万化的微小粒子，这种想法并不荒谬。”在《怀疑的化学家》（1661年）的书中，他提出“猜测世界可能由哪些基质组成是毫无用处的。人们必须通过实验来确定它们究竟是什么”。他把任何不能通过化学方法将其分解成更简单组分的物质称为元素。在他看来，“元素……是指某种原始的、简单的、一点也没有掺杂的物体。元素不能用任何其他物体造成，也不能彼此相互造成。元素是直接合成所谓完全混合物的成分，也是完全混合物最终分解成的要素”。后来的化学家拉瓦锡也把“元素或要素”定义为“分析所能达到的终点”。“古代哲学家的那些理论，现在又在大力喝彩中复兴了，仿佛是现代哲学家发现的”（玻意耳语）。原子学说在17世纪得以复活。更重要的是，哲学家的思想火炬开始传递到科学家手中。

(5) 道尔顿——19世纪初，化学家道尔顿更进一步阐述了化学原子学说的基本观点：化学元素由非常微小的、不可再分的物质粒子——原子组成，原子在所有化学变化中均保持自己的独特性质；同一元素的所有原子，各方面性质特别是重量都完全相同，而不同的元素的原子有自己独特的性质；有简单数值比的元素的原子相结合时，就发生化合。道尔顿关于化学原子的伟大概括，最早记录在1803年9月6日的笔记中，1808年正式发表于《化学哲学的新体系》一书，由此近代原子理论得以建立。当时，经过18、19世纪许多化学家对化合物组成进行的定量研究，已逐渐得出一些定律，如定比、倍比和当量比例定律。原子理论作为一种可资运用的有效方案，可以成功地解释这些定律，这为原子学说提供了有力的支持。

然而，道尔顿的学说不能从化合比例决定原子的相对重量。比如原子学说可以解释水总是由氢与氧按1:8的比例合成，但氢、氧的相对重量我们还是不知道，因为我们并不知道水中氢氧元素各有多少个原子。当然，现在我们已经知道水分子由两个氢原子与一个氧原子组成，因此水分子可表示为 $H_2O$ ，但在十九世纪很长的一段时间中，水分子却被表示为 $HO$ 。

1803年，英国人道尔顿将“原子”从一个抽象的哲学术语变为化学中的实在客体。道尔顿是这样定义原子的：物体的终极原子就是气体状态时被热氛围绕着的质点或核心。他认为：元素的最终组分就是简单的原子，它们是既不能创造，也不能毁灭，而且是不可能再分割的。它们在一切化学变化中保持基本性不变。同种元素的原子，其形状、质量及各种性质都相同，不同种元素的原子的性质则不相同。每一种元素以其原子的质量为基本的特征。不同元素的原子以简单的数目的比例相结合，就形成了化学中的化合现象。

(6) 阿伏伽德罗——为理解某种化合物中每种元素各有多少个原子以及得出正确的原子量所需要的东西实际上早在1811年就被提出了，这就是阿伏伽德罗假说。这一假说认为：同温同压同体积的气体含有相同数的分子。遗憾的是，这一假说长期未受重视。直到1860年，在卡尔斯鲁厄举行的首届国际化学家会议上，有化学家强调了阿伏伽德罗假说对化学的重要性后，阿伏伽德罗假说才很快征服了化学家的心灵。于是，在化学家眼中，被假设为不可再进一步分割的“元素”成为构成宇宙的基本成分。随着人们发现的元素数目的增加，化学家手中的原子数也逐渐增长。20世纪早期这个数目就达到了92个，这意味着世界上有几十种不同的“原子”。那么寻找了2000多年的简单的统一性在哪里呢？是否存在更为基本的“原子”，几十种不同的元素都由其组成呢？1815和1816年，在伦敦行医的医学博士威廉·普劳特发表两篇文章，在文章中分别提出：所有相对原子质量均为氢相对原子质量的整数倍；氢是原始物质或“第一物质”，而其他所有元素都只是氢原子的组合体。“因为普劳特假说挺简单，很诱人，所以，除了那些作相对原子质量的精确测定的人以外，一度为化学家欣然接受。”但化学家斯塔1860年以后所作的相对原子质量的精确测定表明相对原子质量实际上并非整数，如氯原子的相对重量是35.46，这与普劳特的想法是相冲突的。由此斯塔得出结论：普劳特假说“只不过是一个假象，是一个肯定与实验矛盾的纯粹假想”。命运无情，作为科学插曲的普劳特猜想被否定了。

(7) 门捷列夫——1869年，俄国著名化学家门捷列夫发表他的元素周期表。周期表的结构性和规律性提示人们，原子自身必然存在不断做周期性重复的结构。这背后隐藏的是什么呢？在20世纪原子核和量子理论发现之前，没有人知道为什么在周期表里会出现这样的规律性。

(8) 牛顿——早在 17 世纪，原子思想就已融入部分物理学家的思想中。伟大的物理学家牛顿是原子学说的拥护者。在《光学》中他阐述了他的原子思想：“在我看来，上帝在最初造物时，可能使用的是固态的、有质量的、坚硬的、不可穿透的和可动的微粒；这些微粒的大小、形状、所拥有的其他性质、在空间中的比例等等，都最适合于他造物的目的；这些固态的初始粒子无比地坚硬于由它们构成的多孔的物体，坚硬到绝不会磨损，不会破碎成小块；任何普通的力量都不可能把上帝在第一次创造时的初始粒子破开。”

18 世纪，物理学家罗杰·约瑟夫·博斯科维奇在牛顿力学的框架中，以没有大小、只有力学作用的原子模型来说明已知的物理现象。丹尼尔·伯努利则在 1738 年首先于现在意义上提出了物质的原子结构的思想，并从分子运动推导出压强公式，由此揭开分子运动论的序幕。不过，直到 19 世纪，气体分子运动论才获得真正发展。在这一世纪，伟大的物理学家麦克斯韦与玻尔兹曼采用当时的原子模型，把气体看作由原子组成的分子的\*\*来处理，说明了气体的温度、压力等构成气体的分子的一般表现，并由此创建了“统计力学”的分支。

这样，到 19 世纪中叶后，由于假设物质由原子和分子组成揭示了物理和化学现象间的许多关系，解释了许多问题，因而日益增多的物理学家和化学家接受了原子假说。然而，原子真的存在吗？

(9) 玻尔兹曼——围绕原子是否存在的问题，几位重量级科学家在 19 世纪末展开了一场激烈的争论。以统计力学研究而在物理学巨人中赢得一席之地的玻尔兹曼（1844—1906 年）是原子存在的笃信者，站在他对立面的则是一大批著名的科学人士。1895 年 9 月 17 日，在吕贝克科学会议上，双方就原子的实在性问题展开了激烈的正面交锋。著名化学家奥斯特瓦尔德在会议上发表了题为《克服科学的唯物论》的讲演，玻尔兹曼当场对其观点进行了反驳。会后，以玻尔兹曼为一方，以奥斯特瓦尔德为另一方，许多科学家都卷入到这场大论战之中。这场论战持续时间之久（十余年），参与人数之多，争论之激烈在科学史上都是赫赫有名的。奥斯特瓦尔德早先曾接受原子论，后来却转而致力于能量学研究和发展唯能论。在新的观点中，他认为能量是唯一真实的实在，物质不是能量的负荷者，恰恰相反，它只不过是同一地点同时找到的能量的复合。他坚持认为，能量学原理与分子运动论相比，能为化学和科学提供一个更为坚实、更为明确的基础。进而他宣称，物质概念是多余的，现象能够用能量及其转化来满意地加以解释。作为唯能论者，他试图仅仅借助于纯粹能量概念去理解所有的物理过程。对此，玻尔兹曼反驳说，用能量概念构造力学，并进而构造自然科学体系的做法孕育着许多困难。在玻尔兹曼看来，原子论才是所有力学现象的完全合适的图像，众多的物理现象都适用于这一框架。而从“运动的能量是第一位的而运动物体则是派生的”这一假设出发，去构造整个力学，是难以想象的，因而把能量学作为物理科学中不可解决的问题的灵药是行不通。

玻尔兹曼面对的另一个对手是在当时科学界具有巨大影响的马赫。马赫最初也接受原子论，但不久后他的观点发生了重大改变。他开始坚持原子（和分子）仅是“思想之物”，是一种智力工具，而不是现象背后的实在。在他看来，把原子论当作一种启发性假设是有价值的，但启发性假设仅仅是一种工具，一种手段，他坚决反对把原子看作本体论意义上的实在。马赫问道，原子是有色的、发热的、发声的、坚硬的？事实是，我们无论如何也没有感觉到原子。

1897 年，玻尔兹曼接连发表两篇文章“论原子论在科学中的不可缺少性”和“再论原子论”，驳斥马赫对原子理论的反驳，为原子的真实存在而辩护。然而，争论中，马赫只是简洁地说：“我不相信原子的存在。”玻尔兹曼对反原子论的巨浪感到泄气。在他的名著《气体理论讲义》第二编的前言中他沮丧地承认：“我意识到在反对时代潮流中，我是孤军奋战，势单力薄。”

19 世纪末，经典热力学已经形成了比较完备的理论体系，能够用于物理学和化学的广阔领域。在热力学中，只要从整体上把握给定系统的参量就可以了，没有必要把它们还原为原子、分子的力学运动。简言之，放弃原子、分子概念，仍然能建立起包括热力学在内的物理学、化学理论体系。然而，如果接受原子概念尽管能取得一些理论成果，但却存在许多困难，比如会导致热现象的不可逆性与单个粒子运动的可逆性的尖锐矛盾。对这一矛盾，玻尔兹曼虽然已经给出了一种解释，但在当时未能当到普遍认同。

(10) 布朗——事实上，19 世纪的原子论还属于一种带有强烈哲学色彩的科学理论。它虽然不再是抽象的哲学理论，但也不完全是纯粹的物理学和化学理论。因而，在没有原子或分子存在的确凿证据之前，大多数科学家怀疑原子和分子的物理实在，而仅仅把原子论作为没有实验证据的工作假设和智力技巧是无足为怪的。我们或许还有必要指出，在实验证据出现之前，奥斯特瓦尔德等对原子论的反驳是完全正当的，无论对他还是对科学而言都不是一种过失。因为在任何情况下，科学都必须同批判和合理性的要求密切相关。对原子的信仰者而言，彻底解决争论的办法就是找到原子真实存在的实验证据。一项最终有力证明原子存在的证据意外地与一位苏格兰植物学家联在一起。罗伯特·布朗 1827 年夏天对各种植物的花粉颗粒浸在水中时的运动做了研究。1828 年，他写了一本小册子，描述了自己对此的考察。于是，这种浸泡在水中花粉粒子的奇异的、不规则的运动后来被称为“布朗运动”。

意大利物理学家乔万尼·康托尼于 1868 年写了一篇文章，宣称布朗运动是“热的力学理论的基本原理的美妙而直接的证明”，即可通过假定物体在水中受到来自各个方向的运动水分子的撞击来说明布朗运动。但这种定性解释受到一些物理学家的反驳，未受到普遍认可。1905 年爱因斯坦在其“奇迹年”中完成了一篇关于布朗运动的论文，在这篇论文中爱因斯坦对支配布朗运动的定律做了推导，首先将布朗运动的研究量化。1908 年，法国物理学家佩兰做了验证实验。这一出色实验使分子实在性的证据变得明显了。对布朗运动的说明成为分子运动论的伟大成功，它不但说服了奥斯特瓦耳德，而且使绝大多数科学家都皈依了原子论。

奥斯特瓦耳德在 1908 年 9 月的《普通化学概论》第四版的序言中公开承认：“我现在确信，我们最近已经具有物质分立性或颗粒性的实验证据了，这是千百年来原子假设徒劳地寻求的证据。一方面，分离和计数气体离子，J·J·汤姆逊长期而杰出的研究已获成功；另一方面，布朗运动与运动论的要求相一致，已由许多研究者并且最终由佩兰建立起来；这一切使最审慎的科学家现在也理直气壮地谈论物质的原子本性的实验证据了。原子假设于是已被提升到有充分科学根据的理論的地位……”。奥斯特瓦耳德还对对手给予了赞扬：“这个人（玻尔兹曼）在智力上，在他的科学的明晰性上都超过我们大家。”在“斗牛士”（奥斯特瓦耳德）和“公牛”（玻尔兹曼）的搏斗中，“公牛”终于大获全胜。唯一遗憾的是，胜利的一方已经无法享受胜利的喜悦了。1906 年，在决定性战役仍在进行时，玻尔兹曼以自杀的方式结束了自己的一生。

另一位伟大科学家彭加勒也由对原子的怀疑转为支持。在 1912 年 4 月 11 日法国物理学会所作的讲演中，他说：“原子的力学假设和原子理论近来已认为具有充分的可靠性，它们不再作为假设出现在我们面前了，原子不再是一种方便的虚构了；似乎可以说，我们能够看到原子，因为我们知道如何去计算原子。……佩兰先生出色地测定了计算出来的原子的数目，使原子论大获全胜。使它变得更为可信的是通过完全不同的方法所得到的结果之间的多方面的一致。……化学家的原子现在是一种实在了；……”

(11) 伦琴——贝克勒尔——汤姆逊——卢瑟福

十九世纪末，在关于原子是否真实存在之争进行得如火如荼之际，出现了一系列令人惊异又困惑的实验发现。1895 年，伦琴发现阴极射线。1896 年，贝克勒尔意外发现放射现象。最初没有人预料到，这些发现将把物理学带入一个新的纪元。

1897 年，J·J·汤姆逊证明阴极射线是带负电的粒子，质量比氢原子小很多，这一粒子就是我们现在所熟知的“电子”。电子，从而打破了原子不可分的观念，使人类对物质结构的认识深入了一个层次。电子是人类认识的第一个基本粒子。汤姆逊通过实验进一步发现这种粒子是所有原子的组成部分。这样，化学家的原子被汤姆逊一举击碎了。以前人们认为化学原子没有结构，不可分割。而电子的发现意味着，化学家的原子并非简单的、不可分的实体。此后，20 世纪头十年出现了各种原子结构假说，但没有一种能够得到证实。1911 年，卢瑟福在他“一生中最不可思议的实验结果”基础上提出一种原子模型。在这种新模型中，曾经是道尔顿的不可分割的原子，现在看起来每一个都像一个微型的太阳系，坚实的原子核居于中心，电子“行星”远远地围绕着它旋转。经过玻尔等的完善，这种原子模型被广泛接受，并对门捷列夫元素周期律给出了完美解释。

1911 年，英国人卢瑟福提出了原子核和电子的行星模型的原子结构。1917 年，他又通过人工核分裂方法发现了质子。1919 年，卢瑟福与他的学生在做进一步实验时，发现用  $\alpha$  粒子轰击各种元素的原子核，都会从中打出高速的氢原子核。这说明氢原子核是各种元素的原子核的重要组成部分。普劳特假说在某种意义上复活了。1920 年，卢瑟福给氢原子核起了一个专门名字——质子。

1932 年，卢瑟福的学生查德威克又发现了中子，从而将中子和质子视为原子核的组分。原子核的结构被揭示后，人们便认为通常的物质是由电子、质子、中子构成的，并且认为光子是电磁作用的媒介粒子。上个世纪三十年代初期，人们普遍认为电子、质子、中子和光子这四种粒子是基本的，即它们不再是由更小的基元构成的。海森堡相信：“通过寻找越来越小的物质单位，我们并不能找到基本的物质单位，或曰不可分割的物质单位，但我们却的确碰上了一个点，在这一点上，分割是没有意义的。”

(12) 层子模型（夸克模型）——随着人们在宇宙射线中对正电子和介子等多种新粒子的发现，以及加速器的建立发现了反粒子和多种基本粒子的变种，这迫使人们重新去思考基本粒子更新的层次。北大教授胡宁院士在 1977 年第 3 期《科学通报》上说：“层子”是按辩证观点的微观粒子既是点又不是点，以及坂田昌一很早已经提出的所有微观粒子都是由三种更“基础”的粒子所组成的假设布阵的。1964 年，美国物理学家盖尔曼和茨韦提出了夸克模型，认为重子和介子都是由夸克组成的。现在，按照大家普遍接受的标准模型来看，把夸克和轻子放在同一物质层次，不可再分的物质基本组元是夸克和轻子。它们又通过交换光子，三种弱力粒子，八种胶子来实现电磁、弱、强三种相互作用力。根据作用力的特点，粒子分为强子、轻子和传播子三大类。强子是所有参与强力作用的粒子的总称，质子、中子、 $\pi$  介子等都属于强子，它们由夸克组成。夸克有六“味”，分别是上、下、奇异、魅、底、顶六味夸克，而每味夸克都带有三种“色”，即红、绿、蓝。那么，

夸克的种类是多少呢?六“味”三“色”，就是十八种夸克，加上各自的反粒子十八种反夸克，夸克的种类应该是三十六种。轻子只参与弱力、电磁力和引力，而不参与强相互作用。轻子共有六种，即电子、电子中微子、 $\mu$ 子、 $\mu$ 子中微子、 $\tau$ 子、 $\tau$ 子中微子，加上各自的反粒子，轻子的种类应该有十二种。传播子也属于基本粒子，传递强相互作用的胶子共有八种，传递弱作用的是  $W^+$ 、 $W^-$ 、和  $Z^0$  中间玻色子三种，还有传递电磁作用的光子，那么传播子的种类应该有十二种。在未涉及引力作用的标准模型中，把夸克、轻子以及传播子都放在同一的基本粒子层次来看，那么构成世界物质的基本粒子至少有六十种以上。近年，有人认为夸克由更小的物质微粒构成。并给它们取名为：颜色子、弱旋子、味子等。由于它们无法被现有实验方法所观测，仅仅是一种思维着的物质微粒。或者说是种抽象的数学模型，故属于哲学宇宙的范围，是一种思维着的物质存在。

持“物质不是无限可分割”观点的学者认为：我们不能无止境地以构成物体的各个部分来分析物体。这个过程最终要失去它的意义，我们会遇到不能再简约的实体，这就是基本粒子。而所谓“基本粒子”，说法是：如果不能把一个粒子描述为其他更基本实体的一个复合体系，就可以认为这个粒子是基本的。为了用实验决定一个粒子是基本的还是复合的，通常采用让它与另一个高速运动的粒子碰撞来粉碎它，观察反应后的产物，看看能否找出它的碎片。用现代粒子加速器，可产生能量极高的电子束。让两个高速电子相互对心碰撞，在反应的产物里仍找不到电子的碎片；加大碰撞前电子的能量，你甚至可以在反应的产物里找到三个电子和一个正电子，但还是找不到电子的碎片。看来电子是一个整体，不可粉碎！为此，在 E·H·Wichmann 所著《伯克利物理学教程》第四卷中写道：“我们达到了一个极限：把电子看成是由其它更基本的粒子所组成，就显得不合情理和无用了。”该书又写道：“今天没有人企图根据物质是无限可分的前提来创立一个全面的物质理论，这样一种企图将是无益的。”目前认为夸克和一些轻子是组成自然界所有物质的“基本粒子”。

