

吴健雄的主要科学贡献

——为纪念吴健雄逝世一周年而作

陆 琰

吴健雄教授系江苏省太仓县浏河人,1912年5月31日生于上海,1934年毕业于中央大学(现南京大学的前身),两年后进入美国加利福尼亚大学,于1940年获博士学位。1952年任哥伦比亚大学副教授,1958年升为教授,1972年起担任普平(Pupin)讲座教授,直到1980年退休。其间,她1958年被选入美国科学院;1975年任美国物理学会主席。

吴健雄教授一生中获得超过许多奖励和荣誉。1975年,美国总统授予她国家科学勋章;1978年,她获得Wolf基金会首次颁发的奖金;1964年,美国国家科学院授予她康斯托克(Cyruce B. Comstock)奖;1990年3月11日国际小行星中心和小行星命名委员会公布了将紫金山天文台1965年9月20日发现的2752号小行星命名为吴健雄星;1991年又获普平奖章。1982年,她被授予北京大学、南京大学和中国科技大学名誉教授称号。

吴健雄教授的科学贡献涉及面广,大多与物理学的基本问题密切相关。尤其是在 β 衰变的实验研究方面,她是当今这个领域内的第一人。在众多的贡献中,她在 β 衰变领域的最主要的贡献有如下三项,其中任何一项都足以使人名垂史册。

β 谱的研究

β 衰变是三种放射性现象中最神奇、最微妙、也最富有革新内容的一种,它是核物理中的一种典型弱作用过程。它的连续谱特性甚至使玻尔等人怀疑能量是否守恒!为了挽救能量守恒,泡利提出了令人难以捉摸的中微子假设。在吴健雄开始研究 β 衰变时,人们已经知道费米在中微子假设基础上提出的 β 衰变理论,但是这个理论还没有被证实,中微子也还没有被发现。费米理论所预言的 β 能谱包括有允许谱以及各级禁戒

谱。那时人们的实验结果甚至与最简单的允许谱也不相符合,特别是其低能端有过剩电子。吴健雄与艾伯特合作,将放射源做得足够均匀、足够薄,对 ^{64}Cu 的 β 谱进行了仔细的测量,消除了低能电子过剩,得到的结果与费米理论预言的允许谱符合得非常好。这个结果很快得到了许多人的证实。为了对费米理论进行彻底检验,还必须对各种禁戒谱进行测量。吴健雄与她的合作者进行了一系列的实验,对禁戒谱(特别是唯一禁戒谱)的测量,也支持了费米的 β 衰变理论。吴健雄的这些工作澄清了当时存在的许多严重分歧,对于 β 衰变机制的确立起了关键性的作用。

首次证明弱作用中宇称不守恒

1956年,为了解释 $\tau-\theta$ 之谜,李政道和杨振宁研究了各种原子核过程和粒子过程,发现那时所有已经做过的实验都没有证明过弱作用中宇称是否守恒,因而建议了一批可以检验弱作用中宇称是否守恒的实验。为什么以前人们都没有看出这一点,甚至人们误认为宇称守恒是早已被验证了的?原因在于,宇称守恒就是左右对称,这个“定律”一直被认为是天经地义的,是自然成立的。甚至人们在测量 β 粒子角分布时,往往只测左边一半,“右边一半根据宇称守恒一定是同样的,不必再测”?!因此,在李政道和杨振宁提出宇称可能不守恒后,并不是马上就有人响应去做实验。大物理学家泡利甚至跟人打赌,如果宇称不守恒,他愿意输钱。吴健雄却独具慧眼,认为宇称守恒即使不能被推翻,这一基本定律也还是应该进行检验的。正是基于这一认识,她全力投入了这个实验。这个实验要在极低温下测量极化 ^{60}Co 的 β 粒子计数。她与美国国家标准局的四位学者(安勃勒、海华德、豪泊斯和胡德森)合作,利用那里的低温设备,经过约半年的努力,在1957年初

明确地测出了沿 ^{60}Co 的自旋方向和相反方向发射出来的 β 粒子计数率相差很大,从而得到了宇称不守恒的确凿结论(这个实验同时也确凿地推翻了电荷共轭对称性),轰动了整个物理学界,使李政道和杨振宁当年就获得了诺贝尔物理奖。

吴健雄的这一工作完全达到了诺贝尔奖项目的水平。至于为什么没有授予她,众说纷纭,谜底的透露也许要到2007年,因为诺贝尔奖的档案50年后才能解密,这里不去评说。但有一点要加以说明。有一种说法,说是因为当时有许多实验几乎同时都证明宇称不守恒,同一项目的诺贝尔奖不可能给许多人,比如与吴健雄的文章发表在同一期刊物上,紧靠着,仅一页之差,

就有另一篇加尔文、勒德曼和温利希的验证宇称不守恒的文章。不过,请注意,在加尔文等人的文章中明确写明,他们是在得知吴健雄实验的初步结果后才决定开始做实验的。同一刊物的下一期发表的伏利德曼和特勒格迪的文章又写明是在得知加尔文等人的结果后完成的。所以,吴健雄无疑是第一个验证宇称不守恒的人,她在这个问题上的首创性是没有任何疑问的。

首次证明弱作用的矢量流守恒

在宇称不守恒被发现以后,弱作用的正确形式很快确定了下来,它是由矢量流和轴矢量流产生的。众所周知,电磁作用是由电流与电磁势相耦合产生的。电流是一种矢量流,这种流是守恒的(即电荷守恒)。最早,葛尔希坦和泽尔多维奇于1955年就提出了弱矢量流也守恒的可能性,但那时人们甚至还不知道弱作用中是否有矢量流参与。只有到宇称不守恒被确立以后,人们才知道弱流由矢量流和轴矢量流组成(所谓的V-A理论)。1958年,费曼和盖尔

吳健雄的工作以精準著稱於世，但是她的成功還有更重要的原因：一九五六年大家不肯做測試宇稱守恆的實驗，為什麼她肯去做此困難的工作呢？因為她独具慧眼，認為宇稱守恆即使不被推翻，此一基本定律也應被測試。這是她過人之處。

楊振寧
九七年
四月

曼才再一次提出弱矢量流守恒的假设。

1963年,吴健雄和她的合作者对 ^{12}B 和 ^{12}N 衰变的 β 能谱进行了细致的测量,比较了它们的形状修正因子。虽然已有人做过这种实验,但终未获确切结论。吴健雄和她的合作者首次成功地完成了这个实验,确证了弱矢量流守恒。1977年,吴健雄等又仔细地分析了1963年的实验,用更好的 β^+ 衰变费米函数,以及分支比和 $f t$ 等参数的新值,重新作了计算,再一次确认了弱矢量流守恒的结论。这个实验意义非常深刻,不仅建立了一条新的守恒定律,而且也为弱作用和电磁作用的统一成功地铺设了第一块里程碑。

其他贡献

除上所述,吴健雄的科学贡献还有许多。比如,在内韧致辐射、 $^{135}\text{Xe}_{81}$ 对核裂变链式反应的重大影响、双 β 衰变、第二类弱流、奇特原子、穆斯堡尔谱学、血红蛋白、量子力学的隐参量问题、正电子偶素、超低温核物理、核能级图、仪器以及探测方法等方面都做过不少工作。