

“脚注”的杀伤力：卡比堡教授何以错失了诺贝尔奖

邢志忠

(中国科学院高能物理研究所 100049)

众所周知,描述三代夸克混合与CP(电荷共轭及宇称对称性)破坏的幺正矩阵被称作Cabibbo-Kobayashi-Maskawa(简称CKM)矩阵,其主要贡献者是意大利的尼古拉·卡比堡(Nicola Cabibbo)以及日本的小林诚(Makoto Kobayashi)和益川敏英(Toshihide Maskawa)。然而2008年的诺贝尔物理学奖却颁给了南部阳一郎(Yoichiro Nambu)、小林诚和益川敏英这三位日本理论物理学家,这让卡比堡和许多业内人士大跌眼镜。斯德哥尔摩为什么要把卡比堡教授撇下而选择了看起来不太相干的南部教授?难道小林和益川仅仅因为将著名的“卡比堡角”(Cabibbo angle)扩展为含有一个不平凡CP破坏相位的 3×3 幺正矩阵就值得获奖吗?这件令意大利人伤心和愤怒的事件背后还有不为人知的其他原因吗?

是的。卡比堡之所以错失诺贝尔奖,至少有两个致命的、纯学术的原因,这一点可能超出了很多粒子物理学家的想象。

首先,他于1963年发表的那篇有关“卡比堡角”的学术论文虽然具有里程碑的意义,迄今为止其引用率也超过了6000次,但它的关键思想却并非首创!其次,小林和益川发表于1973年的论文虽然看似将卡比堡的 2×2 夸克混合矩阵扩充为 3×3 夸克混合矩阵,从而自然地引入了一个破坏CP对称性的相位,但本质上却并非如此。小林和益川的论文其实是一篇纯场论的文章,他们主要做的事情是检查了电弱统一模型产生CP破坏的动力学机制,发现只有当把二代夸克模型扩展为三代,才可能实现CP不守恒。相比之下,卡比堡的论文只是解释当

时实验观测数据的唯象学工作;而两位日本理论家的论文不仅从场论的角度指出了夸克混合与CP破坏的动力学原因,而且还一举预言了三种新夸克的存在,最终这两个方面都被实验证实了。

那么,是谁在卡比堡之前提出了类似于“卡比堡角”的想法用以解决当年的贝塔衰变实验数据与当年的理论预期不相符的问题的呢?

他们不是别人,就是“夸克之父”、美国理论物理学家默里·盖尔曼(Murray Gell-Mann)和他的法国合作者莫里斯·利维(Maurice Levy)。在这篇题为《贝塔衰变过程中的轴矢流》(The Axial Vector Current in Beta Decay)、于1960年3月发表在意大利专业期刊《新探索》(Nuovo Cimento)的论文中,盖尔曼和利维利用审读校样的机会在讨论矢量流守恒假设与实验结果相矛盾之处添加了一个脚注(如图所示),指出涉及中子和 Λ 重子的贝塔衰变矢量流的部分可能分别含有因子 $1/\sqrt{1+\varepsilon^2}$ 和 $\varepsilon/\sqrt{1+\varepsilon^2}$ 。当前者取实验值0.97时,就可以定出 $\varepsilon \approx 0.26$,这一结果恰好能够解释 Λ 重子衰变的低概率。如果上述因子分别设为 $\cos\theta$ 和 $\sin\theta$,那么相应的混合角 θ 就描述了两代夸克的质量本征态和相互作用本征态之间的不匹配。这个角,其实就是日后以卡比堡的名字命名的夸克混合角。

(* Note added in proof. - Should this discrepancy be real, it would probably indicate a total or partial failure of the conserved vector current idea. It might also mean, however, that the current is conserved but with $G/G_s < 1$. Such a situation is consistent with universality if we consider the vector current for $\Delta S = 0$ and $\Delta S = 1$ together to be something like:

$$GV_s + GV_s^{\Delta S = 1} = G_s \bar{p} \gamma_\mu (n + \varepsilon \Lambda) (1 + \varepsilon^2)^{-1/2} + \dots,$$

and likewise for the axial vector current. If $(1 + \varepsilon^2)^{-1/2} = 0.97$, then $\varepsilon^2 = .06$, which is of the right order of magnitude for explaining the low rate of β decay of the Λ particle. There is, of course, a renormalization factor for that decay, so we cannot be sure that the low rate really fits in with such a picture.