持“物质是无限可分割”观点的学者，不承认物质结构会在某个层次上终结。但迄今为止，拿不出令人信服的按物质无限可分割思想建立的一个全面的物质理论。因此，物质不是无限可分割的思想，包括电子不可分割的观点被很多人接受，成为当今科学界的主流思想。海森堡相信：“通过寻求越来越小的物质单位，我们并不能找到基本的物质单位，或曰不可分割的物质单位，但我们却的确碰上了一个点，在这一点上，分割是没有意义的。”

按照费曼的说法，反物质是在一个参考系中，能看到的某个逆着时间运动着的粒子，而这个粒子的波函数已经跑到光锥之外，我们称之为点内空间，它此时正是“点内空间”所谓超光速运动的“快子”。由于光子本身没有时间流逝，也就是说，在这个极限的两侧“点外空间”和“点内空间”分别存在着时间流逝方向相反的粒子；所谓“有静质量的粒子超光速”就是此时速度恰恰和从前一样，只是时间和空间的反号是表示在“点内空间”。那么自然界中，带正电荷的基本粒子与带负电荷的基本粒子有没有可能时间流逝恰恰相反？如果时间如同空间的一个维度一样，也是有着两个方向的一维坐标，那么时间究竟是什么？这里只讲引进的“点内空间”的概念。把正电子当成是进入“点内空间”，也就是当成逆着时间方向运动的电子。也就是说沿着时间方向看  $t_2$  时刻一个电子正在运动，在远处  $x_2$  位置突然出现了一对正负电子对；之后就是原来  $t_1$  时刻的电子与新产生的正电子湮灭，而新产生的那个电子则继续朝向  $(x_3, t_3)$  运动，这样的话新产生的电子可以看做原电子的未来。如果把“点内空间”当成是能隙因素，把这整个过程当成一个电子被能隙两次散射的话，这看起来就是该电子在能隙“点内空间” $t_2$  时刻完成了一个超时空的跳跃，然后  $t_1$  时刻本体才消亡。沿时间流逝方向看这种能隙因素“瞬间移动”肯定是超过光速了。但能隙因素“点内空间”也不是连续运动。

正电子意外着有一个和我们现在所处的世界（点外空间）相反的能隙反世界的存在（点内空间）。如果我们是在这面努力突破能隙因素这层世界（点外空间），那边的能隙因素世界（点内空间）也会正努力在突破。目前还没有观测到反宇宙的点外空间存在，就是证明。而能隙因素“点内空间”的反物质，在高能物理实验室中却常观测到。而且反物质理论上，采用能隙因素的“点内空间”概念并没有否认它的存在。准确地说，反物质并没有超越光速“举动”的能隙，并且反物质还是人类直面时空本质的能隙因素窗口。用世界线来描述该粒子运动的话，它从  $t_1$  运动到  $t_2$  那一段位于光锥之外，是“类空”（点内空间）的能隙路径，传统意义上可以认为这个类空粒子（点内空间）跳跃能隙过程是超光速运动，它也就跟波函数全空间的非域性直接相关了。

## 2、离散与连续的绝对性与相对性

连续和离散是矛盾的两个方面，也是相对性与绝对性的统一，它们也具有统一性的一面，从某一个方面考察是连续的量，从另一个方面考察是离散的。离散和连续两者共生互补，缺一不可。既没有绝对连续不可分的对象，也没有完全连续的对象，这两个方面不仅是现实的，而且常常在某些情况下连续表现为决定性的，在某些情况下离散表现为决定性的。我们称之为离散与连续的相对性与绝对性原理。

所谓连续统，在物理学中可以设想成为不考虑位置和速度的离散存在质点的统计集合，即统计连续化的

结果，也可以设想成为实际上不是由离散存在的成分所组成的，确实是整体连续的介质。所谓力学模型就是相对于确定的计算系统以一定的速度和位置出现的，离散存在的物体。在物理学中我们运用空间的连续图景，场的连续图景或是那种假设的连续介质的图景，在此图景中不研究离散存在的成份，并且忽略其坐标和速度，即不考虑那些只在涉及到参照系的选择才有意义的量。但是力学的概念仍然同时出现在物理学中。

在力学中除去空间中物体处所的相对概念之外也有另外一些不必指明参考系统也仍旧有意义的概念。首先就是那种连续的背景，所谓被个体化的物体就是用这种背景衬托出来的。牛顿认为加速度就是相对于这个背景而言的，并且认为它就是绝对空间。以划分出各物体及其运动为开始的，对宇宙的科学的认识，对于失去确定参照物支持的，当作盛放物体的空的容器的空间仍旧保持那种不可分割的但又不加以明确的概念。在划分出一个个物体之后，那种不可分割的“剩余物”，对牛顿来说似乎是力学规律所必备的前提。笛卡尔用前所未有的彻底性否定任何一种质的差异，同时又把空间和物质看成是同一个东西，而且又要把他所谓的到处遍布的空间物质和恰好占据其位置但又被视为同一的单个物体加以对照。这样一来笛卡尔就很难说清楚到底用什么办法把物体同包围它的介质区分开来。把物体客体个体化的问题是笛卡尔物理学的障碍。这个障碍由于使用笛卡尔的相对主义的运动概念而被回避。所谓物体在“真正的意义”上的运动是指相对于紧贴着它的另处的物而发生运动，并且就是用这种运动来对它们加以区分。当然，问题故然被回避，但没有得到解决。然而一旦否定物质和空间的差异则相对其它物体运动的概念就变得没有任何内容了。笛卡尔的相对论无法解决机械论的自然科学的根本问题，即离散存在物的物体个体化的问题，因此它也就不会在历史上成为原子论的基础。

连续统的观念可以说是十七、十八世纪科学中的一种孤立的观念，本质上其主要内容和离散存在的物体及其坐标、速度、加速度有关的力学理论体系。连续统是力学的终极概念之一。在这里那种不可分割的存在，即所谓背景依然保持不变。作为力学主要对象的，离散存在的物体正是在这样的背景上被衬托出来。在这里也可以寻求力的动理学的答案。那些十七、十八世纪的理论家们在思索运用于力学终极概念的意义的時候，其思想大多集中于连续统的问题。连续统学说和离散存在物体的力学相比较在风格上完全是另外一种情况。这种学说具有更多的自然哲学的特性。由于这里没有参数化的基础，即坐标表象，所以数学也就不会渗透到它里面去了。这样一来，离散存在物体的运动规律就成为力学的基本内容，连续统则起着终极概念的作用。力学所要回答的问题是质点为什么会在一定的时刻处于空间一定的点上。当已知作用于质点上的力，即知道力场，根据运动方程就可以发现质点正好就处于那个点上。场方程超出了力学范围，力学把场认为是已知的，且和所论物体无关。由此就得到运动方程和场方程的线性特征。在第一种情况我们假定场是给定的，与所论质点的运动无关，第二种情况是假定质点（即场源）是给定的，并且同场无关。所谓“连续统”，形象的说法就类似“物质无限可分”或“层次无限可分”。自公元前六世纪古希腊的学者毕达哥拉斯，猜想数学中存在不可分割的连续统开始，在随后的几百年间，也受到德谟克利特、柏拉图等一些数学和物理学家的关注，但一直未获得严格论证。而现已 65 岁的天津师范大学数学系黄乘规教授，历经二十几年的苦心研究，却不仅把这 2500 年来的猜想解析成功，而且提出了可以应用的数学模式。据黄教授讲，他目前为止运用外的非标准分析学，已经解决 8 个数学问题；不可分割的连续统的存在性只是其中之一，它还能解决古代庄周的“无厚不可积”、“万世不竭”两个猜想，近代数学的“实数集的测度为零”等三个问题及古希腊先哲的另外两个猜想。黄乘规教授的科研成果受到美国《数学评论》，在头版头条加以评介。英国伦敦数学研究所聘请黄乘规为该所荣誉博士。中科院数学研究所顾问、大连理工学院数学所名誉所长徐利治称，这一理论从逻辑上精确地论证了“连续统”的真正连续性，是数学基本理论上的重大建树，给现代物理科学提供了新的有效工具。25 年前黄乘规研究外的非标准分析，1972 年，他解决了“stvenant 原理的一个反例”，这是 150 年无人攻克的难题，成为他研究外的非标准分析的动力，也成为他能解开数学中不可分割的连续统的原因。在哲学上批评远作用的时候，场的数学理论也为近作用原理廓清了道路。对数学理论的探讨导出了形式的，连续化的世界图景。从经典电动力学的角度出发，认为电磁场是一种连续介质，而从量子力学出发，则认为电磁场是由量子构成的。量子力学是一种非决定论力学的统计理论，而经典电动力学则是一种决定论物理学。

爱因斯坦在《物理学进化》中说：“假如我们要用一句话来表明量子论的基本观念，我们可以这样说：必须假定某些以前被认为是连续的物理量是由基本量子所组成的”，这句话至今仍是对科学发展史上有名的“量子论”的最好的说明。这个量子论就是以 1900 年，普朗克提出的“作用量子”假说开始的。爱因斯坦一直把量子理论称作是对物质“连续性和不连续性”的探讨。从这点上来说，早期量子理论的提出有巨大的科学意义，直到现在它还闪耀着科学思维的光芒。我们对于“连续和不连续”这个大自然现象中的基本的理念进行的探索是永无止境的。它是自然科学和人类思维中的一个古老的同时又是最基本、最深刻的理念；它也是一个至今被没有逻辑的虚假理论所占据着一个最重要的也是最混乱的思维领域。人类思维是以数字为基础的，

对于数字的连续性问题的逻辑研究是思维发展的一个根本性的问题，从对于无限小的逻辑开始，人们进入对于无限大的逻辑探讨，都取得了一定的成果；但是对于离散数字的逻辑，恰是一直停留在四百多年前的一个猜想的禁锢之中，一个还没有进入到现代逻辑思维领域。

1777年，拉格朗日在引力论中引入了势的概念，引力就是由势的梯度所决定。不久，到1782年拉普拉斯指出牛顿的引力定律等价于有引力势 $\phi$ 出现的方程，且方程取下列形式：

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} = 0$$

函数对三个坐标轴的二阶导数之和通常用符号 $\Delta$ 来表示，这符号叫作拉普拉斯算符。于是拉普拉斯方程

$$\Delta \phi = 0$$

就可改写为以下形式：，这个方程描述了重物外面空间中的引力场。为描述物体自身中的引力场就需要把拉普拉斯方程加以推广。这一工作是泊松在1812年完成的。在一般情况下，对坐标的二阶

$$\Delta \phi = 4\pi\rho$$

导数之和已不再为零，泊松方程具有以下形式：，这里 $\rho$ 是质量密度。这样，引力论就达到了二阶连续化。原先，力在形式上被分布于空间中的某一个量所代替，而这个量也只是用来确定通过真空中的作用力的一个辅助的概念。在泊松方程中既然出现了总的说来是在空间中连续分布的重物的密度，此时这个量就不再是远作用的理论的一种辅助的数学符号，而是质量连续分布的某种物理图景了。

泊松把势的概念运用于静电现象。后来到1828年，格林利用势的概念导出了静电学和静磁学的许多关系。在引力定律和库仑所建立的电荷和磁极的吸引定律之间的一致性也促成这种总结。到1839年发表了高斯的著作，当时可以说在一定程度上势论是完成了。对于场，在实验上，宏观上是连续的；微观上是连续过渡到离散。

根据离散与连续的相对性与绝对性原理可知，必须假定某些以前认为是连续的物理量是由基本量子组成的，例如容器中气体在宏观上施与器壁的压强是大量气体分子对器壁不断碰撞的结果。无规则运动的气体分子不断地与器壁相碰，就某一个分子来说，它对器壁的碰撞是离散的，而且它每次给器壁多大的冲量，碰在什么地方都是偶然的。但是对大量分子整体来说，每一时刻都有许多分子与器壁相碰，所以在宏观上就表现出一个恒定的、持续的压力。这和雨点打在雨伞上的情形很相似，一个个雨点打在雨伞上是离散的，大量密集的雨点打在伞上就使我们感受到一个持续的向下的压力。电影片的播放是离散的，但是在观众看来是连续播放的。在实数集中考察自然数集是离散的，但是在整数集中考察自然数集是连续的；光子的频率是离散的，但是在光谱学中可以认为是连续的；引力质量从基本粒子的角度分析是离散的，但是根据相对论物体的运动状态可以连续变化，引力质量也可以连续变化。基因遗传与数量遗传分别是遗传的离散和连续的表现形式，数量遗传积累到一定程度肯定发生基因的变异，基因遗传是数量遗传长期积累的结果，生物的进化应当是用进废退（数量遗传）造成基因突变，在自然选择的作用下发展的。拉马克的进化学说看作是生物进化的宏观表现，基因突变并非完全随机的，可能带有一定的方向性，生物在生长过程中也始终在进化着只不过不明显而已。

美籍华人学者，美国杜邦中央研究院退休院士，物理学家，现任《前沿科学》编委的沈致远说，“否认连续性偏离量子论主旨。量子化引入离散的量子，但并不否认连续性。以电磁场为例，其能量以光子为单元是离散的，但空间中的电磁场和电磁波却都是连续的。而且正是对连续的电磁场作傅里叶分析，才在封闭空间中得出离散能量谱，在开放空间中则得出连续能量谱。不妨再看一个通俗例子，钢琴奏出音乐之频率及其声子能量是离散的，而琴弦本身必须是连续的；如琴弦是离散的，不就断弦了吗？由此可见，离散和连续两者共生互补，缺一不可。再从数学观点审视否认连续性是否可行。如小于普朗克长度的空间根本不存在，空间就只有以整数代表的一系列离散点： $\dots-3,-2,-1,0,1,2,3\dots$ 。分数和无理数就都根本不存在。果真如此，试问： $1\div 2=?$  四则运算无法进行，遑论其余。我在思索：如果时空真的不连续，除法该怎么办？不知统一场论诸君是否想过这个问题”。

对刚体的概念”是从牛顿到爱因斯坦一脉相承的，将一个具体的物体通过绝对对刚体的概念抽象为质点，来研究其运动，实在是人们的一种无奈！因为，三体问题已经是难解的非线性问题，三体以上的多体问题人们无法用因果律严格求解，只能用统计方法来求统计解和最可几率解！统计力学和量子力学的生命力就在于此！量子理论和相对论都把基本粒子抽象为点粒子，就象经典力学一样，如果考虑内部结构，内部的相互作用和相对运动，问题就复杂到根本无法求解了。所以，现有的量子理论和相对论尽管在牛顿和麦克斯韦的

经典物理的基础上又取得了重大的成就和进展，但仍然只是揭示宇宙奥妙的近似手段，一个阶段性的理论。今后会有更先进的手段和理论来涵盖它们，取代它们。

“在物理学中我们运用空间的连续图景，场的连续图景或是那种假设的连续介质的图景，在此图景中不研究离散存在的成份，并且忽略其坐标和速度，即不考虑那些只在涉及到参照系的选择才有意义的量。但是力学的概念仍然同时出现在物理学中。”既然忽略了离散存在质点和场的相互作用，所以场方程和运动方程都是线性的。

由于物理世界中，微粒物质（有形物质）通过场物质（无形物质）相联系而结合构成物体，从整体上看，物质世界是连续的。但如果只是观测微粒物质，物质世界就是不连续的了。从场物质的传播、运动来看，场物质是连续的；而从场物质与微粒物质的相互作用来看，场物质则是不连续的了，显现着量子化、频谱化。

### 3、芝诺的四个悖论

第一个悖论是阿基里斯与乌龟悖论，希腊战士阿基里斯跟乌龟赛跑，乌龟说，如果它比阿基里斯先跑10米，那么阿基里斯永远都追不上它，因为只要阿基里斯跑了10米，这时乌龟就又多跑了几米，若阿基里斯再跑到乌龟曾经停留的点，乌龟一定又跑到阿基里斯前面去了；看似有理，但要怎么说明为何如此呢？第二个是二分法悖论，是说你永远不可能抵达终点，因为你为了抵达终点，必得先跑完全程的一半，而要跑到全程的一半，你又得跑完一半的一半……如此一来，你永远跑不到终点；甚至可以说你根本无法起跑，因为若要起跑一小段距离，你就得移动那一小段距离的一半，似乎永远无法开步跑？第三则是飞矢悖论，在任一时刻，飞矢会占据着与它同等长度的空间，就这个瞬间而言，飞矢可说是静止不动的；如果每一个“任一时刻”飞矢都静止不动，那么飞矢应该一直不动。怎么可能如此？飞矢应该不断往前飞啊！第四是竞技场悖论，假设时间有最小不可分割的单位（这是自古以来的基本假设），现在有3辆车，在单位时间内，一号车向左移一个车身，二号车不动，三号车向右移一个车身，于是一号和三号便相差两个车身，那么一号和三号车在过程中相差一个车身时，需要花费基本单位元时间的一半，但这与基本的单位时间假设相冲突。林兹要阐释这四个芝诺悖论，所持的基本论点是，对运动中的物体而言，并没有所谓的“任一时刻会位于某个确定位置”，因为物体的位置会随时间不停地改变。他解释道：“这样想应该比较能够理解，无论时间间隔多么小，或者物体在某段时间间隔中运动得有多慢，它还是在运动状态中，位置还是不断在改变，因此，无论时间间隔有多短，运动物体没有所谓在任一时刻、某一瞬间拥有确定的相对位置这回事。”从芝诺到牛顿乃至于今天的物理学家，在讨论运动的本质时，无不假设“运动中的物体之间具有确定的相对位置”，而林兹则认为，便是因为假设时间可以冻结在任一时刻，此时运动中的物体位在一个确定的位置上，因此芝诺悖论中那种不可能发生的情况才会成立。林兹也指出，无论如何，某段时间间隔一定可以用一个时间范围来表示，不能只说是“一瞬间”的单一时刻：“举例来说，如果有两个独立事件分别测得发生在1小时或10秒钟，这两个数值应是指两事件分别发生在1-1.99999……小时之间，以及10-10.0099999……秒之间。”因此，林兹可以很直接地解决类似“飞矢悖论”的问题。一位著名的牛津大学数学家评论道：“这真令人既惊讶又意外，不过他是正确的。”林兹继续将他所提出的概念推到物理学的其它方面，包括量子力学及霍金所建构的宇宙学。

