



邢志忠，中国科学院高能物理研究所研究员，中国科学院大学岗位教授，目前主要从事中微子物理学的理论研究。

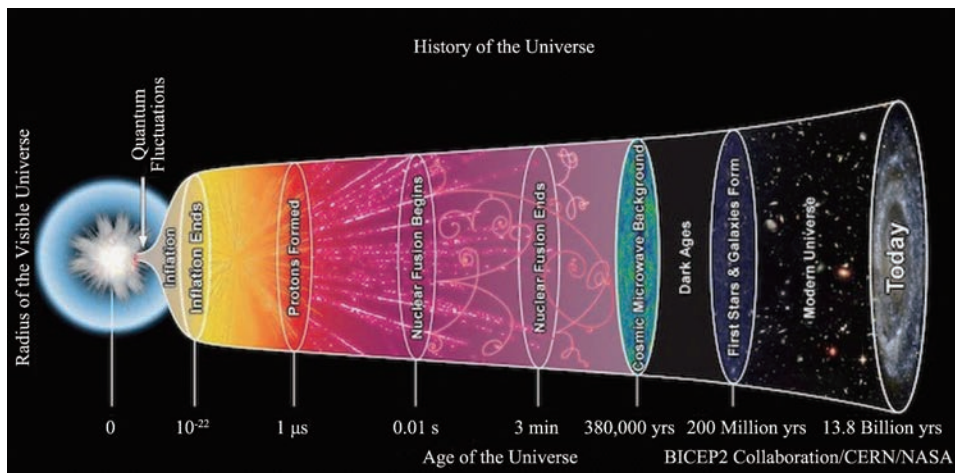
浩瀚的宇宙来自 真空涨落 吗？

早在三百多年前，德国数学家莱布尼兹(G. Leibniz)就曾向浩瀚的宇宙发问：“Why is there something rather than nothing?”这个令科学家和哲学家困扰不已的问题在1973年终于有了一个答案：是真空(nothing)的量子涨落催生了今天的宇宙(something)! 换句话说，“无中生有”可能是宇宙的真正起源，是宇宙大爆炸理论和暴胀理论的原始种子。

1973年12月，大名鼎鼎的英国《自然》(Nature)杂志发表了一篇两页纸的学术论文，题目是《宇宙是真空涨落的产物吗?》，作者是名不见经传的美国纽约市立大学亨特学院的年轻教师特莱恩(E. Tryon)。据说特莱恩在写出这篇立意大胆的理论文章之后，先将它投给了美国物理学会主办的《物理评论快报》，但却很快就遭到了拒稿。时年33岁的特

莱恩并没有气馁，转而改投名气更大的《自然》期刊，希望自己的论文能以“读者来信”的形式发表。结果出乎他本人的预料：《自然》编辑部不仅很快接受了这篇论文，而且还以“专题文章”的形式正式刊出。

特莱恩在论文中指出，我们的浩瀚宇宙起源于看似一无所有的真空的量子涨落。热力学第一定律告诉我们，能量是守恒的，既不能被创造也不能被消灭。因此“无中生有”意味着宇宙来自“零”能量的虚空，这样才不会破坏能量守恒定律。特莱恩从德裔美国物理学家伯格曼(P. Bergmann)那里得知，假如物质的质量所对应的正能量与引力势所对应的负能量恰好彼此相消，那么宇宙就会处在净能量等于零的真空状态。其实这一观点早在1934年就被美国物理学家托尔曼(R. Tolman)在他的《相对



Is the Universe a Vacuum Fluctuation?

EDWARD P. TRYON

Department of Physics and Astronomy, Hunter College of the City University of New York, New York, New York 10021

The author proposes a big bang model in which our Universe is a fluctuation of the vacuum, in the sense of quantum field theory. The model predicts a Universe which is homogeneous, isotropic and closed, and consists equally of matter and anti-matter. All these predictions are supported by, or consistent with, present observations.

Universe consists equally of matter and anti-matter has been studied by many authors; for a recent review see ref. 3.)

Of the remaining conservation laws, the most important for cosmology is that concerning energy: although matter and energy can be converted into each other, the net energy remains constant if an intrinsic energy of mc^2 is assigned to each piece of matter.

The Universe has an enormous amount of mass energy, and this might be thought to preclude a creation of the cosmos from nothing. There is, however, another form of energy which is important for cosmology, namely gravitational potential energy. The gravitational energy of a mass m due to its interaction with the rest of the Universe is given roughly

论、热力学与宇宙学》一书中提出来了。量子力学的奠基人之一约丹(P.Jordan)当年为了解释恒星可能起源于“一无所有”这一物理图像,也假设了恒星的质量所对应的正能量恰好与它的引力势所对应的负能量大小相等、相消为零。

假定宇宙的起点是真空之后,特莱恩下一步要做的事情就是描述真空的量子涨落何以生成今天的宇宙。他借助的工具无外乎量子力学和量子场论,因为后者告诉我们:真空并不空,而是一个热闹非凡的地方——粒子与反粒子对在一定时间段内通过从真空借取能量而不断地无中生有,表面上破坏能量守恒定律但其实遵循海森伯的测不准原理。这些从真空产生出来的“虚”粒子带有与普通粒子相同的量子数,但是它们的能量与动量关系却不同寻常。特莱恩设想,个别或少量“虚”粒子有可能“实在”化,并最终演变成广袤无垠的宇宙。

但特莱恩无法说清楚真空涨落所产生的微观“虚”粒子世界具体是以何种方式从极小尺度演变成了今天极大尺度的宏观宇宙的。他的理论缺乏数学支撑,主要靠猜想和思辨,因此无法令人信服,至少在当时的科学界几乎没有受到任何关注。

而他关于宇宙中应该含有等量的物质和反物质的预言,今天看来也是错误的,因为我们在可观测宇宙中并没有发现原初反物质存在的迹象。据说特莱恩在1970年前后,即在他发表自己的那篇经典论文之前,曾经在哥伦比亚大学举行的一场学术

报告会上突然向演讲者发问:“或许宇宙就是一种真空涨落?”,在场的人都笑了,都以为他在开玩笑。处于窘迫之中的特莱恩并没有当场解释自己的想法,而是几年后通过论文表达了他对宇宙起源的新见解。也许可以说,当时他的思想太超前了。

1981年1月,美国物理学会主办的《物理评论D》期刊发表了一篇题为《暴胀的宇宙:关于视界和平坦性问题的一个可能的解决方案》的论文,作者是年轻的理论物理学家古斯(A. Guth)。这篇迄今为止已被引用6700余次的文章成为大爆炸宇宙学发展史上的里程碑,因为它比较令人信服地回答了特莱恩的论文当年无法回答的问题:也许是某种形式的暗能量,比如真空能,以迅雷不及掩耳之势驱动了宇宙的瞬间暴胀,从而使得通过真空涨落而生成的微观“虚”粒子世界得以瞬间膨胀到宏观宇宙的规模。1997年,已经成为宇宙学大师级人物的古斯在自己的新书《暴胀的宇宙:探索宇宙起源的新理论》中对特莱恩的原创性思想给予了认可:“据我所知,第一个以科学的语言描述宇宙产生于一无所有的严肃建议是特莱恩在1973年的论文中提出来的。”

正如1988年度的诺贝尔物理学奖得主莱德曼(L. Lederman)在1993年追问的那样:如果宇宙是答案,那么什么是问题?毫无疑问,宇宙的起源就是问题。而宇宙可能起源于真空的量子涨落,则可能是这一基本问题的正确答案。

(本文原载邢志忠科学网博客)