

“名古屋学派”的掌门人 坂田昌一

邢志忠

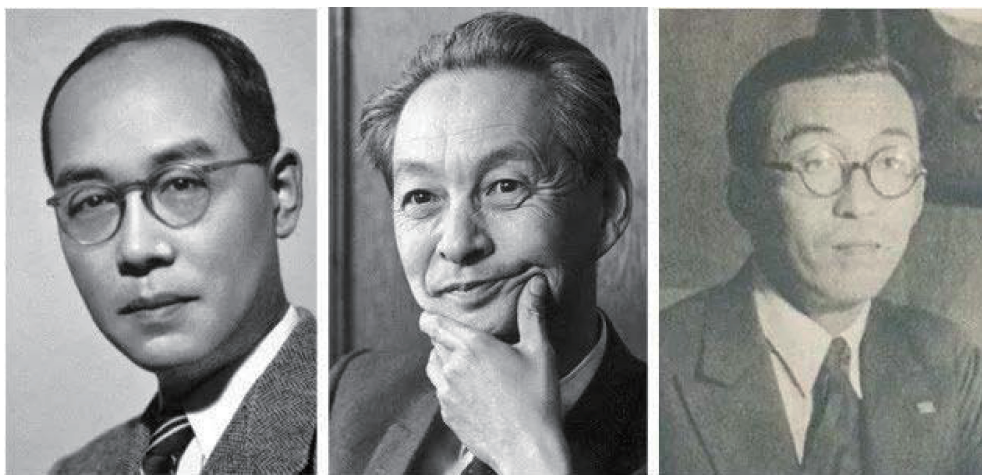
(中国科学院高能物理所 100049)

早期的日本粒子物理学理论研究之所以取得了若干世界一流的成果,离不开三位先行者的奠基性工作。他们是汤川秀树(Hideki Yukawa)、朝永振一郎(Sin- itiro Tomonaga)和坂田昌一(Shoichi Sakata)。因对介子理论和重正化理论的原创性贡献,汤川和朝永教授分别获得了1949年和1965年的诺贝尔物理学奖。相比之下,著名的“名古屋学派”(Nagoya school)的掌门人坂田在有生之年却没有获得此项殊荣。如今回过头来看,坂田的科学贡献毫无疑问是诺贝尔奖量级的。

坂田1911年1月18日出生于日本东京,1929年中学毕业后成为东京大学的旁听生。他在那里得到了自己的远房亲戚、有着“日本现代物理学之父”之称的仁科芳雄(Yoshio Nishina)的点拨。1930年4月,坂田考入京都大学物理系,选择原子核理论作为自己的研究方向。1933年3月,坂田从京都大

学本科毕业,这比他的两位学长汤川秀树和朝永振一郎晚了四年。他随后投奔到当时日本物理学的“圣地”——理化研究所仁科实验室,跟随朝永振一郎从事理论物理学研究。一年之后的1934年,坂田从关东返回关西,加盟到大阪大学的汤川课题组。就在那一年的11月,汤川完成了他关于介子理论的首篇论文。于是乎作为汤川的研究助理,坂田的首要任务就是协助自己的学长兼导师完善和发展介子理论,这是他的科研生涯的重要起点。

1937年,汤川和坂田合作发表了一篇探讨核子之间相互作用势的论文,并首次提出了电中性的 π^0 介子作为原始版的汤川介子(即带电的 π^\pm 介子)的电中性伙伴的想法;1938年,两人与其他合作者接连发表了两篇关于两类汤川介子的基本性质的论文。上述四篇论文构成了汤川理论的基本框架,也是汤川学派的开山之作。就在1938年,汤川本人从