物理学的物质是量子论的，分到一定程度后，就得到了量子元，而量子元是不可再分的。物理学的物质（能量）有两种物理形式组成，一种是量化物质，即后面提到的电磁质量；一种是连续物质，这种物质是无限可分的，可以永无穷尽的分割下去，即后面提到的引力质量。量化物质和连续物质可以相互转化并且守恒不灭，这就与数学思想的有限和无限，局部无限和整体无限联系起来。汤川秀树认为：在古代印度有将时间本身也作为“不知道它是什么实体”来考虑的倾向。并且，还同样地认为，时间也存在有不可分割的最小单位，将它称之为“刹那”。将这种“刹那”用今天的时间单位来度量的话，大约为十分之一秒……关于基本粒子理论今后进一步的发展，说不定会是古印度物质观的思想经过某种形式的复活吧。把印度的极微观与古希腊的原子论观点相比较，不难看出，前者要较后者更为接近现代科学的观点。

### 4、数学中的连续与离散

实数集在标准分析中是连续的，但是实数集可以与数轴上的点建立一一对应关系，而数轴由可数个离散的区间组成的。由于数学归纳法适用于离散集，因此也可以适用于实数集与复数集。【1】非标准分析由美国数学家鲁宾逊1960年推出；非标准分析虽是一种“点内数学”；它的点内观念正如天外有天，认为点内也有世界，但据国内非标准分析专家、四川省社会科学院学术委员会副主任查有梁教授的研究，点内非标准分析涉及最多的还仅仅是平面和球面解析，缺少环面解析；而这恰恰属于不确定性解析范畴。在非标准分析中是离散的，每一个点由可数个点构成，由非标准分析可以知道实数集是离散、连续的对立统一。集合论的创始人Cantor把无穷基数分为无穷个等级，一个比一个大，并证明了“任何集S的超限数基数比集S超限数还大”。在这里“整体大于部分”成了谬误，而“部分大于整体”成为真理。数轴可以认为由可数个离散的



区间组成的，只需要两种颜色就可以把数轴上的区间分开。复数可以与复平面上的点建立一一对应关系，而复平面可以认为由可数个矩形区域组成的，根据四色定理只需要四种颜色就可以把平面上的区域分开。类似地，只需要  $2^n$  种颜色就可以把  $n$  维空间中区域分开，现代数学认为多于 7 种颜色才能把环面上的区域分开，笔者认为只需要 8 种颜色即可。

根据离散与连续的相对性与绝对性可以得知，离散与连续具有统一性的一面，因此函数与数列、级数与积分便统一在一起，函数极限的四则运算法则与数列极限的四则运算法则、函数极限的性质与数列极限的性质、函数极限的判定与数列极限的判定其实是同一个问题，也不难理解 Heine 定理；离散型随机变量与连续型随机变量也是相对性与绝对性的统一。

20 世纪理论物理学家说得最多的话题是广义相对论和量子理论，而量子几何正是为现代物理学这两大支柱整合服务的。因为空间量子化不仅是许多物理学家曾经的猜测，而且因量子化概念本身的广泛应用已开启了人们的想象。传统的量子引力方案是继承广义相对论经典的表述方式，即是以度规场作为基本场量，但一个连续的背景时空会是量子场论中紫外发散的根源。1971 年 R. Penrose 首先提出了一个具体的离散空间模型，其代数形式与自旋所满足的代数关系相似，被称为 spin network。1986 年后，A. Ashtekar 等物理学家借鉴了 A. Sen 的研究工作，在正则量子化方案中引进了一种全新的表述方式，即以自对偶自旋联络作为基本场量，这组场量通常被称为 Ashtekar 变量，由此为正则量子引力的研究开创了一番新的天地。同时 T. Jacobson 和 L. Smolin 发现 Ashtekar 变量的 Wilson loop 满足 Wheeler-DeWitt 方程。在此基础上 C. Rovelli 和 Smolin 提出把这种 Wilson loop 作为量子引力的基本态，从而形成了现代量子引力理论的一个重要方案: Loop Quantum Gravity。1994 年 Rovelli 和 Smolin 研究了 Loop Quantum Gravity 中的面积与体积算符的本征值，结果发现这些本征值都是离散的，它们对应的本征态和 Penrose 的 spin network 存在密切的对应关系。Loop Quantum Gravity 因此也被称为量子几何 (Quantum Geometry)。这里它完全避免使用度规场，从而也不再引进所谓的背景度规，因此被称为是一种与背景无关的量子引力理论。一些物理学家认为 Loop Quantum Gravity 的这种背景无关性是符合量子引力的物理本质的，因为广义相对论的一个最基本的结论就是时空度规本身由动力学规律所决定，因而量子引力理论是关于时空度规本身的量子理论。在这样的理论中经典的背景度规不应该有独立的存在，而只能作为量子场的期待值出现。

Loop Quantum Gravity 所采用的新的基本场量绝非只是一种巧妙的变量代换手段。因为从几何上讲，Yang-Mills 场的规范势本身就是纤维丛上的联络场，因此以联络作为引力理论的基本变量体现了将引力场视为规范场的物理思想。不仅如此，自旋联络对于研究引力与物质场 (尤其是旋量场) 的耦合几乎是必不可少的框架，因此以联络作为引力理论的基本变量也为进一步研究这种耦合提供了舞台。Rovelli 和 Smolin 等人发现在 Loop Quantum Gravity 中由广义协变性，即称为微分同胚不变性所导致的约束条件与数学上的“节理论”有着密切的关联，从而使得约束条件的求解得到强有力的数学工具的支持。Loop Quantum Gravity 与节理论之间的这种联系看似神秘，其实在概念上并不难理解，微分同胚不变性的存在使得 Wilson loop 中具有实质意义的信息具有拓扑不变性，而节理论正是研究 loop 拓扑不变性的数学理论。对 Loop Quantum Gravity 与物质场 (比如 Yang-Mills 场) 耦合体系的研究显示，具有空间量子化特征的 Loop Quantum Gravity 确实极有可能消除普通场论的紫外发散。

一个量子系统的波函数由包含了对系统有影响的各种外场的作用；这种方程对于波函数  $\Psi$  是线性的，也就是说如果  $\Psi_1$  和  $\Psi_2$  是方程的解，那么它们的任何线性组合也同样是方程的解。这被称为态迭加原理，在量子理论的现代表述中作为公理出现，是量子理论最基本的原理之一。但是一旦引进引力相互作用，情况就不同了。因为由波函数所描述的系统本身就是引力相互作用的源，而引力相互作用又会反过来影响波函数，这就在系统的演化中引进了非线性耦合，从而破坏了量子理论的态迭加原理。不仅如此，进一步的分析还表明量子理论和广义相对论耦合体系的解是不稳定的。其次，广义相对论和量子理论在各自“适用”的领域中也都面临一些尖锐的问题。例如量子理论同样被无穷大所困扰，虽然由于所谓重整化方法的使用而暂得偏安一隅。但从理论结构的角度看，这些无穷大的出现预示着今天的量子理论很可能只是某种更基础的理论在低能区的“有效理论”。因此广义相对论和量子理论不可能是物理理论的终结，寻求一个包含广义相对论和量子理论基本特点的更普遍的理论是一种合乎逻辑和经验的努力。引力量子化早期的尝试，几乎用遍了所有已知的场量子化方法。最主要的方案有两大类：协变量子化和正则量子化。协变量子化方法试图保持广义相对论的协变性，基本的做法是把度规张量分解为背景部分和涨落部份。但不同的文献对背景部份的选择又不尽相同，这种方法和广义相对论领域中传统的弱场展开方法一脉相承，思路是把引力相互作用理解为一个背景时空中引力子的相互作用。在低级近似下协变量子引力很自然地包含自旋为 2 的无质量粒子，即引力子。由于这种分解展开使用的主要是微扰方法，随着一些涉及理论重整化性质的重要定理被相继证明，基本

上结束了早期协变量子引力的生命。

与协变量子化方法不同,正则量子化方法一开始就引进了时间轴,把四维时空流形分割为三维空间和一维时间,从而破坏了明显的广义协变性。时间轴一旦选定,就可以定义系统的 Hamilton 量(哈密顿量),并运用有约束场论中普遍使用的 Dirac 正则量子化方法。与协变量子化方法一样,早期的正则量子化方法也遇到了大量的困难,这些困难既有数学上的,也有物理上的,比如无法找到合适的可观测量和物理态。当然量子引力还有另一种极为流行的方案是超弦理论。与传统的量子几何相比,量子引力只不过是超弦理论的一个部份。从量子引力的角度来看,传统的量子几何是正则量子化方案的发展,而超弦理论则通常被视为是协变量子化方案的发展。这是由于当年受困于不可重整性,人们曾经对协变量子化方法做过许多推广,比如引进超对称性,引进高阶微商项等,这些推广后来都殊途同归地出现在超弦理论的微扰表述中。因此虽然超弦理论本身的起源与量子引力无关,但它的形式体系在量子引力领域中通常被视为是协变量子化方案的发展。经过十几年的发展,目前 Loop Quantum Gravity 已经具有了一个数学上相当严格的框架。除背景无关性之外, Loop Quantum Gravity 与其它量子引力理论相比还具有一个很重要的优势,那就是它的理论框架是非微扰的。

离散数学是数学的几个分支的总称,以研究离散量的结构和相互间的关系为主要目标,其研究对象一般是有限个或可数无穷个元素;因此它充分描述了计算机科学离散性的特点,内容包含:数理逻辑、集合论、代数结构、图论、组合学、数论等。

参考文献:

【1】李学生. 数学归纳法的推广,《济南教育学院学报》2002年第4期。

## 第五篇 时间与空间

### 1、时空问题与物理学

《中国大百科全书》(物理学)中有条目<空间和时间>:“力学、物理学、天文学和哲学的基本概念。在力学和物理学中,这些概念是从对物体及其运动和相互作用的测量和描述中抽象出来的;涉及物体及其运动和相互作用的广延性和持续性。空间是在测量和描述物体及其运动的位置、形状、方向等性质中抽象出来的;时间则是从描述物体运动的持续性,以及事件发生的顺序中抽象出来的。空间和时间的性质,主要通过它们与物体运动及其相互作用的各种关系和测量表现出来。物理学对于空间和时间的认识,还存在着一些基本问题有待解决,还在不断的发展”。

宇宙,现代汉语词典释为:“一切物质及其存在形式的总体(“宇”指无限空间,“宙”指无限时间)。”

【1】宇宙一词最早载于春秋时期晋国程本(字子华)所著《子华子》一书《孔子赠》篇:“惟道无定形,虚凝为气,散布为万物,宇宙也者,所以载道而传焉者也”。【2】是说唯有千变万化的客观规律,寓于看不见的“气”和万物之中,所谓宇宙,就是通过它们显现这些客观规律的场所。到了战国时期,鲁国的尸佼在其所著《尸子》一书中,第一次明确定义了“宇宙”:“四方上下曰宇,古往今来曰宙,以喻天地。”即宇宙是天地万物的总称。这个定义虽不深刻,但很简单且直观,故而被大家接受,传承至今。现代科学认为宇宙是广漠空间和其中存在的各种天体以及弥漫物质的总称。宇宙是物质世界,它处于不断的运动和发展中。

英语词汇中跟宇宙相对应的有“universe”和“cosmos”,二者旧时虽有诸多歧义,1984年新版英语辞典中已使这两个词汇明确化:“universe”指称所有时空范围内一切事物存在的总体;“cosmos”指称天文学意义上的整个天体系统。科学家试图用纯物理理论来解释宇宙起源,依赖于三个假设:用数学语言表达的自然定律可以解释一切现象;这些定律适用于一切时间、地点;基本的自然定律是简单的。天文学上宇宙指人们所能观测到的星系和星际物质的总称。研究这个整体的物理分支是宇宙学。目前可观测宇宙的大小约为100亿光年(1光年=光在一年内走过的距离= $9.46 \times 10^{15} \text{m}$ 。)

所谓时空观,就是有关时间和空间的物理性质的认识。时空观同自然科学的发展是密切相关的。科学上的重大变革往往伴随着新时空观的产生。甚至,在一定意义上可以反过来说,时空观的变革才是科学上大变革的基本标志。物理学随着人们对时空与物理客体之间的认识之进化而进化,从而时空概念本身及其在物理学中的地位 and 作用,也在发生着相应的变化。然而对于宇宙(包括物质、运动、时间、空间)的认识和理解,从古到今无论是神学家们、哲学家们、物理学家们一直在进行非常激烈的辩争,但现在它们大体都已形成了各自的主流认识。时间和空间,是运动着的物质存在形式。空间是物质存在的广延性,时间是物质运动过程的持续性和顺序性。科学从科学发展前的思想中将空间、时间和物质客体(其中重要的特例是‘固体’)的概念接收过来,加以修正,使之更加确切。目前物理思想的特点,和整个自然科学思想的特点一样,是在原则上力求完全用‘类空’概念来说明问题,力求借助于这些概念来表述一切具有定律形式的关系……完全用‘类

空'概念来理解一切关系在原则上是可能的(因为'物质'已失去了作为基本概念的地位。【3】这里关于空间-时间-事件诸概念(我们将把这些概念简称为“类空”概念,以有别于心理学方面的概念。在一定的条件下,物理学必须并且只能以一个一致的时空概念作为其研究的基础和出发点。

时空观是物理理论的基石,也是自然科学的基石,因为存在的一切都发生在一定的时间和空间之中。物理学家薛定谔所讲的,我们不用时空进行思维,我们根本就不能思维。物理学的时空概念不可与哲学上的时空观相等同,因为前者以科学论证为特征,而后者以抽象思辨为特征。但是,它们以不同的方式都影响着物理学家的研究,为破除旧的概念、形成新的概念提供着方法论武器。而当一种物理时空概念形成,进而发展成为科学理论体系,并以其科学的特质影响着不同的哲学学派对时空概念的解读时,物理学的时空观便成为哲学时空观的科学基础。上的时空观就是在与物理学时空概念的抽象化、理想化要求之间的相互作用和相互启发中,产生和演变的。自然哲学时空观进行批判和扬弃的结果,由此形成了科学化的时空概念。这种时空概念一开始是一种所理解和接受。它将因果性不仅确立为自然的基本原理,而且确立为哲学在理解自然时的基本观念。这种观念为构成近代科学的哲学基础起到了背景的作用。在物理学上,坚信自然的物理规律是统一的信念和对物质本原的深入研究,推动着物理学时空概念的发展;时空概念的变革成为物理学发展过程中解决理论矛盾的出路。

爱因斯坦认为:“时空是一种我们用来思考的模式而不是我们用来生活的条件。”诺贝尔物理奖得主劳克林说:未来的理论物理学应该说明空间和时间是什么。物理学家薛定谔认为,我们不用时空进行思维,我们根本就不能思维。宇宙按照其定义,就是一切事物:物质、能量、空间、时间,物理学所指的物质及其运动脱离不了时间与空间,时空也不能脱离物质而存在,时间和空间作为物理学上有效的因素是本质上的因素,时空观念是物理学中最基本的也是最重要的概念,任何对时空观念的更新与深化,势必对整个物理学产生巨大的和革命性的影响,从中引出的任何结论都是普适的,任何物理定律均不能与之相矛盾;任何对时间和空间概念的改变都要求对物理学作出重大调整,这种调整比自然科学的任何其他领域要大,因为时间和空间是物理过程赖以描述的支架。从逻辑的、分析的角度看,时间确实具有与空间相似和相同的特性,这使得哲学史上大多数哲学家都把空间和时间放在一起讨论。空间和时间是事物之间的一种次序,空间用以描述物体的位形;时间用以描述事件之间的先后顺序。柏格森第一次从哲学上对时间和空间进行区分,并把时间置于比空间更优越的地位,这具有划时代意义。时间本体从空间化的时间中突现出来。后来的时间哲学不论是现象学、存在主义还是怀特海,都继承了时间优于空间的思想,这导致时间无论在作为物的存在方式,还是作为人的存在方式,都获得比空间更为根本的意义。空间和时间的物理性质主要通过它们与物体运动的各种联系而表现出来。在自然科学中,时间已不仅作为一个度量量而与空间一起接受几何学、逻辑学考究,时间的不可逆性和方向性本来就是一个重要的科学哲学问题,赖兴巴赫和格鲁巴姆为解释时间的方向性作出了重要的贡献。

时空概念的发展和丰富及其在物理学中的地位和作用的变化,体现了人类认识过程中理性和经验、人与物理对象之间的相互作用。首先,像时空概念这样重要的理论元素,如果不能正确认识它的相对性,而将其地位绝对化,仅在理论内部为拯救现象做特设性的调整,那将会阻碍理论的发展。从人类经验综合和抽象而来的概念,不应该是静止的、绝对化的,而应随着人类认识和实践的发展而发展。在这里,哲学的作用不可小视。时空概念的变化表明,科学进步决定了概念变化的方向。也就是说,我们要认识到概念变化的必然性及其变化的方向性。其次,概念都是人的抽象思维的产物。在抽象过程中,我们不得不在一定的认识条件下对经验现象作取舍和理想化;而在认识发展到更高阶段,处理更深层次和更广泛的现象和问题时,这些取舍和理想化就变得不再那么合理。可是,发现这种不合理却不是一件容易的事。爱因斯坦在为M. 雅默(Max Jammer)的《空间概念物理学中空间理论的历史》作序时曾写到:在企图把庞杂的观察数据作出系统的概念表述时,科学家用上了整个概念武库,这些概念实际上是同他的母亲的奶一道吮吸来的;他很难觉察到他的这些概念中始终有问题的特征。(《爱因斯坦文集》第1卷,第586页)时空概念的变化对于物理学来说似乎是一个顺理成章的事,但对于人类认识的发展来说却是异乎寻常的。因此爱因斯坦认为:为了科学,必须反复地批判这些基本概念,以免我们会不自觉地受它们支配。在传统的基本概念的贯彻使用碰到难以解决的矛盾而引起了观念发展的那些情况,这就变得特别明显。(同上)也就是说,我们要认识到基本概念变化的可能性。再次,虽然科学来源于哲学,但由于技术手段的差别和理论要求的不同,对同样问题的研究科学和哲学会有不同的进路,发展的程度也不相同。所以,不应将哲学的时空观与科学对时空的研究所形成的时空概念简单地等同,同时也要注意两者的联系,这样才能既合理地利用科学取得的成果,又不僵化思想。也就是说,我们要认识到基本概念演化在科学上的特殊性。

