

现代物理学基础的思考之四——《广义相对论的思考》

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, 1922538071@qq.com

(作者为中国科学院高能物理所研究员)

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, 广义相对论, 供参考。

[李学生 (Li Xuesheng). 现代物理学基础的思考之四——《广义相对论的思考》。 *Academ Arena* 2017;9(14s): 116-154]. (ISSN 1553-992X). <http://www.sciencepub.net/academia>. 2. doi:10.7537/marsaaj0914s1702.

关键词 (Keywords): 质点; 电荷; 引力; 电力; 空间; 方程; 量子力学; 广义相对论

第七章：万有引力与弱相互作用之间的关系新探

1、宇观世界、宏观世界、微观世界

当今的理论物理学并不缺乏坚实的数学演绎, 缺乏的只是理论发展所需要的活力: 新视角、新概念、新思想和深刻的洞察力。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。

在二十一世纪物理学将在三个方向上继续向前发展 (1) 在微观方向上深入 下去; (2) 在宏观方向上拓展开去; (3) 深入探索各层次间的联系, 进一步发展非线性科学。吴水清先生认为: “在科学研究的路上, 我们要以实验为根据, 以数学位工具, 以实用为目标, 以理论为基础, 进行开拓和创新。” 李政道教授讲: “地球村人面临第三次物理学革命的挑战。” 【1】

宇观世界: 指宇宙学和天文学研究的范围。长度单位使用天文学单位 $1.496 \times 10^{11} \text{m}$ (等于地球到太阳的距离) 或大尺度单位 $9.5 \times 10^{15} \text{m}$ (即光年); 宏观世界: 指现实生活涉及到的经验世界。长度主单位使用 m , 大单位用 km , 小单位用 mm ; 经典物理学就是适用于这一领域的、添加了许多假设和近似的、非常实用的理论; 微观世界: 指跟非牛顿范式物理学所研究的热、光、电磁现象相关的, 辐射能 ϵ 从粒子中放出、在空间中传播、或被粒子吸收的整个系统。长度单位使用纳米 10^{-9}m 或者埃 10^{-10}m 。宏观描述只描述宏观物质体而不追究其内部的微观结构或超微观结构。微观描述到分子, 原子止。超微观描述则到原子以下范围内。宇观只是一般意义下的宏观的扩展, 本质还是宏观。所以物质的空间范围应分为: 宏观, 微观, 超微观三大领域。宏观现象、宇观现象和微观现象中都有许多是人们已有的观念和理论所无法解释, 这就要求我们修改旧有的观念和理论, 甚至创立新的观念和理论。客观世界永远是人类不可超越的老师! 我们能够做的是用一个改善的观念和理论去取代旧有的观念和理论, 一代接一代地进行下去。这一切不能仅仅靠理论思索, 更重要的是科学的实践。经得起客观实践检验的观念和理论才是有生命力的。

力的类型	发生作用的距离	力的强度(以强力为 1)	传递此力的粒子	粒子的引力质量
引力	延伸到非常大的距离	10^{-38}	没有发现	不知道
弱力	约小于 10^{-17}cm	10^{-13}	中间玻色子 W^+ 、 W^- 和 Z^0	约 90 吉电子伏
电磁力	延伸到非常大的距离	10^{-2}	光子	0
强力	约小于 10^{-13}cm	1	胶子	假定为 0

注: 1 吉 = 10 亿

玻尔的对对应原理在某种意义上应该看作是一种物理学思想, 它表明在原子范围内的微观现象和宏观现

象，各自遵循本范围的规律，但微观范围内的规律和宏观范围内的规律间存在对应关系，当把微观范围内的规律延伸到宏观范围时，应与宏观规律一致

参考文献:

【1】 T.D. Lee: 《Particle Physics and Introduction to Field Theory 》, Science Press, Beijing , 1981.

2、弱相互作用力简介

如果你坚持非要力的精确定义不可,那你永远也得不到!——费曼,《费曼物理学讲义》

弱力是在基本粒子之间还存在另一种短程相互作用力,弱力的作用距离比强力更短,作用力的强度仅力强力的 10^{-13} 倍。弱力在 β 衰变中起重要作用, β 衰变中放出电子和中微子,电子和中微子之间只有弱力作用,弱力也存在其它基本粒子之间。

费米作了一个大胆的尝试,他假定:从质子到中子的衰变过程,是由于自然界中某种新的力引起的。经过一番琢磨,费米得出了几个新颖奇特的结论:

1. 这个力要比电磁力弱 10 的 11 次方倍,但比万有引力要强得多;
2. 这个力只能发生在四个自旋为二分之一的基本粒子之间;
3. 这个力的作用力程非常短,几乎为零,即参与相互作用的粒子彼此一离开,力就迅速地消失了。

弱力没有本领把任何粒子束缚在一个较复杂的体系中,它只存在于一些粒子发生衰变和俘获的一瞬间,粒子之间一离开,弱力马上就消失。

在已经发现的自然力中,弱力是最独特的一种,费米理论在解释弱作用过程中,尽管得到成功;但他提出:弱力只发生在基本粒子直接接触的一霎那间。

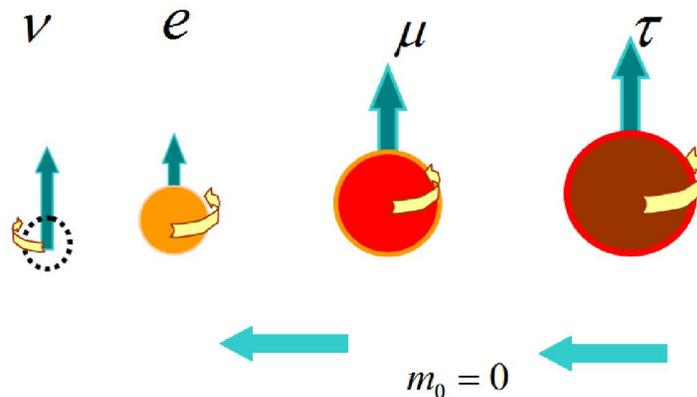
人们认为自然界果真是存在着一种新的自然力——弱力。费米也因创立了弱力理论而闻名天下,他的理论得到了举世公认。

50 年代末,李政道、费曼和盖尔曼等人,提出了一种新的理论——荷电中间玻色子理论。这种理论的建立,在相当大的程度上是基于电磁理论的启发。从中间玻色子理论来看,弱力和电磁力之间,只要把“电荷”换成“弱荷”,把“电流”换成“弱流”,把传递电磁力的“光子”换成传递弱力的“中间玻色子”,就立即可以得到有关弱力理论的新概念。弱力被描写成交换一种叫中间荷电玻色子(这种中间荷电玻色子记作 W_{\pm} 粒子)的过程,根据测不准关系,作用力的力程与交换的粒子的质量成反比。(测不准关系即一个微观粒子和某些成对的物理不可能同时具有确定的数值,其中一个量愈确定,则另一个量的不确定程度就愈大。)电磁力和引力的作用力程为无限大,被交换的光子和猜想的引力子的质量为零。而弱力的作用力程如此之短(小于 10^{-15} 厘米),那么,被交换的 W_{\pm} 粒子的质量必然很大。理论计算出这种粒子的质量,约为质子质量的 75 倍,为几亿电子伏特。正因为中间玻色子太重,现在的高能加速器很难把它产生出来,弱力的中间玻色理论,和费米理论一样,也可以用来解释基本粒子中的弱过程,并且很难区分哪一种理论更好些。

从上面所说的弱力的最基本性质之一就是:弱力是在基本粒子之间存在的一种短程相互作用力。弱力的作用距离比强力更短,只发生在基本粒子直接接触的一霎那间。粒子之间一离开,弱力马上就消失。

对于弱相互作用力来说,表现为中子的 β 衰变。即:中子衰变成质子、电子与电子中微子。上个世纪末,在发现 β 衰变的时候,关于弱相互作用是一个不同的物理作用力的想法,其演化是很缓慢的。只有当实验上发现了其它弱作用,如 μ 衰变, μ 俘获等等,并且理论上认识到所有这些作用能够近似地用同一个耦合常数来描述之后,这一看法才变得明朗起来,才产生了普适的弱相互作用的想法。只有在此之后,人们才慢慢地认识到,弱相互作用力形成一个独立的领域,或许可与万有引力,电磁力和强作用核力及亚核力等等量齐观。最早观察到的原子核的 β 衰变是弱作用现象。弱作用仅在微观尺度上起作用,其力程最短,其强度排在强相互作用和电磁相互作用之后居第三位。其对称性较差,许多在强作用和电磁作用下的守恒定律都遭到破坏(见对称性和守恒定律),例如宇称守恒在弱作用下不成立。弱作用的理论是电弱统一理论,弱作用通过交换中间玻色子($W_{+/-}, Z$)而传递。弱作用引起的粒子衰变称为弱衰变,弱衰变粒子的平均寿命大于 10-13s。在费曼图中表现为:中子与电子中微子发生碰撞,在碰撞过程中发生了力的作用,这种力就是弱相互作用力。碰撞后的中子改变方向,其固有能量与动量都发生改变,变成了质子(准确的说是:碰撞后中子改变运动方向,与观测时空成角,被观测成了质子)。同样,电子中微子也改变方向,固有能量与动量也发生改变,变成了电子(准确的来说是:碰撞后电子中微子改变运动方向,与观测时空成角,被观测成了电子)。

弱作用场存在于基本粒子的内部。弱力作用于所有的夸克和轻子。我们来看图 1。



弱作用改变粒子

图1 弱作用场

弱相互作用由三种基本类型：轻子—轻子过程，即只有轻子参与的弱作用，又称为纯轻子过程。如轻子的衰变、中微子与带电轻子的散射等， $\mu \rightarrow e + \bar{\nu} + \nu$ ， $\nu_\mu + e^- \rightarrow \nu_e + \mu^-$ 。轻子—强子过程，既有轻子又有强子参与的弱作用，又称为半轻子过程。如电子中微子和中子的散射， $\nu_e + n \rightarrow e^- + p$ 。强子—强子过程，即只有强子参与的弱作用，又称为强子过程。如强子的衰变， $K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^0$ 。

先说一下轻子。轻子有三种：电子、 μ 轻子和 τ 轻子。它们具有相同的自旋和相同的电荷。 μ 轻子比电子重约200多倍， τ 轻子比电子重约3500倍。轻子就是这三种粒子的统称。弱力主要的效应是改变粒子，粒子的质量会发生改变。例如弱力导致 τ 轻子衰变成比它轻的 μ 轻子、 μ 轻子在弱作用下变为电子。弱力的强度比电磁力小得多，只有电磁场强度的千分之一。弱力作用范围很小，目前认为小于 10^{-16} 厘米。量子味动力学也是在量子电动力学基础上建立的描述基本粒子之间弱相互作用的理论。

3、弱相互作用与电磁相互作用统一的研究

到二十世纪中叶，粒子世界呈现出非常复杂的局面，粒子数目众多，而且实验上发现和确证的粒子还在不断地增加，粒子之间的相互作用有电磁作用、引力作用、强作用、弱作用四种，它们的区别很大，电磁作用和引力作用是长程力，强作用和弱作用是短程力，它们的强度差别非常大，强作用最强，电磁作用次之，弱作用更次，引力作用最弱，在粒子物理中引力作用可以不考虑。对于电磁作用，已经建立起量子电动力学，它是物理学中最成功的理论。在这个理论中，力的传递者是电磁场，场的量子是光子，电磁作用是通过交换光子而传递的，光子的静质量为零，与电磁作用的长程性联系在一起。关于弱作用，在弱作用宇称不守恒基础上发展了弱作用的中间玻色子理论，认为弱作用是交换中间玻色子 W^\pm 而传递的，中间玻色子的质量很大，与电磁作用中的光子不同，它是与弱作用的短程性联系在一起。

20世纪60年代末，美国物理学家格拉肖、温伯格和巴基斯坦物理学家萨拉姆等人建立了弱电统一理论，把电磁场和弱作用场进行成功的统一，他们因此获得1979年诺贝尔物理学奖。在弱电理论背后的基本对称性更加奇怪一些，它跟空间或时间的视点改变无关，而是关于不同类型的基本粒子的识别。在弱电理论中，如果在方程里处处以一种既非电子，也非中微子的混合粒子态来取代电子和中微子，则物理定律的形式是不会改变的。因为其他许多不同的粒子也跟电子和中微子发生作用，所以同时需要把那些粒子族也混合起来。如上夸克与下夸克，光子、带正电和带负电的 W 粒子、中性的 Z 粒子。这是与电磁力相联系的对称性，源于光子的交换。对于弱核力来说，那种对称来自 W 粒子和 Z 粒子的交换。在弱电理论中，光子、 W 粒子和 Z 粒子分别表现为4种场的能量束，那些场是对弱电理论的对称性的响应，就像引力场响应广义相对论的对称性一样。弱电理论背后的这种对称性被称为内对称性。内对称性比作用在寻常时间和空间上的那些对称性更加陌生，物理定律这种一来于时间和空间的对称变换下的不变性称为局域对称性。还有一类精确的局域对称性，跟夸克的一种内在性质相关，那种性质叫做夸克的颜色。通常称为红、白、蓝三色。当然它跟普通意义上的颜色一点关系也没有，不过是用来区别不同夸克个体的标签。而在不同颜色之间确实存在着精确的对称性。红夸克和白夸克间的力与白夸克和蓝夸克间的力是一样的；两个红夸克间的力与两个蓝夸克间的力

也是一样的。但这种对称性不仅限于颜色的相互交换。

我们人类对于弱相互作用其实了解得很少，主要是原子核的 β 衰变现象。 β 衰变就是核内一个中子通过弱相互作用衰变成一个电子、一个质子和一个反中微子。凡是涉及到中微子的反应都是弱相互作用过程。弱相互作用仅在原子核内起作用，力程非常短（大约在 10^{-18} m 范围内）。为了得到弱和电的统一，物理学家大胆假定有 W 粒子作为中间粒子，它的质量要比核子大 100 多倍。人们设想弱相互作用与电磁相互作用有着相同的作用机制，并假设弱相互作用通过 W 玻色子来传递，但是，理论的结果却又出现了无穷大困难。后来，人们将弱相互作用与电磁相互作用作类比，假定粒子除了带有电荷以外，还带有弱荷，并且弱相互作用也遵循一种人们还没有发现的规范不变性，人们将它称为隐藏的对称性，因而弱荷也是守恒的。采用这种办法不仅克服了无穷大困难，而且理论还证明存在四种规范粒子，它们是带电的 W^+ 、 W^- 和中性的 Z^0 ，第四种就是光子，它们分别传递三种弱相互作用和电磁相互作用。因而，这一理论不仅克服了无穷大困难，而且还将弱相互作用和电磁相互作用统一了起来，因而这一理论被称为弱电统一理论。弱电统一理论所预言的三种中间玻色子经过人们长期的不懈努力，最终在实验中被全部发现，并且它们的质量与主要性质理论与实验也符合得很好。

参与碰撞的粒子称为费米子，其自旋为半整数。由于两粒子间的碰撞是间隔一定距离的，这种碰撞并不是超距作用，而是要通过媒介粒子来传递，这个起传递作用的粒子就象是一个“媒婆”，被称为玻色子，其自旋为整数。传递力的作用的粒子以虚态存在。对于弱相互作用来说该粒子为 W、Z 光子（光子的运动速度为光速，由于其运动速度的下降，被观测成了低速运动的 W、Z 粒子）。在量子力学中，粒子从初态到末态的跃迁，涉及到粒子的湮灭与产生。可以近似的用费米公式和量子场论的相应公式进行计算。计算中，4 个费米子（中子、质子、电子、电子中微子）通过一个中间玻色子联系。通过跃迁前后费米子场与玻色子场的关系，将弱作用力的耦合常数用电磁精细结构常数（也就是电磁力的作用强度 $1/137$ ）进行替代，引入矩阵元与费米相互作用常数的关系。计算出 W、Z 光子的理论质量。这个计算结果与实验相符。从而反过来证实了弱电的统一性，即：弱相互作用与电磁相互作用是一种力——这就是 1979 年诺贝尔物理学奖。

多年以来，关于电磁力已有了很成功的理论，人们认为带电粒子之间的相互作用是由于交换光子而产生的。但是按照这种解释，不能正确地理解弱力。因为如果这样，传送弱力的粒子就应质量很大，而不象光子那样静止质量为零。另外，依据这种理论的计算总是包含无法理解的无穷大。1967-68 年，温伯格和萨拉姆各自独立地提出了一种电磁作用和弱作用统一的量子场论，从而解决了这些问题。但是，他们的理论有一个不能令人满意的局限性：它只适用于一类基本粒子。1970 年，格拉肖将这一概念作了进一步推广，证明了亚核粒子的某种数学性质（他称之为粲）能够使人们将电磁力和弱力之间的这种联系推广到所有的基本粒子。温伯格、萨拉姆和格拉肖的弱电统一理论预言：由于弱力的作用，当电子猛烈撞击原子核后弹回时，检测到的左旋电子和右旋电子的数目将会有明显的差别。这种“宇称破坏”，后来在斯坦福大学的直线加速器实验中心确实被发现了。根据他们的弱电统一理论，除了存在电荷流的弱相互作用外，还应存在中性流的弱相互作用，即在反应过程中入射粒子和出射粒子之间没有电荷交换。例如， $p + e^+ \rightarrow p + e^+$ 。后来美国费米国家实验室和西欧核子研究中心都在实验中发现了他们预言的中性流。弱电统一理论现已为许多实验所证实，它使现存的四种基本相互作用实现了部分统一。

1933 年费米首先将电磁相互作用的原理推广到弱相互作用，1954 年美籍物理学家杨振宁和美国物理学家密耳斯提出了对同位旋场规范化的 $SU(2)$ 规范理论，称为非阿贝尔规范理论，1961-1971 年格拉肖、黑格斯、温伯格、萨拉姆、特胡夫特等人经过十年探索最终解决了理论的缺陷和困难，1982-1983 年实验相继发现了弱电统一理论所预言的三种玻色子。虽然弱电统一理论取得了一定成果，但是这一理论还有一些问题没有解决，例如这一理论为了使参与弱作用的三种中间玻色子获得质量，黑格斯曾经引入一种标量粒子，后来人们将其称为黑格斯粒子，这种粒子（对应于黑格斯场）至今还没有找到。弱电统一理论所引进的一些参数还没有得到充分的理论解释，甚至这一理论还没有解释弱作用的所有主要性质。

萨拉姆(A.Salam)和温伯格(S.Weinberg)的弱电统一理论，把分别描述电磁力和弱力的两条规律，简化为一条规律。而 M 理论的最终目标，是要用一条规律来描述已知的所有力（电磁力、弱力、强力、引力）。当前，有利于 M 理论的证据与日俱增，已取得令人振奋的进展。M 理论成功的标志，在于让量子力学与广义相对论在新的理论框架中相容起来。同弦论一样，M 理论的关键概念是超对称性 1。所谓超对称性，是指玻色子和费米子之间的对称性。玻色子是以印度加尔各答大学物理学家玻色 (S.N.Bose) 的名字命名的；费米子是以建议实施曼哈顿工程的物理学家费米(E.Fermi)的名字命名的。玻色子具有整数自旋，而费米子具有半整数自旋。相对论性量子理论预言，粒子自旋与其统计性质之间存在某种联系，这一预言已在自然界中得到令人惊叹的证实。在超对称物理中，所有粒子都有自己的超对称伙伴。它们有与原来粒子完全相同的量子

数（色、电荷、重子数、轻子数等）。玻色子的超伙伴必定是费米子；费米子的超伙伴必定是玻色子。尽管尚未找到超对称伙伴存在的确切证据，但理论家仍坚信它的存在。他们认为由于超对称是自发破缺的，超伙伴粒子的质量必定比原来粒子的大很多，所以才无法在现有的加速器中探测到它的存在。

4、电弱统一作用质疑

笔者认为，弱相互作用与电磁相互作用之所以能够统一是因为对于微观粒子而言，在原子核内它们都是斥力。现代物理学认为弱相互作用和电磁力是一种力，中微子不带有电荷，没有电磁力，可是存在弱相互作用，如何理解这些关系？

(1) 王令隽的观点

标准模型的建立需要做一系列的追加的关键假定：

第一个就是“弱同位旋”假定。理论家们首先假定一个中性玻色子的存在以保证理论的规范协变性。这一中性玻色子和带电的玻色子组成“弱同位旋”等于 1 的叁个本征态，称为“规范玻色子” W_0 , W_+ 和 W_- 。第二个假定就是存在某种“中性电磁场”中的“弱同位旋单重态粒子”（B 粒子）。第叁个假定是：光子和 Z 粒子是由 B 粒子和中性的 W_0 粒子的线性组合。这些组合系数可以表示成某一角度的正弦和余弦函数。这个抽象的弱同位旋空间中的“角度”叫做“温伯格角”。

弱同位旋假定是由核同位旋假定推广而来的。核同位旋假定将质子和中子看成同一个粒子的不同状态。其理由是，原子核的体积正比于核子的个数。这使人们猜想核力与电荷无关。可是，仅仅因为原子核的体积正比于核子的个数，就将质子和中子看成同一个粒子的不同状态，实在是太牵强附会了。这两个粒子的物理特性极不相同。质子带电，中子不带电。带电的粒子如何能在某种抽象的同位旋空间中旋转一下就转掉了电荷？

所谓旋转，应该可以停在某一个任意角度，而不是只能停在零度或九十度。比如在弱同位旋中，温伯格角就是大约 28 度。那末，核同位旋的角度是不是也可以是任意的一个角度？如果可以，是不是就对应于某个介于质子与中子之间的东西？这种粒子存在吗？它的电荷是多少？就是这样的一个逻辑上经不起推敲的“同位旋”概念，居然被理论家们当作当然的原理推广至弱相互作用和强相互作用理论中，以至于假定没有质量的光子是由有质量的 B 粒子和 W_0 粒子的线性组合，将组合系数表示成“弱同位旋”空间中的“温伯格角”的正弦和余弦函数。在这里，部分小于全体的经典逻辑被违背了。光子的质量等于零，而 W_0 粒子的质量是 81 GeV，相当于质子质量的 85 倍。把一个质量等于零的基本粒子说成是两个有质量的玻色子的组合，有道理吗？难道两个有质量的粒子组成在一起总质量反而变成零了？

在该理论中，粒子衰变是中间矢量玻色子 W_{\pm} 与 Z_0 传递弱作用的结果，并有如下结论： 1、估计计算了 W_{\pm} 与 Z_0 粒子的质量约为 80Gev 左右。 2、如果是轻子与中间矢量玻色子 Z_0 耦合的弱作用，参与粒子反应的轻子就不会有电荷的改变；即弱作用中有所谓的中性流事件。

(二) 苟文俭的观点

1973 年，美国费米实验室和欧洲核子中心在实验中相继发现了中性流事件就是弱中性流。在 1983 年，欧洲核子中心在质子-反质子对撞机上，又先后发现了与 W_{\pm} 、 Z_0 的质量相当的粒子，其中质量为 80.8GeV 的正负带电粒子被认为就是 W_{\pm} 而质量为 92.9GeV 的电中性粒子，认为也就是 Z_0 。因此在当代的主流物理学界，一致认为弱电统一理论已得到了实验的有力支持。

标准模型的弱电统一理论始于上世纪六十年代的温伯格-萨拉姆模型。该模型是用 $SU(2) \times U(1)$ 群描述轻子的对称性，要求在场的定域 $SU(2) \times U(1)$ 变换下不变，这就必须引入四个规范场，其中三个组成弱同位旋矢量场 W_{μ} ，另一个则是弱同位旋标量场 B_{μ} 。 W_{μ} 的前两个带电分量就形成了带电的矢量玻色子 W_{\pm} ，而 W_{μ} 的第三个分量与标量场 B_{μ} 都不带电，它们组成了不带电的中性矢量玻色子 Z_0 及光子 A_{μ} 。上式中的 θ_w 称温伯格角。使用希格斯机制使对称性破缺，并适当选择 θ_w 的取值，就使矢量玻色子获得了质量 E_{μ} ，而让光子 A_{μ} 仍保持零质量。

该模型除了有 W_{\pm} 、 Z_0 及光子外，还需要一个有质量的希格斯粒子。这是一种自旋为零的标量粒子，现在俗称为上帝粒子，其质量最新估计范围在 110 至 155Gev 之间。

