



朱 伟

### 一、一位青年讲师的追求

五十年前，年方二十七岁的新任日本大坂大学物理学讲师的汤川秀树，几乎整天整夜地苦思着一个难题：将许多核子结合成一个原子核的力，其本质是什么？日本是一个远离欧洲原子物理中心的东方岛国，在当时的日本大学里，对原子物理这门新兴学科感兴趣的教授寥寥无几。汤川这个才从京都大学毕业不久的青年，既没有远渡重洋去国外留过学，也没有名师的

指导，几乎单凭着自己的判断，独自走上了原子物理研究的最前沿。

当汤川还是京都大学物理系的学生时，便对近代物理学产生了深厚的兴趣。京都大学经常邀请一些著名的物理学家来校讲学，其中有提出过原子模型的长冈太郎和量子力学的创史人海森堡等人，他们引人入胜的讲演，使汤川大为震惊。过去他只是从有限的几本书中，得知一点近代物理的知识，现在才了解到世界上正在发生那样伟大的变革，这是

多么了不起的事业啊！汤川和他的挚友朝永振一郎两人，常常接连几小时呆在图书馆里，自学国外的新理论。汤川毕业时，不巧正遇上日本经济不景气的年代，他和朝永只能作为不支薪的研究人员留在玉城教授的研究室里。这位教授是搞流体力学的，对于量子论这类学问并不感兴趣，汤川他们只得靠自己努力，争取赶上物理学的世界潮流。可是不久，听说狄拉克又提出了一种相对论性的量子力学方程，他们又拼命追踪。这种局面使得这两位青年感到非常不安，老是跟在别

人屁股后面追,自己太没有选择的自由了,汤川和朝永意识到要冷静地盘算一下如何摆脱盲目追赶的局面?

当时理论物理学有二个尚待开垦的领域:一个是研究完善的满足相对论体系的量子理论,另一个是把现有的量子理论知识,应用于原子物理的研究,尤其是研究原子核的核力秘密.结果朝永振一郎考虑了前者,而汤川选择了后一个方向.

## 二、诱人的核力

1911年,英国物理学家卢瑟福根据 $\alpha$ 粒子轰击原子的实验,发现原子是由核子和电子所组成.1917年,他又把氢原子核称为质子.在随后的一次通俗讲演中,卢瑟福预言原子核中还存在着一种与质子质量相同,但不带电的中性粒子存在.1932年,他的学生查德威克推断,实验上观察到的被 $\alpha$ 粒子轰击而放出的奇妙射线,就是他的老师预言过的中子.这些发现,给原子核物理学带来了很大的影响.就在这一年,苏联物理学家伊凡宁柯和德国物理学家海森堡,提出了一个著名的原子核理论:原子核是由质子和中子组成的.1932年,也是汤川一生中一个重要转折点.那年春天,他和一位性情温和的姑娘结婚,入赘到女家.婚后的家庭生活十分美满,汤川一边在大学讲授物理学,一边开始了核力的研究.

物理学家把胶合质子、中子成为原子的力称为核力.这是一种非常奇妙的力,它的强度远超过电磁力,而且核力的作用范围极小,一旦离开了这个作用范围,核力便消失了.那么核力是如何产生的呢?这便是悬挂在全世界物理学家头上的一大谜团.

汤川深知这个问题的难度,他并不急于立即深入原子核,而先研究了一番电子在原子核外的运动规律,取得了一定经验之后,大胆地提出了一种有关核力的见解:核力是质子、中子之间交换电子引起的.可是当他在仙台的日本数学物理学会上报告了这个工作后,立即受到同事的反驳,原因是电子是自旋为 $1/2$ 的费米子,用它来传递核子之间作用力,核子吸收或发射电子后,便会变成自旋为整数的玻色子,从而使核子的统计规律遭到破坏.汤川初战失败了.

不久,苏联物理学家塔姆和伊凡宁柯等人提出了另一种核力方案:核子之间是通过交换电子-中微子对来发生作用的,即中子放出电子-中微子,变为质子,而质子吸收电子-中微子变成中子.虽然它不违反自旋统计规律,但是这样计算出来的核力小于实际核力的 $10^{10}$ 倍,所以也失败了.