如果把空间看作绝对静止的事物,也就是全然无变化的东西,那么时间也就不存在了。同样地,对于时

间的测量，如果没有空间的变化作为背景，那么所谓的测量就是根本不可能的。设想一个静止的粒子，它表象为唯一确定的空间位置，而在时间上是无限延伸的，因而对它来说，时间的度量被否定了。当粒子一旦开始运动，就否定了它唯一确定的空间位置，运动中不同位置的相继出现，则表象了粒子的时间的度量，得到了该粒子运动所表征的时间。时间的再否定，就出现了粒子的新的空间位置因素，即确定了粒子新的空间度量。我们知道：地球的自转产生了昼夜的时间度量形式——地球时，月亮绕地球的转动产生了月的时间度量形式——月球时，地球绕太阳的运动产生了年的时间度量形式——太阳时。倘若这些运动不存在，或被终止了，那么年月日这些特有的时间度量形式也就不存在或被终止了。广义说来，地球、太阳和月亮都是一座钟，是人类生活中最通用和最古老的钟，而且也是标定其它各类钟的基础。从人类历史上看，现在的时间尺度或时标，就是靠地球自转和绕太阳的公转来确定的，并依据它导出其它单位的标度。现代科学虽然发现了地球自转的不均匀性，以及由于地球章动带来的地球公转周期的微小变化，但人类毕竟是生活在地球上的，一切活动都受到昼夜和季节变化的影响。因此，人们还是要不断修正自己的时钟，以适应大自然的这些变化。

参考文献：

【1】《现代汉语词典》（2002年增补本）中国社会科学院语言研究所词典编辑室编 北京：商务印书馆 2002年5月第1538页

【2】《时空学说史》李烈炎著 湖北人民出版社 1988年1月 第18、21、663页

【3】爱因斯坦著 狭义与广义相对论浅说 p113 上海科学技术出版社 1964年

【4】爱因斯坦著 狭义与广义相对论浅说 p112 上海科学技术出版社 1964年

## 2、贤哲们对于时间的思考

从古到今，时空一直是一个大话题，人们在追问时空到底是什么。海德格尔也说过：“如其所是的时间只能是哲学的课题。无论以自然科学的方式，还是以人类学的方式，时间本身都不让自己有所道说。时间具有某种秘密的性质。因此，时间的概念史不过是时间的误解史。全部时间概念史也许都是在人类知识的宏观层面上印证着和一再重复着奥古斯丁在个人思想层面上曾经遭遇过的困境或绝境。”亚历山大在他的《空间、时间和神灵》中说：“哲学中一切重大问题的解决都依赖于对时空是什么——特别是这两者是如何相互联系的问题的解答。”古代的神学家、哲学家圣·奥古斯丁(公元354-430)留下了千古名句：“什么是时间？如果没有人问我，我知道。可是当我想向问我的人解释时……我坦白我不知道”。德谟克利特说：时间就是物质运动的连续，不是人创造出来的；柏拉图却说：时间就是用数学描述物质运动着的永恒图像，是上帝和人创造的；在古希腊亚里士多德用“地点”概念来表示空间，认为时间是连续的，时间就是均匀流逝的老人，没有意识就没有时间这美丽的花朵；笛卡尔说：时间就是日月的持续性，离不开处女的静和玉兔的动；牛顿小结说：时间即是客观的，又是主观的劳力士，人类用的就是绝对均匀的分分秒秒，与物质的运动无关；黑格尔却说：时间和物质运动相关联，时间是永恒的无限和五颜六色的有限；费尔巴哈说：时间就是一切实体的存在的大容器；恩格斯说：时间是我们存在的别墅，又是前仆后继万古常青的老人；爱因斯坦说：时间是相对的不是绝对的，它还给我们缔造了美丽的时空方程式；霍金说：时间老人是有生日的。孔子说：逝者如斯夫，不舍昼夜；庄子说：人生天地之间，若白驹过隙，忽然而已；陶渊明说：盛年不重来，一日难再晨。及时当勉励，岁月不待人；老子说：独立不改，周行而不殆。时间是给人神秘感的最大的来源之一。它深奥难测的性质，是有史以来人们日夜捉摸的对象，历代的诗人、作家、哲学家都被时间迷惑过。

早在2300多年前，战国时代的思想家庄子（大约公元前369—前286年）就浪漫激情地幻想“旁（傍）日月，挟宇宙”。其实中文的“宇”、“宙”二字原指“屋檐”和“栋梁”，都是指人居住的地方，后来才延伸为“天地四方（空间）、古往今来（时间）”的总称。它超越了东西南北的方位，无边无际；超越了一朝一夕的时间，无穷无尽。与“宇宙”混用的“世界”二字则出于佛教的说法，也是时间（世代）和空间（边界）的合称。

在法国著名科学家彭加勒的时代，非欧几何学已经问世，而且可以找到它在物理上的实际应用。数学体系的唯一性被打破，它可以建立在不同的直观之上！怎么能够确定是欧几何还是非欧几何代表了一种先天的直观呢？彭加勒说，它们都是综合的，但不是先天的，而是约定的。为着某种方便、某种目的，我们约定一种规则作为公理，并由此建立一套知识体系来。彭加勒的约定时空观无疑对爱因斯坦创立狭义相对论有促进作用，即使现在对我们也具有启发意义。近代法国的柏格森认为时间就是绵延；怀特海反思相对论的问世有过程哲学的创建；诗哲泰戈尔和爱因斯坦曾经在一起对时间，空间的问题做了交流。爱因斯坦对卡尔纳普说：“‘现在’这个概念使我百思不得其解，有一种科学不能抓住的本质。”而卡尔纳普则认为这是可以用心理学加以解释的。费恩曼说：“‘现在’是一个很难的概念，但是爱因斯坦通过同时性及相对性利用了这个观念，妥当的处理，从而做出了伟大的成就。”

### (一) 上帝和神仙的时间

1995年保罗·戴维斯在《关于时间—爱因斯坦未完成的革命》一书中写道：“上帝肯定不可能既存在于时间之内又存在于时间之外，经过几个世纪的激烈论争，神学家们对这个复杂的难题还没得出一致的答案。”【3】但是，在世纪之交，这道难题似乎已经被基督教哲学教授理查德·斯温伯恩所解决。他在所著《上帝是否存在？》【4】一书中文版序言中说道：“有没有一个上帝，即有没有一个全能的、全知的、全善的、具有人格的存在者，作为世界万物的创造主与维护者，这当然是基督教、犹太教以及伊斯兰教的基本主张”，答案是“肯定性”的，“有一个上帝”。而且“上帝的所有其他本质属性，都起源于全能、全知、完全自由这三种属性”。因此“上帝存在于无始无终的时间的每个时刻”，是“永久性”的。这样上帝就“‘无所不在’（存在于任何地方），就是说，他能使任何地方的事物发生变化，能够知道哪些地方正在发生哪些事件，却无须依赖手臂、感官或光线的正常运动。”上帝是“宇宙的创造者”，也是“宇宙的维持者”。这就是宗教哲学的最新主流观点，为世界上许多人所信仰。

神仙的时间也是“永久性”的，在中国，神仙如“盘古天王”，“如来佛”、“太上老君”他们都有上帝那种创物知事、无所不在的本领，稍有不同的是神仙用“千里眼”“看”过去，如果是事后还可以“掐指一算”。

显然，上帝和神仙的“时间”，是一种彻底的主观唯心主义的观点，是不符合客观事实的，是反科学的。

### (二) 哲学家的时间

哲学家们已经分成了两大派，即：辩证唯物主义者和唯心主义者。

#### 2.1 辩证唯物主义时空观

列宁指出：“物质是标示客观的实在的哲学范畴，这种客观的实在是在人的感觉中被给予人的，它不依赖我们的感觉而存在着，为我们的感觉所复写、摄影、映写。”【1】“正如物或物体不是简单的现象，不是感觉的复合，而是作用于我们感官的客观的实在，空间与时间不是简单的现象形态，而是存在的客观实在的形态”。“关于空间与时间的人的表象是相对的，可是从这些相对的表象中构成着绝对的真理，这些相对的表象在自己的发展中走向绝对真理，接近绝对的真理。关于空间与时间的人的表象的变化性并没有驳倒空间与时间的客观实在性……。”

时间和空间是人们对物质的“运动过程”和“存在形式”的共同属性即“普遍性”所赋予的抽象描述。物质运动是绝对的，与其不可分割的时空的存在因而也就具有绝对性。

时间具有持续性（或无限性），表现为物质运动过程的久暂及其先后顺序；时间的特点在于其均匀连续性和不可逆性。

空间具有广延性（或无限性），表现为物体间的并存和分离状态、物体的体积、位置和排列等等；空间的特点在于具有三维性和均匀连续性。

时间和空间是绝对可分的，它们是完全不同的两个概念。对任何坐标而言，时空度规是绝对同一的，度规是刚性的。时间和空间不具有几何性质。

这就是我们所坚持的辩证唯物主义时空观，这既是信仰也是被迄今为止自然科学的基本事实所证明了的。

在哲学中，空间是对物质客观存在的基本形式的抽象描述，是指物质的广延性和物质客体的存在展现。它表现为物质的分布，并存状态、体积、位置、排列以及物质自身的结构和运动。空间是客观存在，是物质的，也是可以认识的。这就是在哲学上的物质本体论、实在论。只有坚持这种认识论才有可能揭示出物质运动及其相互作用的客观规律，舍此不会有其它正确途径。

#### 2.2 唯心主义时空观

唯心主义者否认物质的客观存在性，否定世界统一于物质，否认物质的第一性而认为精神、意识是第一性的，因而否认时间和空间的客观实在性，认为时间和空间不过是“感觉的复合”。【1】

神秘唯心主义哲学家贝克莱认为：“存在就是被感知”，“物质是非实体，物质是虚无。”而“空间、时间和运动都是相对的，不是绝对的”。

唯心主义大师康德认为，“自在之物”是“不可认识的”，而时间和空间这两个概念并不是从经验产生的，不是客观实在，而只是我们的直观形式，是主观的。

主观唯心主义者马赫和马赫主义者则认为：“感觉不是‘物的符号’，‘物’倒是具有相对安定的感觉复合的符号。世界的真正要素，不是物（物体）而是颜色、压力、空间、时间（即我们通常叫作感觉的东西）”，而“空间和时间是感觉系列的有秩序的体系”，“空间和时间不是现象世界的实在性，而是我们用以感知物的方式。它们既不是无限大的，也不是无限可分的，它们在本质上是我们的知觉的内容所限

制着的。”还有著名的马赫原理：“惯性力本质上是一种引力，因为在宇宙遥远天体对物体所能产生和作用力只有引力；而惯性系则是由宇宙中所有物质及其运动的某种平均效果所决定的。”因而只有相对运动，没有绝对运动；既无绝对速度，也无绝对加速度。

当代英国科学哲学学会会长，英国科学院院士卢卡斯（J. R. Lucas）则告诉我们：“上帝确实选择在他创造世界之时启动了宇宙大爆炸，正是因为他想在某一时间创造世界，而且他肯定要在某一时间决定付诸实施。这并没有什么奇怪或神秘的。”这就是当代神学化的科学，或者说是科学化的神学。

当年量子力学大师狄拉克曾经说：“最难的问题是时间”。时间概念的定义是表述物质存在和运动过程的始终以及持续性的物理量。这就是说，时间只是一个物理量，这个物理量是用来表述某个物质（例如某个实物或实物场）从开始存在和运动终止存在和运动的始终以及持续过程长短这个量度的。哲学家赖辛巴赫指出：“除了通过物理学以外，没有别的道路能解决时间问题。物理学和别的科学不同，它已过问时间的本性，如果时间是客观的，物理学家一定知道它，假如时间只是主观的东西且存在是无时间性的，那么物理学家一定能在其现实性的构成中忽略时间，并且不需借助时间就能描述世界……。要寻求时间本性而不去研究物理学，是无望的事情，如果有一个关于时间的哲学问题的解答，那么它是写在数学物理方程中的”。描述运动无论是在中国还是在西方，从来都是只使用长度  $L$  和时间  $T$  两个概念，根本就不使用“空间”这个概念，足可以证明关于空间和物质都是抽象的类概念，并不具有任何物理学意义的说法是正确的。在中国，两千多年前的墨子留下的《墨经》中就写道：“行修已久，说在先后”。《经说》解释为：“行者必先近后远……民行修，必以久”——修者，远也，指距离而言；久者，长也，指时间而言。其意即指对运动（即行）的描述，应该使用距离的远近和时间的长短两个概念。“在一物体的运动中，我们所能看到的只有两点：一是它通过了某一空间距离；另一是它通过该距离需要一定的时间”。【2】18 世纪初出生的达朗伯早就指出，物体在运动中只能被看到“距离”和“时间”两点，其中的空间仅仅是距离的定语而已。这种观点和华夏先民的看法完全一致；究竟是从什么时候开始，物理学家们舍弃了“距离”，而用抽象的类概念空间和时间  $T$  描述运动，恐怕也很难找到具体的答案。实际上上述错误就产生于将可以精确测度的距离  $L$ （或曰坐标）跟空间这个抽象的类概念混为一谈，久而久之就以“空间”取代了长度  $L$ 。

参考文献：

【1】《唯物主义与经验批判主义》列宁著 曹葆华译 博古校 北京人民出版社：1956年3月第3版 第121页 第170-171页 第8页 第10页。

【2】董光璧等著 世界物理学史 P191 吉林教育出版社 1994。

### 3、时间单位【1】

当年量子力学大师狄拉克曾经说：“最难的问题是时间”。钟(计时器)显示出的秒、分、时，它不是实质上的事物。时间就像一把尺子一样不代表空间，计时器和尺子是人为制做的测量工具。物质存在的形式是时间和空间，如果没有物质存在就没有时间和空间。物质的波长、频率、是客观存在的事物。如德布罗意波就是一个基本粒子在空球中转一周是一个波长，一个物体沿圆周旋转一圈叫周期，周是一圈，期是时间，周期用  $T$  来表示。基本粒子的频率是时间的本质。在“人世”的现实中，所谓的“时间”和“空间”，只是在全人类共同感知并达成共识的基础上才有了明确的概念和真实的意义。就时间来说，一方面，要依靠天文学研究确立全人类统一的从年、月、日、时、分、秒...的时间计量体制及其基准（格林尼治时间就是享有最高权威的国际标准时间）；另一方面，要依靠计量学的研究，确立力求精确的时间基准（如一秒钟的“时长”）并解决相应的量值传递技术手段。20 世纪后半期以来，无线电电子学和电子计算机技术的迅猛发展，及其在各个领域特别是在尖端科技（如国防军工、航空航天等等）的广泛应用，今天在全球时间的唯一性与可操作性上，无论在理论上或实践上均不存在任何疑问。特别值得一提的是，航天技术与现代天文学研究相结合，已创造出了许许多多令人叹为观止的世间奇迹！如：2005 年美国东部时间 7 月 4 日凌晨 1 时 52 分（北京时间 7 月 4 日 13 时 52 分），美国宇航局的“深度撞击”彗星撞击器，成功击中坦普尔 1 号彗星的彗核表面。又如格林尼治时间 2009 年 7 月 22 日零时 51 分起，全人类共同观赏了 21 世纪的“世纪之食”（整个见食时间达 6 分 43 秒，是本世纪最长的一次）。“年、月、日、时、分、秒”之时间单位的天文物理意义，是对地球自转及公转运动过程（趋势）的描述或记录方式。可见，地球时间的本质，实际上就是地球在太阳系空间中的运动进程。时间就是天体在轨道空间中的位置及其连续不断地改变的过程，时间的流逝就是天体在太空空间中的运动及其变化和勇往直前地推进过程。进一步地，时间的天体运动本性，必然表现为单向不可逆并持续不断的特性。因此，时间的概念是对天体运动规律及特性的一种描述方式。结论：时间就是天体的空间位置及运动。

### (一)、时间的概念、单位和 60 进制的起源

时间概念起源于周期性的天文现象。根据资料考证，最早的时间概念起源于地球相对太阳的转动角度变化。例如：太阳的周期性升落（即地球绕地轴自转一周）产生了“日”（天）的概念，月亮的周期性圆缺（即月亮绕地球转动一圈）产生了“月”的概念，地球的周期性冷热（即地球绕太阳公转一圈）产生了“年”的概念【2】。大约到了公元前 3000 多年（一说 4000 多年），人们又把一日划分为若干相等的小单位，经过漫长的演变过程才形成了现在的小时、分、秒的时间概念【3】。

资料考证还表明，最早的时间的基本单位“秒”可能是从平面角度的（角）秒转化或借用过来的。因为自古以来，人们就是根据地球相对太阳转动的角度变化来计时的，所以时间的计量与平面角度的变化也就有了必然地联系。从时间的单位来说：1 小时=60 分，1 分=60 秒；从平面角度的单位来说：1（角）度=60（角）分，1（角）分=60（角）秒。显然，这里时间与平面角度的单位名称都相同——都是“分秒”，因而采用相同的进制——60 进制也就成为了必然的选择（据载：美索布达米亚人和苏梅尔人最早发明了 60 进制）。正因为最早的时间是根据地球相对太阳转动的角度变化来计量的，也因为时间和平面角度具有相同的单位和名称，所以有的学者据此认为，最早的时间“秒”的名称可能是从平面角度的“秒”转化或借用过来的（有的学者还认为，最早的时间“秒”的量值单位可能是从人的脉搏跳动次数转化或借用过来的）。

资料考证还表明，时间和平面角度采用 60 进制可能与制订历书有关，因为制订历书要对天体运转的圆周进行等分，而等分中能把 60 除尽的整数又比 10 进制的多。例如：地球相对太阳自转一周的平面角度（360 度）等于时间的 1 天（24 小时），即 1 圆周=1 天（日）；也就是 360 度=24 小时，1 度=4（时）分，1（角）分=4（时）秒，15（角）秒=1（时）秒。很明显，这些单位之间换算起来既简便又无小数。因此，60 进制的采用也就成为了时间和平面角度的最佳选择。当然，后来的实际也证明了时间和平面角度采用 60 进制，不论从数值计算还是从单位换算来说确实是很简便的。

既然从时间和平面角度采用 60 进制的历史过程来说是必然的选择，从时间和平面角度的换算计算来说也是很简便的，那么，为什么有的国家还要改其为 10 进制呢？据说是为了与 10 进制的国际单位制相一致。例如：1793 年，法国就曾把时间的 60 进制改变为 10 进制，然而这种改变根本收不到好效果，因此只持续几个月就废除了。法国 60 进制的改革虽然废除了，但这并不说明 60 进制不可改变。从另一个方面来讲，秒的次级单位毫秒（0.001 秒）和微秒（0.000001 秒）已经按 10 进制计算了。那么，是否有一天也会对秒及其分、小时也按 10 进制计算呢？这当然只是一个计量的习惯性、简便性和经济性问题。应该说，当人们对这些问题形成共识的时候，60 进制的改变也是可能的事情。

#### 2、国际单位制中的时间单位和进制

不论 60 进制是否会改变，也不论时间的基本单位是否会改变，就国际单位制的基本单位来说，时间秒是保留 60 进制的唯一单位。这也许就像有的学者所指出的那样，时间和平面角度的 60 进制是建立在自然规律基础上的，是反映了自然规律的“自然进制”，是不依人们的意志为转移的，是不可改变的。