对弱电统一理论预言中间矢量玻色子及其质量大小，从以上事实就清楚表明： 1、使用矢量玻色子描述弱作用的关键是要有希格斯粒子。在 110Gev 至 155Gev 的质量范围，只有证实了希格斯粒子确实存在，矢量玻色子才可能成为弱作用量子。2、理论中的中间矢量玻色子质量大小，完全依赖于温伯格角 θ_w 的取值，所谓理论预言，实际是根据实验的需要不断人为调整 θ_w 的取值；而从定域 $SU(2) \times U(1)$ 变换自身，根本就无法得到它需要的矢量玻色子质量到底应该是多少。说理论预言了中间矢量玻色子质量，完全言过其实。弱作用过程中，若始末态粒子电荷相差 1，就称是弱带电流，始末态粒子电荷不变，就称是弱中性流。由于电

磁作用过程是中性流（交换的光子为中性），因此，要实现弱电统一，就必然有弱中性流。普遍认为 Z0 传递了弱作用就会形成弱中性流。

实验发现的中性流，是 μ 中微子打击核子，它们发生了作用但没有改变其自身。对此很容易提出来的问题是：1、用 μ 中微子打击核子发生的作用、与理论所述的 Z0 参与粒子衰变完全是两回事。中微子与核子运动都构成了物质波，它们在碰撞中完全可以因为波动条件的改变（如迭加）、而使物质波发生改变，从而形成相互作用，如此就不会有衰变发生，当然也就不会有 Z0 参与的弱作用发生。而 Z0 参与的粒子衰变，Z0 本身就要参与衰变生成物的产生。2、实验确定的 Z0 质量超过 90Gev，但 μ 中微子打击核子的中性流事件的能量，却远低于 90Gev，即只有它们波的迭加而不是 Z0 存在的空间。相反，在接近 90Gev 的能区，即在 Z0 存在的空间，根本就无中性流事件！这一基本事实就说明：实验中发生的中性流事件并没有 Z0 参与；实验发现的中性流并非是弱中性流。

以上陈述表明，对实验有力支持了弱电统一理论的命题，就有如下两点认识：1、对中性流实验，由于 μ 中微子打击核子发生的作用、与理论所述的 Z0 参与粒子衰变完全是两回事，认为 μ 中微子打击核子的中性流事件、也就是 Z0 参与粒子衰变的弱中性流，显然就违背了推理必须遵循的充足理由律这种最基本的逻辑常规。2、全世界长期反复地实验搜索的事实证明，现实世界根本就没有质量在 110 至 155Gev 之间的希格斯粒子，使用有希格斯粒子使矢量玻色子获得质量的理论表述并不成立。认为实验中质量为 80.8Gev 的正负带电粒子就是 W^\pm 质量为 92.9Gev 的电中性粒子就是 Z0，与质量在 110 至 155Gev 之间无希格斯粒子存在的基本事实完全矛盾。说实验有力支持了弱电统一理论，这同样也是当代物理主流理论的常识悖论。

第八章 广义相对论困难的思考

1、弱相互作用与万有引力是互为反作用力的实验根据

现代物理学认为弱相互作用只适用于微观世界，可是微观与宏观没有截然的界限，这显然存在着不协调性。广义相对论认为万有引力时空用黎曼几何表述，笔者认为弱相互作用空间应该利用罗氏几何表述，这样才符合对称的绝对性与相对性原理。黑格尔说：“虚空，所谓原子的另一补充原则，实即是斥力自身，不过被表像为各原子间存在着的虚无罢了。...象近代科学这样于斥力之外假设一个引力与之并列，”《小逻辑》第 215 页。斥力与引力的两种对立的分布规律与之并列，斥力与引力是客观事物自在自为的矛盾，斥力与引力相互作用是自然界万事万物千变万化的终极原因。力学就是物质绝对自身的矛盾。引力的分布规律：引力产生实物结构（原子、分子、天体），引力产生上下密度差、产生上下压强差。斥力的分布规律：斥力破坏实物结构（产生虚空、真空、空隙），斥力消灭密度差、消灭压强差。

万有引力与弱相互作用是互为反作用力，是对称的绝对性的表现形式，其变化规律不同，是对称的相对性的表现形式，进一步说明了对称的相对性与绝对性原理的正确性，这样在宇宙中它们大体处于平衡之中，应该近似满足欧式空间，这样对于宇宙学原理认识就深刻了。

笔者认为，既然中微子具有引力质量，那么除了弱力外，还有万有引力，现代物理学中所指的引力可能是引力与弱相互作用的合力，由于弱相互作用比引力减小的快，这样可以解释上述问题。万有引力与斥力同时存在，是对称的绝对性的表现形式，它们的变化规律不同，是对称的相对性的表现形式。

下面的一些现象说明了引力与弱相互作用是相互反作用力——

(1)美国发射的 4 颗航天器在飞向太阳系行星方向飞行时所观察到的“来自背后太阳方向一个附加的力”！

(2)美国发射的阿波罗登月飞船在飞到月充背后时，地球上的观测站本应无线电中断，却有 52 秒钟在月中天观测到了来自月亮背后飞船的信号，“为有史以来同类型最强的信号”

(3)阿波罗登月飞船 15 号和 17 号在飞引月亮背后与月亮与地球接收站成“三点一线”时，地球接收站不但收到了来自月亮背后飞船发出的信号(没有被挡往)，而且收到了的是“有史以来同类型最强的信号”。“美国发射的 4 颗航天器在飞向太阳系行星方向飞行时所观察到的‘来自背后太阳方向一个附加的力’”、

(4)与“美国 1972 年发射的‘先驱者’10 号和 1973 年发射的‘先驱者’11 号在飞向太阳系行星方向飞行时当时少走了 40 万 km 的原因所在(美航 72 约翰·安德森说：先锋 10 号经历一种朝着太阳的神秘减速，约 1 亿分之一的微力。有持久性，并不断扩大，如先锋距太阳距是日-地距的 80 倍，比原定计划落后了 40 万 km，相当于月地距离。1995 年与先锋 11 号联系，它也经历着同样的减速。)”、

(5)与“2002 年 9 月 12 日《参考消息》报导的英国新科学马库斯·乔恩称：在太阳系最黑暗的边缘冥王星以外，好象有股神秘力量作用于宇宙飞船。在 240 亿 km 之外的另一个方向，另一个探测器也受到了相同的力量”、

(6)与“2007 年 3 月 30 日《参考消息》报导的美国太空网 2007 年 3 月 27 日塔里克·马利克的文章 1972 年发射的‘先驱者’10 号和 1973 年发射的‘先驱者’11 号在目前(2007 年)都距离地球有数十亿英里，而现在(2007

年)它们正在以 3 万英里的时速从相反方向向太阳系边界飞出去的状态下,目前(2007 年)其与太阳的距离和按目前(2007 年)常态未发现新理论情况下的牛顿引力定律计算的相比跟太阳接近了 24 万英里,而按目前常态未发现新理论情况下的牛顿引力定律,引力是随着距离增加而减弱的,从而产生出这种飞离太阳系的时候,所受到的不可解释的力量的回拉牵引的“先驱者号异常”、

(7)与“伽里略木星探测器和尤里西斯太阳探测器出现了受到来自太阳方向的额外的引力异常影响”等的定量的理论证明!

(8)为什么所有的航天飞行器在飞临地球、木星、火星、小行星带时,会获得意外的加速度,而飞离太阳系时做减速运动。【1】

(9)本报讯 记者王杰铭、丁柯报道:目前人们认为在宇宙中有四种力决定着原子结构,即磁力、重力、强作用力和弱作用力。但据美国物理学会 1 月 6 日出版的一期《物理通讯》报告说,一些物理学家在对 20 世纪早期的一些实验作新的分析研究之后,认为宇宙中还存在未被发现的第五种力——“超电荷力”。

新的研究认为,与伽利略的结论相反,在真空中从同样高度落下时,羽毛比金属币落得快。这是因为对物体超作用的不仅是重力,另外还有一种称作“超电荷”的力。它使不同结构的物体产生稍为不同的加速度。

这个新的研究是由以印第安那州普杜大学物理学教授阿弗雷姆·费赫巴赫博士为首的一个科学家小组完成的。费赫巴赫博士的小组重新分析研究了匈牙利科学家罗兰德·冯·埃特伏斯在 20 年中所进行的实验数据,这些数据是 1922 年公布的。

埃特伏斯的实验包括把不同结构和质量的物体悬挂在一个扭力秤上。它的实验结果与伽利略在 17 世纪早期的观察基本相符。17 世纪末期,牛顿根据伽利略的实验提出了他的重力公式。1916 年,爱因斯坦发表他的相对论时,也根据埃特伏斯的实验认为,在一个统一的重力场里,所有物体以同样加速度下落。

但根据费赫巴赫的研究,即使在埃特伏斯的研究中也已记录了与伽利略的理论不符的结果。但他认为这些数字没有重大意义,所以被忽略了。在详细的研究了这些数据后费赫巴赫发现,在“原始实验”数据中一些不符合伽利略理论的数据已大到足以使人认为,除重力以外,还可能其它的力作用于物体。根据报告认为,“超电荷力”是重力的百分之一。这是已知的力中最弱的。它的作用距离为 600 英尺多一点。

科学家们认为这个新研究结果如果为以后的实验所证实,将对物理学和宇宙学的研究产生深远的影响。

笔者注:这里的“超电荷力”可能就是弱相互作用,当然需要进一步分析。宇宙正是在“平衡趋势”与逆“平衡趋势”的双重作用下,不断地进行着循环变化的过程。所以,她是永恒的、并且是美丽的。万有引力和弱相互作用是物质的同一属性。物体在一个环境里,它有一个趋势,就是本身的引力场强度要和环境的引力场强度相一致。如果把引力场定义为时空弯曲的曲率,那就可以说,物体本身所产生的时空曲率和环境的时空曲率相当才能使得物体保持原来的运动趋势不变。否则,就会改变原来的运动趋势以适应环境。这种适应,既可以是靠近的趋势,也可以远离的趋势,取决于曲率差的方向。科学家就是将人们实践中的自然现象连结起来,得出高一些层次的概念与规则,知识越丰富,站的层次越高,事实证明,以前人类认为是天生的、内禀的概念被一个个的突破,变为可掌握的,与其他现象有共生,同发展,相互转换的关系,人们也从中得益,走向自由。

美国伊利诺伊州巴达维亚市国家实验室的研究人员最近在美国《物理学回顾》上撰文指出,构建现代物理学的一些基本原理可能存在一些漏洞,这些基础原理需要修正。研究人员称,他们几年前开始进行一项实验,观察中微子束穿过粒子探测器的状态。结果发现,这种不带电荷、几乎没有质量的粒子大部分都“穿场而过”,但有一小部分中微子束却发生了偏移,轰击了粒子探测器的铁原子,并下起了一场“粒子雨”。在对数百万次的粒子碰撞分析后,科学家们发现,实验结果与按照现代物理学原理推测出来的结果相差 0.25%。科学家们称,根据现代物理学原理,仅仅在弱力的作用下,不应该有那么多的中微子发生了偏移。他们认为,如果实验没有大的误差的话,那么就表明现代物理学一些原理可能存在漏洞,必须由更先进、更准确的理论指导实践。引力以物体为主体,物体具有系统特征,将现象组成一个系统去进行研究物理学一开始就有牛顿范式和非牛顿范式之分。非牛顿范式的现象论物理学坚持把现象组成系统,去发现“那些始终不能被观察到的现象的实际秩序”,而“不追求自然界中这些现象的真正原因”(董光璧:《世界物理学史》)。爱因斯坦在总结回忆时说:“它象在爬山一样,越是往上爬,越是得到宽广的视野,并且越能显示出我们的出发点与其周围广大地域之间的出乎意外联系。”

参考文献

【1】2007 年 3 月 30 日《参考消息》塔里克·马利克。

附录：新华网华盛顿 11 月 21 日专电 美国伊利诺伊州巴达维亚市费米国家实验室的研究人员最近在美国《物理学回顾》上撰文指出，构建现代物理学的一些基础原理可能存在一些漏洞，这些基础原理需要修正。

研究人员称，他们几年前开始进行一项实验，观测中微子束穿过粒子探测器的状态。结果发现，这种不带电荷、几乎没有质量的粒子大部分都“穿场而过”，但有一小部分却发

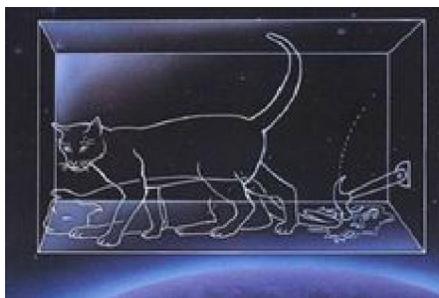
生了偏移，轰击了粒子探测器的铁原子，并下起了一场“粒子雨”。在对数百万次的粒子碰撞分析后，科学家们发现，实验结果与按照现代物理学原理推测出来的结果相差 0.25%。科学家称，根据现代物理学原理，仅仅在弱力的作用下，不应该有那么多的中微子发生偏离。他们认为，如果实验没有大的误差的话，那么就表明现代物理学一些原理可能存在漏洞，必须由更先进、更准确的理论来指导实践。

弱力是物理学中与强力、电磁力以及引力并列的四种最基本的力之一。发生弱力作用的粒子质量非常小，约为 90 吉电子伏。(完)

笔者认为，这是弱相互作用与万有引力共同作用的结果。

以色列约贝肯斯坦因引力黑洞陷阱（爱因斯坦并未认识到这点），试图以相对论结构内部的缺陷来否定相对论。这里所说的引力陷阱，是指吸引力条件下一个圆球，在双曲面表面作斜平面圆周运动时，产生逐渐收敛（缩小）偏心的椭圆形轨迹。这个现象正是广义相对论的产物，这是个玻色子现象，成为引力场的基础。反之，斥力条件下这个圆球，在双曲面表面作圆周运动时，产生逐渐发散（扩张）椭圆形轨迹。同理，这个圆球在椭圆形表面作圆周运动时，亦产生双曲面轨迹，这是个费米子现象。广义相对论仅仅只提到了引力椭圆空间，爱因斯坦本人也未对斥力双曲面空间和中性的圆作进一步描述。加上纯数学的复杂推导，让人一时不易掌握。倒是其他科学家在意它，利用广义相对论拓展为量子论中的能量方程，也就是说“斥力能加引力能加中性力能”组成的万能能量方程。标准模型，规范场等也还得依靠广义相对论的框框建立。上述物理现象还可用：黎曼-克莱因空间，特别是圆对数等都能很好地统一解释。“玻色子现象”与“费米子现象”两种场现象具有通过中性圆实现相对对称(加上相对两字可以处理 CP 不对称)、共生、互补、转化。它们都是大自然普适规律之一。争议促进了相对论拓展与完整，看来新相对论作为新型分析工具，以其在数学物理领域的普适性，使相对论又一次经受考验。

2、薛定谔猫佯谬的重新认识



把一只猫放进一个不透明的盒子里，然后把这个盒子连接到一个包含一个放射性原子核和一个装有有毒气体的容器的实验装置。设想这个放射性原子核在一个小时内有 50% 的可能性发生衰变。如果发生衰变，它将会发射出一个粒子，而发射出的这个粒子将会触发这个实验装置，打开装有有毒气体的容器，从而杀死这只猫。根据量子力学，未进行观察时，这个原子核处于已衰变和未衰变的叠加态，但是，如果在一个小时后把盒子打开，实验者只能看到“衰变的原子核和死猫”或者“未衰变的原子核和活猫”两种情况。薛定谔在 1935 年发表了一篇论文，题为《量子力学的现状》，在论文的第 5 节，薛定谔描述了那个常被视为恶梦的猫实验：哥本哈根派说，没有测量之前，一个粒子的状态模糊不清，处于各种可能性的混合叠加。比如一个放射性原子，它何时衰变是完全概率性的。只要没有观察，它便处于衰变/不衰变的叠加状态中，只有确实地测量了，它才会随机的选择一种状态而出现。那么让我们把这个原子放在一个不透明的箱子中让它保持这种叠加状态。薛定谔想象了一种结构巧妙的精密装置，每当原子衰变而放出一个中子，它就激发一连串连锁反应，最终结果是打破箱子里的一个毒气瓶，而同时在箱子里的还有一只可怜的猫。事情很明显：如果原子衰变了，那么毒气瓶就被打破，猫就被毒死。要是原子没有衰变，那么猫就好好地活着。

这个理想实验的巧妙之处，在于通过“检测器—原子—毒气瓶”这条因果链，似乎将铀原子的“衰变—未衰变叠加态”与猫的“死—活叠加态”联系在一起，使量子力学的微观不确定性变为宏观不确定性；微观的混

沌变为宏观的荒谬——猫要么死了，要么活着，两者必居其一，不可能同时既死又活！难怪英国著名科学家霍金听到薛定谔猫佯谬时说：“我去拿枪来把猫打死！”

笔者认为，原子衰变主要是弱相互作用，不是随机的，因此薛定谔猫佯谬根本不存在。因为对于宏观测量引力质量讲，对应于每一个确定的辐射，不存在几率问题。何祚麻认为：“引入波粒二象性或几率解释是各种佯谬出现的本质。”【1】

参考文献

【1】《物理教学》2001年第6期2——7页 华东师范大学出版社。

3、“DI海格立斯双星进动”问题和 β 衰变的新解释

(1)“DI海格立斯双星进动”问题

Einstein 广义相对论的缺陷之一在于：无法解释“DI海格立斯双星进动”问题。与我们相距 2000 光年之遥的“DI海格立斯双星”的引力场强度远大于太阳对水星的引力场强度，各种引力理论都将面临严峻考验，它的进动问题一直困扰着天文学界。美国的两位天文学家爱德华·吉南和弗兰克·马洛尼，根据 84 年观测到的 3000 多个轨道历史数据，分析该双星运行规律，计算出其累计进动值为 0.64 度。按照“广义相对论”的时空弯曲公式进行计算得到“进动值”为 2.34 度，这与实际观察值相差很大！

2003 年 4 月，科学家发现双脉冲星 PSRJ0737-3039A/B，它的引力场强度更大。双星进动实际观测值为：A 星 $\Delta\varphi_A = 75$ (度/年)，B 星 $\Delta\varphi_B = 71$ (度/年)。按照“广义相对论”得到“进动值”为 14.7 度。

笔者认为：只要考虑到弱相互作用是万有引力的反作用力，就可以定性理解进动值低于广义相对论的数值。

(2) β 衰变

在一百多年前，物理学家们发现了原子核具有天然放射 α 、 β 、 γ 射线的放射性，分别被称为三种不同的“核衰变”；其中的 β 衰变指的是“原子核”在衰变过程中，子核与母核相比电荷数会增加一个单位。“如果能量守恒还正确的话，那么放出电子的能量应当是一个确定值。但是……实验表明，放出的电子的能量是不确定的”。

当时许多著名科学家都投入了对这个问题的诠释工作，最后，由费米在 1934 年提出的 β 衰变理论被学界所接受。“这个理论认为， β 衰变是中子衰变成质子而放出电子和中微子： $n \rightarrow p + e^- + \nu$ ，……后来证明，质子也可以衰变成中子而产生正电子和中微子： $p \rightarrow n + e^+ + \nu$ ，费米不仅提出了这种以基本粒子转化为基础的 β 衰变理论，同时他还证明这种转化根源于一种尚未理解的新的相互作用——弱相互作用”（董光壁：《世界物理学史》）。

中子比质子多两个电子质量，这是尽人皆知的常识；由 p 衰变成 n 本来就增加了两个电子的质量，又怎么还会放出“正电子和中微子”呢？“一切正、反粒子的共同特点：它们具有严格相等的质量和寿命，比如电子 e^- 和正电子 e^+ 的质量都等于 $m = 0.511 \text{ MeV}/c^2$ e^- 是稳定的，即寿命为 ∞ ， e^+ 也是一样”（倪光炯：《近代物理》）。

在“稳定”粒子表中明确写着：中子的平均寿命为 (918 ± 14) 秒，而质子的平均寿命为 $(> 2 \times 10^{30})$ 年。

1933 年贝尔提出：“ β 衰变过程首先是原子核放出 γ 射线而变成另一种原子核。然后 γ 射线产生正负电子对，而电子被原子核吸收而增加一个核电荷，残余的正电子作为射线被观测到。这种理论的缺点是允许中间过程能量不守恒”（董光壁：《世界物理学史》）。

笔者认为：只要考虑到弱相互作用是万有引力的反作用力，就可以定性理解 β 衰变的本质主要是弱相互作用的结果，在衰变过程中电荷守恒，中间过程表面看不守恒，实际是时空参与了变换。

4、“提丢斯——波得 (J.D.Titius - J.E.Bode) 法则”

1766 年，德国的一位中学教师提丢斯 (J.D.Titius) 发现行星与太阳的平均距离从里向外成倍地增加，符合某个倍增数列的规律，并且空出了一个位置。

当时的柏林天文台台长波得 (J.E.Bode) 将其归纳成一个经验公式即“提丢斯——波得 (J.D.Titius - J.E.Bode) 法则”。即数列的每一项乘以 0.3 再加上 0.4 就等于行星到太阳中心的距离 (天文单位)。用公式表示为： $L = 0.3n + 0.4$ (1)， L ——行星与太阳系中心距离 (天文单位)， n ——数列项。这一定则，虽然早已为国际天文学界所公认、但至今不明其物理意义。因为火星与木星之间出现了一个空缺，他们大胆推测，其间应该存在一个行星。

1800 年 1 月 1 日，意大利天文学家皮亚齐发现了一颗小行星——谷神星，距离为 2.77，与计算距离 2.8 几乎完全吻合。在此之后，人们又在这个区域发现了数千颗小行星，证明这个预测是正确的。1781 年英国伟

大的天文学家威廉·赫歇尔发现了天王星，与太阳的距离为 19.267，与计算距离 19.6 相差不大。但是，之后发现的海王星距离为 30.1，与计算距离 38.8 相差较大。

	水星	金星	地球	火星	?	木星	土星
数 列 子 项	0	1	2	4	8	16	32
太阳行星距离	0.387	0.723	1	1.524	?	5.203	9.539
法则计算距离	0.4	0.7	1	1.6	2.8	5.2	10

附表： a_m 和 a_n 的理论值与观测值的比较(天文单位)

	水星	金星	地球	火星	谷神星	木星	土星	天王星	海王星	冥王星
观测值	0.387	0.723	1.000	1.52	2.7	5.2	9.5	19.2	30.1	39.4
理论值	0.4	0.7	1.0	1.6	2.8	5.2	10	19.6	38.8	77.2
m	0	1	2	4	8	16	32	64	128	256
n	$-\infty$	2	3	4	5	6	7	8	9	10

20 世纪初期赴法勤工俭学的刘子华，通过研究周易，利用八卦推演，得出太阳系存在第十颗行星(“木王星”)。他的博士论文：“八卦宇宙论与现代天文”【1】一书，受到论文审查委员会的高度评价，被认为：“在易经和八卦的各种变化中，隐藏着一种非常发达的非常奥妙的科学”，“计算的大量数据是非常准确的”。当时的法国布尔日天文台台长说：该“博士论文为指出中国古圣先哲的宇宙科学，竟如此与我们在近 4 个世纪中若干代学者所费极大艰辛而得之甚难的一些结论相吻合”。由此，1940 年，刘子华被授与巴黎大学博士学位，3 年后又获得法国国家博士学位。有人认为，近年新发现的 2003UB313(比冥王星大)有可能是刘子华推测的“木王星”。最近国际天文联合会通过决议将冥王星不再属于太阳系的经典行星，但仍将冥王星、谷神星和 2003UB313 均归属为矮行星。

参考文献：

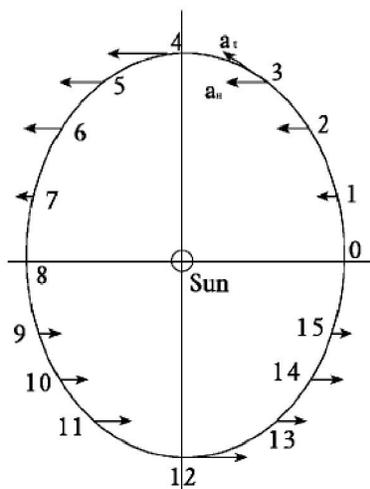
【1】刘子华，八卦宇宙论与现代天文——一颗新行星的预测·日月的胎时地位。成都四川科学技术出版社，1989 年 12 月，1-82。