汤川清楚地意识到,在研究核力的道路上大家已经走入了一条歧路,要立即从那里跳出来,用一个全新的立场来考虑核力.

## 三、好事多磨

强大的室户台风袭击着大坂,吹得灯光晃动,襁褓中的儿子,老是半夜啼哭,不时打断汤川的思路.汤川辗转难眠,有时仿佛问题已在梦中解决了,清晨醒来却又忘得一干二净,不复记忆,汤川的父亲劝他暂时出国学习一段时间,可是汤川倔强地回答说:“我在完成自己的工作之前,不想到外国去,不管失败多少次.如果我成功了,我将和外国科学家平等地交谈”.

一个完全独创的理论在长期失败之后,渐渐地萌芽了:新粒子!把核力归结为某种从未发现过的新粒子.那么这个新粒子应有怎样的性质,才能符合实验上看到的核力呢?经过一番探讨,汤川发现,这个后来称为介子的粒子,质量是电子的二百倍,它带正、负电荷或中性,但没有自旋.1934年11月底,汤川向大阪数学物理学会递交了自己的论文,并发表在次年2月的《日本数学会汇事》上.

为什么传递核力的粒子,必须有二百倍于电子的质量呢?因为在微观世界里,粒子表现出波动性,而且波长和动量成反比.核力的短程性要求传递核力的粒子必须限制在核子周围一个很小的尺寸内,也就是说这种粒子具有很大的动量,其数量级就是光速乘上该粒子的质量.汤川正是从核力的作用范围,估计出了新粒子的质量.

汤川的理论最初并未受到国外同行的重视,一则是当时日本学术界同国外的交流不广,了解汤川理论的人不多,二则是人们对尚未发现的东西,总采取怀疑的态度.以至象波尔这样的大权威,在日本访问时得知汤川的想法后,反问道:“难道您希望新粒子?”

说来也巧,不久安德森和尼特迈在分析宇宙射线中的带电粒子穿透物质的能力时,发现了某种质量介于电子和质子之间的新粒子,它们很可能便是汤川预言的介子.可是好景不长,仔细分析下来,它们并非传递核力的介子,而是 $\mu$ 子.可是经过一番曲折之后,人们对汤川的理论反而增强了信心:自然界既然有 $\mu$ 子这样的新粒子,那也可能存在汤川介子.1947年,英国物理学家鲍威尔,用放在气球上的乳胶,研究高空宇宙射线,终于发现了汤川预言过的粒子- $\pi$ 介子.从此,汤川核力的理论得到了公认,汤川本人也在1949年得到了诺贝尔物理学奖.这是日本,也是亚洲物理学家第一次得到这项荣誉.

## 四、今日的 $\pi$ 介子

今天,在任何一张基本粒子上,总可以找到 $\pi$ 介子的位置, $\pi$ 介子已挤身于上百种基本粒子组成的大家庭之中.它在原子核理论和粒子物理学中,扮演了很重要的角色,例如人们已搞清核力的长程区,是由于交换 $\pi$ 介子引起的.更为令人惊奇的是, $\pi$ 介子还有

不少实用价值呢！利用 $\pi^-$ 介子束可以治癌，因 $\pi^-$ 介子能严重杀伤癌细胞，尤其是顽固的缺氧癌细胞，而且易于控制，所以物理学家专门建造了 $\pi$ 介子工厂，用来研究 $\pi$ 介子的种种实际应用。

然而，并不是所有有关 $\pi$ 介子事情都搞清楚了，例如在研究基本粒子结构时，关于 $\pi$ 介子的结构，目前了解的最不清楚。 $\pi$ 介子有时表现为没有结构的所谓哥德斯通玻色子，有时表现为夸克-反夸克的束缚态。如何统一描写 $\pi$ 介子的结构？这是一个尚未解决的问题。这一系列新的谜，现在正吸引着不少物理学家的注意，其中也许有着象当年的汤川那样有抱负的青年。