汤川秀树

朝永振一郎

坂田昌一

图1

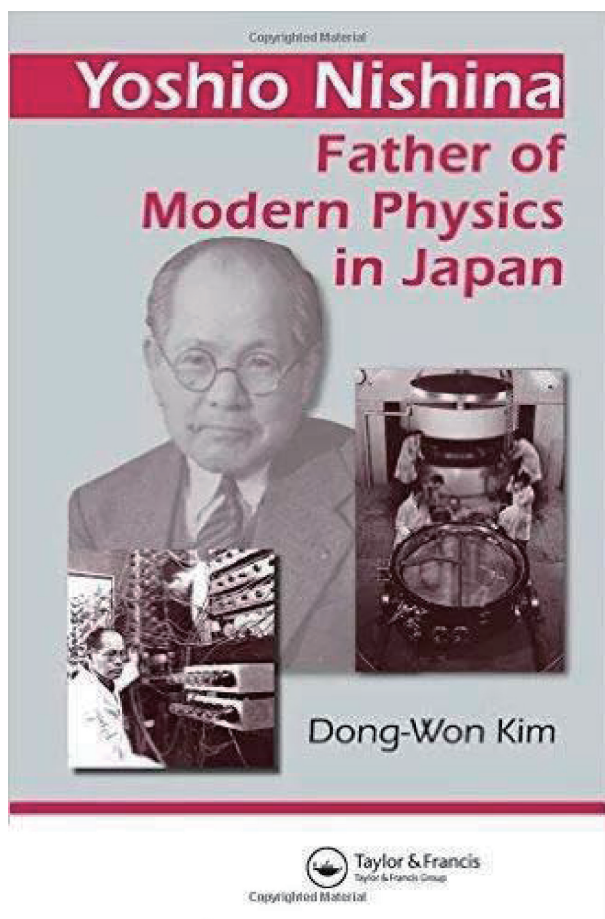


图2

大阪大学获得了理学博士学位,并于次年回到母校京都大学担任物理学教授。此时的坂田一边同时在大阪和京都两所大学授课,一边开始了独立的科研工作。1939年12月6日,坂田迎娶了东京大学一位教授的千金,从此踏上了自己的成家立业之旅。

1940年,坂田也全职回到母校京都大学。这一年他最重要的工作是与谷川安孝(Yasutaka Tanikawa)合作计算了电中性的 π^0 介子衰变到双光子的寿命,以及独自计算了 π^+ 介子衰变到正电子及其相应的中微子的寿命。坂田发现,传递强核力的汤川介子很可能不同于美国物理学家卡尔·安德森(Carl Anderson)等人在1937年所发现的“宇宙线介子”(即今天人们所熟知的电子的姐妹——缪子 μ^+)。这为他不久之后提出“双介子”理论(two-meson theory)埋下了伏笔。1941年5月,坂田获得了京都大学的理学博士学位。

1942年春,坂田与井上健(Takeshi Inoue)在理化研究所报告了他们关于“双介子”理论的工作,明确指出传递强核力的汤川介子 π^+ 可以衰变成安德森在宇宙线实验中观测到的缪子 μ^+ 及其相应的中微子,同时也讨论了 μ^+ 衰变到正电子、缪子型反中微子和电子型中微子的可能性。作为轻子家族第二代成员的缪子当年也被称为“介子”,故而坂田和井上健的理论得名“双介子”理论。他们的工作以日文发表在1942年的《日本物理学与数学学会会刊》(Proc. Phys. Math. Soc. Japan)上。由于当时正处在第二次世界大战期间,他们的论文英文版直到1946年底才发表在同年7月创刊的本土学术期刊《理论物理学进展》(Prog. Theor. Phys.)上。尽管如此,该论文仍比罗伯特·马沙克(Robert Marshak)和汉斯·贝特(Hans Bethe)的类似想法早发表了一年。1947年5月,《自然》(Nature)杂志发表了英国物理学家塞西尔·鲍威尔(Cecil Powell)及其团队在宇宙线中发现了汤川介子 π^+ 的重要成果。这一发现令汤川秀树和鲍威尔分别荣获1949年和1950年的诺贝尔物理学奖,也强有力地支持了坂田团队的“双介子”理论。

1942年10月,坂田加盟了建校仅三年的名古屋大学,成为该校的理论物理学教授。他在那里秉持民主化的办学精神,创建了基本粒子物理学研究室,后者日后成为大名鼎鼎的“名古屋学派”的发祥地。

1945年8月6日与9日,广岛和长崎分别遭到美军原子弹的袭击,这场史无前例的核打击加速了日本的投降,第二次世界大战终于结束。这期间,汤川、朝永和坂田等日本理论物理学家未曾中断他们对量子场论中的紫外发散问题的潜心研究,他们也在本国的期刊上发表了一系列相关的研究成果。其中以朝永的工作最为著名,他因此得以与理查德·费曼(Richard Feynman)和朱利安·施温格(Julian Schwinger)分享1965年的诺贝尔物理学奖。

受到恩里科·费米(Enrico Fermi)和杨振宁发表于1949年的那篇题为“介子是基本粒子吗?”(Are mesons elementary particles?)的论文的影响,坂田的注意力开始转移到实验上所发现的各种新强子的