5、行星进动问题

1915 年爱因斯坦在《用广义相对论解释水星近日点运动》计算了水星近日点的剩余进动。(注 1: 郭亦玲, 沈慧君: 物理学史, 北京, 清华大学出版社, 1993. 229-231)。这等于说, 勒维利埃的 38 角秒是计算错了, 纽康经过重新计算的每百年快 43 角秒是正确的。这就使得广义相对论成了科学明珠。其实勒维利埃的 38 角秒也是正确的, 因为: 法国天文学家勒威耶的计算值是 38”。3/百年, 他是根据发生在 1677~1848 的 171 年间的 15 次水星凌日计算的, 其间还参考了近 400 次巴黎天文台的水星中天时刻。美国天文学家纽康的计算值是 43”。37/百年, 他是根据发生在 1861~1894 的 33 年间的 6 次水星凌日计算的。如何对待这两个不同的数据呢? 不同的观念的对待方法不同: 静态观念认为两者只能有一个是正确的, 由于纽康值符合广义相对论的计算值, 于是都认为 43”/百年是正确的, 而勒威耶的计算有误。其实勒威耶的计算是可靠的, 他依据 15 次水星凌日和近 400 次水星中天的观测资料, 这些天文事实, 是可靠的, 他的计算也不会出错, 因为海王星就是他“计算”出来的。那么, 纽康值错了吗? 他仅 6 次水星凌日来计算, 可靠吗? 可靠! 这两个不同的数字并不矛盾? 它说明在 1677~1848 的 171 年间水星近日点进动是 38 角秒/百年, 在 1861~1894 的 33 年间是 43”。37/百年。这说水星轨道是在不断演化的过程中。如恩克彗星的轨道也是在不断演化的过程中: 发现于 1786 年的恩克彗星, 柏林天文台台长恩克, 用了毕生精力, 不厌其烦地消除了摄动影响, 计算了它的轨道能量变化, 结果发现该彗星的公转周期在不断缩短, 轨道能量在不断减小: 每公转一周, 周期要缩短 3 小时。恩克死后, 后人继续他的研究, 发现周期缩短值并非固定不变的, 而是在不断减小: 由 3 小时变为 2 小时、再变为 1 小时。(《科学技术百科全书》6 天文学 北京科学出版社 1981 77)。在不同的年代恩克彗星的轨道处在不同的状态。地球轨道也是在不断演化的过程中: 在火星上有 3 个和飞机上所使用的非常相似的无线电应答器。这些应答器分别装载

在"海盗"1号着陆器、"海盗"2号着陆器以及"火星探路者"探测器上。由此美国宇航局深空探测网可以测量着陆器和地球之间的距离。在分析了大量的观测数据之后,天文学家发现天文单位正在以每世纪7米的速度增长。这说明在不同的年代地球的轨道处在不同的状态。广义相对论是对称理论,它认为天体轨道是固定不变的,每百年43角秒就只能是每百年43角秒,就不能是每百年38角秒。

天王星近日点进动的实测值却比广义相对论的计算值大1565倍,近日点进动就是椭圆长轴绕焦点(太阳)转动,于是椭圆上的每一个点都在进动,自1781到1845的64年间,天王星的位置偏离了理论位置120角秒/64年,(文献都记载的是天王星偏离理论位置2角分),有人认为这一定是一个未知行星的摄动力使得天王星的运行产生了进动。于是勒威耶就以这120角秒为依据来计算未知行星的位置和质量等等。1846年,果然在勒威耶计算的位置偏离52角分的地方发现了一个新的行星,这就是太阳系的第八大行星即海王星。但是它的质量只有勒威耶计算值的一半多一点(即实际质量只有0.62计算质量)。天文学家们按海王星的实际质量和位置代入摄动方程,求出海王星对天王星的摄动力只能使天王星在1781到1845的64年间获得118角秒的进动,还有2角秒的进动找不到力学原因^[4],可称之为反常进动(或简称为进动): $2\text{角秒}/64(\text{年})=0.0313\text{角秒}/\text{年}=3.13\text{角秒}/\text{百年}$ 。按广义相对论的进动公式 $\omega=24\pi^3 a^2/c^2 T^2(1-e^2)$ (1),其中 a 是轨道长半轴, T 是公转周期, e 是轨道偏心率, ω 是天体每转一周的进动的弧度值,还应化为角秒。这样可以计算出:天王星近日点进动值是:0".002/百年。天王星近日点进动的实测值3.13角秒/百年比广义相对论的计算值0".002/百年大1565倍。



在爱因斯坦考虑太阳引力场时,曾把太阳的引力场看成一个球对称的引力场,但这只是一个近似,由于太阳25天自转一周,使其引力场并非完全成球对称分布,这种影响的结果相当于一个扁球场所产生的引力场,我们把这种效应称为自转引起的日扁率。1966年,美国的迪克和格尔顿伯格观测的日扁率是 $5.0 \pm 0.7 \times 10^{-6}$,根据这个结果预计,在水星43"的进动效应中,将有8%即3"的贡献来自于日扁率效率,这也就是说,若将日扁率的实际观测计算在内,由广义相对论所计算出来的结果就会和实际观测结果有3弧秒的偏离,如再考虑介质阻尼,岁差常数误差等的影响,其误差可能达到5角秒/百年左右。

水星进动是受弱相互作用的结果。在太阳系内,类地行星绕日运动的轨道半径变化均很小,轨道具有近圆性,加速度变化幅度较小,轨道上引力场场强基本不变化。加之类地行星体积较小,密度较大,所以,多数类地行星受弱相互作用的影响极弱,基本可以忽略不计。事实上,现有的天体力学结论正是在 $\gamma_0=0, K=1, F=0$ 的基础上推得的。但是,类地行星中,水星的运动轨道最扁,离心率 e 最大,距日最近,又处在太阳的稀薄大气层内运动,引力场场强,最容易受到弱相互作用的明显影响,尤其在近日点附近运动时更是如此。由于太阳引力场场强会随太阳活动而变化,所以水星受到的弱相互作用也会随水星运动及太阳活动的变化而变化。这种变化着的、较大的弱相互作用削弱了太阳引力,使得水星公转周期变化,轨道半径伸缩。而轨道半径和绕日周期的变化,就可形成水星的进动。

6、太阳角动量的逃逸问题

在对太阳系角动量问题的研究中,人们发现:质量占太阳系质量99.865%的太阳,其角动量只占太阳系总角动量的0.6%以下,而只占太阳系总质量的0.135%的行星、小行星、卫星等,它们的角动量却占了太阳系总角动量的99.4%以上,这称为“太阳系的角动量分布异常”。1755年,德国哲学家康德(Immanuel Kant)

首先提出了太阳系起源的星云假说。他认为，太阳系是由原始星云按照万有引力定律演化而成。在这个原始星云中，大小不等的固体微粒在万有引力的作用下相互接近，大微粒吸引小微粒形成较大的团块，团块又陆续把周围的微粒吸引过来，这样，团块越来越大，而“天体在吸引最强的地方开始形成”。引力最强的中心部分吸引的物质最多，先形成太阳。外面的微粒在太阳吸引下向其下落时，与其它微粒碰撞而改变方向，变成绕太阳作圆周运动；运动中的微粒又逐渐形成引力中心，最后凝聚成朝同一方向转动的行星。

41年后，法国著名的数学家和天文学家拉普拉斯（Pierre Simon Laplace）也独立提出了关于太阳系起源的星云假说。与康德的星云说不同之处在于，他认为太阳系是由炽热气体圆盘组的星云形成的。圆盘一旦形成，气体由于冷却马上收缩起来，因此自转加快，离心力也随之增大，于是星云变得十分扁平。在星云外缘，离心力超过引力的时候圆盘便定时地遗弃一些小型的环圈或蒸汽环带，这些形成物由于停止收缩也就脱离了主圆盘。每个独立的环圈通过自身形成一只小型的旋涡而聚合成为一颗行星；而这种气旋的旋转会再产生更小的气体环圈，由此又形成行星的卫星。圆盘的中心部分形成太阳。拉普拉斯举出土星环作为“土星大气原始范围及其不断凝缩过程的现存证据”。

这一解释是符合太阳系的主要特征的。例如：（1）行星运行轨道都接近圆形（近圆性）。（2）行星运行轨道几乎位于同一轨道平面上（共面性），只有水星和冥王星的轨道有较大倾斜。（3）行星公转方向和太阳自转方向都是逆时针的。（4）除金星外行星自转方向和太阳自转方向也是逆时针的。

但星云假说有一个困难，这就是它无法说明太阳系的一个极为重要的特征，即行星和太阳之间的角动量分布极不均匀这一现象。太阳的质量虽然远远超过其体系的其余部分质量的总和，太阳占全系总质量的99.8%，然太阳的角动量居然只有全体系的2%。这一情况的物理含义是，太阳旋转极慢，但拥有全体系98%的角动量而体积却不大的诸行星，竟然在距离中心甚远的地方高速转动着。根据康德-拉普拉斯理论并结合自康德-拉普拉斯之后所获得的补充知识来计算一下太阳的自转周期，就能验证康德-拉普拉斯假说是否正确。天文学家不仅能估计气体云在收缩之前的体积，还可测出所观测星云中气体的自转速度。根据这个估计的体积，自转的观测速度和角动量守恒定律，康德-拉普拉斯理论计算出的太阳的自转周期应在1/2天左右，而实际的观测周期却是26天。理论与观测之间相差竟如此悬殊，是令人无法接受的。因此，太阳角动量一定有人们至今没有探测到的逃逸方式。

笔者认为太阳角动量的逃逸的原因是由于弱相互作用的结果。

7、太阳系主要特征演化成因

外太阳系以及更大的星系范围内表面上看引力也破坏了平方反比定律，现在观测到的恒星和星系的运动速度远比用邻近的全部物质施与的引力所能解释的快得多。任何天体都存在“反引力”。我们从天文观察可以看到：地球会喷发火山；恒星会喷发物质；星系核会喷射大量的物质，甚至喷出一个小星系的物质；超星系团的星系会从中心向边缘运动，最后演化为空心的大气泡。我们将比较熟悉的六大行星的有关物理量作了一些分析、比较，列表如下（有关数据取自【1】）

物理量	水星	金星	地球	火星	木星	土星
轨道运动平均速度 v	1.6076	1.176	1	0.81	0.4384	0.3236
质量 m	0.0558	0.8150	1	0.1074	317.893	95.147
自旋周期 t	58.81	243.675	1	1.03	0.41	0.43
磁矩 p	上限 5×10^{-5}	上限 5×10^{-5}	1	0.004	19000	550
$\left(\frac{mv^2}{t}\right)^2$	6×10^{-6}	2×10^{-5}	1	0.0047	22206.31	536.89

从表中可知：
$$p \approx \left(\frac{mv^2}{t}\right)^2$$

附表：太阳系九大行星轨道半长径、公转恒星周期及各自的万有引力系数参照表

(本表前两项参数由北京天文台怀柔太阳观测基地提供)

行星	水星	金星	地球	火星	木星	土星	天王星	海王星	冥王星
轨道半长径 R(米)	57.9 × 10 ⁹	108.2 × 10 ⁹	149.6 × 10 ⁹	227.9 × 10 ⁹	778.3 × 10 ⁹	1427.0 × 10 ⁹	2882.3 × 10 ⁹	4523.9 × 10 ⁹	5917.1 × 10 ⁹
公转恒星周期 T(秒)	87.70 × 86400	224.70 × 86400	365.26 × 86400	686.98 × 86400	4332.71 × 86400	10759.5 × 86400	30685 × 86400	60190 × 86400	90800 × 86400
$K=R^3/T^2$	338 × 10 ¹⁶	336 × 10 ¹⁶	336 × 10 ¹⁶	335 × 10 ¹⁶	336 × 10 ¹⁶	336 × 10 ¹⁶	340 × 10 ¹⁶	342 × 10 ¹⁶	336 × 10 ¹⁶
$G=\frac{4\pi^2 k}{M_{\text{太}}}$	6.663 × 10 ⁻¹¹	6.659 × 10 ⁻¹¹	6.659 × 10 ⁻¹¹	6.639 × 10 ⁻¹¹	6.659 × 10 ⁻¹¹	6.659 × 10 ⁻¹¹	6.738 × 10 ⁻¹¹	6.778 × 10 ⁻¹¹	6.659 × 10 ⁻¹¹

太阳质量 $M_{\text{S}}=1.99 \times 10^{30} \text{kg}$, 地球质量 $M_{\text{E}}=5.98 \times 10^{24} \text{kg}$, 引力常数 $G_0=6.6720 \times 10^{-11} \text{m}^3 \cdot \text{S}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1}$

例一：对于离地球 36000 公里的地球同步卫星，其万有引力系数为： $G = \frac{4\pi^2}{M_{\text{地}}} \cdot \frac{R^3}{T^2}$

$$= \frac{4 \times 3.14^2}{5.98 \times 10^{24}} \cdot \frac{[(36000+6370) \times 10^3]^3}{(1 \times 24 \times 60 \times 60)^2} = 6.7199464 \times 10^{-11} \text{m}^3 \cdot \text{S}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1}$$

例二：1970 年 4 月 26 日中国第一颗人造地球卫星重量 173 公斤，卫星运动轨道距地球最近点 439 公里，最远点 2384 公里，轨道平面和地球赤道平面夹角 68.5°，绕地球一周 114 分钟。其万有引力系数为： $G = \frac{4\pi^2}{M_{\text{地}}} \cdot \frac{R^3}{T^2} = \frac{4 \times 3.14^2}{5.98 \times 10^{24}} \cdot \frac{\{[(439+2384)/2+6370] \times 10^3\}^3}{(114 \times 60)^2} = 6.6419527 \times 10^{-11} \text{m}^3 \cdot \text{S}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1}$

例三：1971 年 3 月 3 日发射成功的中国科学实验人造地球卫星，卫星重量 221 公斤，近地点 266 公里，远地点 1826 公里，绕地一周 106 分钟。其万有引力系数为：

$$G = \frac{4\pi^2}{M_{\text{地}}} \cdot \frac{R^3}{T^2} = \frac{4 \times 3.14^2}{5.98 \times 10^{24}} \cdot \frac{\{[(266+1826)/2+6370] \times 10^3\}^3}{(106 \times 60)^2} = 6.6498674 \times 10^{-11} \text{m}^3 \cdot \text{S}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1}$$

计算结果表明：随着人造地球卫星轨道的降低，人造地球卫星与地球相互作用的万有引力系数的实际值一般都略小于正常的理论值。一般而言，人造地球卫星离地球表面越近，万有引力系数越小，越偏离正常值，因此在对人造地球卫星与地球之间的引力（确切地说应该是向心力）进行计算时，就必然会造成按牛顿万有引力理论算出的理论值大于实际值。

参考文献

【1】. 萨根，新太阳系，张钰哲译，上海科学技术出版社。

8、行星自转速度的现状

(A) 地球自转长期减慢成因，目前的理论认为是潮汐作用。但是潮汐理论又很难解释：在类地行星中，地球自转又是最快的。(B) 内六大行星的自转速度（行星日长），六大行星（水星，金星，地球，火星，木星和土星）自转现状看，自转速度与轨道半径没什么关系。由于它们的密度不一样，自转速度没有比较的标准。将行星的密度转换成统一值，计算行星的自转速度及行星日长（详见表 1）。

表 1 行星的自转速度及行星日长

从表 1 得六大行星的日长在考虑密度因素后有：离太阳近的行星，行星的日长就长，相对自转速度就慢；离太阳远的行星，相对自转速度就快。

9、月亮远离地球现象

近年来，世界各国的一些科学家和科技工作者经过深入观测研究，发现月球正逐渐离我们远去，并且将越来越暗。

美国和法国的科学家利用 1969 年美国宇航员登月时放置在月球上的镜子进行测量的结果表明，28 年来地球与月球的距离增加了一米多，美法两国科学家是利用精确的时间测量法来测量月地之间距离变化的，这种方法使激光脉冲投射到镜面上然后又反射回地面上的探测器，一个来回约为 2.5 秒钟，不断测量来回所用

时间的变化,就可得知月地距离的变化。多次测量表明,地球与月球之间的距离由于地球表面上潮汐的磨擦作用每年增加将近 4 厘米。

行星	水星	金星	地球	火星	木星	土星
轨道半径(A)	0.39	0.72	1.0	1.52	5.2	9.54
密度(g/cm ³)	5.4	5.3	5.5	3.9	1.3	0.7
自转周期	58.8d	243d	23.93h	24.92h	9.92h	10.6h
($\rho = \rho$)自转周期	58.44d	235.17d	23.93h	19.6h	3.87h	2.66h
公转周期	88d	224.7d	365.26d	687d	11.96yr	29.46yr
行星日长	175.85d	116.74d	23.99h	24.657h	9.921h	10.68h
($\rho = \rho$)行星日长	173.98d	112.82d	23.995h	19.735h	3.843h	2.7h

科学家认为,在月球引力的作用下地球产生潮汐,这种潮汐运动中的一部分能量就分散到地球的海洋里,由于这种能量的失去——月球系统的运动就受到影响,这就是月球逐渐远离地球的原因。

美国两位地理学家通过对鹦鹉螺化石的研究,也发现月球确实正在远离地球。这两个科学家观察了现存的几种鹦鹉螺化石的研究,发现其贝壳上的波状螺纹具有树木年轮一样性能,螺纹分许多隔,虽宽窄不同,但每隔上细小波状生长线在 30 条左右,与现代农历一个月的天数完全相同。观察发现,鹦鹉螺的波状生长线每天长一条,每月长一隔。这种特殊生长现象使两位科学家得到极大启发,他们又观察了古鹦鹉螺化石,惊奇地发现,古鹦鹉螺的每隔生长线数随着化石年代的上溯而逐渐减少。而相同地质年代的螺壳生长线却是固定不变的。研究显示,现代鹦鹉螺的贝壳上,生长线是 30 条,新生代渐新世的螺壳上,生长线是 26 条,中生代白垩纪是 22 条,侏罗纪是 18 条,古生代石炭纪是 15 条,奥陶纪是 9 条,由此推断,在距今 4.2 亿年前的古生代奥陶纪时,月亮绕地球一周只有 9 天。两位地理学家又根据万有引力定律等物理学原理,计算了那时月亮和地球之间的距离,得到结果是,在 4 亿多年前,月球与地球之间的距离仅为现在的 43%。

科学家们还对近 3000 年来有记录的蚀月蚀现象进行了计算研究,结果与上述推理完全吻合,证明月亮正在逐渐远去。

10、卡西米尔效应(Casimir effect)

在 1948 年,荷兰物理学家亨德里克·卡西米尔(Hendrik Casimir, 1909-2000)提出一项检测这种能量存在的方案。从理论上解释,真空能量以粒子形态出现,并不断以微小的规模形成与消失。在正常情况中。真空中充满着几乎各种波长粒子,但卡西米尔指出,假如使两个不带电的金属薄盘紧紧靠在一起,较长的波长就被排除出去。接着,金属盘外的其他波就会产生一种往往使其相互聚拢的力,金属盘越靠近,两者之间吸引力就越强,这种现象就是所谓的卡西米尔效应。1996 年,物理学家首次对它进行测定,实际测量结果和理论计算结果十分吻合卡西米尔效应(Casimir effect)就是在真空中两片平行的平坦金属板之间的吸引压力。这种压力是由平板之间空间中的虚粒子(virtual particle)的数目比正常数目减小造成的。这一理论的特别之处是,“卡西米尔力”通常情况下只会导致物体间的“相互吸引”,而并非“相互排斥”。

笔者认为:根据万有引力与弱相互作用是互为反作用力的观点,当距离缩小到一定程度,这种效应就不存在了。

带电体静电能相互作用能与自能的有关理论也可以推广至引力场,可以进一步探讨自能与引力能之间的关系。例如一个半径为 R 、引力质量为 m 的均匀球体引力自能为 $W_{\text{自}} = 3Gm^2/5R$, 令 $W_{\text{自}} = mc^2$, 得 $m/R = 5c^2/3G, R = 3Gm/5c^2$, 根据此可得电子的半径约为 $4.04646 \times 10^{-60} \text{m}$, 而电子的经典半径约为 $2.8 \times 10^{-15} \text{m}$, 说明电子并未达到最大密度或者说存在与万有引力相反的作用力, 因为宇宙中物体的最大密度 $\rho = m/V = 3m/(4\pi R^3) = 125c^6/(36\pi G^3 m^2)$, 所以随着引力质量的增加, 密度将逐渐减小, 与经典观念差异很大, 因此物体之间应存在反引力, 它就是 Einstein 所提到的宇宙常数。

11、太阳光谱线“红移”理论推导错误

爱因斯坦在世时,人们称有 3 大实验支持广义相对论:太阳光谱线“红移”、恒星光线的偏折和水星

的“附加进动”。但实际上，太阳光谱线“红移”的观测值并不支持相对论，恒星光线的偏折的观测值与相对论的理论值相差 25%。故只能说 3 大实验中只有一个半支持相对论。

太阳光谱线“红移”的实际观测结果为 $\Delta v/v_0 = -2.12 \times 10^{-6}$

相对论指出，在强引力中时钟要走得慢些，因此从巨大质量的星体表面发射到地球上的光的谱线，会向光谱的红端移动，在众多相对论文献中称，光线在太阳表面和到达地球时，其频率变化理论值为 $\Delta v/v_0 = -GM/Rc^2 = -2.12 \times 10^{-6}$ (1)

虽然不能用实验直接证明相对论关于在引力场中时钟运转快慢的正确与否，这不仅是因为太阳温度太高无法测量太阳上某原子能级跃迁的光波频率，更主要是因为引力场影响光的频率的同时也影响测量频率的仪器，使得在同一坐标系中不同地点的引力势不同虽然会导致各处的频率不同，但直接测量的结果却是处处频率相同。

1919 年 5 月,两组科学观测队分别进行第一次实际观测到, 恒星光线擦过太阳边缘到达地球的“总偏角”为 $1.98'' \pm 0.30$ 和 $1.61'' \pm 0.12$ ”。在各次日蚀中,至今已对 400 多颗恒星作了这种测量,观测数据的范围是从 $1.57''$ 到 $2.37''$, 平均值是 $2.2''$ 【1】。平均值 $2.2''$ 比相对论的理论值 $1.75''$ 大 25%, 如此大的误差在科学中是不允许的。

但是相对论推导 (1) 式的过程犯有严重错误: 爱因斯坦在《相对论的意义》一书第五版中, 是用度规的时间分量(钟慢效应)得到 (1) 式的, 度规的空间分量(尺缩效应)对光波频率的影响并没有被考虑, 而光子的速度并不满足 $v \ll c$ 的条件, 为什么忽略尺缩效应, 爱因斯坦没有作解释。但是, 他在推导恒星光线偏折的过程中, 却同时考虑了“钟慢效应”和“尺缩效应”, 这说明爱因斯坦在处理类似的物理问题时使用了“双重标准”, 这在科学中是禁止的!

