

物理学史中的十二月

1956年12月27日 宇称守恒的推翻
(译自 *APS News*, 2001年12月)

萧如珀¹ 杨信男² 译

(1. 自由业; 2. 台湾大学物理系 10617)



在物理学中,“对称性”长久以来都扮演着关键性的角色。自从1925年以来,科学家就一直认为我们的世界和镜子内的影像是无法区别的——即为人所知的宇称守恒的观念,而主要的理论也印证了此假设。宇称守恒和能量、动量与电荷守恒等最基本的物理法则一样,在物理方面都享有极高的地位,一直到1956年美国国家标准局(现在的美国国家标准与科技研究院)进行了一系列重要的试验后才改观。正如相对论一般,大自然再一次证明了它并不总是遵循着“常识”的法则。

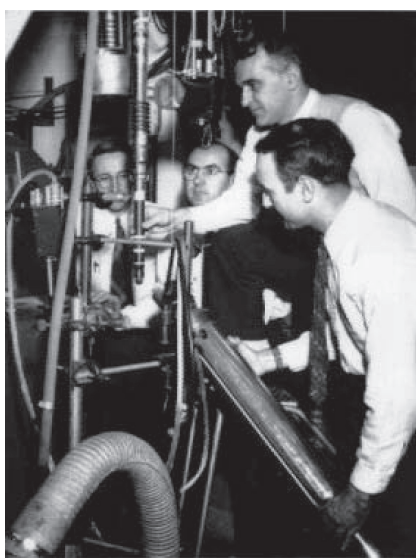


图1 吴建雄领导的团队在美国国家标准局做实验时所摄(图片来源: <http://physics.nist.gov/GenInt/Parity/cover.html>)

宇称守恒意味着大自然是对称的,所以向左、向右旋转或是任何亚原子粒子的另一对半(镜像粒子)都没有差别。例如,两个相似的放射粒子绕着一个垂直的轴朝相反的方向旋转衰变,所放射出向上与向下质点的强度应该是相同的。虽然在强作用中有许多实验证明宇称守恒的成立,但在弱作用中却从未有实验证明其也成立。事实上,当弱作用力首度提出来解释基本粒子的分裂时,若在当时说宇称守恒不成立的话,似乎是令人难以置信的。

20世纪50年代,当高能物理学家开始观察无法由既有理论解释的现象时,一切都改观了,其中最著名的是高能质子和原子核碰撞时所放射出K介子

的衰变。K介子出现在两个完全不同的情况,可以衰变成二或三个 π 介子,(它们必须有相反的宇称),但在其他的特性上,K介子似乎完全相同。1956年6月,理论物理学家杨振宁¹和李政道²写了一短篇论文,寄到《物理评论》(*Physical Review*),提出宇称在弱作用中是否能守恒的问题,还建议了几个可以解答此问题的实验。

当李政道和杨振宁的论文在1956年刊登出来时,物理学家除了好奇外,并未有任何立即的回应。戴森(Freeman Dyson,著名的理论物理学家,任职于普林斯敦高

等研究院)后来承认说,他当时认为这篇论文很有趣,“我并无足够的想象力说:‘天啊!假如这是真的,它将为物理开启一个全新的领域!’我认为当时的物理学家,几乎没有例外,都和我一样不够有想象力。”理查德·费曼(Richard Feynman,译者注:1965年获得诺贝尔物理奖)宣称违反宇称的想法“不太可能,也许可能性很小,是很令人兴奋但可能性微乎其微,”但他后来还是和一位朋友打赌50美元,说宇称守恒不会被推翻。

在所建议的实验中,最简单的方法之一是,以强磁场将钴60原子核的自旋排在同一方向,然后测量它在衰变时各方向所射出 β 射线的强度。宇称守

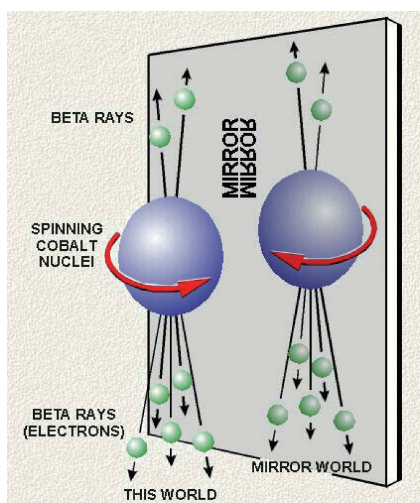


图2 图左的椭圆球体表示大量朝同一方向旋转的钴60原子核所放射出的β射线;图右是镜中所见的相同过程,旋转的方向相反,但所放射出来的大多数β射线方向是相同的,因此镜中的世界和真实的世界可区别出来,空间倒置后的世界和真实的世界并不完全相同;宇称不守恒