分类问题上来。1955年10月,他在日本物理学会的年会上做了一场演讲,提出将质子、中子和 Λ 粒子作为基本粒子,而其他强子态都是由这三种粒子及其反粒子构成的复合粒子。这就是著名的“坂田模型”(Sakata model)的基本思想,相应的英文版论文于1956年底发表在《理论物理学进展》上。名古屋学派的成员们随即开展了针对坂田模型的深入研究,发表了一系列学术论文,在界内产生了很大影响。尽管如此,以三种“实”粒子为基本组分的坂田模型最终被以禁闭在强子内部的夸克——某种意义上的“虚”粒子——为基本组分的夸克模型所取代,后者是由美国物理学家默里·盖尔曼(Murray Gell-Mann)和乔治·茨威格(George Zweig)在1964年各自独立提出来的。茨威格在自己的论文中引用了坂田模型,而盖尔曼的论文则完全忽略了坂田的工作。1969年的诺贝尔物理学奖只颁给了盖尔曼一个人,表彰他对强子的SU(3)对称性和夸克模型的贡献,这令坂田、茨威格和与盖尔曼同时发现SU(3)对称性的以色列物理学家尤瓦·尼曼(Yuval Ne'eman)等人深感失落。

1960年6月,坂田昌一带领他的三位课题组成员牧二郎(Ziro Maki)、中川昌美(Masami Nakagawa)和大贯义郎(Yoshio Ohnuki)在《理论物理学进展》期刊上发表了一篇题为“基本粒子的统一模型”(A unified model of elementary particles)的论文,试图将强子和轻子统一在扩展的坂田复合模型框架中。该模型又称“名古屋模型”。受盖尔曼与莫里斯·利维(Maurice Levy)发表于1960年的一篇关于强子衰变过程中可能存在“味混合”效应的论文的启发,坂田、牧和中川于1962年基于他们的“名古屋模型”提出了两种带电轻子及其中微子在带电流弱相互作用中的“味混合”图像,并由此做出了两个重要预言:

(1)中微子的弱作用本征态是不稳定的,原因在于可以发生电子型中微子与缪子型中微子之间的相互转化;

(2)即便不假设某种中间玻色子的存在,缪子衰变到电子和光子的“味改变中性流”过程也会发生。

他们的论文于1962年6月25日被《理论物理学进展》编辑部签收;而仅仅10天之前,利昂·莱德曼(Leon Lederman)、梅尔文·施瓦茨(Melvin Schwartz)和杰克·施泰因贝格(Jack Steinberger)等美国科学家将他们在布鲁克海文国家实验室的加速器上发现缪子型中微子的相关论文投稿到《物理评论快报》(Physical Review Letters)编辑部。这一重要实验发现证实了自然界的确就像坂田等理论家所预期的那样,存在至少两种类型的中微子。

坂田、牧和中川的轻子“味混合”机制——如今被称作MNS混合矩阵——要求两类中微子具有不同的质量,而且它们的弱作用本征态之间可以相互转化。1968年,美国科学家雷蒙德·戴维斯(Raymond Davis)的实验结果揭示了所谓的“太阳中微子失踪”之谜,而后者可以利用中微子的MNS混合图像推导出中微子的振荡行为来解释。从1998年至今,一系列令人信服的太阳、大气、反应堆和加速器中微子振荡实验确立了中微子具有微小质量且存在“味混合”效应的事实。换句话说,今天的实验结果已经证实了坂田团队在1962年所做的理论工作的正确性!毫无疑问,他们当年的先驱性工作达到了诺贝尔奖的高度。

1970年9月,日本物理学界的代表性人物汤川秀树委婉地写信给瑞典诺贝尔物理学奖评委会的伊瓦尔·沃勒(Ivar Waller)教授,告诉他已被提名的坂田昌一其实健康状况不佳,且病情正在恶化。三周之后,坂田与世长辞,给日本科学界和诺贝尔奖评委会留下了永远的遗憾。假如坂田生前得以获奖,或许他的寿命可能会因此延长一些。

无论如何,坂田昌一都是日本粒子物理学理论研究的前行者并做出了流芳后世的一流科学工作。他所创建的“名古屋学派”在他去世三年后再次登峰造极——他在晚年招收的两个年轻学生益川敏英(Toshihide Maskawa)和小林诚(Makoto Kobayashi)从名古屋大学毕业后转到京都大学,他们于1973年提出了CP对称性破缺的标准理论,并最终于2008年荣获了诺贝尔物理学奖。