也许是为了“解决”以上矛盾, 以温伯格为代表的科学家们多用等效原理来推导 (1) 式, 推导中以光波传播在引力场中频率不变化为前提条件(这当然是错误的,因其违反能量转化与守恒定律), 而更为明显的错误是, 温伯格在推导过程中采用了双重的时间标准: 在光子的发射和接收的量子跃迁过程中用的是固有时 τ 决定的频率; 在光的传播过程中用的是世界时 t 决定的频率。在发射——传播——接收的整个过程中更改了频率的定义, 这在逻辑上是错误的! 更违反了广义相对论中与坐标选取无关的可观察量必须由固有时 τ 构成的原则。(1) 式显然不是严格的相对论的预言。【2】

如果按相对论的严格解法得出的结论是对的, 这意味着有 3 大物理定律需要同时修改: 一是普朗克量子关系式 $E=hv$, 二是质能关系 $E=mc^2$, 三是功能关系式 $\Delta E=W=\int Fdr$ (其本质是能量转化与守恒定律), 而这种修改是不可能的。

参考文献

【1】胡宁。广义相对论和引力场理论。科学出版社,2000.45。

【2】陈绍光。谁引爆了宇宙。2004.136-139。

12、地球光谱线“蓝移”理论推导错误

1959 年, 在哈佛大学, 庞德等人首次在地面上直接验证了引力频移。利用 ^{57}Fe 在塔顶发射 γ 射线, 在塔底接收。塔高 H 为 22.6m 。实际观测发现光频率变大, 为 $\Delta v/v_0 = 2.46 \times 10^{-15}$ 。

庞德称光谱线“蓝移”的相对论理论值为 $\Delta v/v_0 = gH/c^2 = 2.46 \times 10^{-15}$ (1)

从而理论与实际观测结果一致。但庞德在实验报告中使用了一个错误的洛伦兹吸收线形状公式: $C=(\Gamma/2)^2/[(\Delta v)^2+(\Gamma/2)^2]$, 正确的公式是: $C=\Gamma^2/[(\Delta v)^2+\Gamma^2]$

若改用正确的公式, 相对论的理论值为 $\Delta v/v_0 = 2gH/c^2 = 5.92 \times 10^{-15}$ 【1】, 这与实际观测结果不一致。

1965 年诺贝尔物理学获得者费曼在其所著的《费曼讲物理-相对论》中, 用了三种方法推导 (1) 式, 其中第一种方法用的是广义相对论中的等效原理进行推导。推导过程中出现两个明显错误【2】:

第一、认为在加速向上飞行的飞船中, 由于飞船加速导致第二次闪光的速度增大, 从而第二次闪光从 A 到达 B 的时间, 比第一次闪光从 A 到达 B 的时间要短一些。这明显违反了光速不变原理。

第二、书中写明“ v 是发射源与接收器之间的相对速度”, “发射源与接收器在任意瞬间都以相等的速度运动”, 这表明 $v=0$, 从而 $\omega=\omega_0$ (表明时钟运转的快慢与其所处的引力场强弱无关), 但书中又自相矛盾地认为相对速度为 $v=gH/c$ (这是飞船速度的增量), 从而得到 $\omega=\omega_0 [1+(v/c)]/[1-(v/c)]^{1/2} \approx gH/c^2$ 的正确结论。

费曼书中的第二、第三种推导方法是正确的，但用的是能量守恒定律、普朗克量子关系式 $E=h\omega$ ，以及质能关系式 $E=mc^2$ ，与广义相对论无关。

参考文献

【1】陈绍光。谁引爆了宇宙。2004.156。

【2】费曼。费曼讲物理-相对论。周国荣译。湖南科学技术出版社，2004.141-147。

13、最新关于天文学报到的难以解释的几个天文现象

(一) 土星光环问题

据俄罗斯媒体报道，土星光环最早由伽利略在 1610 年发现。而土星最细的 F 环直到 1979 年才被天文学家们观测到。美国的“航海者-1”号探测器于 1980 年拍摄到了首批有关 F 环的详细照片。科学家们通过这些照片发现，F 环的结构极不均匀——有些部位凝结到了一起，有些部位又非常纤细，而还有一些部位则显得极不平整。现在，“卡西尼”号探测器又传回了有关土星 F 环细节的最新照片。最近，一个由法国巴黎大学 Sebastien Charnoz 教授领导的研究小组在对现存的有关 F 环的整体和局部照片进行研究后得出了一个令人吃惊的结论。今年 11 月 25 日出版的《科学》杂志刊登了他们对土星 F 环的最新研究论文。Sebastien Charnoz 等人认为，F 环有着非常特殊的螺旋形结构，其边缘部分——最初曾被认为是许多互不相连的片段——事实上也构成了一个包含有三条细环的完整螺旋形结构。科学家们还指出，这一螺旋形结构的参数目前仍在快速变化之中。例如，通过比较“卡西尼”号从 2004 年 11 月至 2005 年 5 月传回的数据，专家们发现构成该螺旋结构的三条细环的间距正在变小。种种证据表明，这一密闭螺旋体的各边缘地带将会逐渐相交并最终演化为一环结构更为均匀的新光环。除此之外，有部分科学家认为，土星的两颗卫星——“普罗米休斯”和“潘多拉”——会起到 F 环保护者的作用：可防止 F 环中的物质飞散到周围的空间中。但 Sebastien Charnoz 教授等人却认为，这两颗卫星距离 F 环过近，用不了多久，它们就将成为 F 环的破坏者。他们还猜测，F 环可能曾遭到过某一不明天体的撞击：可能正是这次撞击造就了不久前新发现的一颗土星卫星——S/2004 S6。毫无疑问，Sebastien Charnoz 等人发表的论文必将在天文学界引发激烈的讨论，同时还会促进科学家们对土星 F 环进行更为深入的研究。

(二) 天文学家发现巨无霸恒星 亮度是太阳 320 倍

(2010-07-23 08:33 出处：腾讯网作者：叶孤城)

[导读]日前，天文学家最新研究发现迄今宇宙中最重的恒星，这颗被命名为“R136a1”的恒星质量是太阳 320 倍。

据美国太空网站报道，日前，天文学家最新研究发现迄今宇宙中最重的恒星，这颗被命名为“R136a1”的恒星质量是太阳 320 倍，是之前观测到最重恒星质量的两倍。同时，这颗巨无霸恒星的亮度是太阳的 1000 万倍，目前受强烈的宇宙风侵蚀，其质量逐渐减少。



天文学家最新研究发现迄今宇宙中最重的恒星，这颗被命名为“R136a1”的恒星质量是太阳 320 倍

这颗巨无霸级恒星的发现可帮助天文学家更好地理解超大质量恒星的特性，以及揭开它们诞生之前为什么会具有超级质量。英国设菲尔德大学天体物理学教授保罗·克劳瑟(Paul Crowther)领导这支欧洲研究小组，他们发现 R136a1 恒星位于两个年轻恒星簇之间，这两个恒星簇分别是 NGC 3603 和 RMC 136a。研究小组使用欧洲南方天文台甚大望远镜和哈勃望远镜的观测数据进行了深入研究。

R136a1 恒星诞生时质量是太阳的 320 倍，亮度是太阳的 10000 万倍

NGC 3603 恒星簇距离太阳 22000 光年，它被天文学家称为“恒星诞生工厂”，大量的恒星形成于扩展的气体和灰尘云。RMC 136a 恒星簇是一个年轻的恒星簇，其内部有大量的年轻超大质量炽热恒星，位于狼蛛

星云之中，狼蛛星云位于大麦哲伦星系，这个星系距离地球 165000 光年。包括 R136a1 恒星在内，天文学家此次发现几颗温度超过 39700 摄氏度的恒星，它们的温度至少是太阳的 7 倍。同时，这些恒星的质量是太阳的数十倍，亮度是太阳的数百万倍。研究人员通过计算机模型对比这些观测数据，他们研究发现这些恒星在诞生之初质量是太阳的 150 多倍。事实上，R136a1 恒星位于 R136 恒星簇，它是迄今发现最大质量的恒星。当前它的质量是太阳的 265 倍，估计在诞生时其质量是太阳的 320 倍。同时，R136 恒星也是迄今发现最明亮的恒星，它的亮度是太阳的 1000 万倍。

超大、肥胖的婴儿恒星

研究人员称，从这些恒星诞生之后，这些超大质量恒星的质量便逐渐溢出，比如遭受强烈宇宙风侵蚀，最终减少这些恒星的质量。克劳瑟说：“不像人类，这些恒星诞生时质量非常大，但随着时间的推移，它们的质量越来越少。这颗寿命大约 100 万年步入‘中年’的恒星，其质量已损耗了五分之一，这些损耗质量相当于太阳的 50 倍。”

如果将 R136a1 恒星存在于太阳系，那么这颗恒星释放的强烈放射线将更有效地对地球进行杀菌。英国基尔大学的拉斐尔-赫希(Raphael Hirschi)是该研究小组成员之一，他说：“这颗恒星位于太阳系，地球公转的时间将缩短至 3 周，同时地球将遭受非常强烈的紫外线辐射，使地球上很难生存生命。”

发现更多超大质量恒星

在 NGC 3603 恒星簇，天文学家能够直接观测到两颗超大质量双子恒星，该双子星的每颗恒星诞生之初质量是太阳的 150 多倍。

超大质量恒星非常罕见，仅形成于浓密和恒星簇。研究人员通过高分辨率的甚大望远镜的红外仪器进行了观测。在这项研究中，研究人员评估了两个恒星簇中质量最大的恒星，以及超大质量恒星的数目。

德国波茨坦市天体物理学协会的奥利维-施努尔(Olivier Schnurr)是研究小组成员之一，他说：“其中质量最小的恒星都是木星质量的 80 倍，我们的这项最新研究证实超大质量恒星的上限是之前的两倍，大约是太阳质量的 320 倍。”

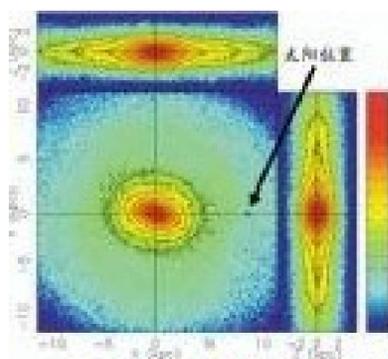
神秘的“巨无霸恒星”

目前，天文学家仍致力于研究这些超大质量恒星的形成，由于它们较短的生命和遭受强烈的侵蚀，使得对于它们的形成过程研究变得非常复杂。克劳瑟说：“它们可能是诞生之初就质量非常大，或者之后较小的恒星进行了合并。”

质量是太阳 8-150 倍的恒星，将以超新星爆炸形式结束其短暂的生命，其残留物质以中子星或者黑洞形式存在。当它们以超新星爆炸结束生命时，不太可能残留太多的物质。

克劳瑟说：“R136a1 恒星将保留多个超大质量恒星的纪录头衔，它是迄今发现质量最大和亮度最高的恒星，估计在短时间内我们很难再发现超越它的‘巨无霸恒星’。”

(三) 银河系核球最新成果挑战现有星系形成理论



根据最新模型，银河系核球的长度应该是约 2.5 万光年左右，与太阳—银心方向成约 20 度角。

本报讯 中国科学院上海天文台研究员沈俊太在银河系及其核球结构的研究工作上取得了新的进展。这项与美国加州大学洛杉矶分校及得克萨斯大学奥斯汀分校的天文学家合作的研究结果，以通讯快报的形式发表在最新出版的国际学术期刊《天体物理杂志》(ApJL)上。

银河系是一个巨大的旋涡星系，通常认为它是由星系盘、中心核球以及暗物质晕组成。现有的星系形成理论一般认为旋涡星系中心的核球是在星系碰撞与并和过程中形成的。沈俊太利用最新银河系核球视向速度巡天计划(Bulge Radial Velocity Assay, BRAVA)的观测结果，结合高精度多体模拟来研究银河系的动力学结构，证实了银河系的盒状核球其实是侧面看到的银河系的棒。并且发现我们所在的银河系几乎是由一个纯星系盘演化而来，并不包含一个显著的由星系并和形成的经典核球。这一结果与目前宇宙学模拟预言的结果相悖。

目前的星系形成理论认为，像银河系这样大质量的棒旋星系的形成，必须经过若干次星系并和的过程，而星系并和不可避免地在星系中心形成显著的经典核球。而本研究结果表明银河系是一个大质量的纯星系盘，所以现有的宇宙学模型必须在星系尺度上有大的改进，即必须解决如何形成众多类似银河系的大质量纯星系盘(giant pure-disk galaxies)。这是目前研究星系形成和演化的一个尚未解决的重要难题。

这项研究结果在2010年哈佛大学举行的Sackler银河系研究会议上被著名天体物理专家Simon White教授重点讲述，已引起国际同行的关注。(黄辛)

14、彗尾成因论

段灿光

彗星是宇宙中的奇观，它的壮丽给人类留下了深刻印象，作为太阳系的成员之一，人们对它的了解比行星少得多，但它是我们解开引力之谜的一把钥匙。美国天文学家柯依伯认为海王星外存在彗星带，现在知道是一个小行星带，另一个小行星带存在于木星和火星间，这二者都是彗星的发源地。彗星是太阳系中最不为人知的天体，自身温度极低，并处在低温的宇宙空间。天文学家认为太阳系诞生46亿年来，彗星几乎始终保持着形成初期的状况，甚至地球生命的一些原始分子，据认为都来自彗星。

美国宇航局今年1月12日(北京时间1月13日2时47分)，发射的“深度撞击”号探测器就是专门用来探测彗星的，它的目标是“坦普尔一号”彗星的彗核。“深度撞击”项目从2000年初开始实施，主要参与机构是美国航空航天局喷气推进实验室、美国马里兰大学和鲍尔航天技术公司。探测器重650千克，大小和一辆中型面包车差不多，由轨道器和撞击舱组成。轨道器用无线电与地球和撞击舱保持联络。撞击舱重约370千克，有茶几大，主要由铜和铝制成，是一个边长约99厘米的立方体，地面控制中心的工作人员将引导这个探测器飞行约22小时并逐渐接近彗星。7月4日，它将以约3.6万公里的时速撞入彗星体内，而“深度撞击”号探测器将在距彗星约496公里处飞过，这时，飞船上携带的高清晰度照相机会拍下彗星内部的结构，各种科学仪器还会研究被撞飞的彗核碎片等物质。同时，“哈勃”和“钱德拉”等太空望远镜也跟踪整个撞击过程。美国马里兰大学的天文学家赫恩教授认为，撞击可能有5种结果：一是按预定推算，在彗核上形成一个足球场大小的“弹坑”；二是如果彗核是由固态的冰物质构成，撞击后会形成一个普通房间大小的“弹坑”；三是若彗核由一些与泡沫岩类似的坚硬岩石组成，则碰撞只能把彗核物质进一步挤压紧密。四是假如彗核是由高密度的粉末状物质组成，撞击舱有可能会“穿星而过”；五是彗星在撞击后被冲碎瓦解。

宇宙中一切天体，包括恒星系与银河系，都是按照空间重力场要求从内到外，从重到轻排列的。用整体性认识来看行星序列，我们会发现一个有趣的规律：各行星按空间密度有序排列，前后相差都在0.5左右。理论值为：水星5.4(稀薄大气计入)、金星4.9(大气计入)、地球4.4(大气圈计算为1000公里厚)、火星3.9(稀薄大气计入)、谷神星3.15(谷神星是类地固体岩石类行星和类木液体冰雪类行星间的小行星的代表，为冰石混合体，是固体向液体的过渡。二类行星，每一类总密度差为1.5，两类之间也是1.5，所以谷神星居中)、木星2.4、土星1.9(木、土的测算都过轻了)、天王星1.4、海王星0.9(旧值天王星接近，海王星过重)。以冥王星为代表的柯伊伯带小行星由氢冰或氨冰构成，没有岩体结构，密度为0.4。这一规律大可推广于银河系，小则适用于各行星。

彗星是太阳系内绕日运动的小质量天体，运动轨道跟大行星和小行星明显不一样。离心率大、轨道扁是其最重要的特点。彗星的近日距和远日距相差十分悬殊，在太阳引力作用下加速度变化幅度很大。一颗彗星，尤其是轨道离心率大于0.9的掠日彗星，在绕日运动过程中可观测到，当彗星加速靠近太阳、彗日距离小于某一值时，彗尾由无到有，由短逐渐变长，愈近太阳彗尾愈长。彗星过近日点彗尾最长。过近日点后，彗星逐渐远离太阳，形态变化和接近时的情形基本相反，即彗尾逐渐缩短，最后消失。彗星周期性地绕日公转，引起彗星形态、彗尾长短的同步变化。且彗星轨道愈扁、近日距愈小，彗尾长短变化愈明显。

由于彗尾形成和尾长变化无法用古典力学解释，于是许多研究者认为，彗尾是受由太阳吹出来的大气

——太阳风作用产生的，这就是至今仍流行的太阳风学说。根据这一理论推算，I型彗尾太阳风斥力超过太阳引力约18~100倍，II型彗尾斥力是引力的0.5~2.2倍，III型尾为0.1~0.3倍。虽然太阳风学说可以说明彗尾的形成，但无法解释逆彗尾的存在，更无法解释气体分子离开彗核的速度、在彗头附近外部比彗尾内部快的现象。另一方面，如果彗尾真是由太阳风吹出来的，对于近日距小于0.5个天文单位的彗星，尤其是掠日彗星，很难想象这类庞大而又极轻的天体，竟然没被太阳风吹得远离太阳，反而稳定地处在由太阳引力决定的轨道上运动。更何况在近日点附近，掠日彗星有很长一段路径通过太阳大气、就象跟太阳并肩而行一样。如果有强大的太阳风斥力存在，两者能如此靠近吗？总之，太阳风学说只能阐述部分彗尾现象，说明不了全部观测事实。显然这一学说只包含了部分合理成分，但不是成熟理论，更非科学真理。它与观测事实的矛盾说明，这一学说必须修改或放弃。本文就是在彻底抛弃这一学说、假设行星际空间没有太阳风辐射压力的基础上进行论证的。

(一) 基本假设及相关说明

假设一：彗星沿椭圆轨道绕日运动，遵守行星运动定律。彗核的运动代表整个彗星的运动，太阳相对彗星轨道的空间位置固定不变。彗星运动由太阳引力和弱相互作用决定，忽略太阳风压力、太阳辐射压力和其他天体摄动力的影响。

假设二：跟彗核相比，彗尾的质量很小，加之彗星运动过程中总质量的波动亦很小。故假设彗星的全部质量集中于核上，并不会随彗星的运动而变化，即彗星质量为定值且集中于核上。

假设三：承认彗核的“脏雪球”模型，即彗核是由容易升华和凝华的物质跟一定比例的、在行星际空间中不会升华的级配铁质或石质碎块、颗粒以及宇宙尘埃混合冷冻而成的类球状固体。当彗星加速接近太阳时，“脏雪球”吸收热量，表面“雪”不断升华形成气固混合物，并按密度从大到小的顺序，从里到外成层包围着彗核，这就是彗发。随着彗星体积膨胀，当彗发半径增大到一定值时，在弱相互作用作用下，最外层等离子体首先摆脱彗核引力约束成为独立绕日沿椭圆轨道运动的质点。质点脱离彗核的条件是太阳对它们的吸引力大于或等于彗核的吸引力。根据万有引力定律，这一条件可写成如下逻辑式：

$$r \leq \sqrt{R^2 M / m} \dots\dots\dots (1)$$

上式中M和m分别是太阳和彗星的质量，r和R分别是质点到日心和到彗核中心的距离。(1)，式说明彗发半径愈大，初生彗尾的彗日距（以下把，初生彗尾的彗日距叫生尾距，用字母 r_s 表示，对，应的彗发半径叫生尾半径，用字母 R_s 表示）愈大。相反，彗星质量愈大，彗发半径愈小，生尾距 r_s 愈小。彗发内不同密度的气体处在不同半径的层位上。随着彗日距离缩短，这些气体从外到里依次脱离彗核补充彗尾。在彗星减速离日远去时，彗发不断收缩，彗尾物质逐渐回到彗核表面上混合冷却凝华。假设四：如图1示，在彗尾（也叫正常尾）的末端，距日最远处取单元A。令A的密度 γ_1 等于引力场密度 γ_0 的n倍，即 $\gamma_1 = n\gamma_0$ 值大小跟彗星的物质组成、轨道要素及彗尾类型等因素有关，可根据观测数据确定。在彗星运动过程中，假设单元A的体积、密度、物质成分、物理化学性质不变。 γ 从A到彗核表面物质密度连续递增。愈近彗核密度愈大，愈远离彗核密度愈小。当单元A和彗核之间的距离增大时，彗核表面气压下降，物质不断升华补充彗发和彗尾。相反，当A和彗核之间的距离减小时，彗尾和彗发气体则不断在彗核表面上凝华。彗核表面物质升华和凝华可能受到两个因素影响，一是彗星吸收太阳能的多寡，二是彗核周围气压变化。同理，在逆彗尾（也叫异常尾）顶端靠太阳最近处取单元B。令B的密度 γ_2 等于彗核密度 γ 的N倍，即

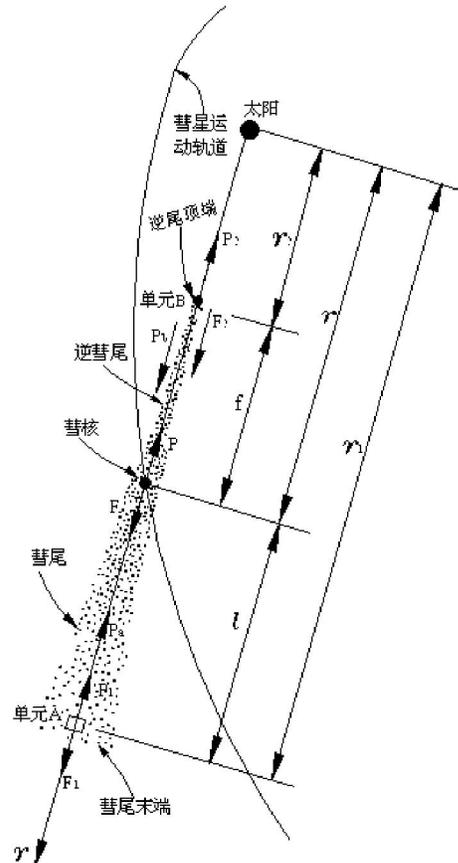


图1：彗星形态、运动轨道及受力

$\gamma_2=N\gamma$ 。彗星上单元 B 的物质密度最大，很可能是由铁质，甚至密度更大的物质碎块组成。在彗星运动过程中，同样假设单元 B 的体积、密度、物质成分、物理化学性质不变。从 B 到彗核表面物质密度连续递减，愈近彗核密度愈小，愈近太阳密度愈大。

假设五：如图 1、图 2 示，假设单元 A 和单元 B 在摆脱彗核引力约束后，成为独立绕日运动的小天体，在太阳引力和弱相互作用共同作用下，它们同彗核一起以日心作为一个共用焦点，沿不同的椭圆轨道运动。彗核、单元 A 和单元 B 三者的轨道，除离心率和近日距不同外，其余轨道根数相同，即

轨道倾角，远日距，升交点黄经，运动周期和过近日点的时间均相同。图 1 中的 r 、 r_1 、 r_2 和图 2 中的实线、虚线、点线分别代表彗核、单元 A、单元 B 绕日运动的极经和轨迹。在 LHTDI 段弧线上，即远日轨道段上，彗核逆尾的轨道重合，即彗星没有逆尾；在 HTD 段弧线上，彗核彗尾的轨道重合，

即彗星没有彗尾；在其余轨道段上，彗尾长度为 $l = r_1 - r$ ，逆尾长度为 $f = r - r_2$ ；在近日点彗尾和逆尾皆最长，分别用 l_{max} 和 f_{max} 表示。

(三) 彗尾受力分析

参见图 1，跟彗核相比，彗尾和逆尾的质量极小，它们对彗核的吸引力非常弱，忽略不计。此外，彗核还受到两个力作用。一个是太阳引力 P ，方向指向日心，大小由万有引力定律确定。另一个是弱相互作用 F ，方向跟太阳引力方向相反，大小由弱相互作用计算式确定。彗核因体积小，密度比单元 A 大 20 个数量级以上，跟太阳引力相比，彗核受到的弱相互作用 F 非常非常微弱，完全可以忽略。以致彗核运动规律由太阳引力决定，由天体力学理论知，运动轨迹为圆锥曲线。为简单起见，本文只讨论运动轨迹为椭圆曲线的情况，根据已知条件，彗核运动的极坐标方程为

$$r = \frac{d(1-e^2)}{1+e\cos\theta} \dots\dots\dots (2)$$

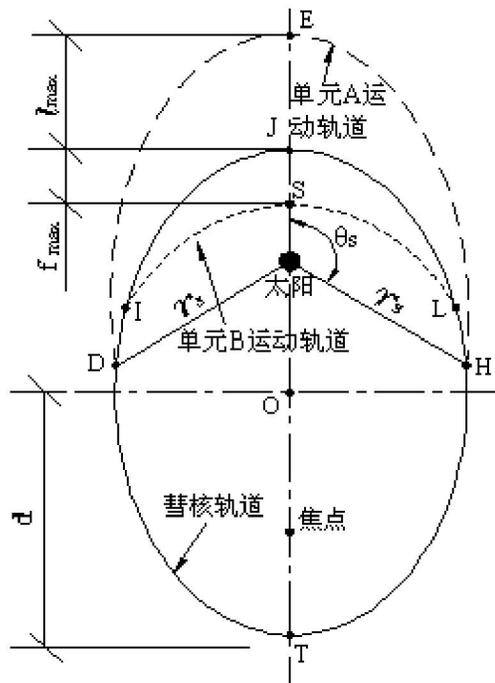


图2：彗核、彗尾、逆尾的运动轨道

以日心为极坐标原点，(2) 式中 r 和 θ 分别是彗核运动的极径和极角， d 和 e 分别是轨道的长半径和离心率。

单元 A 共受到三个力作用，太阳引力 P_1 、彗核引力 P_a 和弱相互作用 F_1 ，各力的方向见图 1。太阳引力 P_1 指向日心，弱相互作用 F_1 与太阳引力方向相反。 P_1 和 F_1 均属铤力，在铤力场中， P_1 为引力， F_1 为斥力。单元 A 密度非常微小（可能跟太空背景场的密度相差不多），受弱相互作用 F_1 的作用十分明显，正是 F_1 力使单元 A 脱离彗发成为彗尾的。 P_a 是彗核对单元 A 的吸引力，方向与 P_1 基本共线同向。彗尾生成前，彗日距大，彗星半径小，引力 P_a 比太阳引力 P_1 大，最外层的等离子体受彗核控制呈球状包裹着彗星。当彗星运动靠近太阳达到生尾距 r_s 、彗发半径增大到生尾半径 R_s 、引力比 $P_a P_1$ 等于 1 时，彗星最外层等离子体在弱相互作用的作用下移向彗核背日面形成彗尾。彗尾出现后，彗日距愈来愈短，单元 A 距彗核愈来愈远，引力比 $P_a P_1$ 很快减小。当尾长 l 达到 200 公里以上时，引力比 $P_a P_1$ 已小于 1%， P_a 对单元 A 的作用已可以忽略。随着彗日距进一步缩短， P_a 趋于零。彗尾出现后，分析单元 A 的受力，通常彗核引力 P_a 完全可以忽略。于是，单元 A 只受到两个共线反方向力的作用，一个是太阳引力 P_1 ，另一个是弱相互作用 F_1 。这两个力同属铤力，由天体力学原理知，单元 A 绕日运动的轨迹仍是圆锥曲线。且从图 2 可看出，因单元 A 的轨道离心率 e_1 小于彗核的离心率 e ，所以，运动轨迹必定也是椭圆，而不可能是其它线形。设其轨道的极经、极角、长半径、离心率、运动周期、加速度分别是 r_1 、 θ_1 、 d_1 、 e_1 、 T_1 、 a_1 。取 $\theta_1=\theta$ ， $T_1=T$ (θ 和 T 分别是彗核运