#### 参考文献：

【1】时间的过去、现在和未来 仵凤鸣 中国航空工业集团公司第 5716 厂。

### 4、空间单位

古希腊古原子论者把空间概念同物质概念联系起来，定义空间为“虚空”；虚空是和物质充实性相反的实在，是宇宙间物质存在和运动的场所。他们认为：物质是充实性的实在，空间是虚无性的实在。“虚空”与“物质相反的实在”和“场所”，正确地把握了空间概念的本质，是一般的、共性的、绝对的空间概念，能准确的区分物质和空间，涉及到对物质和空间的本质认识，奠定了人类对空间科学认识的牢固基石。

由于古原子论的空间的概念来源于物质概念，二者互为相反；所以在对物质的本质认识尚不充分的古希腊，对空间本质的认识也不完善是可以理解的。因为“充实性”不是“积极”“能动”的。由于古原子论者寻找不到物质积极的能动性，那么与之相反的空间概念也是没有积极能动性的消极因素。作为构成宇宙的两大大基本要素的物质和空间没有能动性，不能充分揭示宇宙，是古原子论退出科学历史舞台的根本原因。

空间是“虚无”的实在，是虚无一物的所在、场所。正确的揭示了空间概念里不存在物质要素，是纯净的几何体这一本质属性。所以空间是三维的，是均匀的，具有广延性。空间的广延性与物质广延性不同，物质的广延是间断的，有限的；而空间的广延是连续的、无限的。

运动物质在空间的非均匀性分布，改变了以特定物体为坐标的局部空间区域的属性；空间的性质发生了变化，在充满物质的局部空间里，空间已经不再是原有的虚无和纯净了，空间的广延性也因物质的分布而发生变化。

长度单位就是用光速定义的，以前用原尺定义的长度已废弃。1872年在巴黎召开的世界长度会议上决定，制造31支“米原型尺”，每支尺都编了号。除了N0.6号为国际原尺外，其它的都以国际原型尺为标准，精密检定，求出长度，分发各国保存，作为长度单位的标准。

1960年第11届国际计量大会通过了光波米的定义，第二次“米”定义为“氪-86原子的2P<sub>10</sub>和5d<sub>5</sub>能级之间跃迁辐射在真空中波长的1650763.73倍为1米。”氪-86谱线轮廓稍微有些不对称，光波米在实验室复现精度为 $4 \times 10^{-9}$ 。

1967年的国际计量大会(CGPM)议定，用铯133原子内部电子在基态的两个超精细能级间发生跃迁辐射发出的电磁波震荡9192631770周所用时间为1秒作为世界时间标准【1】；也称为原子时。之所以选择铯133原子的这个能级跃迁辐射电磁波是因为它的频率非常稳定，用它来做时间标准可以使计时的误差达到30万年不超过一秒。

1983年第17届国际计量会议上通过了第三次光速米的定义，“1米是光在真空中299792458分之一秒时间内所传播的距离。”

参考文献：

【1】John Gribbin, COMPANION TO THE COSMOS, Item atomic time.

## 5、运动与静止

(1) 经典力学前对于运动与静止的认识

中国古代的墨子把运动称为“行”、“动”，把静止称为“守”、“止”。“行修以久，说在先后”。“行者。行者必先近而后远。远近，修也。先后，久也”。“动，域徙也”。“止，以久也。无久不止。”“守，说在长守久。”“长守，徙而有处，守。”意思是说，运动就是行者（物）在时间（久）与空间（长）中行动、迁徙；静止就是在“长、处”中守候时间（久）。值得注意的是，墨子已经研究了匀速运动状态，把它称为“长守”，认为它是一种“徙而有处”的守。

古希腊的亚里士多德给运动下了这样一个定义：“运动就是能够动作者和能够承受者作为它们自身的实现”（《物理学》）。从这个定义可以看出，亚里士多德把“能够承受者”看成是运动物体，把“能够动作者”看成是“推动者”，推动者是物体运动的根本原因。亚里士多德还最先提出了“第一推动”的命题：“既然运动应该是永恒的、不会中断的，那么就必定存在着某个永恒的最初造成运动的东西。并且不论是一个还是多个，这个最初运动者都是不能被运动的”（《物理学》）。也就是说，这个第一推动者自己是静止的，只有它静止着，才能推动别者运动。

当然，中国早期的“相对论”者-----庄子也有过“飞鸟不动”的怪论；从手法上看，他同芝诺都是在运动空间的“无限可分”上做文章，而与他们的的手法不太相同的却是中国的僧肇。

僧肇（公元384~414）生活在魏晋玄学盛行的时代，他写了一篇《物不迁论》，用否定时间连续性的方法来否定运动的存在。“今若至古，古应有今。古若至今，今应有古。今而无古，以知不来。古而无今，以知不去。若古不至今，今亦不至古，事各住于一事，有何物而可去来？……求向（过去）物与向，于向未尝无。贵向物于今，于今未尝有。于今未尝有，以明物不来。于向未尝无，故知物不去。复而求今，今亦不往。是谓昔物自在昔，不从今以至昔；今物自在今，不从昔以至今。……昔物不至今，故曰静而非动。”

(2) 经典力学对于运动与静止的认识

伽利略说：“我的目的是要阐明一门崭新的科学，它研究的却是非常古老的课题。也许，在自然界中最古老的课题莫过于运动了；例如观察到下落重物的自然运动是连续加速的。”“把你和朋友关在一条大船下的主舱里，让你们带着几只苍蝇、蝴蝶和其他小飞虫，舱内放一只大水碗，其中有几条鱼，然后挂上一个水瓶，让水一滴一滴地滴到下面的一个宽口罐里，船停着不动时，你留神观察，小虫都以等速向舱内各方向飞行；鱼向各个方向随便游动；水滴滴进下面的罐中，你把任何东西扔给你的朋友时，只要距离相等，向这一方向不必比另一方向施更多的力。当船以任何速度前进，只要是匀速的，你将发现，上述观察的现象依旧，你无法用任何现象判定船是运动还是不动……”【1】

运动与静止是物理学永恒的话题，运动是时间的本性，静止是空间的本性。运动和静止是无限与有限、空间与时间相互作用的结果，也是一切事物相互规定之统一效应的展现。恩格斯的运动观：“运动应当从它的反面，即静止中找到它的度量”。静止是相对的，是指事物在一定的条件下的相对稳定和平衡状态，是物质运动过程中的一种特殊形式。不能正确认识静止，也就不能客观的研究运动。

物理意义上讲，度量运动必须先定义静止，即选取参照物的准则是什么？运动的直观可定义为“物体静止的内外涵合表象的相互转换”；运动的分析可定义为“物体静止的内外涵合表象的转换速度”。谈运动必须



谈静止，与运动的直观和分析相对应，静止的直观可定义为“物体运动的内外表象的相互涵合”，静止的分析可定义为“物体运动的内外转换表象的速度停位”。这里所谈的运动和静止的“内外表象”，意指运动和静止事物的两层性：静中有动，动中有静，外动内静、内动外静，动与静相互依存，相互转换。这里对运动、静止的直观和分析所作的定义，是从物体层次表象和物体变化表象来进行的。物体是物理感知和分析的对象。运动总是某“物体”的运动，静止也总是某“物体”的静止。物体首先要获得“运动”和“静止”这样的抽象直观和分析形式才能进入命题领域。在物理学对物体的实际分析中，运动和静止已用自己的抽象形式取代了“物体”，或换句话说，物理学眼中的客观事物或物体，就是“运动和静止”的图象。如同数学用抽象的符替代客观事物对象和秩序一样，物理学把客观事物或物体抽象成“静止和运动”，以建立自己的对象世界。相对于静止的运动（物体躲在后面），是物理学的逻辑起点。这一点是必须认清的。不然，我们就难以理解物理学为什么仅仅通过对“运动”的描述，就可以获得“物体”各个方面的物理学认知，并创造它的奇迹。反过来，理解了这一点，也就理解了物理学如何利用数学秩序把“物体”隐在运动与静止的关系中进行描述并最终说明物体自身的全部奥妙。

物理学只有获得物体对象的“运动与静止”的抽象后，才能获得它的数学抽象。物理学的奇迹就发生在运动与静止的数学关系中。运动与静止在本质上是同体的、多层的、对称的、平衡的、同权的。这种本质反映在物体表象上就是涵合与转换的对立统一。我们通过物体的表象抽象出运动与静止的形式，并以这种形式界定物体本质的表象反映，来说明对物体本质的“切入”程度。这种切入的程度愈深，说明我们对物体表象的本质认识愈深。

参考文献：

【1】Galileo 著，<<关于两种世界体系的对话>>，1632年。

## 6、亚里士多德的时空观

恩格斯曾经讲过：“在希腊哲学的多种多样的形式中，差不多可胚胎、胚芽。”对时间和空间基本属性的探讨从古到今一直是哲学和物理学的重要内容之一。可以说是哲学中一切重大问题的解决都依赖于时空问题的解决。古希腊哲学家德谟克利特认为，空间是无物的“虚空”，原子在“虚空”中运动。这些没有物质的空间的观念，同时也就包含了没有物质的时间的观念。古希腊亚里士多德建立了人类历史上第一个相对完整的时空理论体系，其中物体在宇宙中的位置具有关键的作用。

柏拉图在《蒂迈欧篇》中对“时间”的看法：“理念的存在是永恒的，而要将这性质完全无缺地赋予创造出来的东西是不可能的；因此他决定给永恒性创造一个活动的形象，在他把世界安排妥当之后，他就照着那始终统一的永恒性创造出一个根据数的规律而运动的永恒形象来，这就是我们所说的‘时间’。”柏拉图将“时间”排斥在“存在”之外并否定其超越性的思路实质上对西方哲学之前康德的时间观产生了决定性的影响。亚里士多德在他的《形而上学》中明确指出了时间不是一个本体。可见，亚里士多德的时间观从根本上继承了柏拉图的，并且他同样也否定时间的超越性。

达尔文曾经讲过：“某些大科学家“比起亚里士多德不过是小学生。”亚里士多德对于“时间”有着自己的看法，他指出：“变化总是或快或慢，而时间没有快慢。因为快慢是用时间确定的：所谓快就是时间短而变化大，所谓慢就是时间长而变化小；而时间不能用时间确定，也不用运动变化中已达到的量或已达到的质来确定。因此可见时间不是运动，这里我们且不必去管运动和变化有什么区别。”但亚里士多德又认为“时间”也不能脱离“变化”：“如果我们自己的意识完全没有发生，或者发生了变化而没有觉察到，我们就不会认为有时间过去了。”亚里士多德进而提出时间是“运动”的“数”的著名论点，他论述说：“既然运动事物是由一处运动到另一处的，并且任何量都是连续的，因此运动和量是相联的：因为量是连续的，所以运动也是连续的；而时间是通过运动体现的：运动完成了多少总是被认为也说明时间已过去了多少。‘前’和‘后’的区别首先是在空间方面的。…。当我们用确定‘前’‘后’两个限来确定运动时，我们也才知道了时间…。因为，时间正是这个——关于前后的运动的数。因此，时间不是运动，而是使运动成为可以计数的东西。”可见从“运动”来理解“时间”是亚里士多德时间观最显著的特征。

在中世纪之前，亚里士多德的时空观在欧洲占据主导地位。在亚里士多德的理论体系中，地球位于整个宇宙的中心。整个宇宙由环绕着地球的七个同心球面组成，月亮、太阳、行星和恒星分别处在不同的球面上作着完美的圆运动。现在我们是相信这种宇宙结构图了。但是，在两千多年以前，亚里士多德能对宇宙做出一个统一的解释，认为地球是一个球形，那是人类认识上的一次巨大飞跃。因为，在远古时代人们认为大地是平坦的。怎么会去想象地球是一个球体呢？按照当时的观念：那些居住在我们的对半球上的人不是都会掉下去吗？

可以说,亚里士多德的时空观是把“上”和“下”这两个方向相对化了。也就是空间各个方向是等价的,没有一个方向是具有特别的绝对优越性。在亚里士多德的体系中,物体在宇宙中的位置具有关键的作用。空间的位置是绝对的,地球的球心就是宇宙的中心。每个物体都有各自的天然位置,只要没有阻挡,每个物体都力图到达各自的天然位置。物体之所以会运动,其原因就是它们还没有到达自己的天然位置。在亚里士多德的时空观里,一些位置是非常特殊的,如地球的球心,它们在支配物体运动的自然规律中起了决定性的作用,这种特性也就是空间点的绝对性。它的代表人物是古希腊的哲学家亚里多德、古希腊的天文学家、地理学家托勒密,亚里多德基于地球是球形的假说,把“上”和“下”相对化了,废弃了空间的特殊方向,萌发了空间各向同性的想法,到了托勒密时期,已形成了完整的“地心说”宇宙体系。以地心说为代表的旧的时空观的主要观点是:

1. 承认时间和空间是客观存在的。
2. 在空间概念中,认为“上”和“下”是相对的,宇宙是有限的、是有中心的。
3. 承认时间是无限的,认为天体运动是永恒的,但没有涉及宇宙有无起源、即时间有无起点的问题。

这一时代的时空观没有说明时间和空间两者的关系,也没有涉及时空与物质及其运动的关系,它承认宇宙是有中心的,并认为圆运动是天体最完美的运动。它忽略了物质运动的复杂性和多样性,并且没有从物质的相互作用去寻找轨道的动力学理论。这一时代的时空观更多的是依赖直觉和大胆的推测及思辨而得出的。

## 7、牛顿的时空观

Newton的绝对时空概念,只是Newton对时空的一种数学抽象,这从“绝对的、真正的和数学的时间自身在流逝着,”可以十分明显地看出。其中“数学”二字表明Newton怕别人误解而特意指明绝对时间是一种数学的抽象。Newton的相对时空概念,是整个Newton力学体系中的不可分割的组成部分。牛顿认为:“相对空间是绝对空间的可移动部分或量度,我们的感官通过绝对空间对其他物体的位置而确定了它,并且通常把它当作不动的空间看待。如相对于地球而言的地下,大气,或天体等空间就都是这样来确定的。”可见,牛顿的相对空间概念与我们今天的相对空间概念,没有什么不同。牛顿清醒地认识到,我们周围的空间都是相对空间。牛顿还深刻地认识到,相对空间是表观的,在表观的相对空间的背后或内部,隐藏着真正的空间,这就是绝对空间。

从Newton力学的基本定律和概念出发,就一定要求有一个相对的实际可用的时空概念。物体的位置移动,就要求空间“空”;物体的静止,就要求空间保持相对的“不动”;物体的匀速运动,就要求空间“平直”、“均匀”;而且还要求时间相对的均匀,没有太明显的快慢节奏。反过来,只有相对时间和空间概念才能保证Newton力学规律的有效性和可操作性。在Newton的力学定律(包括惯性定律)的表达里没有明确指明,所谓“静止”、“匀速直线运动”和“运动状态的改变”是对什么参考物体而言的,只要具体情况具体指定就可以。在Newton力学中“力”是物体间的相互作用,这是与参考物体有关的,运动状态及其改变的参考物体就是原参考物体。Newton完全了解自己理论中存在有一些薄弱环节,他的解决办法是引入一个客观标准——绝对或相对空间,用以判断各物体是处于静止、匀速运动,还是加速运动状态。

Newton承认,区分特定物体的绝对运动(即相对于绝对空间的运动)和相对运动,也非易事。不过,Newton是一个经验论者,他不能容忍在他的体系中存在先验的观念。他认为,物理的实在必须是能被感知的。那么,如何来感知他所规定的“绝对空间”呢?Newton设计了一个理想实验,用来判断哪些运动是相对于绝对空间的绝对运动。这就是著名的水桶实验,见前面的文章——运动的绝对性与相对性。

绝对空间在哪里?Newton曾经设想,在恒星所在的遥远的地方,或许在它们之外更遥远的地方。他提出假设,宇宙的中心是不动的,这就是他所想象的绝对空间。从现今的观点来看,Newton的宇宙的中心是不对的,因为宇宙没有中心。不过,Newton当时清楚地意识到,要想给惯性原理以一个确切的含义,那就必须把空间作为独立于物体惯性行为之外的原因引进来。Einstein认为,Newton引入绝对空间,对于建立他的力学体系是必要的,这是在那个时代“一位具有最高思维能力和创造力的人所能发现的唯一道路”。

爱因斯坦看到牛顿力学是建立在绝对空间概念基础上的,空间(也含时间)在牛顿力学那里起着双重的作用,“首先,它们起着物理学中所出现的事件的载体或者构架的作用,事件是参照这种载体或构架用空间坐标和时间来描述的。原则上,物质被看作是由‘质点’所组成的,质点的运动构成了物理事件。……空间的第二个作用是作为一种‘惯性系’。此惯性系之所以被认为比一切可想象的参照系都优越,就是因为对它们来说,惯性定律必定是成立的。牛顿完全清楚地认识到,在他的体系中,空间和时间如同质点一样是实在的东西。因为如果人们除了物体之外,不承认空间和时间也是实在的东西,那么惯性定律和加速度概念就完全失去了意义。‘加速’只不过是意味着相对于空间的加速。牛顿物理学的特征在于它不得不认为空间和物质一样,都是独立而实在的存在,这是因为在牛顿运动定律中出现了加速度的观念。但是,在这理论中,

加速度只能指‘对于空间的加速度’，为了使人们能把那个出现在运动定律中的加速度，看作一个具有任何意义的量，牛顿的空间因而必须被认为是静止的，或者至少是‘非加速’的。对于时间也差不多一样，时间当然也同时进入加速度概念里。说一定要认为空间本身和它的运动状态都同样具有物理实在性，对此，牛顿自己和他同时代的最有批判眼光的人都是感到不安的；但是，如果人们要想给力学以清晰的意义，在当时都没有别的办法。当牛顿说空间是绝对的时候，他无疑是指空间的这种实在的意义，这使他必须把一种完全确定的运动状态加给空间，而这种运动状态看来是不能由力学现象完全确定下来的。”

