# 1949 年诺贝尔物理学奖——预言介子的存在

汤川秀树像

1949 年诺贝尔物理学奖授予日本东京帝国大学的汤川秀树（Yukawa Hideki，1907—1981），以表彰他在核力的理论基础上预言了介子的存在。

## 汤川的理论预言

汤川秀树是日本著名理论物理学家，他于 1935 年在大阪写了一篇划时代的论文，发表在《日本数学和物理学会杂志》上。尽管这篇论文还不够全面，但它有些重要的新思想极富创造性，对未来物理学的发展有着深远的影响。众所周知，光子是和电磁场及电磁力联系在一起的，汤川探讨的则是与核力场有关的量子的特性。他根据简单的推理，得出了惊人的结论：核力的量子应该具有有限的静止质量，而他在进行推理时，其理论基础只不过是量子理论中的不确定原理和相对论。他估计，这个静止质量大约为电子质量的 200 倍，或者说，在静止时，这种量子的能量 *mc*2 大约可达 100 MeV。另外，这种粒子可能以三种形式出现：电中性、带正电或带负电，所带电荷大小等于质子的电荷。

汤川的推理很简单，概述如下：核力的作用球半径约为 10−12 ~ 10−13 cm，也就是说，在 10−12 ~ 10−13 cm 的距离处，核力将急剧下降。相反，普通的电势却没有这样的特征长度。他把两个核子之间的作用力看成是一个核子发射出一个量子，另一个核子则接受这个量子。量子从发射核子达到吸收核子所需的时间大约为 *r*/*c*，因为按照相对论，其速度不能超过光速。在这一量子运动时，由于一个核子具有附加的量子的质量和相应的能量 *mc*2，因而破坏了能量守恒。但是，根据量子力学的不确定原理，测量能量的精度不能大于 Δ*E* = ，这里 *t* 是用于测量能量的时间。这样，就可以“借”一个数量为 Δ*E* 的能量，而无法确定是否违反了能量守恒。如果我们现在假定 Δ*E* = *mc*²，*t* = *r*0/*c*，就可以得到

*m* =

假定量子具有有限质量这一前提本身，就意味着限制了作用半径的大小。如果取 *r*0 = 2×10−13 cm，就可以求出 *m* 的值，上式中适当代入普适常量 *h* 和 *c*，即得 *m* 大约为电子质量的 200 倍，或者能量 *mc*2 为 102 MeV。

已经知道，中子和质子、质子和质子以及中子和中子之间，作用力是相等的，这就要求这个量子的电荷为 ±*e* 或 0。据此，汤川预言存在着这样一类粒子，其质量大约为电子的 200 倍，带一个单位的正电荷或负电荷，或者不带电，它能与核子发生强烈的作用。

汤川这篇论文发表之初，并未引起特别的重视，人们也许认为，这只不过是有趣的推测而已，因为那时尚未有人找到与汤川的假设类似的粒子。

但是，两年后的情况就不同了。1937 年 C.D.安德森和内德梅厄（S.H.Neddermeyer）等人在宇宙射线的实验中发现了一些粒子，他们称之为“重电子”，其质量正好在电子与质子之间。再对这些粒子进行更为精确的测量，证实它们的质量正好约为电子质量的 200 倍。这些粒子很不稳定，平均寿命约为 2 μs。令人惊讶的是，这些粒子发现时，实验者并不知道汤川的预言，因为那时日本与外界的信息不很畅通。是奥本海墨和汤川在不同的场合下指出，“重电子”可能就是汤川的介子。这时公众才注意到汤川的论文，由于理论预言和实验测定竟如此之吻合，立即引起了一场轰动。而“重电子”也就得到了一个公认的名称：“μ 介子”。