动轨道的极角和周期)，则单元 A 的运动方程可写成：

$$\underline{r}_1 = \frac{p_1}{1 + e_1 \cos \theta_+} \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$\underline{a}_1 = \frac{4C_1^2}{p_1 r_1^2} \quad \dots \dots \dots (4)$$

$$p_1 = d_1(1 - e_1^2) \quad \dots \dots \dots (5)$$

$$C_1 = \frac{\pi d_1^2 (1 - e_1^2)^{1/2}}{T} \quad \dots \dots \dots (6)$$

另外，根据牛顿第二定律，单元 A 还可建立如下关系式

$$P_1 - F_1 = m_1 a_1$$

$$\text{将 } P_1 = \frac{GMm_1}{r_1^2}; F_1 = k\gamma_0 V_1 a_1 \text{ 和 } \gamma_1 = \frac{m_1}{V_1} = n\gamma_0 \text{ 代入整理后得}$$

$$\underline{a}_1 = \frac{GM}{r_1^2} - \left(\frac{n}{n+k} \right) \underline{a}_1 \quad \dots \dots \dots (7)$$

(7) 式中 G 为万有引力常数，k 为弱相互作用常数， m_1 、 V_1 和 γ_1 分别是单元 A 的质量、体积和密度，其余符号意义同前。将 (5)、(6)、(7) 式代入 (4) 式整理后得

$$d_1^3 = \left(\frac{n}{n+k} \right) \cdot \frac{GMT^2}{4\pi^2} = q^3 \cdot \frac{GMT^2}{4\pi^2} \quad \dots \dots \dots (8)$$

$$(8) \text{ 式中 } q = [n / (n+k)]^{1/3} = d_1 (4\pi^2 / GMT^2)^{1/3} \quad \dots \dots \dots (9)$$

$$\text{由 (9) 式得 } k = (1/q^3 - 1)n \quad \dots \dots \dots (10)$$

$$\text{由天体力学公式还可推得 } d_1 = qd \quad \dots \dots \dots (11)$$

这里把 q 叫做轨道长半径胀缩系数。因 q 大小跟 n 和 k 有关，k 是常数，所以，q 值只随 n 的变化而变化。对于同种类型彗尾的彗星，可能 n 值相差不大，胀缩系数近似相等。

(四) 彗尾成因及哈雷彗星尾长计算

4.1、彗尾成因

彗星是一种小质量、密度极不均匀的天体。彗星加速运动时，不同部位质量相等的单元受到的太阳引力相同（实际上存在着微小差别，因各单元距日心的距离不同）。但由于各单元体积和密度不同，受到的弱相互作用不同。彗发是气体、甚至是等离子体，密度低体积大，受到的弱相互作用大；彗核是固体，密度高体积小，受到的弱相互作用很弱。这样，彗核和彗发单元体因受力不同获得的加速度不同，运动速度也不同，以致相对运动。彗核加速度大，靠日近。彗发加速度小，离日远，运动到彗核的背日面集中，形成彗核周围气体的非对称分布。随着彗星靠近太阳，彗核吸收太阳辐射，表面物质不断升华，彗发膨胀。当彗发半径大于生尾半径 R_s 后，外层气体（或等离子体）受到的太阳引力大于彗核引力时，在弱相互作用推动下，形成彗尾。此后，彗星靠太阳愈近，彗发愈大，更多、密度更大的气体受弱相互作用和太阳引力的作用依次离开彗发补充彗尾，使彗尾伸长。天文观测表明，在彗尾内，远核部分物质密度低，近核部分物质密度高，这就是说，在彗星绕日运动过程中，彗尾出现后，无论彗发还是彗尾内部的气体，甚至等离子体，因存在密度差而相对运动。在彗星加速运动阶段，相对运动将彗尾越拉越长，彗星过近日点加速度最大，弱相互作用最强，彗尾最长。相反，在彗星减速运动阶段，彗尾逐渐缩短。彗星周期性地绕日运动，彗尾周期性地生消、长短变化，就象弹簧受到按正弦规律变化的拉力作用一样，拉力递增时，弹簧逐渐伸长，拉力递减时，弹簧逐渐缩短。这就是彗尾形成并有

长短变化的物理机制。总之，受到弱相互作用作用，彗星形态变化的规律是：彗星在距日超过生尾距 r_s 以外的轨道段上运动时，无论加速还是减速，因距日远，太阳辐射强度低，引力弱，加速度小，弱相互作用很弱，彗发小或没有彗发，彗核周围气体或等离子体主要受彗核引力约束，无法形成彗尾，整个彗星好似一个绒毛球。彗星在距日小于生尾距 r_s 以内的轨道段上运动时，距日近，太阳辐射强，引力强，加速度大，弱相互作用强，彗发大，彗核周围气体或等离子体主要受太阳引力和弱相互作用约束，气体和等离子体从彗核

向日侧向背日侧运动形成彗尾，并引起彗尾彗发多种多样的形态变化。彗星如是加速运动，受弱相互作用作用，彗尾由无到有，由短变长，过近日点的尾巴最长，彗体非常庞大而明亮。过近日点后彗星减速运动，弱相互作用逐渐减弱，彗尾、彗发形态变化跟接近太阳时的情景大致相反，即彗发膨胀，彗尾变短，最后消失，部分物质回到彗核上凝华，彗核体积增大。

4.2、哈雷彗星尾长计算

计算步骤：参见图 1、图 2。第一步，选一颗具有 I 型彗尾、已知生尾距 r_s 、最大尾长 l_{\max} 和公转周期 T 的彗星，由 (2) 式求得生尾角 θ_s ；第二步，建立并联解二元一次方程组，求 d_1 和 e_1 。由等式 $r_1(\theta_s) = r_s$ 得一个方程，另一个方程由等式 $(r_1 - r)|_{\theta=0^\circ} = l_{\max}$ 得到；第三步，由 (9) 式计算长半径胀缩系数 q ；第四步，建立尾长变化方程 $l = r_1 - r$ 。

I 型尾生尾距 r_s 估算：观测表明，I 型尾彗星通常在距日约 4 个天文单位时出现彗发。如果地面望远镜对彗星的分辨率是 0.01 角秒，4 个天文单位远处 0.01 角秒大约 30 公里宽，对应的彗星半径约 15 公里。如取 $R_s = 15\text{km}$ ，彗星质量 $m = 10^{18}$ 克，太阳质量 $M = 2 \times 10^{33}$ 克，代入 (1) 式得 $r_s \leq 4.484\text{AU}$ (天文单位)。即彗尾出现在地面观测到彗发之前稍远的距离处，这跟观测值是接近的。

为确定哈雷彗星的尾长，采用 1910 年回归时的观测数据， $e = 0.967$ ， $d = 17.94\text{AU}$ ， $l_{\max} \approx 2$ 亿公里， $T = 76 \times 365.25636 \times 24 \times 60^2$ 秒。取生尾距 $r_s = 4.484\text{AU}$ ， $1\text{AU} = 1.496 \times 10^{11}$ 米，引力常数 $G = 6.672 \times 10^{-11}$ ，太阳质量 $M = 1.989 \times 10^{30}\text{kg}$ 。计算过程如下

将 $r_s = 4.484\text{AU}$ 代入 (2) 式得， $\theta_s \approx 139^\circ 57'$

$$\theta = 0^\circ \text{ 时, } l_{\max} = r_1 - r = d_1(1 - e_1) - d(1 - e) = \frac{2}{1.496} = 1.3369$$

$$\text{代入相关数据计算得 } d_1 \approx \frac{1.929}{1 - e_1} \dots\dots\dots (12)$$

$$\text{将 } \theta_s = 139^\circ 57' \text{ 代入 (3) 式得 } \frac{d_1(1 - e_1^2)}{1 + e_1 \cos 139^\circ 57'} = 4.484 \dots\dots\dots (13)$$

联解 (12)、(13) 式得 $e_1 \approx 0.4766$ ， $d_1 \approx 3.6852\text{AU}$

把已知数据代入 (9) 式得 $q = 0.2054$

由 (10) 式得 $k = 114.40\text{m}$

$$\text{最后有 } l = r_1 - r = \frac{2.8481}{1 + 0.4766 \cos \theta} - \frac{1.1645}{1 + 0.967 \cos \theta} \dots\dots\dots (14)$$

(14) 式就是所求的结果

4.3、轨道根数同彗尾长短变化的关系

彗星轨道要素，只有近日距和离心率两个影响彗尾长度变化。彗尾是弱相互作用作用的产物，弱相互作用跟彗星运动加速度有关，凡是影响加速度的轨道要素都会引起尾长变化。近日距影响彗星的最大加速度，离心率影响加速度的变化幅度。近日距越小，彗星的最大加速度越大，最大尾长越长。近日距越大，最大加速度越小，最大尾长越短。近日距超过生尾距的彗星，不可能出现彗尾。离心率跟尾长的关系是，离心率愈大，轨道愈扁，近日距和远日距之差越大，彗星运动中加速度的变化幅度愈大，尾长变幅愈大；相反，离心率愈小，轨道愈圆，近日距和远日距之差越小，彗星运动中加速度的变化幅度愈小，尾长变化愈小。如是近日距大，绕日作圆周运动的彗星，要吗没有尾巴，要吗只有几乎不伸缩的超短尾，显得暗而不活动，地球上很难见其尾，最多能见彗发，这类彗星与小行星很难区分。例如，运行在火星和木星轨道之间的 1942VII，除有点云雾状彗发外，没有彗尾，和小行星难以区别。而运行在木星和土星轨道之间的 1925II，不但没有彗尾，甚至彗发也很不发育，简直和恒星差不多。在彗星中只有一族，不但近日距最短，轨道离心率也最大，这就是掠日彗星。他们在运动中加速度的变化幅度十分惊人，最大加速度跟日面的重力加速度相差无几，作用在彗星外层气体上的弱相互作用很大。只有他们才是尾巴最长、尾长变化最大、近日时最活动和最明亮的大彗

星。

(五) 逆彗尾的受力及成因

见图 1, 单元 B 在逆尾顶端, 为彗星密度最高的部位。密度一般应在 $7 \sim 20 \text{ 克 cm}^3$, 比彗核密度大 $7 \sim 20$ 倍。图中 P_2 和 P_0 分别是太阳和彗核对单元 B 的吸引力, F 和 F_2 分别是彗核和单元 B 受到的弱相互作用。单元 B 的密度大, 受到的弱相互作用弱, F_2 可忽略不计。在彗星加速运动过程中, 正常尾出现后, 彗核表面“雪”加速升华, 将冻在“雪”中的固体离散颗粒解冻, 富集在彗核表面上, 成为太阳和彗核引力共同作用下的质点。当彗星距日较近, 彗核对这些颗粒的吸引力等于或小于太阳引力时, 在弱相互作用作用下, 彗核同这些颗粒相对运动。彗核密度较小, 受到的弱相互作用较大, 落在颗粒物后面, 距日较远; 颗粒物密度较大, 受到的弱相互作用较小, 移动到彗核前面, 距日较近, 成为逆彗尾。彗尾生尾半径为彗发半径, 逆尾生尾半径为固体彗核半径。逆尾生尾半径比彗尾小, 生尾距较正常尾短很多。逆尾出现后, 随着彗星靠近太阳, 彗核受到的弱相互作用越来越强, 彗核对单元 B 的引力越来越弱, 而太阳对单元 B 的引力却越来越强, 使逆尾快速伸长。彗星过近日点的逆尾最长。彗星减速运动阶段, 逆尾逐渐缩短, 最后消失。

如用 1986 年宇宙飞船“乔托”对哈雷彗星探测的彗核半径估算逆尾生尾距, 可取生尾半径 $R_s = 5$

km , $M \approx 2 \times 10^{33} \text{ 克}$, $m \approx 10^{18} \text{ 克}$, 由 (1) 式得 $r_s \leq \sqrt{R_s^2 M / m} \approx 2.24 \times 10^8 \text{ km} \approx 1.495 \text{ AU}$ 。可

见, 形成逆尾的彗星必须具备两个条件: 一是近日距小于 1.5 个天文单位, 二是彗核的升凝华循环层内含有密度大于彗核平均密度的颗粒物。通常, 近日距大于 1.5 个天文单位, 或者彗核升凝华循环层内没有高密度颗粒物的彗星, 无论运动轨道如何有利, 都不可能产生逆尾。具有逆尾的彗星, 逆尾随运动变化的规律跟正常尾变化规律相似。但是, 由于逆尾与彗核密度之差远小于彗核与正常尾密度之差, 加上逆尾存在时间短, 所以, 在正常情况下, 逆尾应比正常尾短很多、细很多。逆尾内部, 颗粒物密度从顶端到彗核递减, 愈近彗核密度愈小, 愈近顶端密度愈大。只有那些轨道离心率大, 近日距小的彗星, 才有可能在近日点附近形成逆尾。如果掠日彗星核中含有逆尾物质, 肯定是形成逆尾最有利的一类。但逆尾在近日时, 完全可能鱼贯而入撞击日面, 被太阳所“食”, 引起太阳活动。

(六) 存在问题及深入研究的说明

通过上面分析可知, 关于彗尾形态变化, 仍待深入研究。就普遍规律而言, 彗尾形态变化除跟彗星运动轨道要素有关外, 至少还受到两个因素影响。一是彗核的物质组成, 二是行星际空间的性质。第一个问题是显而易见的, 含“雪”比例高、轨道有利的彗星, 产生 I 型尾的可能性大。相比较 II 型尾的彗星含“雪”比例较小, III 型尾含“雪”最少。根本无“雪”的天体, 即使轨道有利, 也不可能是彗星, 只能是小行星。第二个因素实质上是彗星与空间的物理和化学作用。这方面的认识几乎是空白, 缺乏观测资料, 更谈不上理论。目前, 首先应确定两者的物质交换和互补是否存在的问题。彗星在近日轨道段上运动, 这种关系似乎是明显的, 主要以彗星补给空间为主。但彗星在远日轨道段上运动, 这种关系就不清楚了, 不排除空间为彗星补充物质的可能。如是这样, 彗星的形成、演化将变得十分复杂。

关于彗尾长度计算和彗星近日物质丢失问题, 除产生机制外, 前面的阐述是不够全面和深入的。文中对彗尾成因的定性分析是基本可靠的, 但对彗尾长度变化的定量分析不一定可靠, 甚至可能包含着错误。如严格论证, 质点 A 或质点 B, 只要离开彗核后, 绕日轨道与彗核不同, 运动周期也绝对不相等, 把它们看作相等显然是不合理的。另外, 彗尾长度和彗星物质消耗均受到多种因素影响, 由于缺乏观测资料验证, 无法深入讨论。初步分析认为, 彗尾长度计算, 可能用功能原理更为合理。由轨道极径差计算尾长, 受到生尾距、彗星质量、空间性质和彗尾单元密度等多种因素影响。目前这些因素缺乏可靠的观测证据, 无论用什么方法求尾长, 误差都可能较大。彗星物质丢失是彗尾(含逆尾)运动不同步(指同一时刻他们的极角不同)引起的。逆尾因靠太阳近而超前(相对于彗核运动方向)彗核运动, 正常尾因离太阳远而滞后彗核运动, 这也是彗尾弯曲的原因。严格讲, 凡离开彗发的物质就很难返回到彗星上了。彗尾是彗星加速运动产生的, 在减速运动阶段, 逆尾质点先回到轨道周围, 正常尾质点后回到轨道周围, 这种不同步使质点同彗核之间的距离越拉越大。脱离彗核后, 这些质点各自沿独立的轨道绕日运动, 距太阳较远时, “隐身”于茫茫宇宙之中。当地球穿过彗尾物逸散区时, 就会发生流星雨或陨石雨。彗星再次归来时, 它遗下的隐物质是否会再成为彗尾的一部分? 现在尚不知道。长周期彗星, 隐物质再回到彗核周围的可能性很小。这就是说, 长周期彗星每绕日一周就会损失一部分物质, 如果运动中没有足够的物质源补充, 必定是短命的。遗骸可能演变为流星、陨石、陨铁或小行星。只有离核不远的质点, 受彗核引力控制, 在弱相互作用减小时, 才可能逐渐回到彗核上凝华。

自然界既是普遍联系着的全部客观事物的总和, 又是辨证统一的综合体系。事物之间的链接和相互依赖, 决定了解释它的学说或理论都必须经受已知的全部客观存在的检验, 决定了科学理论的完美和统一。彗尾成

因的弱相互作用理论，基本合理解释了彗星的全部观测事实，纠正了太阳风学说的偏差，验证了弱相互作用的存在。但弱相互作用学说能否最后成立？仍有待于从自然科学的各个方面进行验证。而对彗星这种特殊天体的深入研究，不但需要提高观测技术，增加探测数据，更需要引力场理论、空间理论的进一步突破。

主要参考文献和深入理解阅读的部分文献：

- 1、《以太浮力论》 段灿光著 本文集。
- 2、《再论以太浮力 —— 关于万有引力变化的讨论》 段灿光著 本文集。
- 3、《介质浮力存在的普遍性》 段灿光著 本文集。
- 4、《没有太阳辐射，大气将静止吗？》 段灿光著 本文集。
- 5、《彗星十讲》 胡中为、徐登里编著 32K、P158 1986年4月科学出版社。
- 6、《哈雷彗星今昔》 张钰哲著 32K、P97 1982年3月知识出版社。
- 7、《彗星漫谈》 徐登里编著 32K、P107 1975年7月科学出版社。
- 8、《中国大百科全书·天文学》 主编：张钰哲 1980年12月中国大百科全书出版社。
- 9、《中国百科年鉴·1986》 1986年10月中国大百科全书出版社。
- 10、《中国百科年鉴·1987》 1987年12月中国大百科全书出版社。
- 11、《天体力学浅谈》 [苏]尤·阿·里五波夫著，李五行、陈晓中译 32K、P201 1984年11月科学普及出版社。
- 12、《数学在天文学中的运用》 刘步林编著 32K、P316 1979年9月科学出版社。
- 13、《哈雷彗星及彗星-地球关系》 天地生综合研究论文集 胡中为、阎林山 16K、P471。1989年11月中国科学技术出版社。
- 14、《地学基本数据手册》 主编：张家诚，副主编：李文范 16K、P1377 1986年3月海洋出版社。
- 15、《简明天文学词典》 叶叔华主编 32K、P880 1986年12月上海辞书出版社。
- 16、1997年12月19日 《中国科学报》。
- 17、1995年6月21日 《中国青年报》。

第九章 时空的相对性与绝对性

1、时空的相对性

19世纪末的爆发的第三次数学危机，导致了后起之秀——操作主义思潮在欧洲横行，对于物理学的直接作用就是物理量的可测量性问题。如今人们已经明白，不能要求所有基本物理量都具有所谓的测量性。但是基本定律所给出的物理量的解，原则上必须具有可测性。放宽地讲，不要求基本原理本身的每一个物理量均具有可测量性。个别物理量数学上能够满足伽利略的思想实验即可。贝索说：“牛顿在他的《自然哲学的数学原理》中说，时间是绝对的，空间也是绝对的。绝对的意思就是和一切事物都没有关系。既然空间、时间和任何事物都没有关系，你又怎么知道空间和时间存在呢？”一般认为，牛顿提出了绝对时空观，实际上，这是片面的。牛顿说“我没有定义时间、空间、处所和运动，因为它们是人所共知的。唯一必须说明的是，一般人除了通过可感知客体外无法想象这些量，并会由此产生误解。为了消除误解，可方便地把这些量分为绝对的与相对的，真实的与表象的以及数学的与普通的。”所以，牛顿的时空观既包含绝对时空，也包含相对时空。

在Einstein的思维中这纯粹是运动学的问题，为了讨论这个问题他假定了一个理想的刚杆测量系统和一个基于理想时钟的时间测量系统，他没有假定这两个测量系统会随着观测者的不同运动状态而有所改变。经过对空间测量系统以及物体的运动对于空间测量系统的改变的分析发现正是此假设隐含着绝对空间的假设。在高速运动状态或者宇观世界里，物质的引力质量比较大，影响了空间与时间的结构，此时以相对空间为主。

【1】（笔者注：后面将要说明相对空间即物体激发的引力场，绝对空间是宇宙中所有引力质量激发的引力场）在广义相对论中，空间和时间不再是与物理学的其它方面无关的了，物体的几何特性和钟的运动依赖于引力场，这些场本身又是物质产生的。在广义相对论中，过程持续性、空间尺度、粒子引力质量以及有限与无限的观念也是依赖于参考系的。

下面的考虑是以相对性原理和真空光速不变原理为依据的，这两条原理我们定义如下：

1、物理体系的状态据以变化的定律，同描述这些状态变化时所参照的坐标系究竟是用两个在互相匀速移动着的坐标系中的哪一个并无关系。

2、任何光线在“静止的”坐标系中都是以确定的速度 V 运动着，不管这道光线是由静止的还是运

$$\text{速度} = \frac{\text{光的路程}}{\text{时间间隔}}$$

动的物体发射出来的。由此，得：

这里的“时间间隔”是依照§1中所定义的意义来理解的。

设有一静止的刚性杆；用一根也是静止的量杆量得它的长度是 L 。我们现在设想这杆的轴是放在静止坐标系的 X 轴上，然后使这根杆沿着 X 轴向 x 增加的方向做匀速的平行移动（速度是 v ）。我们现在来考查这根运动着的杆的长度，并且设想它的长度是由下面两种操作来确定的：

a) 观察者同前面所给的量杆以及那根要量度的杆一道运动，并且直接用量杆同杆相叠合来量出杆的长度，正像要量的杆、观察者和量杆都处于静止时一样。

b) 观察者借助于一些安置在静系中的、并且根据§1做同步运行的静止的钟，在某一特定时刻 t ，求出那根要量的杆的始末两端处于静系中的哪两个点上。用那根已经使用过的在这种情况下是静止的量杆所量得的这两点之间的距离，也是一种长度，我们可以称它为“杆的长度”。

由操作 a) 求得的长度，我们可称之为“动系中杆的长度”。根据相对性原理，它必定等于静止杆的长度 L 。

由操作 b) 求得的长度，我们可称之为“静系中（运动着的）杆的长度”。这种长度我们要根据我们的两条原理来加以确定，并且将会发现，它是不同于 L 的。

通常所用的运动学心照不宣地假定了：用上述这两种操作所测得的长度彼此是完全相等的，或者换句话说，一个运动着的刚体，于时期 t ，在几何学关系上完全可以用静止在一定位置上的同一物体来代替。

此外，我们设想，在杆的两端（A 和 B），都放着一只同静系的钟同步了的钟，也就是说，这些钟在任何瞬间所报的时刻，都同它们所在地方的“静系时间”相一致；因此，这些钟也是“在静系中同步的”。

我们进一步设想，在每一只钟那里都有一位运动着的观察者同它在一起，而且他们把§1中确立起来的关于两只钟同步运行的判据应用到这两只钟上。设有一道光线在时间①（注：①这里的“时间”表示“静系的时间”，同时也表示“运动着的钟经过所讨论的地点时的指针位置”）。 t_A 从 A 处发出，在时间 t_B 于 B 处被反射回，并在时间 t'_A 返回到 A 处。考虑到真空光速不变原理，我们得到：

$$t_B - t_A = \frac{r_{AB}}{V - v} \quad \text{和} \quad t'_A - t_B = \frac{r_{AB}}{V + v}$$

此处 r_{AB} 表示运动着的杆的长度——在静系中量得的。因此，同动杆一起运动着的观察者会发现这两只钟不是同步运行的，可是处在静系中的观察者却会宣称这两只钟是同步的。

由此可见，我们不能给予同时性这概念以任何绝对的意义；两个事件，从一个坐标系看来是同时的，而从另一个相对于这个坐标系运动着的坐标系看来，它们就不能再被认为是同时的事件了。