当代的物理教科书在讲 Newton 力学时，为避免“绝对空间”的提法，都采用“惯性参考系”的概念。据考证，这想法是德国物理学家朗格（L. Lange）提出的。在 Newton 力学的框架中，给惯性系下的定义是惯性定律在其中成立的一类参考系，即在此类参考系中，一个不受外力作用的物体总是作匀速直线运动的。若要再问，怎样知道一个物体没有受到外力呢？在一个参考系中，只要某个物体符合惯性定律，则惯性定律将对其它物体成立。我们把惯性参考系定义为“对某一特定物体惯性定律成立的参考系”，从这里我们再次看到，惯性不是个别物体的性质，而是参考系，或者说，时空的性质。用“惯性参考系”替代“绝对空间”，只是回避了 Newton 力学的困难，但是并没有真正解决问题。这样，在 Newton 力学的框架里，我们必须严格地区分“惯性”和“非惯性”两类参考系，在惯性参考系内，惯性定律和其它 Newton 力学定律成立；在非惯性参考系内，Newton 三定律不成立。在所有惯性参考系之间，伽利略相对性原理成立，从而它们都是平权的。在非惯性参考系内则会出现一些“反常”现象。在普利高津看来，在近代科学的经典——牛顿力学中，时间作为一个描述运动的参数，是反演对称的，把  $t$  换为  $-t$  有相同的结果，这意味未来和过去看来没有实质性的区别。用时间的纯粹性很容易解释这一点：在牛顿力学中，物理定律是客观的，时间是纯粹的，纯粹的时间与客观的物理定律不发生直接的关系，既然如此，用  $-t$  替换  $t$  当然不会改变物理定律的形式。

我们知道，在火车上会产生这样一种有趣的景象：顺着火车运动的方向，近处的物体相对于远处物体在倒退，远处的物体则相对于近处物体在前进。也就是说，近处的物体相对于远处物体有一个向后的位移，同样地，如果地球真的在运动，在地球轨道半径两端，就应该看到比较近的恒星相对于比较远的恒星有一个位移。这种现象在天文学上叫做视差位移，也就是地球轨道半径在该恒星处的张角。称为恒星的视差。恒星的视差很小，只有零点几个角秒。一直到十八世纪，终于测出了恒星的视差，证实了地球确实是在绕太阳转动着。这也就是人们测到了地球真的是在绕太阳转动。

因为人的眼睛所看到的物体的大小与物体和人的距离有关。同一个物体越远看起来就越小。如果物体在无穷远处，物体的大小就退缩成一点，物体运动的任一距离也退缩成一点，不难想象物体运动的速度永远为 0，因此，无穷远坐标系就是一个绝对不动的坐标系。其实，天文上的恒星坐标系就是一个近似的绝对坐标系。同样地，我们完全可以把无穷远的天球看成是一个绝对不动的空间——绝对空间。

同样地，时间的精度也在不断地提高。第一台铯原子钟的发明，使得时钟的误差从摆钟的每天千分之一秒、石英钟的每天万分之一秒，精确到 30 万年不超过一秒。在大多数人眼里，一秒钟只不过是时钟“滴答”一下。但是，对于许多实验物理学家来说，看似简单的“滴答”一下却是一个漫长的过程：铯原子在能级跃迁时要振荡 9192631770 次。相应的一秒钟精度，也就到了小数点后第 9 位。美国国家标准与技术研究所(NIST)和位于法国巴黎的国际标准局(BIMP)对时间的控制，实际上已经达到 1 亿年误差不超过 1 秒钟的水平。如果采用更高更稳定的可见光频率来计时，与每秒高达  $10^{14}$  的光学振动相比，原子的  $10^9$  振动频率差了 5 个数量级。而伽玛射线的上限频率目前还未发现。我们以后得到的时间精度会更高。

20 世纪初相对论问世后，对牛顿时空观的批判纷至沓来，人们重新把牛顿的绝对时空观与同时代的莱布尼兹的观点比较（与牛顿同时代的莱布尼兹反对牛顿将时空观视为独立于物质和运动的绝对的东西。他甚至颇有远见的指出：“没有什么空间是没有物质的，以及空间本身不是一种绝对实在。空间和物质的区别就像时间和运动的区别一样。可是，这些东西虽有区别，却是不可分离的。”），激烈的抨击牛顿的时空观，说：“牛顿的时空观是一种典型的形而上学的时空观，……莱布尼兹……对他的批判充满了辩证法的精神。”

## 8、康德的先验时空观

由于在康德所处的时代，欧几里得几何学是唯一可能的几何学，所以康德在欧几里得几何学的基础之上对时空的看法有两个方面，一方面他完全接受了牛顿力学的时间空间观；另一方面，他对时间和空间之绝对性有一种新的哲学说法，他说时间和空间之绝对性，不在于它们独立不依的自身存在，相反，在于它们属于人的先天感性形式。

康德认为是时间和空间这两个由感性先验提供出来的纯粹直观形式使感觉、直观成为可能的。人的感觉之所以是人的感觉，就在于它是在时间和空间中的感觉，因而总是有时序和方位的感觉。人因有时间这种感性形式，他必定总是打开了一个有过去、现在和未来的视界，并且总是且不得不在这个时间视界里感觉、直

观一切。因此，一切现象物必须以先验的时间表象为前提。时间是先验的，但它不是先验的概念，而是先验的直观形式。时间和空间都是感性的直观形式，但是时间具有更根本的地位。因为空间只是外在现象的条件，却不是内在现象的条件，而时间则是一切现象的条件。

康德在时空观上真正划时代的意义在于将时间和空间范畴引入认识论。从前的哲学家都视时空问题为自然哲学问题，没有意识到它是知识论问题的基础。康德创造性地将数学作为先天综合知识的可能性问题与时空问题相联系。康德认为纯粹数学是超经验的普遍必然，因而是先天知识，但也是综合知识。所有的综合都基于一个直观，它们就是空间和时间的纯直观。空间直观使几何学得以可能，时间直观使算术得以可能。一句话，全部康德时间和空间概念的形而上学的阐明的结论就是：时间和空间意识不是从感觉经验中得来的，它是人类的先天的直观形式。

由于在康德所处的时代，欧几里得几何学是唯一可能的几何学，所以对于当时的人们，它与感性的空间以及牛顿的物理学空间之本质是同一。因此，当康德论证空间之为先天直观的时候，他心中所想的，当然只能是欧氏空间。正是这一点，在非欧几何学和广义相对论出现后，被一些人用作否定康德时间和空间意识先天论的根据。

### 9、彭加勒的约定时空观

在法国著名科学家彭加勒（Henri Poincaré）的时代，非欧几何学已经问世。数学体系的唯一性被打破，它可以建立在不同的直观之上！我们怎么能够确定是欧几何还是非欧几何代表了一种先天的直观呢？彭加勒说，它们都是综合的，但不是先天的，而是约定的。为着某种方便、某种目的，我们约定一种规则作为公理，并由此建立一套知识体系来。

彭加勒的约定主义时间和空间学说的基础，是他对人类时空观念的构成的分析。在空间的这种构成性分析中，彭加勒看到了空间意识构成的某种对于精神和经验的双重任意性。即，空间本质上是由我们构造出来的，因此它并非是在我们的意识中预先就决定了的。同时，它也不是从经验中得到的，因为，首先，经验永远也不可能给我们以物理空间的几何学的精确性；其次，更主要的是，经验在原则上不能证伪我们的空间构造。而这种约定主义的根本依据在于我们的时空意识的可构成性和这种构成的某种任意性。

同一个自然界，为什么给予牛顿的是绝对时空观，给予康德的是先验时空观，而给予马赫的是相对时空观呢？显然，面对同样的经验材料的复合，科学家可以用不同的概念来描述，认识主体在这里起着举足轻重的作用。这也充分说明，正是我们把时间和空间的概念强加于自然界，而不是自然界把它们强加于我们。

彭加勒在他的四本科学哲学著作——《科学与假设》、《科学的价值》、《科学与方法》、《最后的沉思》——中都详细地论述了时间和空间问题。彭加勒关于时间、空间和同时性问题的论述，无疑对爱因斯坦创立狭义相对论有促进作用，即使对现在的我们也具有启发意义。

彭加勒在 1895 年对用长度收缩假说解释以太漂移的零结果表示了不同的看法，就此他提出了相对性原理的概念，认为物理学的基本规律应该不随坐标系变化。1904 年彭加勒正式表述了相对性原理。他在一次演说中讲道：“根据这个原理，无论对于固定的观察者还是对于正在作匀速运动的观察者，物理定律应该是相同的。因此没有任何实验方法可以用来识别我们自身是否处于匀速运动之中。”然而彭加勒也没有跳出绝对时空观的框架，他已经走到了狭义相对论的边缘，却没有能够创立狭义相对论。历史的重任只能由没有传统思想包袱而有独立批判精神的年轻学者爱因斯坦来承担。

爱因斯坦曾经评论说，“有两个相反的观点：一个是康德的先验论，依照它某些概念是预先存在于我们的意识中的；另一个是彭加勒的约定论。两者在这一点上是一致的，即都认为要构成科学，我们需要任意的概念；至于这些概念是先验地给定的，还是任意地约定的，我却不能说什么。”在另一处，爱因斯坦承认彭加勒的约定论的真理性，“我认为，从永恒的观点来看，彭加勒是对的。”

### 10、运动和静止的相对性与绝对性

对于运动的无知，就是对于整个大自然的无知。

#### (1)、运动的相对性

如果一个物质系统的位置，由某一个观察者来测量是随时间而运动着，就称此系统是相对于该观察者而运动着。因此，绝对运动是没有意义的，只有相对运动才可以有意义；由某一个观察者测得是静止的物质系统，对处于另一个参考系的观察者就可能是运动着的。人们不能决定在不同时间发生的两个事件是否发生在空间的同一位置。例如，假定在火车上我们的乒乓球直上直下地弹跳，在一秒钟前后两次撞到桌面上的同一处。在铁轨上的人来看，这两次弹跳发生在大约相距 100 米的不同的位置，因为在这两回弹跳的间隔时间里，火车已在铁轨上走了这么远。这样，绝对静止的不存在意味着，不能像亚里士多德相信的那样，给事件指定

一个绝对的空间的位置。事件的位置以及它们之间的距离对于在火车上和铁轨上的人来讲是不同的，所以没有理由以为一个人的处境比他人更优越。

Einstein 说：“可惜我们不能置身于太阳与地球之间，在那里去证明惯性定律的绝对有效性以及观察一下转动着的地球。”【2】“我们不知道有什么法则可以找出一个惯性系。可是，如果假定出一个来，我们便可以找到无数个。”【3】狭义相对性原理认为，所有惯性参考系都是完全等价的，不存在一个优越的特殊的惯性参考系；在一个惯性参考系内部做的任何物理实验都无法发现该惯性系相对任何别的惯性系的运动速度。Einstein 说：“如果世界上只有一个物体存在，是不能考察它的运动的，因而只存在一个坐标系和另一个坐标系的相对运动。”【5】“取定两个物体，例如太阳和地球，我们观察到的运动也是相对的，既可以用关联于太阳的坐标系来描述，也可以用关联于地球的坐标系来描述。根据这个观点来看，哥白尼的成就就在于把坐标系从地球转到太阳上去，任何坐标系都可以用，似乎没有任何理由认为一个坐标系会比另一个坐标系好些。”【6】Einstein 承认：“关联于太阳的坐标系比关联于地球的坐标系更像一个惯性系，物理定律在哥白尼系统中用起来比托勒密系统好得多。”“我们能否这样地表达物理定律，使它在所有坐标系中，既不单在相对作等速运动的坐标系中而是在相对做任何运动的坐标系中都有效呢？如果这是可以作到的，那么困难就会得到解决，那时我们边有可能把自然定律应用到任何一个坐标系中去。于是，在科学早期中的托勒密和哥白尼的争论也就变得毫无意义了。”当初爱因斯坦建立相对论时曾说过一段话：“大家知道，麦克斯韦电动力学——象现在通常为人们所理解的那样——应用到运动的物体上时，就要引起一些不对称，而这种不对称似乎不是现象所固有的。比如设想一个磁体同一个导体之间的电力的相互作用，在这里，可观察到的现象只同导体和磁体的相对运动有关，可是按照通常的看法，这两个物体之中，究竟是这个在运动，还是那个在运动，却是截然不同的两回事。如果是磁体在运动，导体静止着，那么在磁体附近就会出现一个具有一定能量的电场，它在导体各部分所在的地方产生一股电流。但是如果磁体是静止的，而导体在运动，那么磁体附近就没有电场，可是在导体中却有一电动势，这种电动势本身虽然并不相当于能量，但是它——假定这里所考虑的两种情况中的相对运动是相等的——却会引起电流，这种电流的大小和路线都同前一情况中由电力所产生的一样……”

## (2)、运动的绝对性

伟大的科学家牛顿在《自然哲学之数学原理》中曾经描述道：“绝对运动与相对运动效果的区别是飞离旋转运动轴的力。在纯粹的相对转动中不存在这种力，而在真正和绝对转动中，该力大小取决于运动的量。如果将一悬在长绳之上的桶不断旋转，使绳拧紧，再向桶中注满水，并使桶与水都保持平静，然后通过另一个力的突然作用，桶沿相反方向旋转，同时绳自己放松，桶做这项运动会持续一段时间。开始时，水的表面是平坦的，因为桶尚未开始转动，但之后，桶通过逐渐把它的运动传递给水，使水开始明显地旋转，一点一点地离开中间，并沿桶壁上升，形成一个凹形，而且旋转越快，水上升得越高，直至最后与桶同时转动，达到相对静止。水的上升表明它有离开转动轴的倾向，而水的真实和绝对转动，在此与其相对运动直接矛盾，可以知道并由这种倾向加以度量。起初，当水在桶中的相对运动最大时，它并未表现出离开轴的倾向，也未显示出旋转的趋势，未沿桶壁上升，水面保持平坦，因此水的真正旋转并未开始。但在那之后，水的相对运动减慢，水沿桶壁上升表明它企图离开转轴，这种倾向说明水的真实的转动正逐渐加快，直到它获得最大量，这时水相对于桶静止。因此，水的这种倾向并不取决于水相对于其周围物体的移动，这种移动也不能说明真实的旋转运动。任何一个旋转的物体只存在一种真实的旋转运动，它只对应于一种企图离开运动轴的力，这才是其独特而恰当的结果。”Newton 曾提出著名的“牛顿桶实验”：如图（4），把一个桶吊在一根长绳上，将桶旋转而使绳拧紧，然后盛之以水，并使桶与水一道静止不动，接着将桶反转一下，桶和水将经历以下三个阶段：a，桶和水都静止；b，桶转水不转；c，桶和水同步转。对于 a 和 c，其水相对于桶都是静止的，但可以看到水面的形状不同，假设桶内有一观察者，显然可以根据水面的形状来判断系统是否在转动，所以，绝对空间的观念是必要的。马赫当时提出反对意见“没有一个人能断言，如果桶壁增加到几英里厚时，这个实验会有什么结果”，显然，当时没有人能实现马赫的设想，但是，事实则完全支持牛顿的观点，例如从望远镜中观察到的木星很扁，科学家告诉我们，那是因为木星自转引起的。即使桶壁达到几千英里厚，其实验结果不会改变。所以：转动是绝对的。

狭义相对性原理和现代宇宙学是完全冲突的。当前比较公认的宇宙学理论，建立在宇宙学原理的基础上，即假设宇宙在空间上是均匀而且各向同性的。宇宙可以看作是密度到处都相同的流体，而星系或星系团就是组成这种流体的质点。由于均匀性和各向同性的要求，这种流体只能均匀膨胀或均匀收缩。现代宇宙学认为，在宇观范围内，存在着“宇宙标准坐标系”，典型星系或星系团在这个坐标系中是相对静止的；“宇宙标准坐标系”是优越的空间坐标系，典型星系和宇宙背景辐射对于这个坐标系均匀和各向同性；可以测量地球相对于宇宙标准坐标系的运动速度。现代宇宙学得到河外星系红移和 2.7K 宇宙背景辐射等大量观测事实的支

持。宇宙背景辐射是美国科学家彭齐斯和威尔逊于 1965 年发现的。近几年的研究证实，背景辐射严格地各向同性的情况只存在于一个惯性系中，在相对它运动的任何其他惯性参考系中显示出辐射温度的方向变化。可以认为，宇宙背景辐射是宇宙标准坐标系的最好的物质体现。测量从各个方向到达地球的宇宙背景辐射温度的微小偏离，得到我们的地球穿过这个“宇宙背景”的绝对运动速度大约为 400 公里 / 秒。正是这个速度被称为“新以太漂移”。Einstein 在以太问题上也曾犹豫不定。1920 年，他在题为《以太和相对性原理》的演讲中说：“根据广义相对论，空间没有以太是不可思议的。实在的，在这种（空虚的）空间中，不但光不能传播，而且量杆和时钟也不可能存在，因此也就没有物理意义上的空间—时间间隔。……因此，在这种意义上说，以太是存在的。”他甚至说到：“至于这种新以太在未来物理学的世界图像中注定要起的作用，我们现在还不清楚。”现在，面对宇宙背景辐射等实验事实，许多著名的物理学家都认为应当恢复以太假设。柏格曼认为，在宇观尺度上，相对性原理被破坏了；宇宙背景辐射只在一个独一无二的参考系中各向同性，在这个意义上，那个参考系代表“静止”。韦斯科夫认为，无论如何，观察到的 2.7K 辐射决定了一个各向同性的绝对坐标系；迈克尔逊和莫雷的梦想变成了现实，即找到了我们太阳系的绝对运动，不过不是相对于以太，而是相对于光子气。斯塔普认为，2.7K 背景辐射定义了一个优越的参考系，利用它可以决定事件发生的绝对顺序。协同学创始人哈肯也认为，狭义相对论否定了特殊参考系的存在，但是宇宙背景辐射却成了一个绝对的参考系。罗森甚至认为，宇宙学的最新发现要求回到绝对空间的观念。北京大学理论物理研究所原所长胡宁认为，在迈克尔逊实验的零结果和以太模型之间并不存在任何矛盾；在某种意义上，前述 400 公里 / 秒的速度可以看作是迈克尔逊所要测量的地球相对于以太运动的速度。他认为，宇宙背景辐射各向同性分布所决定的坐标系可以看作是真空的静止坐标系；相对性原理的适用范围应有一定的限度。最后，我们看一看当代著名物理学家狄拉克对此作出的评论。早在 1970 年，狄拉克就指出：“以太观念并没有死掉，它不过是一个还未发现有什么用处的观念，只要基本问题仍未得到解决，必须记住这里还有一种可能性。”早在 20 世纪 60 年代就受到批评，例如 H. Bondi(在 1962 年)、P. G. Bergman(在 1970 年)、N. Rosen(在 1971 年)，他们认为在宇观尺度上 SR 的相对性原理被破坏，因此时惯性运动和惯性系概念已不再适用。2005 年郭汉英【8】说，当今物理学要求把宇观物理和微观物理联系起来用统一规律描述，但相对性原理与宇宙学不协调；这表现在河外星系红移的发现表明宇宙现象存在优越速度，这一点早在 1962 年就由 Bondi 指出了。满足相对性原理的物理规律按说没有时间方向，但宇宙演化、膨胀却给出了时间方向。这些导致相对性原理不再成立。正如 Bondi 所说，宇宙学和相对论物理理论之间有明显冲突【9】<sup>1</sup>。