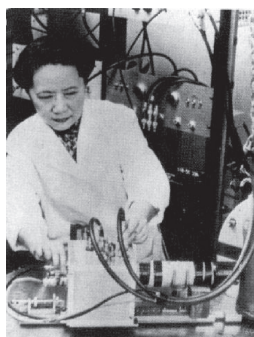
(图片来源: <http://physics.nist.gov/GenInt/Parity/cover.html>)

恒成立的话,所放射出来的β射线在两极之间的分布必须相同,假如有一极的β粒子比另一极多的话,就可能区别出镜中影像的原子核与其相对物的不同,那就等于推翻了宇称的守恒性。

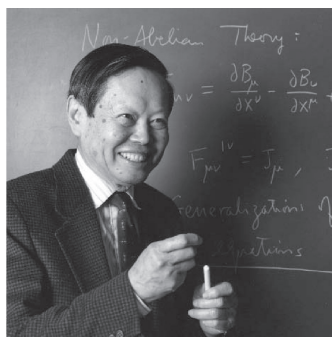
在1956年的圣诞节与新年期间,美国国家标准局的科学家开始着手进行β粒子衰变的试验,整个研究团队由哥伦比亚大学的吴健雄教授所领导。吴教授于1912年诞生在中国,1940年获得加州大学的博士学位,第二次世界大战期间曾参与曼哈顿计划。1975年,她出任美国物理学会第一位女性会长。

实验的结果出炉后,美国国家标准局的研究团队得到了令人惊奇的结论:β粒子在原子核旋转的反方向所放射出的数目比较多。因此,由于β放射线的分布与旋转的钴60原子核的镜中影像不一致,明确地证实了宇称不守恒。莱德曼(Leon Lederman)当时在哥伦比亚大学的回旋加速器做研究,他独立以此设备做了宇称的测试,透过 π 和 μ 介子的衰变,亦得到了违反宇称的确切证据。

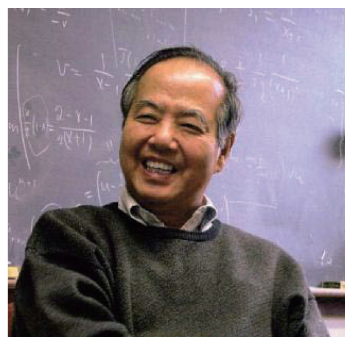
简而言之,大自然是一个半灵巧的左撇子,而费曼赌输了。此结果粉碎了30年来全球所接受的核物理的基本概念,促使人们重新思考物理的理论,也因此有了全新,更深远的发现——最显著的是对基本粒子特性有进一步的了解,并对基本作用力有更完整的理论。



吴健雄



杨振宁



李政道

图3

延伸阅读:

S. Weinberg, *Review of Modern Physics*, 52, 515(1980);

A. Salam, p. 525; S.L. Glashow, p. 539.

补充资料:

· <http://physics.nist.gov/GenInt/Parity/cover.html>

· <http://ccweb.org/documents/parity/parity.html>

赴美,1948年获得芝加哥大学的博士学位,1957年因推翻宇称守恒的研究与李政道同获诺贝尔物理学奖。

注2:李政道,1926年出生于中国,1946年9月考取中国公费生到美国芝加哥大学进修,毕业后和杨振宁合作研究宇称守恒,于1957年和杨振宁同获诺贝尔物理学奖,他当年31岁,是最年轻的诺贝尔奖得主之一。

(本文转载自台湾大学科学教育发展中心,网址 <http://case.ntu.edu.tw/blog/>)

注1:杨振宁,1922年出生于中国,1946年1月考取清华留美公费生