微观领域中，当一个粒子轰击另一个粒子时，分离后的粒子的空间尺度不一定比原来的小，此时指的是相对空间。相对时间是宇宙中一切具体物质系统的时间方向性，是由它本身的内在矛盾及其与环境的相互作用而决定的。爱因斯坦说：没有场的空间是不存在的。时空和场是一个互相制约、互相依存的整体，是一个东西的两种不同的表述，理解物理时空就是理解场。爱因斯坦一直所说的就是“时空就是引力场”。时空是由场表征的，前者是后者的本质，后者是前者的显现，这可以从作为广义相对论基础的“等效原理”中看出。场作为时空的表征，只是一种数学工具。在几何纲领中，场就是时空，时空就是场，没有区别。引力场的本质是时空，是爱因斯坦所发展的几何纲领的要求。

参考文献：

【1】（英）Newton 原著 王克迪 译 袁江洋 核。《自然哲学之数学原理》陕西人民出版社。

2、现代物理学对于真空的认识

《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：6。宇宙中不断有物质创生吗？29。为什么宇宙中反物质如此少？30。反物质世界存在吗？31。反物质能源能否实现？84。真空的本质是什么？

道生一，一生二，二生三，三生万物。道者，无也。——老子《道德经》。西方哲学是把所有的客观存在统称为“物质”，这种自然观被叫做“物质一元论”；20世纪物理学的诸多成果都在证明，未来科学必须用物质~空间系统论的自然观取代实体物质一元论。物理学抛弃 ether, electromagnetic field 可以在真空中

传播，真空的本质是什么，为什么在真空中可以激发出各种粒子？李政道(T.D.Lee)认为，真空和 ether 不同，它是 Lorentz 不变的，可它有很多复杂的性质。【1】

100 年以前的一位物理学家就预言：真空中充满了能量，取之不尽，用之不竭。在几十年前的彼得堡学术会议上，关于真空问题的讨论，使门捷列夫，开尔文爵士，特斯拉等科学家被错误的冠以伪科学家的头衔。特斯拉对电磁波深有研究，他研究电磁波的标量部分，并且成功地实现了无线的电流传送。李政道博士也认为：真空就是介质的凝固态。一些科学家认为，真空是一种能量海，取之不尽，用之不竭。NASA 在 1998 年把真空能的研究列入 NASA 的研究计划。美国能源部在当时强烈的反对，认为不可能从什么都没有的真空里提取出能量来，并宣称不会给任何 NASA 的关于真空能的研究计划拨款。而两年后，美国能源部也把真空能纳入其研究计划中。真空并不是一无所有的虚无（这是经典物理的理解，相对论本质上也是经典物理），而是所有粒子的基态，也即没有粒子被激发的状态。而有粒子的状态是真空的一种激发态——要准确理解这些概念，需要先理解量子理论的基础与本质。

真空是所有粒子的基态，而在一般情况下，我们都希望这种基态本身是稳定的。比如我们经常遇到的势阱，它的最低能态（也就是基态）是稳定的，粒子都被局限在了这个势阱中，而激发态是不稳定的，比如粒子获得能量而离开势阱。

真空破缺，就是上述真空态本身不稳定，使得整个物理系统不再处于真空这个基态，而进入了某种激发态——这里你需要了解基态和激发态并不一定就表示激发态肯定比基态的能量要高。比如说，粒子的态分布满足一种中间微微隆起的势阱，基态位于中央，从而是微微隆起的部分，那么很自然，粒子有一种离开这个隆起的部分而进入更低能量要求的“激发态”的趋势，从而一旦这种趋势达成，真空就破缺了——不再是真空了，而是进入了有粒子的激发态。这就是真空自发破缺。

真空破缺自然不一定是自发破缺，在有外界能量刺激的情况下，真空也可以被动破缺，比如原子周围的轨道电子就可能被激发从而放出光子，现代激光原理就利用了这点。还比如重粒子周围单光子可以激发出电子-正电子对，也是如此。量子规范场论中的“跑动耦合常数”的概念建立在一系列理论事实上，即规范理论正确地描述了相互作用力，而量子场论存在发散问题，为了解决这个问题就必须使用重整化技巧，这与规范场论结合在一起，就发现重整化理论中的重整化群方程对应了这么一个现象，即如果我们用不同的能量去探测同一个对象的耦合常数（规范场论给出），会得到不同的结果。

在广义相对论中，物理真空的观念被彻底排除了。ether 概念重新获得了一定的内容…… 广义相对论的 ether 是本身失去了任何力学和运动学性质的介质，但同时它能决定力学（或电磁学）过程。Dirac 方程 $(\gamma^\mu \partial_\mu + mc^2 \beta) \psi = E \psi$ ，对原子结构及分子结构都给予了新的层面和新的极标准的了解。Dirac 关于真空中被无数 electric charge 充满的理论可以推广至被无数正引力质量充满着，进一步理解负引力质量空穴——场。由此类比广义相对论中的 ether 依然是真空，因为 space-time 与引力质量是对称的，能量是它们之间的相互作用，因此实物通常是定域在绝对空间的确定区域内，而场则弥漫于绝对空间中，electromagnetic field 的传播也需要介质——绝对 space-time。物理学家保罗·戴维斯在他的《上帝与新物理学》中说：“运动的能量和质量的能量总是正的，但引力的能量，如某些场的引力是负的。有时会出现这样的情况，创造新生物质粒子质量的正能量正好被引力的负能量抵消了。”爱因斯坦说：“我们今后在这样的意义上把‘场’同‘物质’加以区别，除了场之外的任何东西都叫‘物质’，因此它不仅包括通常意义上的物质，而且也包括电磁场。”爱因斯坦在 1917 年的文章《广义相对论的宇宙学》里说的“这样构成的一个宇宙，就其场来说，该是没有中心的，所以用不着假定在空间无限远处密度应该减少，而只要假定平均势和平均密度一直到无限远处都是不变的就行了。”他 1918 年在《论引力波》里又说：“在我们的宇宙中，固然物质不是均匀分布的，而是集中于各个天体之中；固然物质不是静止的而是处于（比光速慢得多的）相对运动之中。可是，十分可能，在包含许许多多恒星的空间中得到的物质的平均（‘自然量度的’）空间密度，在宇宙中接近一个常数。”

李政道提出，在 21 世纪会出现四个重大的研究领域：目前在原来的物理学框架上，理论发展已经很困难，应该有一个大的突破。应该着眼于微观的基本粒子和宏观的真空态统一起来研究，这比 20 世纪初的理论革命会有更加大的突破。

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》百花洲文艺出版社 1995 年 3 月第 1 版 第 3 次印刷。

3、引力场的能量属性

道生一，一生二，二生三，三生万物。道者，无也。——老子《道德经》

西方哲学是把所有的客观存在统称为“物质”，这种自然观被叫做“物质一元论”；20世纪物理学的诸多成果都在证明，未来科学必须用物质~空间系统论的自然观取代实体物质一元论。物理学抛弃 ether, electromagnetic field 可以在真空中传播，真空的本质是什么，为什么在真空中可以激发出各种粒子？

设有两个相距无限远的,密度均匀,半径 R ,质量 m 的自由球体的孤立体系。由万有引力吸引,在一条直线两端相向作自然靠近运动。最后相遇并结合成密度均匀,半径为 R ,质量 $2m$ 的球体。这个孤立体系的初态总能量,由质能关系是:总静能量 $E_{i0} = 2mc^2$;根据引力场物理论,总场能 $E_{i0g} = -12Gm^2 / 5R$ 之和,也就是 $E_i = E_{i0} + E_{i0g} = 2m(c^2 - 6Gm/5R)$ 。末态的总能量是:总静能量 $E_{f0} = 2mc^2$;总场能 $E_{fg} = -24Gm^2 / 5R$,与两个球在引力作用下获得了显示的总动能与结合能的总和 $E_k = 12Gm^2 / 5R$ 三者相加 $E_f = E_{f0} + E_{fg} + E_k$ 。根据孤立体系在任意物理过程中,必须遵守普适的能量守恒定律: $\delta E = 0$;

$E_f = E_i$ 。能量守恒定律告诉人们,体系获得的这个能量 E_k 不是“无中生有”,而是以引力场的总能量变得更负为代价的: $E_k = 12Gm^2 / 5R = E_i - (E_{f0} + E_{fg}) = (-12Gm^2 / 5R) - (-24Gm^2 / 5R)$ 。这就是说,引力场具有负能量。它为自然的运动和演化过程起了负能量库的作用。物理学家卡西米尔发现真空中两个平行导体板之间会出现负的能量密度,并预言这样一对导体板之间存在微弱的相互作用,后来这个预言被实验证实,从而为负能量的存在提供了直接证据。

100年以前的一位物理学家就预言:真空中充满了能量,取之不尽,用之不竭。在几十年前的彼得堡学术会议上,关于真空问题的讨论,使门捷列夫,开尔文爵士,特斯拉等科学家被错误的冠以伪科学家的头衔。特斯拉对电磁波深有研究,他研究电磁波的标量部分,并且成功地实现了无线的电流传送。李政道博士也认为:真空就是介质的凝固态。一些科学家认为,真空是一种能量海,取之不尽,用之不竭。

NASA 在 1998 年把真空能的研究列入 NASA 的研究计划。美国能源部在当时强烈的反对,认为不可能从什么都没有的真空中提取出能量来,并宣称不会给任何 NASA 的关于真空能的研究计划拨款。而两年后,美国能源部也把真空能纳入其研究计划中。在广义相对论中,物理真空的观念被彻底排除了。ether 概念重新获得了一定的内容..... 广义相对论的 ether 是本身失去了任何力学和运动学性质的介质,但同时它能决定力学(或电磁学)过程。Dirac 方程 $(\mathbf{p}c\alpha + mc^2\beta)\psi = E\psi$, 对原子结构及分子结构都给予了新的层面和新的极标准的了解。Dirac 关于真空中被无数 electric charge 充满的理论可以推广至被无数正引力质量充满着,进一步理解负引力质量空穴——场。由此类比广义相对论中的 ether 依然是真空,因为 space-time 与引力质量是对称的,能量是它们之间的相互作用,因此实物通常是定域在绝对空间的确定区域内,而场则弥漫于绝对空间中,electromagnetic field 的传播也需要介质——绝对 space-time。物理学家保罗·戴维斯在他的《上帝与新物理学》中说:“运动的能量和质量的能量总是正的,但引力的能量,如某些场的引力是负的。有时会出现这样的情况,创造新物质粒子质量的正能量正好被引力的负能量抵消了。”爱因斯坦说:“我们今后在这样的意义上把‘场’同‘物质’加以区别,除了场之外的任何东西都叫‘物质’,因此它不仅包括通常意义上的物质,而且也包括电磁场。”爱因斯坦在 1917 年的文章《广义相对论的宇宙学》里说的“这样构成的一个宇宙,就其场来说,该是没有中心的,所以用不着假定在空间无限远处密度应该减少,而只要假定平均势和平均密度一直到无限远处都是不变的就行了。”他 1918 年在《论引力波》里又说:“在我们的宇宙中,固然物质不是均匀分布的,而是集中于各个天体之中;固然物质不是静止的而是处于(比光速慢得多的)相对运动之中。可是,十分可能,在包含许许多多恒星的空间中得到的物质的平均(‘自然量度的’)空间密度,在宇宙中接近一个常数。”

霍金辐射和量子真空卡西米尔效应与能量量子隧道效应是同理的,也是缠绕的。即卡西米尔效应也是真空量子起伏引起的。量子起伏是由不确定性原理决定的,这其中就含有能量守恒原理。卡西米尔效应中,两片平行板之间的吸引压力,是由平板之间的虚粒子的数目比正常数目减小造成的,这是卡西米尔在 1948 年提出的一项检测真空能量存在的方案。而早在上世纪 40 年代,荷兰科学家卡西米尔和奥弗比克从流行的胶体理论存在的缺陷中发现这个秘密后,就开始做起的这种“游戏”。他们给予的实验证明和解释是,真空能量以粒子的形态出现,并不断以微小的规模形成和消失。在正常情况下,真空中充满着几乎各种波长的粒子,如果使两个不带电的金属薄盘紧紧靠在一起,较长的波长就会被排除出去。接着,金属盘外的其他波就会产生一种往往使它们相互聚拢的力,金属盘越靠近,两者之间的吸引力就越强。到 1996 年物理学家首次对这

种卡西米尔效应进行的测定，实际测量结果与理论计算结果也是十分吻合。真空卡西米尔效应和能量量子隧道效应不但紧密相连，而且是量子色动化学的增长极。

当把物质-场相互作用能归为场的能量，则引力能是负数，如果将我们研究的宇宙看作是从真空中产生，开始总能=0，随着它的创生引力能负值越来越大，物质的正值也会越来越大，星系越来越多。“人们从未见到过负质量物体，未必一定意味着负质量不能存在，而可以只是因为原先存在的物体都是正质量的。在经典物理学中，一切运动是连续的，一个原先为正能量的物体，不可能通过连续变化而越过能隙区变成负能量。但是在量子物理中情况完全不同。量子力学容许有不连续的变化，原来正能量粒子可以跃迁到负能量去。将量子力学与相对论结合而建立的狄拉克方程就有两种解，正能解描述正能量粒子的运动，负能解描述负能量粒子的运动。狄拉克没有回避负能态的存在，他假设了在真空中所有的负能态均已经被负能量电子所充满。狄拉克方程和他提出的新的真空图像使他预言了反电子的存在，并在随后的实验中被证实。”【1】“狄拉克在其一篇论文中写道：“最近正电子的发现，又重新复活了旧的负动能的理论，因为到目前为止，实验发现完全和理论相符。”他建议人们应当去“发现负能态的物理意义”。【2】

参考文献:

【1】陆琰 罗辽复 物质探微从电子到夸克 [M] 北京：科学出版社，2005.7

【2】薛晓丹 量子真空物理导引 [M]. 北京：科学出版社，2005.8

4、相对时空的本质

《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：4。引力能否被屏蔽？6。宇宙中不断有物质创生吗？8。新以太是否存在？27。可观测宇宙的空间有多大？29。为什么宇宙中反物质如此少？30。反物质世界存在吗？31。反物质能源能否实现？75。轴子，畴壁能否找到？84。真空的本质是什么？

基本粒子的本性和空间本身的结构孤立起来加以考虑。在1960年某日，终于将我的苦心思索结晶为基元域的概念：如果任何形式的能量开始和真空发生联系了，那么，按照这种联系方式的不同，我们就可以把它看成一种物质和粒子式的表现，甚至看成一个基本粒子。如果我们想象这个区域变得无限地小，那么，在极限情况下，它就将和一个点粒子相当，从而我们的理论表述就会和从前一样地遇到困难。因此，我们就给这个区域的尺寸规定一个下限，即一个对应于最小时空量子的极限，这就是一个不能再进一步有意义地细分的区域。我们可以把它叫做基元域。——汤川秀树

在弹性介质中其振动的传播方程不是 Galileo 变换下不变的，只成立于与介质相对静止的参考系中。如果把介质看成“绝对静止系”，利用它即可测量任何惯性系的绝对速度。其次，同一介质之间不是总能保持相对静止的。由于绝对 space-time 并非“绝对静止系”，所以它们之间并不矛盾。由于绝对 space-time 是由理论推理得到，在实验中不可能测量，与相对性原理并不矛盾。李政道(T.D.Lee)认为，真空和 ether 不同，它是 Lorentz 不变的，可它有很多复杂的性质。【1】笔者认为：引力场和时空应该是一个概念，只是提法不同。场的本质是 space-time，是相对 space-time，Einstein 的相对论反映了这个问题。温格伯说，广义相对论是一种引力理论。等效原理使引力场强和试验质点加速度相等，而加速度是时空组合物，因此引力场是时空，引力场用时空度规来描写。Einstein 一直所说的就是“时空就是引力场”。场作为时空的表征，只是一种数学工具。在几何纲领中，场就是时空，时空就是场，没有区别。引力场的本质是时空，是 Einstein 所发展的几何纲领的要求。爱因斯坦说：没有场的空间是不存在的。时空和场是一个互相制约、互相依存的整体，是一个东西的两种不同的表述，理解物理时空就是理解场。爱因斯坦一直所说的就是“时空就是引力场”。时空是由场表征的，前者是后者的本质，后者是前者的显现，这可以从作为广义相对论基础的“等效原理”中看出。场作为时空的表征，只是一种数学工具。在几何纲领中，场就是时空，时空就是场，没有区别。引力场的本质是时空，是爱因斯坦所发展的几何纲领的要求。

广义相对论说的就是如何将引力作用几何化，尽管空间有点弯曲，它仍然是广义相对论的杠杆可以丈量的，并得到宇宙空间是三维的结论。21世纪前的全部空间理论就是由上面的2支杠杆决定的（并用它丈量数学空间和引力空间）。如同空间是三维的概念一样，上面的两个限制性词句，也是作为补充性公理一被人们接受的。现在的问题是，这2支杠杆是否管用？如果不管用，除去先验以外，你是如何得知宇宙空间是三维的？这两支杠杆真的管用吗？例如我们居住的地球，从卫星上看，它是1个三维的椭球体，它与外部的天体仅有惟一的引力作用，符合上面的补充性“公理”，因此至少可以使用广义相对论的杠杆。后来人们发现，连续的地球半径在离地心3480千米处，被分成了两个运动学空间，内核的自转速度比地壳表面要更快些，地球如此，行星体如此，太阳如此，唯独卫星体和其它小星体没有；人们又检查了纽康系数，卫星体，纽康

系数为零，行星之间、行星和太阳之间纽康系数不为零。这意味着，除了卫星和其它小星体可以继续使用广义相对论的杠杆外。超出这一范围后，如果不对纽康系数进行修正，继续使用这样的杠杆就会得到错误的结论（它无法丈量反引力空间）。问题变得越来越多了。曾在比萨斜塔一显身手的自由落体实验，它曾为 Einstein 的“等效原理”立过功勋，细心的科学家从同时落地的物体中取出分子，再从中取出原子核和中子，把中子冷却后放进实验室的中子干涉仪里。结果发现，冷中子存在着反引力作用。就是说，如果继续使用这 2 支杠杆，就会出现，同 1 个中子，同在地球表面，既可表现为引力又可表现为反引力。人们又把目光转向太阳和太阳系，太阳是 1 个三维空间的大火球，它和被捆着的太阳系成员，在经过微小的纽康系数修正后，太阳系的运动服从开普勒规则（引力与作用距离平方成反比），它符合上面的补充性“公理”。然而太阳又在绕银心转动，人们发现太阳也好，作为邻居的比邻星也罢，它们的运动不再服从开普勒规则了，引力仅与作用距离一次方成反比，即银河系中的 $v(r)$ 值保持不变。并且还发现，太阳和比邻星之间，97.4% 的距离不是相互吸引，而是相互排斥的，它成了小星体的自由市场。换句话说，同一个太阳，如果上述两个限制性词句构成的补充性“公理”成立，广义相对论的杠杆继续可以使用的話，太阳同样成了一只既死又活的薛定谔猫。也就是说，要么两个补充性“公理”和广义相对论杠杆仅适用于卫星一类小星体，而不适用于大部分天体和宇宙的大部分空间，要么冷中子和地球及太阳可以在三维空间变成一只既死又活的薛定谔猫。这样的空间结构显然不是数学语言的杠杆可以单独丈量的，广义相对论的杠杆，也仅在对纽康系数修正后，能勉强使用到 0.055155 光年的范围。“引力场直接同空时度规性质发生关系，前面引入的 $g_{\mu\nu}$ 黎曼度规张量……一身而二任，既规定了四维空间在每点的度规性质，同时也表示了在各点的引力场”。“引力场是由什么产生的？回答自然是：物质产生引力场。这里的‘物质’是同‘引力场’对立而定义的，引力场以外的一切东西，都叫做物质”（倪光炯《近代物理》P83）。

由海森堡测不准原理给出了说法：认为物质可以在突然的能量起伏中从“空空间”出现，足够小的时空范围颇象个取之不尽的物质库，其多少可以无限制的借来暂用。相对论本身是几何学，但广义相对论包含了时空结构的演化规律，所以和场论有密切联系。场的传播速度是由时空的四元数结构决定的，这些正说明了场的时空本质，根据场的时空本质对海森堡测不准原理有了更深刻的认识，这是广义相对论的最伟大的发现和本质所在。

“天文学家们能够测量诸星系的质量，星系间的平均距离，以及它们的退行速度。把这些数字代进一个公式，就能得出一个数字，物理学家们已经把这个数字解释成宇宙的总能量了。这个数字在可观测的精度里确实是零！为什么会有这个结果？宇宙学家们长久以来一直迷惑不解。有些宇宙学家提出，有一个深藏不露的宇宙原理在起着作用，根据这一原理，宇宙的能量就得恰好为零。”【4】“宇宙的总能量刚好是零。宇宙的物质是由正能量构成的。然而，所有的物质都因引力而吸引。两块互相靠近的物质比两块分得很开的物质具有更少的能量，因为你必须消耗能量去克服把它们拉在一起的引力而将其分开。这样，在一定意义上，场具有负能量。在空间上大致一致的宇宙情形中，人们可以证明，这个负的引力能刚好抵消了物质所代表的正能量，所以宇宙总能量为零。”【5】“Einstein 的广义相对论保证，宇宙中所有物质和运动具有的总的正能量精确地被宇宙中引力产生的负势能之和所平衡，总能量为零。”【6】

“一个孤立系的总能量 E 不可能改变”【7】物理学家卡西米尔发现真空中两个平行导体板之间会出现负的能量密度，并预言这样一对导体板之间存在微弱的相互作用，后来这个预言被实验证实，从而为负能量的存在提供了直接证据。

1999 年，霍金在剑桥大学的一次演讲中预言，将会以数学的形式发现一种“适用于一切事物的理论”。他还说：“要想发现这种适用于一切事物的理论，我们将在很大程度上依赖于数学的美感和确定性。”“他表示‘深信’，所谓的一切事物理论——某种数学‘圣杯’——将会在今后 100 年内被发现，甚至有可能在今后 20 年内被发现。”【8】江正杰先生认为超越相对论有两条基本思路：（一）是对 Einstein 相对论的原初形态及相对论效应进行新的物理解释。（二）是建立在新的基本假定基础上的物理理论，使之能包含相对论的全部结论。

“当我力图在狭义相对论的框子里把引力表示出来的时候，我才完全明白，狭义相对论不过是必然发展过程的第一步。”【9】因为在真实即现实的物理世界中“不存在空虚空间这种东西，即不存在没有场的空间。”【10】——空间是“场”！爱因斯坦把许多物理性质包括惯性都归结为单一的场的性质。牛顿在《自然哲学的数学原理》一书中指出，只有进行更多的关于以太的实验才能够掌握重力、磁力、静电力的根本规律【11】，随后法拉第提出了“磁场弹力说”，而爱因斯坦在接受了“或者以太随着地球一起运动”【12】这一判断之后通过广义相对论描述出了动体周边类似于空间的物质弯曲成的重力场，以及场论学家们借用数学工具和场概念随后表明了空间中具有能量的存在。

19 世纪、20 世纪物理学最成功的发现是相对 space-time（场）的发现，正如 Einstein 所讲的：“Faraday

和 Maxwell 的 electric field 理论摆脱了这种不能令人满意的状况,这大概是从 Newton 时代以来物理学的基础所经历的最深刻的变化。” Einstein 常常把相对论称为场论,也说明了这一点。在经典物理学中对于一个物体的动能的测量值不同的观察者测量的结果可以是不同的,那么能量为何有差异?笔者认为主要是时空参与了能量交换,场对于一切有质量的物质都会产生吸引作用,可以说场的符号为负,与物质的质量符号相反,场即是负能量物质,它的空间为负。在较强的场中时间会发生膨胀,引力增强,时间也增多延长【13】。

现代物理学认为,时间——空间结构在 Planck 长度的极小尺度下会有基本改变,也表明了场的 space-time 本质。由于场的本质是 space-time,因此能量是物质与 space-time 的相互作用。从场角度与 space-time 角度研究引力质量间的作用力得到的结论一致,万有引力定律是广义相对论的一级近似。由于场的本质是相对 space-time,因此倘若考虑到相对 space-time 的分离速度为光速,物理学中超距作用从 space-time 角度考虑作用力与从场的观点得到的结论一致。场是 space-time 弯曲的表现形式,因为:其一,存在等效原理。即惯性质量与引力质量相等,质点的运动轨迹只与初始条件有关而与引力质量毫无关系,在弯曲 space-time 中自由质点的运动轨迹是测地线,其测地线也只与初始条件有关而与引力质量毫无关系。而质点在其它任何形式的力场中运动均没有这种效应。其二,若把相对某天体静止的参考系看成是惯性系,在其场中的局域 space-time 内,总可以找到相对该天体运动的非惯性系,用惯性力抵消引力,则其非惯性系成为局部惯性系。在弯曲 space-time 中,任何一个 space-time 点的足够小的邻域,均可认为近似存在统一的空间,它是平直的。相应 space-time 流形上的坐标近似可看成局域平直空间的曲线坐标,从而等价于某个局域非惯性系。其惯性力“相当”于引力,自然存在某一类坐标 transformation,相当于局部惯性系的 transformation,使局域曲线坐标变成闵氏空间的仿射坐标,其局域仿射坐标所对应的参考系即是局部惯性系,在这个参考系中其引力效应全部消失。【14】