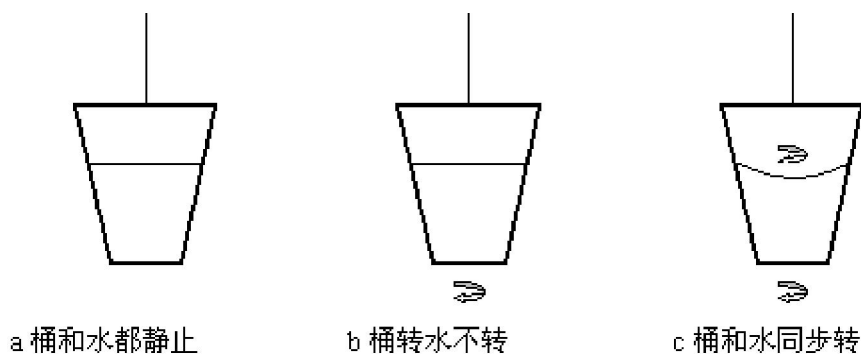


图 (4) 牛顿桶实验

Einstein 在 1920 年 4 月 4 日给莫里斯·索洛文 (Maurice Solovine) 的信里写过：“。。。。。。如果光以太真的存在，并且以刚体的形成充满整个空间，而所有运动都应该以它为参照系，那末我们就可以说有“绝对运动。。。。。。”【7】在这里，Einstein 提出了可以说有“绝对运动”的条件。真空介质的四条特性：

(1) 真空介质是宇宙空间客观存在的一种电介质。(真空介质在这里满足了 Einstein 提出的“真的存在”的介质的条件)。(2) 真空介质具有至刚、至柔、无限、无极(均匀)的特点。它无物可以被弯曲，又无物可以产生任何改变，这也就是真空介质的至刚特点。(真空介质在这里满足了 Einstein 提出的“刚体的形式”的条件)真空介质可以容纳任何物质和物体，又可以被容于任何物质和物体；它可以通过任何密封而通畅无阻，又可以进入任何坚实致密的物体(或物质)无所障碍。这就是真空介质的至柔特点。(真空介质不但具有刚体的特点，还自然具备至柔的特点。至刚至柔融为一体者，唯有真空介质)。真空介质充满整个空间，在无物的空间被真空介质所充满，而在有物的空间，也包含着本来就有的真空介质。只不过物质的存在

掩盖了真空介质的存在罢了，它无所不在。这就是真空介质的无限特点。（真空介质在这里满足了 Einstein 对“以太”提出的“充满整个空间”的条件）。真空介质，各向同性，无所集，无所散，无以密，无以疏。这就是真空介质的无极（均匀）的特点。（真空介质，不但“充满整个空间”而且自然地各向同性，均匀）。

（3）、真空介质是任何运动唯一可以参照，而且必须参照的绝对静止参考系。因为在宇宙间只有真空介质，才是绝对静止的介质。任何一种物质的介质，都是有运动的。即任何其他物质介质，都具有不可避免的运动。这是唯物辩证法和辩证唯物论的常识告诉我们的。（真空介质在这里满足了 Einstein 对“以太”提出的“所有运动都应该以它为参照系”的条件）。（4）、麦克斯韦的电磁场理论证明：电磁波包括光波，在真空介质中的传播速度是光速  $c$ 。即光在真空介质中以恒值  $c$  的速度传播。这一事实说明了真空介质作为一种介质，它的稳定性是可信赖的，这一事实也说明真空介质作为绝对静止参考系是能经得起光波传播的检验的。

哲学家罗素就对相对性原理提出过疑问：“如果一切运动是相对的，地球旋转假说和天空回转的假说的差别就纯粹是辞句上的差别；大不过象“约翰是詹姆斯的父亲，詹姆斯是约翰的儿子”之间的差别。但是假如天空回转，星运动的比光还快，这在我们认为是不可能的事情。不能说这个难题的现代解答是完全令人满意的，但是这种解答已让人相当满意，因为几乎所有的物理学家都同意运动和空间纯粹是相对的这个看法。”

【4】唯物辩证法认为运动是绝对的，静止是相对的，具有一定的局限性。从绝对时空观来看，地球和太阳之间存在相对运动，但太阳相对地球的运动和地球相对太阳的运动是不等价的。太阳相对地球的运动是表面现象，真正的运动是地球绕太阳转动的这种运动，所以，哥白尼系统是属于绝对时空观的范畴。这是十分简单明了的问题。

### (3)、运动和静止的相对性与绝对性原理

运动和静止是矛盾着的两个方面，运动过程中包含着静止，静止过程中包含着运动，运动和静止是相互包含的。从位置的固定性和非固定性上、从物质的稳定性和非稳定性上、从运动形式的单一性和多样性上看，运动既是无条件的、永恒的，又是有条件的、暂时的，因而运动既是绝对的、标准的，又是相对的；静止也既是无条件的、永恒的，又是有条件的、暂时的，因而静止既是绝对的、标准的，又是相对的。运动和静止都是绝对与相对的统一。【1】

#### 参考文献：

- 【1】王存臻、严春友 著。《宇宙全息统一论》山东人民出版社 1995 年版。
- 【2】Einstein 和英费尔德 著 周肇威译。《物理学的进化》112 页 上海科学技术出版社 1962 年。
- 【3】Einstein 和英费尔德 著 周肇威译。《物理学的进化》119 页 上海科学技术出版社 1962 年。
- 【4】罗素著 马德元译 《西方哲学史》下卷第 60-61 页 商务印书馆 1982 年。
- 【5】Einstein、英费尔德,1962, 物理学的进化（中译本），上海科学技术出版社。155 页。
- 【6】Einstein、英费尔德,1962, 物理学的进化（中译本），上海科学技术出版社。155 页-156。
- 【7】Einstein 文集 117 页。
- 【8】郭汉英。爱因斯坦与相对论体系[J]。现代物理知识，2005，22~32。
- 【9】Bondi H. Physics and Cosmology[J]. Observatory, 1962, 82: 133~138.

## 11、马赫的批判

列宁曾经指出：“判断历史的功绩，不是根据历史活动家没有提供现代所要求的東西，而是根据他们比他们的先辈提供了新的东西”。爱因斯坦在《狭义和广义相对论浅说》“科学从科学发展前的思想中将空间、时间和物质客体（其中重要的特例是‘固体’）的概念接收过来，加以修正，使之更加确切”。

物体的运动性质和规律，却与采用怎样的空间和时间来度量它有着密切的关系。相对于绝对空间的静止或运动，才是绝对的静止或运动。只有以绝对空间作为度量运动的参照系，或者以其他作绝对匀速运动的物体为参照物，惯性定律才成立。即不受外力作用的物体，或者总保持静止，或者总保持匀速运动。这一类特殊的参照系，被称为惯性参照系。任何两个不同的惯性参照系的空间和时间量之间满足伽利略变换。在这种变换下，位置、速度是相对的，即相对于不同参照系其数值是不同的；长度、时间间隔是绝对的，即相对于不同参照系其数值是不变的，同时性也是绝对的。相对于某一惯性参照系同时发生的两个事件，相对于其他的惯性参照系也必定是同时的。另外，Newton 力学规律在伽利略变换下保持形式不变，这一点符合伽利略相对性原理的要求。正是这个相对性原理，构成了对 Newton 的绝对空间概念的怀疑的起点。如果存在绝对空间，则物体相对于这个绝对空间的运动就应当是可以测量的，这相当于要求在某些运动定律中含有绝对速度。然而，相对性原理要求物体的运动规律中必定不含有绝对速度，亦即绝对速度在原则上是无法测定的。

莱布尼兹、贝克莱、马赫等先后都对绝对空间、时间观念提出过有价值的异议，指出过没有证据能表明 Newton 绝对空间的存在。但是，绝对时间和绝对空间毕竟是人为的抽象，经不起实践的检验和严密的审查。二百多年来，引起过不少人的怀疑和争议。到了 19 世纪末，奥地利物理学家马赫 (Ernst Mach, 1838—1916) 在他的《力学史评》中深刻地分析了 Newton 力学的基本概念以及由其反映的机械自然观，作出了深入的批判。例如：马赫不同意把惯性看成是物体固有的性质，认为在一个孤立的空谈论物体的惯性是毫无意义的，提出惯性来源于宇宙间物质的相互作用。他针对 Newton 的绝对时间和绝对空间，驳斥道：“我们不应该忘记，世界上的一切事物都是互相联系、互相依赖的，我们本身和我们所有的思想也是自然界的一部分。”“绝对时间是一种无用的形而上学概念”，“它既无实践价值，也无科学价值，没有一个人能提出证据说明他知晓有关绝对时间的任何东西。”马赫还指出，绝对运动的概念也是站不住脚的。他写道：“Newton 旋转水桶的实验只是告诉我们，水对桶壁的相对转动并不引起显著的离心力，而这离心力是由水对地球的质量和和其他天体的相对转动所产生的。如果桶壁愈来愈厚，愈来愈重，最后达到好几海里厚时，那时就没有人能说这实验会得出什么样的结果。”

1883 年，马赫在《力学的科学》一书的第二章第 6、7 节《Newton 关于时间、空间和运动的观点》中写道：“没有必要在这里提出的回顾中来评论 Newton，说他的行动又一次与他所提出来的只研究实在的事实意图相矛盾。谁也没有资格预言有关绝对空间和绝对运动的事情，它们是纯粹思维的东西，是纯粹思维的产物。经验不可能产生它们。我们的力学原理，就象我们详细讲述的那样，是关于物体相对位置和运动的试验知识，即使它们现在在一些领域内被人们认为是有效的，但它们不会，也从来没有不经过实验检验就被接受的。任何人都没有理由把这些原理扩展到经验范围之外。事实上，这种扩展是无意义的，因为没有人具有必要的知识去利用它。”

马赫在《发展中的力学》一书中写道：“如果我们说一个物体 K 只能由于另一物体 K' 的作用而改变它的方向和速度，那么，当我们用以判断物体 K 的运动的其它物体 A、B、C……都不存在的时候，我们就根本得不到这样的认识。因此，我们实际上只认识到物体同 A、B、C……的一种关系。如果我们现在突然想忽略 A、B、C……，而要谈物体 K 在绝对空间中的行为，那么我们就要犯双重错误。首先，在 A、B、C……不存在的情况下，我们就不能知道物体 K 将怎样行动；其次，我们因此也就没有任何方法可以用以判断物体 K 的行为，并用以验证我们的论断。这样的论断因而也就没有任何自然科学的意义。”就是这样，马赫揭示出抛开一些物体(A、B、C……)用所谓绝对空间来描述运动是不可能的。绝对空间是缺乏自然科学的意义的。根据这种观点，马赫认为 Newton 水桶中水面的形式，并不反映水桶是否相对于绝对空间有转动，而是反映水桶相对于地球和其它天体是否有转动。水面变凹，并不是由于绝对转动引起的，而是由于宇宙间各种物质相对于它们转动的水桶的作用结果。无论是水桶相对于宇宙间物质进行转动，或者是宇宙间物质相对于水桶在转动，二者结果是一样的，因为水面都会同样地变凹。因此，水面变凹仅仅能证明水桶与宇宙间其它物质(A、B、C……)之间有相对转动，而不能证明绝对空间的存在。马赫对水桶实验的分析，表现出他不仅把匀速运动看成是相对的(没有一个相对于绝对空间的绝对速度存在)，而且把加速运动也看成是相对的(没有一个相对于绝对空间的绝对加速度存在)。

马赫的批判存在着三个问题。其一，Newton 很清楚绝对空间和绝对时间是纯粹思维的东西，是纯粹思维的产物。因为 Newton 把书取名为《自然哲学之数学原理》，绝对空间和绝对时间当然也是数学抽象了。而且他直截了断地把绝对时间称为数学时间；其二，Newton 不仅有绝对空间和绝对时间的概念，而且也有相对空间和相对时间的概念。Newton 的相对空间和相对时间的概念和我们实际上的时间和空间的概念没有什么根本区别，很清楚，Newton 的相对时空是绝对时空的一部分，是对绝对时空的度量，马赫用相对时空去否定绝对时空并不高明；其三，马赫和 Newton 一样，并不明白 Newton 力学中最根本的问题是力的本质没有解决。如果弄清了力是物体的相互碰撞，我们只要把碰撞迭加到所研究的对象上，碰撞正好相互抵消的就是惯性系，否则就是非惯性系了。因此，自然规律的形式就只同碰撞有关而和坐标系的选择无关，一切参照系具有同等的地位，没有一个参照系处在特别优越的地位，从而根本无法探测到参照系本身的运动，把惯性系、绝对运动、绝对空间真正地驱逐出实验科学的范围。

## 12、以太论的起源与衰弱

如果我们进步到能建立以太力学，这种力学自然就会把现在不得不归到物理学中的许多东西包括进去。

(恩格斯：《自然辩证法》第 91 页)

以太说一方面指出一条道路，去克服关于两种相反的电流体的原始的愚蠢观念，同时，另一方面，它也使人有希望弄清楚，什么是电运动的真正物质基础，什么东西的运动引起电现象。



以太说已经有一个不可否认的成就。大家知道，至少有这样的一个点存在，在这一个点上，电直接改变光的运动：它使后者的极化面回转。克拉克·麦克斯韦根据他的前面说过的理论，计算出一个物体的比电媒容量等于它的折光率的平方。波尔茨曼研究了各种非导体的介质常数，发现硫磺、松香和石蜡的介质常数的平方根分别等于其折光率。最高的误差——在硫磺中——仅百分之四。这样一来，麦克斯韦的以太说就在实验上被证实了。（恩格斯：《自然辩证法》第101页）

以太有着和任何外部物体同样的实在性。（彭加勒，转引自列宁的《唯物主义和经验批判主义》第293页）

以太是一个历史上的名词，它的涵义也随着历史的发展而发展。以德谟克利特(Democritus)为代表的原子论观点，主张“一切事物的本原是原子和虚空，别的说法都只是意见”，认为存在着某种无限的空虚空间，无数的原子在空无一物的空间中横冲直撞。古希腊哲学家把以太概念引入了哲学，例如亚里士多德的以太是指天或高空大气，与土、火、气、水并列为组成物质的第五种元素。亚里士多德(Aristotle)信奉“自然界厌恶真空”，认为空间无论何处都是充满的。在古希腊的神话传说中，以太表示精灵之气，弥漫于整个宇宙。

与古希腊原子论自然观相对立，中国古代唯物主义自然观的基本理论是元气论，它萌芽于先秦，形成于两汉，至宋、明、清得到了高度的发展。汉代的王充，北宋的张载和明末清初的王夫之是元气论形成和发展过程中的3座丰碑。中国古代的“元气说”，认为天地间的虚空中充斥着“元气”，万物都由元气凝聚而成。元气说的集大成者张载，更是把元气与万物之间的关系说得非常明确，他说：“太虚即气”，“太虚不能无气，气不能不聚而为万物，万物不能不散而为太虚。”依照张载和王夫之的论述，成熟形态的元气论的主要观点可以概括如下。第一，气是连续性的一般物质存在，充满了整个宇宙。没有任何物质的虚空是不存在的。第二，作为物质一般的气永恒存在，不会消灭，并且处在永恒的有规律的运动变化之中。第三，气运动变化的根本原因在于它内部的矛盾性，气是包含着阴阳两个对立面的统一体。第四，气凝聚而成有形有象的物体，气散则归于太虚。气是构成万物的本原。第五，气不仅构成一切有形有象的物体，还充满在这些物体之中。未聚之气不仅与物体发生相互转化和相互作用，而且是物体与物体之间相互作用的中介。气把天地万物联系成一个整体。总之，中国古代元气论是以连续的物质本原，气化流行生生不息，阴阳的对立统一和有机联系的整体观为其基本特征的。笛卡儿以太论在西文是前无师承的，因为即使在持连续物质世界观点的古希腊哲学家那里，也不把以太看作是世界的唯一本原。但是比较可以发现，笛卡儿的以太论和张载的元气论极为类同，笛卡儿的以太旋涡说和张载的太虚旋涡说(见《正蒙·参两篇》)也如出一辙。把“元气”一词译成“以太”，即弥漫于整个宇宙的精灵之气。无论从词源和语义来说，都是十分贴切的。【2】

把分立物体通过实在的介质传递其相互作用的观念叫作十九世纪古典物理学的近作用原理，换言之，近作用原理肯定了力场的实在性。这样，近作用原理的形成过程也就是从场的形式的概念向着实在场的物理表象的过渡过程。前几章所介绍的古典物理学的基本原理和特点正是这种过渡的历史条件。近作用和远作用的冲突是古典物理学中尚未找到逻辑上完整的，无矛盾的答案的基本问题之一。在相对论量子物理中这个问题有可能找到答案。

近作用和远作用概念的矛盾还在十七十八世纪就已然表现出来了。机械论的自然科学从它自己发生的那个时候开始力求从世界图景中驱逐除位置，速度，质量以外的运动物体的一切属性。伽俐略由于以不十分明确也不完全固定的形式表现了这种倾向，所以他否定了引力，进而把宇宙中的惯性运动认为是曲线运动。

17世纪的笛卡儿是一个对科学思想的发展有重大影响的哲学家，他最先将以太引入科学，并赋予它某种力学性质。笛卡尔由于引入了惯性运动是直线运动的概念，从而在其涡旋的理论中用相邻物体的冲击解释了轨迹的弯曲。笛卡尔派的物理学（那种万能的，动理学宇宙观的尝试）排除隔着一段距离起作用的力。假设物体A作用于处在距物体A为某一距离的物体B上，这就意味着在这两个物体之间有一连串中间物体，这些物体由绝对刚性的杆组成，并把冲量从A传给B。而且这种冲量的传递是瞬间发生的。把光想象成由另一种元素构成的刚性的杆，这种杆把光源和眼睛连接起来，于是光也同样是瞬间传播的。后来，笛卡尔曾写道，光以有限的速度传播或许从根本上动摇了他的哲学。

在笛卡儿看来，物体之间的所有作用力都必须通过某种中间媒介物质来传递，不存在任何超距作用。因此，空间不可能是空无一物的，它被以太这种媒介物质所充满。以太虽然不能为人的感官所感觉，但却能传递力的作用，如磁力和月球对潮汐的作用力，提出了“以太旋涡说”【1】，他认为物质是连续的，不存在虚空和任何超距作用；以太是连续的物质世界的唯一本原；以太处于不停的激烈运动之中，各部分相互作用形成许多不同大小、速度和密度的旋涡。以此来解释气态、液态、固态物质的生成和太阳系行星的运动。后来，以太又在很大程度上作为光波的荷载物同光的波动学说相联系。光的波动说是由胡克首先提出的，并为惠更斯所进一步发展。在相当长的时期内(直到20世纪初)，人们对波的理解只局限于某种媒介物质的力学振