然而，不久就有人注意到，C.D.安德森和内德梅厄等人在宇宙射线实验中发现的 μ 介子并不是汤川预言的介子。μ 介子的平均寿命很长，它在物质中受阻时，与物质中的原子核并没有发生强烈作用。有人证实，在通过物质时，正 μ 介子的衰变和真空中差不多，负 μ 介子才会被物质俘获，并产生蜕变，可是如果阻止物质是碳一类的轻核，衰变跟真空中没有什么差别。人们经过仔细研究，终于判定所谓的 μ 介子根本不是汤川粒子。甚至这类粒子也不该叫介子，所以，后来所谓的 μ 介子又更名为 μ子（muons）。

理论家对这种情况感到稀奇，从宇宙射线发现的新粒子正好与汤川所预言的粒子一样都比电子重 200 倍，可是又不是汤川粒子。这里面必有缘故。汤川的预言是合理的，而实验结果也十分可靠。会不会在 μ 介子和汤川粒子之间存在某种联系？理论家决心找到解答，纷纷提出自己的见解。其中有一种方案是说，实验观测到的 π 介子是汤川介子（有人称之为汤子）的衰变产物，而真正的汤川介子还有待于发现。这是一个很有说服力的假说，也是一个很有诱惑力的假说，因为这就推动了实验物理学家致力于寻找类似的衰变过程。鲍威尔（C.F.Powell）正是由于发明了核乳胶并于 1947 年用这种核乳胶记录下了汤川介子衰变为 μ 子的反应过程而在汤川之后的1950年获诺贝尔物理学奖。

## 获奖者简历

**汤川秀树** 1907 年 1 月 23 日出生于东京，父亲是一位地质学家，京都大学教授。汤川秀树原本姓小川，因入赘他妻子的家庭而改姓汤川。

汤川小时受的是旧式教育。他跟着外祖父读中国的儒家古书，也自学过《老子》和《庄子》之类的书籍，深受其影响。长大后爱好文艺，读过许多小说。

汤川从小接受了良好教育，在小学成绩优秀。10 岁起念中学，喜欢数学，爱做实验，并且对哲学发生了兴趣。读高中时，开始对物理发生兴趣，阅读了有关量子理论的书籍，认识到物理学正处于急需新理论指引的关键时期。中学毕业后进入京都大学物理系。

1926 年正值量子力学刚刚形成之际，这一新理论还没有引进到教学里来，甚至当时的教授也不甚了解，汤川只能靠自学来熟悉这门新理论。他先后阅读了薛定谔和狄拉克的论文，在做毕业论文时，还特意选择这一理论作为自己的主题。

汤川 1929 年 3 月毕业于京都大学物理系，然后留在玉城研究室任无薪助教。1932 年任京都大学讲师，1933—1939 年在大版大学任教，研究原子核和量子场论，随即以汤川为中心在大版大学形成了一个非常活跃的理论物理学家组成的学派。他和坂田昌一等人在1937 年展开了介子场理论的研究。1947 年提出了非定域场理论，试图解决场的发散问题。在 1953 年 9 月京都召开的国际理论物理学会上，汤川秀树发表了非定域场的统一理论。他从 1946 年起主编英文杂志《理论物理学进展》，向国外介绍日本理论物理学的研究成果。这本杂志在理论物理学界中有很重要的地位。汤川秀树是第一位获得诺贝尔物理学奖的日本物理学家，在日本国内享有崇高威望。

图 49 – 1 1948 年汤川秀树访问伯克利，左第一人为费米，第二人为西格雷

汤川秀树于 1939 年回京都大学任物理学教授，直到 1970 年。1943—1945 年间兼任东京大学教授。1948 年受聘为美国普林斯顿高级研究院客座教授，1949—1951 年任哥伦比亚大学教授。1953—1970 年任京都大学基础物理学研究所第一任所长。1975 年以后长期患病，1981 年 9 月 8 日在京都逝世。

图 49 – 2 1962 年汤川秀树正在写书法

[官网链接](https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1949/summary/)，[论文链接](https://www.nobelprize.org/uploads/2018/06/yukawa-lecture.pdf)。