现代物理学认为场不等价于弯曲 space-time,原因在于把场建立在平直的 Minkowski 空间且独立于其空间的物理场,它们的存在对 space-time 结构没有任何影响,或影响全可忽略。而弯曲 space-time 是 space-time 结构的自身改变,本质上异于平直的 Minkowski 空间上的物理场。其次,场中的局部惯性系能抹掉引力的一切效应,而在弯曲 space-time 中的局部惯性系并不能严格作到这一点。如在场中的局部惯性系里,检验其惯性系的自由质点的速度,原则上没有任何限制,而在弯曲 space-time 的局部惯性系里,检验其惯性系的自由质点的速度,要远远小于光速。其实场的存在将改变 space-time 中各点的相对位置,不可能独立于其空间,平直的 Minkowski 空间是绝对 space-time,场与弯曲 space-time 本质上是统一的。根据 Lorentz transformation 在场中运动的质点其引力质量随着速度的增加而增加,达到光速是为无穷大,因此在场中的局部惯性系里,检验其惯性系的自由质点的速度,也不可能超过光速。场的深入的研究必须把 Euclid 几何(抛物几何)与罗氏几何(双曲几何)、Riemann 几何(椭圆几何)统一用射影几何研究。两质粒间的场效应(感应)传播所需时间仅与起传点至到达点的空间距离有关(与传播过程中质粒间因相对运动发生距离变化并不矛盾),而

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

与质粒间相对运动速度无关,且在真空中的传播速度为常数 $\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}$ (ϵ_0 、 μ_0 分别为真空介电常数和真空磁导率),数值上等于光速。场效应的传播速度独立特性充分证明了空间的客观性、均匀性。引力场直接同空时度规性质发生关系,前面引入的 $g_{\mu\nu}$ 黎曼度规张量……一身而二任,既规定了四维空间在每点的度规性质,同时也表示了在各点的引力场,【2】在广义相对论中,弯曲时空本身就是引力场。【3】爱因斯坦讲:“古代的几何学家所研究的是概念上的东西(直线、点、面),并没有真正研究到空间本身。”

现在,假设真空中一个不旋转,不带电荷,体积有限,球型对称且密度均衡的理想试验物体,以及两位虚拟的观测者,进行一次坐标转换的试验。第一位观测者相对试验物体是静止的,没有任何其它参照系,也没有其它引力场的影响。假设观测者的存在与否不对试验物体产生任何影响。测量结果使观测者得到了物体的质量、体积、不旋转、不带电荷等属性。他还计算了物体表面及周围因物体惯性质量而存在的引力场的情况。他要是懂得广义相对论,就可以得到物体表面及周围时空曲率的表达式。他也可以用质能方程 $E=MC^2$ 来计算物体的总能量。但因为没有任何参照系,他不知道物体的运动状况。他得到这些情况后就离开了。

第一个观测者离开之后,一个外力作用于物体之上,段时间之后,外力撤销。这时,第二个观测者出现了。同样假设这位观测者的存在与否不对试验物体产生任何影响,他相对于物体是静止的,也没有任何的参照系,没有其它引力场的存在。第二位观测者对物体进行同样的测量。他得到一组数据,质量,体积,不带电荷,不旋转等等,他也计算物体表面及四周引力场的情况,也知道时空弯曲的情况。

根据能量守恒原理,因为有外力的作用,因此试验物体的总能量肯定发生了变化,设为 ΔE 。因此,物体的惯性质量也会改变, $\Delta E = \Delta MC^2$ 。又根据广义相对论,物体的惯性质量使时空弯曲,现在惯性质量变

了，物体表面及四周的时空曲率也必然改变。这些改变均相对于第一位感测者得到的数据而言。在外力发生作用时，这些数据就改变了。设惯性质量与时空曲率的关系式为： $g=M/R^2$ ，与地球引力加速度的表达式一样。如果用微分几何方程式 $ds^2=\sum g_{ik}dx^i dx^k$ 来表达，则 g_{ik} 为一个张量，在球型对称的时空弯曲中，同一球面的 g_{ik} 在数值上是相同的，方向不同，因此，可以用 $g=M/R^2$ 来简化计算。在上面的实验中， g 的变化量为 $\Delta g=\Delta M/R^2=\Delta E/R^2 C^2$ ， R 为物体表面的球面半径， Δg 为物体表面时空曲率变化量。

现在的问题是：物体受外力作用时，到底先改变了物体的惯性质量，从而改变时空曲率，还是先改变时空曲率再改变了物体的惯性质量？

我们并不能确定，惯性质量与时空弯曲之间是否是因果关系，我们所知道的只是能量的变化。因此，可以这样认为，物质和它周围的时空，根本就是不可以分割开来的。抛开时空去讨论物质的物理规律或抛开物质去讨论时空的几何性质都是片面的。因为我们不知道，是时空曲率的改变从而改变了物质的惯性度量，还是物质的惯性质量改变导致了时空度量的改变。把这个问题与能量关联到一起，就成了这样的问题：是弯曲的时空改变曲率抵消了能量的变化，还是物体惯性质量的改变抵消了能量的改变？我们无从区分。于是，根据等效的原则，得出这样的结论：弯曲的时空蕴含能量。曲率的变化会吸收或释放能量，并通过与之紧密相连的物质表现出来。将时空弯曲直接与能量联系起来，物质成为这一关联的载体，或者叫表现形式。（想起弹簧没有？）时空和能量成了宇宙的主角。这样好像不太习惯，但仔细想，一切物理现象均在时空中发生，均涉及能量的变化，如果抛开时空来研究物理规律，是不全面的，只有将时空变化放到物理现象中一起来研究，才更合理。把上面的结论反过来，将得到一个更重要的结果：如果平直的时空产生扰动，从而有时空曲率的变化，就会有能量的产生，而代表能量的物质，或者说能量的载体，物质就会产生。也就是说，能量和物质会从平直时空的扰动中，凭空产生，而总体上，能量依旧保持平衡。那么，现今的宇宙完全可以从平直时空的扰动开始，慢慢演化成现在的样子。时空和物质的存在是自洽的，不存在大爆炸这样一个奇怪的起始点。

现代基本粒子理论中质量量纲为 space-time 量纲的倒数也说明了场的 space-time 本质的观点是正确的。根据能量是物质与 space-time 的相互作用与 space-time 平权理论，可以进一步将质量守恒定律与 space-time 守恒定律统一为 law of conservation of energy，进而把 law of conservation of energy 与动量守恒定律结合在一起。注：本文中的场其实是引力与弱相互作用的合力激发的场。

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》百花洲文艺出版社 1995 年 3 月第 1 版 第 3 次印刷。
- 【2】倪光炯 李洪芳 著近代物理 上海科术出版社 1979 年。
- 【3】郭汉英 空间、时间和宇宙理论面临挑战 《科学文化评论》（双月刊）2004 年 1 月（56 卷 1 期）。
- 【4】保罗·戴维斯 上帝与新物理学 [M]。湖南：湖南科学技术出版社，2003.10。
- 【5】史蒂芬·霍金。时间简史 [M]。湖南：湖南科学技术出版社，2002.2。
- 【6】约翰·D·巴罗 无之书 [M]。上海：上海科技教育出版社，2003.6。
- 【7】哈里德 物理学基础 [M]。北京：机械工业出版社 2005.8。
- 【8】《霍金再谈人类的未来[N]。参考消息，1999.3.15。
- 【9】《爱因斯坦文集》商务印书馆，1977 年，第一集，第 28 页。
- 【10】爱因斯坦文集》第一集，第 558 页。
- 【11】牛顿,自然哲学的数学原理,中文第三版,6、651。
- 【12】I. Asimov: 'S GUIDE TO SCIENCE, Basic Books, Inc., New York, 1972; 何笑松等译,北京科学出版社,第 2 板,1979,150~160。
- 【13】泡利,相对论,上海科学技术出版社(1979), 205。
- 【14】Einstein 著 方在庆 韩文博 何维国 译。《Einstein 晚年文集》海南出版社 2000 年 3 月第 1 版。

5、广义相对论与马赫原理关系一窥

1913年，爱因斯坦在创立广义相对论之后，在给马赫的一封信中说：“如果（广义相对论）真正站得住，那末，您对力学基础所作的天才研究，将不顾普朗克的不公正的批评而得到光辉的证实。因为完全按照您对牛顿水桶实验的批判，一个必然的后果是：惯性来源于物体的一种相互作用。”

尽管爱因斯坦的广义相对论取得了辉煌的成功，但加速参照系中惯性力的起源仍然是一个迷。牛顿曾通过水桶实验试图证明加速运动是绝对的，他认为水面变凹是由于水相对于绝对空间的旋转所导致。马赫则否

认绝对空间的存在，他认为一切运动（包括加速运动）都应当是相对的。对于牛顿水桶实验，马赫认为导致水面变凹的惯性离心力是由于水相对于地球和其他天体做相对转动而产生的。这暗示惯性离心力是由宇宙中其他物质（如遥远星系）对物体的引力产生的。在此基础上，爱因斯坦曾提出马赫原理，即一切物体的惯性效应都来自宇宙空间中物质做相对加速运动时的引力作用 T 。根据这一原理，惯性力本质上就是引力，惯性现象都是由物质间的引力作用所产生的。然而，现有实验尚未发现马赫原理所预言的结果。此外，惯性力的瞬时性与引力的有限传播特性似乎也不相容，因此，利用引力似乎无法解释惯性力。尤其是，马赫原理与广义相对论实际上并不一致 PT 。例如，对于只包含一个实验质点的宇宙，广义相对论的场方程（即使包含宇宙常数项）仍然有解，而且当实验质点做加速运动时，加速坐标变换仍将给出惯性力；而根据马赫原理将不存在惯性力，因为没有产生它的遥远星系。此外，人们对转动空壳内的引力场的分析也显示，不仅存在通常的惯性离心力，还存在与此径向力具有相同数量级的轴向力。这也与马赫原理不一致。

那么，马赫原理是否正确呢？如果马赫原理是正确的，那么必须修正广义相对论来满足这条原理；而如果马赫原理不正确，那么我们似乎又得回到运动的绝对性，而这无疑违反了广义相对论的初衷。面对马赫原理与广义相对论的不和，爱因斯坦后来对它失去了热情，并且在晚年曾断言，“人们根本用不着再谈马赫原理了。”然而，事实并非如此。原因在于，广义相对论只是说惯性力与引力的所有物理效应都是不可区分的，但它并没有回答惯性力的起源问题。而马赫原理则正是对这一问题的进一步探索，它直指惯性力的本质！因此，对马赫原理的深入研究是十分必要的。

从逻辑上分析，如果两种力的所有物理效应都是相同的，那么这两种力应当具有相同的本质，或者说，它们应当是同一种力。因此，广义相对论所基于的等效原理事实上已经隐含了惯性力就是引力。然而，广义相对论并没有给出惯性力起源于引力的具体机制。实际上，它的场方程不能导出惯性离心力来自于遥远星系对转动物体的引力（不一定直接来自遥远星系？！），或者说，广义相对论并不能得出“惯性力即引力”的结果。这似乎暗示了广义相对论在逻辑上是不一致的，由前提得出的结果竟然不符合前提！问题似乎出在等效原理的绝对有效性上。如果等效原理是近似有效的，那么惯性力不必来自引力，至少不必完全来自引力。这样，近似正确的广义相对论不能得出“惯性力即引力”的结果也是合理的。实际上，考虑到时空的分立性，关于马赫原理与相对论的关系可以用著名物理学家 $R\cdot H$ 迪克的下面一段话来概括：“空间的几何和惯性性质对空虚空间是无意义的观点，空间的物理性质根源于它所包含的物质的观点，以及一个粒子的唯一有意义的运动是相对于宇宙中其他物质的运动的观点，从未在物理理论中找到其完全的表述。这个图像是旧的，它可以追溯到见克莱主教”和马赫的著作中。这些思想在广义相对论中找到了有限的表述，但是必须承认，虽然在广义相对论中空间几何受物体分布的影响，但几何不由该分布唯一地决定。

如果惯性起源于物体与遥远星系之间的相互作用，那么将不得不求助于似乎非物理的超前波，即向过去以光速传播的波 T 。最后我们指出，即使（静止）质量起源于希格斯机制，我们仍需解释质量产生惯性的原因，即为什么质量具有抵抗加速度的惯性？或者说，为什么具有质量的物体在加速时会受到惯性力？惯性的起源仍将是一个谜！它来自最平凡的事实，但却是如此深邃、神秘。

物理学的每一重大进展都更进一步地揭示了绝对空间与有质量的粒子发生相互作用时所产生的丰富的物理效应，即所谓狭义相对论效应、广义相对论效应、真空效应等，因而物理学的每一重大进展都事实上向绝对空间存在的证明更近了一步，Einstein晚年明确宣布放弃马赫原理，并承认他未战胜牛顿的绝对空间概念。

6、广义相对论与以太

(1) 广义相对论与以太

1920年，他在专题演讲“以太和相对论”中曾指出：“依照广义相对论，一个没有以太的空间是不可思议的。因为，在这样一种空间里，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。但是，又不可认为，这种以太会具有那些为重媒质所特有的性质，也不可认为，它是那些能够随时间追踪下去的粒子所组成的，而且也不可把运动概念用于以太。”在这里，Einstein既指出以太的存在性，又对以太的性质提出了看法：1、以太是光的传播媒介。2、长度和时间的标准由以太决定。3、以太不同于一般的有质量的实物（重媒质）。4、以太不能用相对论时空观进行描述——他实际上是把以太（物理真空）描述成了四维时空连续体，而用相对论的时空观去描述相对论的四维时空连续体。Einstein本人对以太论的心态是很矛盾的，他既意识到以太的存在，又搞不清它的真面目。1952年，Einstein在《狭义与广义相对论浅说》的序言中补充说：“空间-时间未必是一种可以认为离开物理实在的实际客体而独立存在的东西。物理客体不是在空间之中，而是这些客体有着空间的广延性。这样，‘空虚空间’这概念就失去了它的意义。”

通俗著作《狭义与广义相对论浅说》（1916年原版）推出第15版之际，Einstein结合对于相对论的历

史性总结，把自己晚年对于时空问题的新见解及其新思路，补写到一个新的附录即附录五《相对论与空间问题》之中。Einstein 特别提出：“在这个附录中阐述了我大体上对空间问题以及对我们的空间观如何在相对论观点影响下逐渐改变的看法。我想说明，空间一时间未必能看作是可以脱离物质世界的真实客体而独立存在的东西。并不是物体存在于空间中，而是这些物体具有空间广延性。这样看来，关于‘一无所有的空间’的概念就失去了意义。”【1】

1952年，Einstein 在《狭义与广义相对论浅说》的序言中补充说：“空间-时间未必是一种可以认为离开物理实在的实际客体而独立存在的东西。物理客体不是在空间之中，而是这些客体有着空间的广延性。这样，‘空虚空间’这概念就失去了它的意义。”实际上，Einstein 并不否定真空的物质性。不过，他认为，应该用“场”来替代以太。他说：“为了揭示笛卡尔观念的真正内核，就要求把场的观念作为实在的代表……‘没有场的空间是不存在的’。”时空弯曲与引力场是等价的。在牛顿的理论中时空只是讨论问题的一个参数，但是在广义相对论中是客观存在的。

Einstein 在晚年，力图想纠正自己理论中的偏见，他意识到，时空并非实体。他曾说——“物理客体有着空间的广延性”。这里所谓的“空间的广延性”，本质上就是用易学揭示的与物质世界共存的反物质世界。这是一个对物质世界进行平衡和自组的“形上”世界。【4】相对论加强了场的概念在物理学中的重要性，使时间与空间联姻。在广义相对论中，他认为空间的性质应由“物质的分布”来决定，实物体可以“弯曲”周围的空间。这些都显然与前面的空虚空间的定义相矛盾。空间既然一无所有，那它就不可能具有象物质一样的性质。还有，如果空间中真的一无所所有，那么各实物体就成了一个个的孤立个体，彼此间互相隔绝，互不相关。Einstein 讲：“可以假定有以太存在。只是必须不再认为它有确定的运动状态，也就是说，必须抽掉洛伦兹给它留下的那个最后的力学特征。”“狭义相对论不允许我们假定以太是由那些可以随时追踪下去的粒子所组成的，但是以太假说本身同狭义相对论并不抵触。”【5】

Einstein 在以太问题上也曾犹豫不定，他在题为《以太和相对性原理》的讲演中说：“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。但是，又不可认为，这种以太会具有那些为重媒质所特有的性质，也不可认为，它是那些能够随时间追踪下去的粒子所组成的，而且也不可把运动概念用于以太。”他甚至说到：“至于这种新以太在未来物理学的世界图象中注定要起的作用，我们现在还不清楚。”现在，面对宇宙背景辐射等实验事实，许多著名物理学家都认为应当恢复以太假设。伯格曼认为，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事实，即找到了我们太阳系的绝对运动。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。

Einstein 说：“马赫思想在广义相对论的以太中得到了充分的发展。根据这种理论，在各个分开的时空的附近，时空连续区的度规性质是各不相同的，并且共同取决于该区域之外存在的全部物质。……广义相对论的以太是这样一种媒质，它本身完全没有一切力学和运动学的性质，但它却参与力学（和电磁学）事件的决定。”Einstein 进一步认为：“更加精确的考察表明，狭义相对论并不一定要求否定以太，可以假定有以太存在；只是必须不再认为它有确定的运动状态，也就是必须丢掉洛伦兹给它留下的那个最后的力学特征。”按相对论宇宙学真空具有负密度，从引力场方程拉姆达项已计算出来了。

Einstein 曾说过（Einstein 文集，第一卷，“以太和相对论”p128-129）：“依照广义相对论，空间已被赋予物理性质，因此，在这种意义上说，存在着一种以太。在这里，Einstein 既指出以太是存在的，又对以太的性质提出了看法：1、以太是光的传播媒介。2、量杆和时钟（长度和时间的标准）由以太决定。3、以太不同于一般的有质量的实物（重媒质）。4、以太不能用相对论时空观进行描述。

现代物理探索中，真空的以太组成一直是许多人挥之不去的思想，Einstein 认为：相对论虽然也抛开了真空以太，这是因为不能把电磁场解释成以太状态而逼着这样做的；把场作为独立的物理实在，这是客观存在的二元论。他进一步说：“我们希望后代将能克服这个二元论概念”，“从而不再视场为独立的物理实在”，还说“理论物理决不能没有以太”。真空 V_0 作为新以太，它的存在是不同于现实世界的全新领域，遵循的规律也一定不会与现实世界物质存在的机械规律相同；如原子中价电子做变速运动不满足经典电磁理论的辐射规律一样，真空中源于 V^0 的组成也可以不满足机械运动规律，不会发生可观测的漂移，迈克尔逊和莫雷等人自然也就不会观测到漂移速度，当然这也有可能完全不对电磁波的传播产生任何影响。具有机械特征的真空以太确实并不存在，但要真空由自身的客体单元组成做否定判定，上述历史上的两个理由并不充分。

（2）爱因斯坦论述场与以太的关系

Einstein曾经讲过：“我一生的主要工作：结合对空间、时间和引力的新认识，创立相对论；提出质能等价定律和统一场论（未完成）；对量子论发展的贡献。相对论是从场的问题上兴起的。场是从牛顿时代以来最重要的发明。实物可以看作是场特别强的一些区域，因而，场是唯一的实在【6】。”

在1938年，Einstein与英费尔德合著的《物理学的进化》中有一段话：“我们力图发现以太的性质，但一切努力都引起了困难和矛盾。经过这么多的失败以后，现在应该是完全丢开以太的时候了，以后也不要提起它的名字了。我们说，空间有传播电磁波的性质。”在这字里行间，流露了他内心的无奈。为了应对这一无奈，他搬出了“场”的观念。在“相对论和空间问题”一文中，他说“当笛卡尔相信他必须排除空虚空间的存在时，他离开真理并不怎么远……为了揭示笛卡尔观念的真正的内核，就要求把场的观念作为实在的代表，并同广义相对性原理结合在一起；‘没有场’的空间是不存在的。”（《Einstein文集》第1卷，558页。）“最近Einstein引伸了以太这个概念。它不应再被认为是一种实物，只不过是跟真空相联系的那些物理量的总和。”

【3】

实际上，Einstein并不否定真空的物质性。不过，他认为，应该用“场”来替代以太。他说：“为了揭示笛卡尔观念的真正内核，就要求把场的观念作为实在的代表……‘没有场的空间是不存在的’。”

（3）现代物理学对于以太的看法

相对论的先驱者洛仑兹认为，除了相对论时间外，还应该存在一种“真实”的时间（True Time）。作为洛仑兹时间观的表述，一种推广伽利略变换的时间，它对应于宇宙的格林尼治时间。当采用这种时间定义时，同时性是绝对的，其时间箭头都是正向的。洛仑兹在世纪之交虽然积极参与了物理学的几个前沿领域，却极力设法修补旧理论，总想在不触犯经典理论框架的前提下把力学和电动力学调节器结合起来。但是，1887年迈克尔逊实验否定了为电磁理论所要求的菲涅耳的静止以太说，使电磁力学的基础受到了冲击。洛仑兹为此而郁郁不乐，他于1892年写信给瑞利说：“我现在简直不知道怎样才能摆脱这个矛盾。不过我仍然相信，如果我们不得不抛弃菲涅耳的理论，……我们就根本不会有一个合适的理论了”。……直到晚年，他还认为以太是具有一定优点的概念。据玻恩回忆说：“我在洛仑兹逝世前几年看望他时，他对相对论的怀疑态度没有改变。”据板田昌一讲，洛仑兹面对波粒二象性的新概念，曾绝望地哀叹：“在今天，人们提出了和昨天所说的绝然相反的主张。这样一来，已经没有真理的标准了，也不知道科学是什么了，我真后悔我未能在这些矛盾出现前五年死去。”

玻耳兹曼直到1902年还公开宣称：“力学是整个理论物理大厦赖以建立的基础，是所有其他科学分枝赖以产生的根源。”迈克尔逊设计试验的目的是为了证明“以太”的存在，可是事与愿违。为此他非常失望，以至于试验没按原计划完成，而是草草收场。他至死（1931年）还念念不忘“可爱的以太”。J.J.汤姆生在1909年宣称：“以太并不是思辩哲学家异想天开的创造，对我们来说，就象我们呼吸空气一样不可缺少。”

科学史上有这样一种现象，即某些科学概念在特定的场合里被提出，后来被否定，之后又在新的场合里复出，且复出后的概念往往具有更深刻的含义，并会对相关科学领域的发展起重要作用。1970年狄拉克指出：“以太观念并没有死掉，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。”美籍物理学家张操说：“……现代物理学一方面否定以太的存在，另一方面却引入了物理真空的概念。其实，‘物理真空’仅是以太的一个代名词。‘物理真空’这个术语很容易被人误解为虚空，并与空间概念相混淆。所以，笔者宁愿采用19世纪的物理学常用的术语‘以太’来代替‘物理真空’。”【2】

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。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。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，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。”

广义相对论中的度规场就是以太：分析到最后，否定以太存在就是否定空的空间有任何物理性质；广义相对论的以太是经过洛仑兹以太的相对论化而导出的，它应该作为惯性作用的介质而起作用。”牛顿的绝对空间概念并没有被物理学至今为止的发展所驳倒，物理学的每一重大进展都更进一步地揭示了绝对空间与有质量的粒子发生相互作用时所产生的丰富的物理效应，即所谓狭义相对论效应、广义相对论效应、真空效应等。

时空不是独立的存在，时空是物质的时空，时空是物质世界的表象，物质本体改变了，其表象必随其变。空间与时间在表述物质时，各有侧重：空间侧重于表述物质相对静止的状态，时间侧重于表述物质相对变动的过程。物质的存在是相对变动中的存在，静止是变动中相对的静止，从这一角度可以认为：物质是变动与静止的统一体，是时间和空间的统一体。

笔者认为Einstein广义相对论中所说的以太就是绝对时空——引力场。

参考文献:

- 【1】《狭义与广义相对论浅说》第15版, Einstein 著, 上海科学技术出版社1964年版本。
 【2】张操, 物理时空探讨, 香港, 华夏文化出版有限公司, 2005, P5。
 【3】泡利 著 《相对论》。
 【4】Einstein 著 方在庆 韩文博 何维国 译。《Einstein 晚年文集》海南出版社2000年3月第1版
 【5】许良英, 范岱年编译:《Einstein 文集》, 第1卷, 商务印书馆(1976)120。
 【6】Einstein, 英费尔德。物理的进化。上海科学技术出版社, 1962.178~181。

7、时空的绝对性

1954年, Einstein 讲: 我认为非常可能, 物理学不能建立在场的概念上。如果是这样, 那么, 我的全部空中楼阁(包括引力理论在内), 甚至连其他现代的物理理论也一样, 将荡然无存【8】。如果以场作为基本概念的客观描述是不可能的话, 那么, 就得找到一种完全避免连续统(连同空间和时间)的可能性。但是, 这样一种理论中可以使用什么样的基本概念, 我没有一丁点主见【9】。在1953年的《M-雅梅的〈空间概念〉序》一文中, 爱因斯坦说: “需要经历一场严酷的斗争, 才得到了为理论发展所必需的独立的和绝对的空间概念。以后要克服这种概念, 仍然也需要作同样顽强的努力——这一过程, 大概远还没有完结。没有一个人会肯定地认为牛顿的伟大创造会真正地被这种或其他任何一种理论所代替。他的清晰和广阔的观念作为我们已经建立的现代物理学观念的基础将永远保持它们的意义。”

任何场都具有一定的时间和空间, 所以说, 场是由物质构成的, 而场具有使物质运动的能力, 只有一个原因就是构成场的物质分布不均匀。也就是说, 场是由于构成场的物质在有的地方密度大即能量大, 而有的地方密度小即能量小形成的。相对论时空观是一种物质依托性的时空观, 它由真空所造就, 要弄清它的实质, 应从真空入手。绝对时空观是一种科学抽象性的时空观, 它不依托任何物质。在绝对时空观中, 真空态的物质是存在于时空中的一种可压缩的超流体。绝对时空观是第一性的; 相对论时空观是通过变换实现的, 是第二性的。总的说来, 相对论时空观有一定的局限性, 但在人类现有的认识范围中, 它是定量描述的基础。不过, 它不能有效地描述真空, 对此必须结合绝对时空观作定性描述。场论真空结构和性质的研究具有重要意义, 真空具有许多效应, 如反映真空具有零点能的 Casimir 效应、真空极化导致兰姆移动、激态原子与真空零点能作用导致原子自发辐射等。真空作为量子场的基态, 具有普适的对称性。

第一个物理的宇宙模型是 Einstein 在1917年提出的, 当时人们对宇宙的整体面貌还完全没有了解, 他主要凭直觉提出了宇宙学原理——宇宙物质在空间上是均匀的和各向同性的。爱因斯坦说: “战胜绝对空间概念, 亦即战胜惯性系概念之所以成为可能, 只是因为场的概念逐渐代替了物质实体的概念, 而成为物理学的基本概念。在法拉第和麦克斯韦思想影响下, 发展了这样的想法, 认为整个物理实在大概能被表示为这样的一种场, 它的分量取决于四个空间、时间参数。如果这种场的定律是广义协变的, 也就是说, 如果它们是同坐标系的特殊选择无关, 那末, 独立的(绝对的)空间的引用就不再是必要的了。构成实在的空间特征的, 因而也就不不过是场的四维性而已。因此, 不存在什么‘空虚的’空间, 也就是说, 没有场的空间是不存在的。”因为根据广义相对论, 不是物质存在于空间和时间之中, 而是物质具有空间和时间的广延性, 引力场可以使 space-time 发生变化, 但是运用光学或射电望远镜会发现, 除了一些局部的聚集外, 星系大体均匀分布于整个空间, 宇宙在非常大的尺度下显得相当均匀。【3】考虑直径为 λ 的球形区。把宇宙的不均匀性完全抹平后, 这球区内质量为 M 。在不均匀的实际宇宙中, 这区内的质量记为 $M + \delta M$, δM 反映它对均匀背景的偏离。显然不同地方有不同的偏离大小。对全宇宙讲, δM 的平均值必定为 0。因此我们应当把各处的 δM 平方后再做平均, 得到 $\langle \delta M^2 \rangle$, 它表示整个宇宙偏离均匀的程度, 现在天文学观测证实 $\langle \delta M^2 \rangle$ 值随 λ 的增大而减小, 这就是宇观地均匀的证据, 它是实际宇宙的一个合理的近似描写。所以整个宇宙形成的绝对空间是平直的 Galileo、Minkowski 空间, 绝对时间意味着中性时间(流速均匀), 绝对空间对所有事物的作用是相同的, 这表现了空间的绝对性, 从某种意义上说, 这是 Newton 空间的复活【1】。

从原理上看, 广义相对论的引力理论同 Newton 的理论全然不同。但其实际结果又如此接近, 以致很难找到经验能及的标准来区别它们。、、作为自然哲学领域中整个现代观念的结构的基础, 其伟大而清晰的思想将始终保持其独特的意义。【2】但是它与 Newton 的绝对 space-time 观不完全一致, 在这里时间与空间有联系, 而且 space-time 与外界事物密切联系。现代物理学认为, 如果质量——能量必须存在某处的话, 那么应该处于这个平坦的空的时空中——一个完全没有任何种类的物质和场的区域(笔者注: 绝对 space-time)。

【4】

很多学者相信, 哥德尔所给出的广义相对论旋转宇宙模型表明时空的确具有绝对性, 宇宙可以绕着自己的时空框架旋转不息, 绝对空间和绝对时间的幽灵仍然萦绕于广义相对论的理论内核中。即使否定牛顿的全

域静止的绝对时空会在广义相对论中出现,相对于一组定域惯性系的绝对加速和绝对转动确实存在。这里的绝对时空恰好是因为旋转宇宙在无限远处的度规不同于惯性时空度规的渐近平坦性而被识别出来的。哥德尔解需要非零的宇宙常数,具有空间均匀性而不具备各向同性,出现了封闭的类时线,物质在这些宇宙中相对于局部惯性框架旋转等特点。不少学者怀疑哥德尔解的物理真实性, Einstein 在怀疑的同时指出哥德尔解重视对时间概念的深入分析,并且注意到在哥德尔的新解中,对于按宇宙论意义隔得很远的世界点而言,早迟之分(过去,现在和未来的差别)被抛弃了。Newton 认为 space-time 与外界事物、时间与空间无关的观点具有一定的局限性,而且它们相互之间是矛盾的,既然绝对空间是不动的,为何相对空间又是可动的部分? Newton 没有真正认识观测者的时空尺度的真正含义,他在观测其它物体变化的同时完全忽视了观测者自身物质变化。观测者的时空尺度就是其“自身”,其在对别的物质观测的同时会以自身作为直接或间接的参照系进行对。认为时空尺度是凌驾于物质运作之外的东西,无疑等同于将自身凌驾物质运作之外。

在美国,以怀特海为先驱的过程哲学学派有着广泛的影响。过程哲学学派认为,世界即过程,过程由事件构成,事件表现出有秩序连续性。怀特海的世界模式仍然服从相对论的光锥要求,即形成有秩序连续序列的只是类时分离事件而不包括类空分离事件。远距关联实验(即贝尔不等式的实验检验)揭示了类空分离事件存在着因果联系,因此,它们也应当具有绝对的(与参考系无关的)先后次序。许仲平从四维对称标架中钟系的校准过程分析时间,指出相对论时间并不是唯一可能的,他提出了一种具有普适时间($t' = t$)的理论。在现代物理学的最新实验事实和理论思维成果之中,我们应当选取哪些事实作为探索新 space-time 理论的逻辑起点呢?

众所周知,狭义相对论确立了时间和同时性的相对性概念。但是宇宙背景辐射提供了一个优越的参考系,它可以用来确定时间的绝对次序。对此,哈肯指出:“在某种意义上讲,这个新的绝对空间导致了一个有趣的时间概念。……在狭义相对论中,作任意运动的不同观察者不可能找到一个共同的时间,而宇宙漂泊的观察者却经历着一个宇宙的或者说普适的时间。”

我们对于物理学基本概念的分析表明:绝对空间这一最基本的物理概念不仅没有被物理学至今为止的发展所抛弃,相反,却越来越接近于被证明。由于绝对空间在物理学中起着至关重要的作用,具有丰富的物理性质,我们不得不将其视为一个独立的物理实在。任何将绝对空间等同于一无所有的虚空的观点在物理学上都是不可思议的。

我们对于物理学基本概念的分析表明:绝对空间这一最基本的物理概念不仅没有被物理学至今为止的发展所抛弃,相反,却越来越接近于被证明。由于绝对空间在物理学中起着至关重要的作用,具有丰富的物理性质,我们不得不将其视为一个独立的物理实在。任何将绝对空间等同于一无所有的虚空的观点在物理学上都是不可思议的。但是,至今为止我们对绝对空间这一实在到底是什么还没有确定的认识,对其物理性质我们通常是在真空的概念之下进行探讨,并且视真空为某种基态的量子场,但这种场又不能确定地认为是某种我们已经可以确定把握和描述的场。我们只是就其作为一个物理实在的意义上将其看作是场,它与所有已知的场在物理性质上没有什么共同之处。任何已知场(如电磁场、引力场等)都有明显的动力学效应,而真空场的基本物理效应是惯性;已知场是运动的,但真空场本身却没有明显可描述的运动特性。声名卓著的开尔芬就十分热衷于构造以太的力学模型。他在 1884 年宣称:“在我没有给一种事物建立起一个力学模型,我是永远也不会满足的。”1890 年,他提出电效应是由以太的平动引起的,磁现象是由以太的转动引起的,而光是却是由以太波动式的振动引起的。

到 20 世纪中期以后,人们又逐渐认识到真空并非是绝对的空,那里存在着不断的涨落过程(虚粒子的产生以及随后的湮没)。这种真空涨落是相互作用着的场的一种量子效应。今天,理论物理学家进一步发现,真空具有更复杂的性质。真空态代表场的基态,它是简并的,实际的真空是这些简并态中的某一特定状态。目前粒子物理中所观察到的许多对称性的破坏,就是真空的这种特殊的“取向”所引起的。在这种观点上建立的弱相互作用和电磁相互作用的电弱统一理论已获得很大的成功。这样看来,机械的以太论虽然死亡了,但以太概念的某些精神(不存在超距作用,不存在绝对空虚意义上的真空)仍然活着,并具有旺盛的生命力。

时空弯曲与引力场是等价的。在牛顿的理论中时空只是讨论问题的一个参数,但是在广义相对论中是客观存在的。而它的载体就是量子,量子的频率之倒数就是时间,波长就是空间,红移就是时空弯曲,红移率越大曲率越大,场越强。场的存在,或者说以太的真实存在,至少有以下四个依据:1、位移电流:与“电荷移动”无关的位移电流能够产生磁场,这对超距作用说是不可思议的,这就说明真空不空,真空具有极其复杂的物质,位移电流(电场)、磁场依据这一物质而存在。2、真空极化现象:1947 年,物理学家发现,真空具有极化现象,即外界电荷会使真空物质的正负电荷偏离,兰姆的微粒氢原子光谱实验和日本的朝永振的计算都证实了这一点,这一现象说明真空具有物质属性。3、广义相对论: Einstein 在狭义相对论中否定以

太的存在，但广义相对论的建立体现了 Einstein 思想的明显改变。他指出：广义相对论“是一种场论”，“如果用常数代替那些描述广义相对论以太的函数，同时不考虑任何决定以太的原因，那末广义相对论以太就可以在想象中变为洛仑兹以太。” Einstein 甚至试图把各种场统一起来，形成一种完美无瑕的理论。他认为，这个理论将可以根源性地导出现在的所有物理定律，更加深刻地阐述自然奥秘。“以太—物质这种对立就会逐渐消失，整个物理学将通过类似几何学、运动学和引力理论那样的一种完备的思想体系。” 4、量子力学：量子力学中的许多现象，例如测不准原理、粒子运动的波函数、几率性等，如果不借助真空的物质属性，人们很难理解。然而，所有这些，只要假定真空中存在着一种物理实在的东西——不管我们称它为“以太”还是“场”——便可能凭着数学推理及计算，对它们作出根源性的理解。甚至，我们可以由此试图建立一种人们梦寐以求的所谓“终极理论”。

研究表明：各种介子的最终衰变物包括正反粒子湮灭反应产物只是几种基本粒子：正负电子和正反中微子及光子中的某几种，而且正反中子、正反质子等强子也有迹象表明是由某些更基本的粒子组成。

Einstein 在晚年，力图想纠正自己理论中的偏见，他意识到，时空并非实体。他曾说——“物理客体有着空间的广延性”。这里所谓的“空间的广延性”，本质上就是用易学揭示的与物质世界共存的反物质世界。这是一个对物质世界进行平衡和自组的“形上”世界。【7】相对论加强了场的概念在物理学中的重要性，使时间与空间联姻。二十世纪初，Einstein 面对所有一切探测“以太风”的实验都失败的事实，认为“引入以太”本来就是“多余的”，这样空间就又回到了一无所有的“空虚”状态。可是这样的认定在当时就不能自圆其说。面对空间能够传播电磁波的事实，Einstein 又认为空间“具有一种发送电磁波的性能”，是“物理空间”；在后来的广义相对论中，他认为空间的性质应由“物质的分布”来决定，实物可以“弯曲”周围的空间。这些都显然与前面的空虚空间的定义相矛盾。空间既然一无所有，那它就不可能具有象物质一样的性质。还有，如果空间中真的一无所有，那么各实物体就成了一个个的孤立个体，彼此间互相隔绝，互不相关。Einstein 讲：“可以假定有以太存在。只是必须不再认为它有确定的运动状态，也就是说，必须抽掉洛伦兹给它留下的那个最后的力学特征。”“狭义相对论不允许我们假定以太是由那些可以随时间追踪下去的粒子所组成的，但是以太假说本身同狭义相对论并不抵触。”【5】因为没有中间物质相连接，所以物体间的相对位置变得没有意义且无法确定；因为没有连续的物质被跨越，所以物体间的相对运动也变得没有意义和无法确定；同时因为没有背景物质作参考，所以运动路径也就无所谓和测不出曲直多少。【10】李政道教授指出：如果真空是粒子物理微观世界中一些奇妙现象的根本来源，那么它也会对宇宙中宏观的物质与能量的分布起着一定的作用，我们应当把真空、微观和宏观现象统一加以考虑，21 世纪是真空的世纪。【6】

“还有一种可能性更令人惊讶，这就是从能量为零的状态中创造物质。之所以会出现这种可能性，是因为能量既可以为正也可以为负。运动的能量和质量的能量总是正的，但引力的能量，如某些引力场和电磁场的引力是负的。有时会出现这样的情况，创造新生物质粒子质量的正能量正好被引力或电磁力的负能量抵消了。”“天文学家们能够测量诸星系的质量，星系间的平均距离，以及它们的退行速度。把这些数字代进一个公式，就能得出一个数字，物理学家们已经把把这个数字解释成宇宙的总能量了。这个数字在可观测的精度里的是零！为什么会有这个结果？宇宙学家们长久以来一直迷惑不解。有些宇宙学家提出，有一个深藏不露的宇宙原理在起着作用，根据这一原理，宇宙的能量就得恰好为零。”【12】

“宇宙的总能量刚好是零。宇宙的物质是由正能量构成的。然而，所有的物质都因引力而吸引。两块互相靠近的物质比两块分得很开的物质具有更少的能量，因为你必须消耗能量去克服把它们拉在一起的引力而将其分开。这样，在一定意义上，引力场具有负能量。在空间上大致一致的宇宙情形中，人们可以证明，这个负的引力能刚好抵消了物质所代表的正能量，所以宇宙总能量为零。”【13】

“爱因斯坦的广义相对论保证，宇宙中所有物质和运动具有的总的正能量精确地被宇宙中引力产生的负势能之和所平衡，总能量为零。”【14】“一个孤立系的总能量E不可能改变”【11】

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 著 方在庆 韩文博 何维国 译。《Einstein 晚年文集》海南出版社 2000 年 3 月第 1 版。
- 【3】史蒂芬·霍金 著 吴忠超 译。《果壳中的宇宙》，湖南科学技术出版社，2002 年 2 月。
- 【4】（英）Roger Penrose 著 许明贤 吴忠超译。《皇帝新脑》——有关电脑、人脑及物理定律 254 页湖南科学技术出版社。
- 【5】许良英，范岱年编译：《Einstein 文集》，第 1 卷，商务印书馆(1976)120。
- 【6】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》百花洲文艺出版社 1995 年 3 月第 1 版 第 3 次印刷。

- 【7】Einstein 著 方在庆 韩文博 何维国 译。《Einstein 晚年文集》海南出版社 2000 年 3 月第 1 版
- 【8】许良英等编译。Einstein 文集第三卷。北京：商务印书馆，1979.504。
- 【9】1954 年 10 月 28 日 Einstein 致玻姆的信。大自然探索：1987 年第一期。
- 【10】马国梁。《经典相对论》丁一宁网站。
- 【11】哈里德 物理学基础 [M]。北京：机械工业出版社 2005.8。
- 【12】保罗·戴维斯 上帝与新物理学 [M]。湖南：湖南科学技术出版社，2003.10。
- 【13】史蒂芬·霍金。时间简史 [M]。湖南：湖南科学技术出版社，2002.2。
- 【14】约翰·D·巴罗 无之书 [M]。上海：上海科技教育出版社，2003.6。

8、时空的相对性与绝对性原理

问题导引：牛顿的绝对时间和空间与爱因斯坦的相对时间和空间之间存在什么关系？

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。——狄拉克

在时间观念上，作为现代物理学两大支柱的相对论和量子力学一直存在着抵触。量子力学在绝对意义上使用时间的概念，而相对论认为这是不允许的。正如狄拉克所说：“这里我们就碰到了巨大困难的开头。……这个抵触是最近四十年来物理学的主要问题。”【3】按照 Einstein 的想法，不能说相对论提供了详尽的世界图景，它只是提供了这幅图景所应当服从的某些要求，而且没有指明空间与时间的本质及区别。因此相对论本身并不是一个理论，而是对物理学理论的一个要求，空间与时间应当是绝对性与相对性的统一。

相对空间、相对时间、相对 space-time 是绝对空间、绝对时间、绝对 space-time 的表现形式【1】。绝对 space-time 由相对 space-time 组成，无穷个相对 space-time 组成绝对 space-time，在研究两个物体的相互作用时，可以把第三个物体激发的相对 space-time 作为绝对 space-time（此时绝对空间并不均匀，绝对时间流速也不均匀）。这一点类似于地理学中的高度都是相对的，但是若以海平面为基准，则可以成为绝对高度。地方时是相对的，但是倘若规定一个标准，则可以认为是绝对的，例如中国的北京时间。

根据这一观点可知广义相对论的正确，例如不是物质存在于空间、时间中，而是物质具有空间和时间的广延性，当一个物体消失时，它所激发的相对 space-time 消失，但是绝对 space-time 依然存在。因此绝对时空有宇宙中所有的场——相对时空组成，真空是绝对 space-time，Newton 的绝对 space-time 观有其正确性的一面，因此 Einstein 认为场论未能成功地提供整个物理学的基础。Einstein 的相对 space-time 观与 Newton 的绝对 space-time 观分别看到了问题的一个方面，有一定的局限性，因此应正确理解 space-time 的绝对性与相对性的辩证关系。广义相对论中的以太其实就是绝对时空，一个物体在宇宙中其它物体激发的相对时空的总和——绝对时空中总是沿着短程线在运动。

在宇宙的展现过程中，相对空间与绝对空间各司其职，两者对事物的作用以绝对空间为主，以相对空间为辅，尤其在低速世界中是这样。因为物质对 space-time 结构的影响极其微弱，只有在具有大引力质量的天体的周围才能找到。弯曲 space-time 中的 space-time 流形坐标的意义，是长期困扰相对论理论的最基本的问题之一。如果区分两类 space-time 坐标，一类不能与直接测量相联系，纯属数学描述引入的 space-time 坐标，另一类能与直接测量相联系的 space-time 坐标。【2】笔者认为前者应当是绝对 space-time 坐标，后者应当为相对 space-time 坐标。

一般认为：相对论时空观已经否定了绝对时空观。其实，它们是二种不同性质的时空观，具有一定的互补性：前者弥补了后者在定量上的不足；而只有在后者的基础上才能说明前者的物理机制。绝对时空观认为，时间和长度的标准都是不变的，可以用一个标准，去统一地衡量整个世界，这为时空关系的相互比对提供了一个统一的平台。不过，在现实中，总是用实物工具，如时钟、尺、某种波长的光等，来衡量时间和长度，而这些实物工具都会随着环境（温度、速度、引力势等等）的不同而变化，不存在绝对不变的衡量时间和长度的工具。因此，在绝对时空观与测量数据之间总会存在着一定的差异，它是由现实的时空标准的可变性造成的。目前，最精确的时间和长度的标准是根据光来定义的，在这里，认定光速不变，这与相对论一致。可见相对论是一种以光作为时空测量工具的定量理论，它认为时空本身是会变化的。但是，站在绝对时空观的立场上来看，这种变化不是时空本身的变化，而只是衡量工具，即现实的时空标准的变化——狭义相对论反映了时空标准随运动速度的变化；广义相对论反映了时空标准随引力势的变化。因此，情况看来是这样的：二种时空观之间的关系，不是一个否定另一个，而是具有互补性。以光在引力场里的传播来说，雷达回波延迟实验已经证明：光在引力场里的速度变慢了。不过，这是用地球上的时空标准来统一地观察整个太阳引力场中的光速的结果，是站在绝对时空观的立场上来说的；如果站在相对论的立场上，由于引力场里的时空标准是不一致的，若用每一点现实的时间和长度的标准去衡量经过该点的光速，光速仍将处处相同【4】。爱

因斯坦讲过：“因为运动是相对的，任何参考系都可以用，似乎没有什么理由认为一个坐标系会比另外一个好些。……于是，在科学早期的托勒密和哥白尼的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‘太阳在运动，地球静止。’这两句话便只是对两个不同坐标系的两种不同习惯的说法而已。我们是否能够建立起一种在所有的坐标系中都有效的名副其实相对论物理学呢？或者说，能否建立只有相对运动而没有绝对运动的一种物理学呢？事实上，这是可能的。”绝对时空观是一种科学的抽象，它为所有事物提供了统一的时空平台，从这个角度来看，它是比相对论时空观更基本的时空观。

空间和时间的绝对性是指空间和时间的客观实在性。空间和时间是运动着的物质存在的基本形式，在空间和时间之外不可能有任何物质的存在。既然运动着的物质是不依赖于人的意识而客观存在着，是永恒的，无条件的，绝对的，那么，空间和时间也必然具有客观实在性，是永恒的，无条件的，绝对的。空间和时间的相对性是指空间和时间的具体性、可变性。空间的广延性是指运动着的物质的广延性，时间的顺序性、持续性是指运动着的物质的顺序性，持续性。因此，空间和时间随着物质特性和运动状况的不同而不同，随着物质运动状况的变化而变化。辩证唯物主义关于空间和时间是绝对性和相对性的辩证统一的原理已为科学的发展所证实。爱因斯坦的相对论不仅证明了空间和时间的客观实在性，而且深刻揭示了空间和时间同物质运动的内在联系，揭示了物质运动的特性制约着空间和时间的特性。

从静止惯性系观测运动惯性系时，静止惯性系与运动惯性系的固有时（绝对时间）同时，即固有时是恒定不变的【5】。这一点类似于数学中同一条曲线，由于建立的坐标系不同得到的曲线方程也不同。根据量子力学的测不准关系，标准 space-time 永远测不到，与测量仪器（产生相对 space-time）有关。Planck 讲：“在相对之物背后寻找绝对之物，我们甚至可以完全肯定地认为：我们简直不可能把握住绝对的东西，倒可以说绝对的东西构成一个理想的图标，它总在我们面前而不能达到。”

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 著 方在庆 韩文博 何维国 译。《Einstein 晚年文集》海南出版社 2000 年 3 月第 1 版。
- 【3】狄拉克。《现代物理学参考资料》第 3 集[C]。科学出版社,1978.38。
- 【4】H.C. 瓦尼安, R. 鲁菲尼, 引力与时空, 科学出版社, 北京, 2006, pp150-153。
- 【5】[日] 浅野四郎 浅野诚一 著 师华译。《狭义相对论的新图示法——space-time 圆图法——》高等教育出版社 1992 年版。

5/4/2017