动。这种媒介物质就称为波的荷载物，如空气就是声波的荷载物。由于光可以在真空中传播，因此惠更斯提出，荷载光波的媒介物质(以太)应该充满包括真空在内的全部空间，并能渗透到通常的物质之中。除了作为光波的荷载物以外，惠更斯也用以太来说明引力的现象。牛顿虽然不同意胡克的光波动学说，但他也像笛卡儿一样反对超距作用，并承认以太的存在。在他看来，以太不一定是单一的物质，因而能传递各种作用，如产生电、磁和引力等不同的现象。牛顿也认为以太可以传播振动，但以太的振动不是光，因为当时光的波动学说还不能解释光的偏振现象，也不能解释光为什么会直线传播。

在十八世纪和十九世纪前半期，物理学以及在很大程度上还有哲学都力求建立一种排除 action in distance (隔着一段距离发生)相互作用的图景。这样一些尝试都未得出任何一种能指出有益于近作用的，并且是有决定意义的，实验的理论。18世纪是以太论没落的时期。由于法国笛卡儿主义者拒绝引力的平方反比定律，而使牛顿的追随者起来反对笛卡儿哲学体系，因而连同他倡导的以太论也一同进入了反对之列。随着引力的平方反比定律在天体力学方面的成功，以及探寻以太得试验并未获得实际结果，使得超距作用观点得以流行。光的波动说也被放弃了，微粒说得到广泛的承认。到18世纪后期，证实了电荷之间(以及磁极之间)的作用力同样是与距离平方成反比。于是电磁以太的概念亦被抛弃，超距作用的观点在电学中也占了主导地位。1804年托马斯·杨写到：“光以太充满所有的物质之中，很少受到或者不受到阻力，就像风从小丛林穿过一样。”

参考文献:

【1】卡约里：《物理学史》，内蒙古人民出版社(1981)61。

【2】谭暑生：老子的“有生于无”和现代科学的自然图象，《自然辩证法研究》，1(1990)10。

### 13、热力学中的时间箭头

牛顿力学体系是以宇宙机器为世界观典范的，牛顿力学的方程在时间的过去和未来两个方向是完全对称的，如同爱因斯坦指出的那样，时间的不可逆性不过是人类固有的与物种相关联的幻觉。对牛顿力学的宇宙机器思想和物理规律的时间可逆理想提出挑战的是热学理论。19世纪50年代，在傅立叶关于热传导的不可逆性研究和卡诺关于理想热机效率与温度差有关的原理的基础上，经过进一步的数学演算和观念练熟，克劳修斯和威廉·汤姆逊（后来的开尔文勋爵）表述了更普遍更一般的不可逆性原理，即热力学第二定律。克劳修斯的版本是：“热量不可能自动地从较冷的物体转向到较热的物体”，汤姆逊的版本是：“从单一热源吸取热量使之完全变为有用的功而不产生其他影响是不可能的。”后来，克劳修斯引入熵（系统热含量与其绝对温度之比）的概念，证明了孤立系统的熵永不会减少。热力学第二定律也被称为熵的定律：一个孤立系统的熵总趋于增大。

热力学第二定律所揭示的物理过程的方向性与牛顿方程所表明世界的无方向性之间的矛盾，很快引起了人们的注意。如果热不过就是微观粒子大量运动的宏观表现，如果粒子运动服从牛顿无时间方向性的运动定律，那么，宏观上的热力学第二定律就是不可思议的。1874年，热力学第二定律的重要制定者之一威廉·汤姆逊在爱丁堡皇家学会的年会上发表的著名讲演中指出了这一困难：“如果宇宙中每一个粒子的运动在某任意时刻全都正好逆转过来，那么从此以后自然的过程将永远沿相反的方向进行。瀑布在其底端溅起的泡沫将会重新聚集并落入水中；热运动将会聚集它们的能量，使落下的水滴重新组成一股上升的水流。由固体相互摩擦而产生，因传导，辐射及吸收而消耗的热，将会复返固体相接触的地方，并使运动物体抵抗它先前受到的力做反向运动。泥土将会再变成烁石，烁石将会恢复它们原来参差不齐的，最后重新结合成原先它们由之而碎裂的山峰。而且，如果关于生命的唯物主义假说是正确的，那么生命将返老还童，它们所记忆的是将来而不是过去，最后会变成未出生时的状态。但是，真正的生命现象无限地超出人类科学的能力；关于它们的逆过程的后果假想的推测是完全无益的。”【1】

一个可逆的微观世界必定导致一个可逆的宏观世界。然而，在我们生活的经验中，在我们的物理经验中，时间的方向性如此显著，因此热力学和牛顿力学之间需要调解。热力学第二定律出现之后，物理学家做的主要工作都是力图添加某些条件，使宏观的不可逆性还原为微观的可逆性，由经典力学来整合热力学。整合的主要成就是发展了以概率学说为核心内容的统计力学。统计力学将概率论运用于大量分子的统计行为，得出它们的平均值，而这个平均值就是宏观可观测量。对系统的平衡态而言，统计力学十分成功，而对正在演化之中的非平衡态则比较麻烦。基于几率分布函数而写出的系统演化方程即刘维方程，与牛顿方程一样是可逆性的。热力学第二定律没有得到说明。

最重要的突破是由玻尔兹曼作出的。1872年，玻尔兹曼对单粒子气体的演化进行了研究，得到了一个时间不可逆的演化方程即玻尔兹曼方程。他构造了一个新的数学函数即H函数，它随时间而减少。实际上，

H 函数给出了熵增的方向，它的数值与熵值相等，但符号相反。这就使得热力学第二定律在微观层次上得到了解释。

1876 年，德国物理学家洛希米特 (Loschmidt) 对 H 函数提出了疑问，如果微观运动是可逆的，而 H 函数又是由微观分布决定的，为什么 H 函数会随着时间的改变而减少呢？将微观领域明显的可逆性，与宏观领域明显的不可逆性构成的尖锐矛盾，概括为不可逆佯谬。这一佯谬要求一个解释。1877 年，玻尔兹曼重新解释了 H 定理，使 H 定理从绝对有效的力学定理转变为统计有效的定理：H 函数不再是一定减少，而是几乎总是减少；H 函数增加不 是不可能，而是不可几；H 的单向性，并非由力学规律引起，也不是由分子间力的相互作用规律引起的，因而与微观可逆性并不矛盾。很明显，在一个决定论的可逆的经典力学框架中，若不引入力学以外，甚至与力学基础矛盾的假设，是不可能推导出不可逆的 H 定理的。几率概念，这一非力学因素，在解释不可逆性起了决定性 的作用。但是，更重要的是分子运动几率分布在过去和未来的不对称性。事实上，玻尔兹曼在构造 H 函数的时候引入了所谓“分子混沌”假定，他假定，分子在碰撞之前彼此互不相干，只是在碰撞之后才变得相干的。碰撞改变了混沌 局面。也就是说，碰撞前后是不对称的。玻尔兹曼之所以能在遵从动力学定律的条件下导出一个不可逆的演化方程，原因在于，他引为前提的“分子混沌”假定已经 隐含了时间的不对称性。1894 年，英国的伯贝里发现分子混沌假设与经典力学不相容：在力学上，碰撞分子之间是必有关联的。而且，对于时间完全对称的动力学方程而言，分子混沌假设只有有限的意义，考虑一种理想情况即分子速度完全反演的情况，碰撞前后的不对称性就不再存在。玻尔兹曼方程并不总是成立的。英国科学哲学家胡·普赖斯指出，分子混沌假设是一个看起来更普遍的原理的特例，即向内影响独立原理，简称 PI3：相互作用的 系统在其首次相互作用之前没有关联，独立性涉及的是过去而不是未来。从所谓的超时间观点看，用 PI3 来解释熵的增加是一种空洞的循环论证，归根到底，初始 状态导致熵向未来增加的条件就是最终状态使给定熵不像过去减少的条件【2】。

玻尔兹曼为了把他的方程置于严格的理论基础上，提出了各态历经假说，用体系可能初始条件的相空间平均代替确定初始条件的时间平均，进一步探索自然界中观测到的不可逆性的起源。

对玻尔兹曼最致命的打击来自彭加勒的回归定律。1890 年，彭加勒证明了，遵循牛顿力学的粒子系统在经过足够长的时间之后总会回到它的初始状态。彭加勒意识到，这个定理用于分子层次，将使热力学第二定律失效，而用于宇宙学中，则可以破除宇宙热寂说。彭加勒说：“只受力学定律支配的充满约束的世界，总会经历一种很接近于它的初始状态的状态。另一方面，按照公认的经验法则（如果这些法则绝对有效并加以无限外推），宇宙趋于一定的最终状态而永不复返。在这个最终热寂状态里，一切物体都在相同温度下静止不动…… “……分子运动论能够使它们自己解脱这个矛盾。按照这个理论，世界最初趋于长久保持明显不变的状态；而这是跟经验一致的；但这个状态不会永远保持下 去；……它不过是在那里停留的时间极长，时间愈长，分子就愈多。这个状态不会是宇宙的最终死寂，而是一种沉睡状态，亿万年后它会苏醒过来。

“按照这个理论，就可以看到热量从冷物体传递到热的物体，并不需要麦克斯韦小妖的敏锐视觉，智力和灵巧，只要有耐心就足够了。”【3】彭加勒回归定理的出现，大大强化了不可逆性佯谬的不可解性。1896 年，普朗克的学生策梅洛根据彭加勒的回归定理，指出微观运动的可回归性，指出玻尔兹曼的 H 函数经过一段时间也会回到其初始值，而不会保有单向性的减少趋势。

洛希米特和策梅洛的诘难是玻尔兹曼陷入了极度的困境和痛苦之中，将热力学还原为动力学的理想看起来只是一个幻想，对热力学的真正解释只有求助于概率论 了。玻尔兹曼早就认识到，熵的本质是分子运动混乱的程度。从概率统计的角度看，粒子分布越是混乱无序，它的配容数（即可能的分布方式的数目）就越大，实现 的概率就越大。因此，最混乱无序的分布对应着最大的实现概率，最可几状态。熵增定律的本质是概率论的：事物总是趋向其最大概率状态。

如果熵增定律只是概率论的，玻尔兹曼的 H 定理当然也只能一个统计学意义上的定理。玻尔兹曼对洛希米特的回答是：H 定理只说明了 H 减少的概率最大，并不 排斥 H 增加的可能，只是增加的机会非常小而已。对策梅洛的回答是：彭加勒回归的时间周期远远比超出日常观测的时间，因此在宏观可观测的范围内，运动回到初 始状态的概率是非常小的。可以看出，引入熵以及 H 函数的概率解释之后，热力学就变得相当脆弱了。某种熵减过程被允许了，单一的时间之矢被破坏了。晚些时 候，玻尔兹曼甚至相信，我们的宇宙早就已经达到了热寂，我们只是偶尔生活在宇宙的某个涨落的区域，暂时享受一下这个区域特有的时间之矢，这意味着，在宇宙 的不同区域，存在着不同的涨落和不同的时间之矢。当然，这些不同的区域必须是无关联的，因为按照控制论创始人维纳的观点，相互作用特别是有信息交流的系统 的时间箭头是一致的。

玻尔兹曼悲剧性的退却了，想使热力学还原到动力学的企图暂告失败。热力学的本质是微观概率性的宏观表现。概率往往是被视为统计过程中信息不够或丧失造 成的，这就导致了用“粗粒化”和“时间光滑化”来解

释不可逆性的观点。这种观点贯彻到底，就是主张不可逆性来自我们对微观状态的无知，最终走向主观主义。著名物理学家玻恩曾经有一句名言：“不可逆性是把无知引入物理学基本定律的结果。”【4】在微观层次上，是否存在热力学不可逆定律，成了未决的疑案。

另外，还有人相信，热力学系统本质上是开放的，分子运动状态的微观信息不断耗散到外界并衰减，导致熵增加。这并不要求宇宙必须是膨胀的或开放的，只要承认各种不可控制的微扰就行。当然按照量子论，微观信息不可能无限制地衰减为虚无，但从宏观的粗粒化的角度看，微观信息不再像宏观信息那样显示出差别。美国哈佛大学的雷瑟认为，热力学过程是一个信息从宏观自由度到微观自由度的转移过程，由于任何系统本质上是开放的，微观信息被各种微观扰动耗散掉，因而表现为宏观信息衰减的单向过程。一个系统中信息量  $I=S_{\text{最大}}-S$ ，熵  $S$  最大随着宇宙演化在增长。我们认为，宇宙中粒子数不恒定是  $S$  最大不断增长的根源，在可逆佯谬与回归佯谬的论证中都预设了分子数目的恒定；如果分子数恒定，就像牌的数目和打法恒定一样，未来的状态会无限多次地接近出现过的某一状态。如果分子数不恒定，就像牌的数目和打法不断改变一样，要重复出现几乎是不可能的，也就是说，只要宇宙间物质的粒子数是不确定的，宇宙相空间的状态总数必然趋向于无穷，相轨迹不会闭合（有限相空间才闭合，反之亦然），即可以认为，在绝对意义上，宇宙和足够大的系统不可能返回其历史上的任一状态。

从统计力学出发的另一种主张是热力学系统的初始态是“禁止盲目回测”的，就象在宏观波理论中边界条件“禁止超前波”一样。而统计方法本身并不导致不可逆性，不可逆性来自初态和终态的内在不对称性。普里高津提出的熵的微观不可逆过程认为，终态回到初态要跨越极大的熵垒，即从终态恢复到初态需要极大的信息量。统计学方法解释不可逆过程似乎停留在现象水平，对微观过程的内在不可逆性以及量子水平上可能存在的不可逆性没有作出合理的理解。热力学第二定律的本质在于：在系统内部非平衡因素的作用下，内约束（限制运动自由的各种内部因素）被撤除，达到新的平衡，使包括它的系统相空间轨迹的状态总数增加的过程。也就是说，一孤立系的内约束消除后，其闭合的相轨迹必然变化，而其中的状态总数比内约束消除前大；如系统内约束状况不变，则相轨迹不变。正如彭罗斯所说，当气体向更远处扩散时，相空间的点继续进入越来越大的体积，新的体积以一个绝对巨大的因子使该点以前所在的体积完全相形见绌。在每一种情况下，一旦点进入更大的体积，（实际上）就根本没有在更小的体积中找到它的机会。最后它迷失在相空间中最大的体积中——这相应于热平衡。这个体积实际上占领了整个相空间。由于相空间的点在真正随机的徘徊中，在任何可以想象的时刻都不可能处在更小的体积中，也就是说，热平衡态是稳定的，倒退演化的概率极低。从粗粒化的角度看，热平衡态的相空间中微观信息是无差别的，一杯温水无论是由沸水和冰块演化而来，还是有热水和冷水混合合成，在演化的终态是不可区分的，初始态的信息和差别被遗忘了。这种观点又把热力学第二定律的根源归结为相互作用导致的约束方式的变化，以及概率和信息在时间反演下的不对称性，那么为什么约束方式变化导致的结果是不可逆转的呢？彭罗斯自己也指出，对于一个给定的低熵的状态（譬如将气体限制在一个角落里，那么在不存在任何约束此系统的外在因素时，则期望熵从给定的状态在时间的两个方向增加。为什么过去的熵很低呢？这是因为过去有某种东西在约束这个系统，某种东西强迫熵在过去取低的值；熵在将来增加的趋势不足为奇，在某种意义上，高熵的态就是自然的“态”。实际上，彭罗斯所谓的黑洞导致流线合并，量子测量导致流线分叉，也是一种约束方式变化引起的不可逆性，但彭罗斯的这种立场是被霍金否定的。我们认为，约束的变化，最好视为势的变化，正是势能分布特别是稳定性在过去和未来的不对称性，与热力学时间箭头有关。

彭罗斯认为，对于普通物质体系远离熵极大的平衡态，我们只要假设它从外部取得低熵物质和能量就行，比如人和动物吸纳食物，植物依靠来自低熵态的高能光子进行光合作用，散发大量高熵态的低能光子而维持低熵态的生命活动，等等。万物生长靠太阳，而太阳光能的低熵态又是由于引力作用下导致的热核反应，最后宇宙的低熵起源必须追溯到宇宙开端特殊的引力约束，这就是所谓的魏尔曲率接近为零的初始奇点。也就是说，不可逆性来自宇宙大爆炸这一初始条件。这种观点又有很多不同的说法。霍金对时间机器提出了严厉的批评。他幽默地说：“我们还不清楚在一个黑洞中究竟会发生什么。广义相对论的方程允许这样的解，允许人们进入一个黑洞并从其它地方的一个白洞里出来。白洞是黑洞的时间反演。这似乎为星际的快速旅行提供了可能性。麻烦在于这种旅行的速度太快了，以致于如果通过黑洞的旅行成为可能，则似乎无法阻拦你在出发之前已经返回。那时你可以做一些事，比如杀死你的母亲，因为她一开始就反对你进入黑洞。看来物理学定律严禁这种时间旅行，这也许对于我们（以及我们的母亲们）的存活是个幸事。似乎有一种时序保护机构，不允许向过去旅行，这使得这世界对于历史学家是安全的。如果一个人向过去旅行，将会发生的是不确定原理的效应在那里产生大量的辐射，这辐射要么把时空卷曲得太厉害以致不可能在时间中倒退回去，要么使时空在类似于大爆炸和大挤压的奇性处终结。不管哪种情况，我们的过去都不会受到居心叵测之

徒的威胁。最近我进行的一些计算支持这个时序保护假设。其实，我们不能进行时间旅行的最好证据是，我们从来没有遭受到从未来来的游客的侵犯。”

当我们想做时间机器时，不论用什么样的事物（例如虫洞、旋转柱、宇宙弦或其它什么东西），在它成为时间机器前，总会有一束真空涨落穿过它，并破坏它。”他还说：“自由意志的概念和科学定律属于不同的范畴。如果人们想从科学定律推出人类行为的话，他就会在自参考系统的逻辑二律背反中陷入困境。这正如时间旅行若可能的话人们会遇到的麻烦，我认为永远不可能作时间旅行。

参考文献：

- 【1】吴国盛：《时间的观念》，p194-p195,北京，中国社会科学出版社，1996年12月第1版。
- 【2】[英]胡·普赖斯：《时间之矢与阿基米德之点——物理学时间的新方向》，p112,肖巍译，上海科学技术出版社，2001年11月第1版。
- 【3】转引自霍尔顿：《物理科学的概念和理论物理导论》下册，p128,北京，人民教育出版社，1987年版。
- 【4】[比]伊·普里高津：《从存在到演化》，p186,曾庆宏，严士健等译，上海科学技术出版社，1986年3月第1版。

5/4/2017