盖尔曼和利维的文章迄今为止已经被引用近2000次,毫无疑问是有其重要学术价值的。更重要的是,这篇论文在1962年启发了名古屋学派的牧二郎(Ziro Maki)、中川昌美(Masami Nakagawa)和坂田昌一(Shoichi Sakata)提出了两代中微子之间发生“味混合”的物理图像,后者就是著名的MNS轻子混合矩阵的雏形,为日后布鲁诺·庞蒂克沃(Bruno Pontecorvo)等人推导中微子振荡的概率提供了必不可少的先决条件。

1963年4月底,正在欧洲核子研究中心(CERN)工作的卡比堡完成了他那篇题为“么正对称性与半轻衰变”(Unitary Symmetry and Leptonic Decays [注])的历史性论文,一举解释了当时各种重子的贝塔衰变率的实验测量值。据说他当时异常兴奋,跑到也在CERN工作的荷兰物理学家马丁纽斯·韦尔特曼(Martinus Veltman)的办公室告诉韦尔特曼:其实就是一个角的事儿!韦尔特曼听了卡比堡的讲解,对他开玩笑说:那就把这个角叫做“卡比堡角”好了!卡比堡将自己的得意之作投稿给美国的《物理评论快报》(*Physical Review Letters*)期刊,一个半月之后该论文就发表出来了。

值得注意的是,卡比堡在论文中引用了盖尔曼和利维的工作,但却把后者的年份错写成了1958年。他在参考文献[4]中承认,“盖尔曼和利维提出了类似的想法”[Similar considerations are forwarded in M. Gell-Mann and M. Levy, *Nuovo Cimento* 16, 705(1958)]。这个类似的想法却正是问题的关键。所以说,卡比堡的工作虽然意义很大,但却不是原创性的。

尤其大师盖尔曼本人对卡比堡的论文颇不以为然。据他的博士后与挚友、德国理论物理学家哈罗德·弗里奇(Harald Fritzsch)教授后来透露,盖尔曼从来不曾把两代夸克之间的混合角称作“卡比堡角”,而是揶揄地称之为“那个角”(That angle)。考虑到盖尔曼在学术界的崇高地位和话语权,如果他对卡比堡的工作持颇有道理的保留意见,那么卡比堡要想获得诺贝尔奖就不是一件容易事了。所



图1 卡比堡和小林教授在2006年12月的名古屋“CKM么正三角形”国际会议上的合影,当时他们俩和益川教授一同获得诺贝尔奖的呼声很高

以在某种意义上,可以说盖尔曼和利维那篇论文及其“该死”的“脚注”成了卡比堡教授通往斯德哥尔摩之路的不折不扣的“绊脚石”。当然,许多学者可能还是觉得无论如何,卡比堡对CKM夸克混合矩阵的贡献都达到了诺贝尔奖的高度。关于这一点,恐怕就是仁者见仁、智者见智了。

当时年轻气盛的小林和益川在他们那篇发表于1973年、如今引用率已经超过10000次的历史性论文中,不仅没有引用卡比堡的上述论文,甚至连杰拉德·特·胡夫特(Gerard 't Hooft)关于标准模型可重正化的论文都没有引用。好在他们二人的文章是在日本国内的期刊《理论物理学进展》(*Progress in Theoretical Physics*)上发表的,基本不会撞上欧美的审稿人。这正是本土学术期刊的一大优势:抢先发表才是硬道理!

可以想见,2008年度诺贝尔奖评委会正是注意到了卡比堡的工作的局限性,才小心翼翼地把研究动力学对称性自发破缺问题的先行者南部与小林和益川组合在一起,以表彰他们在对称性破缺方面的杰出理论贡献。

注:需要注意的是,按照今天的强子衰变分类,卡比堡所讨论的其实是“半轻”衰变过程(即衰变末态同时含有强子和轻子),而不是他的论文题目所显示的“纯轻”衰变过程(即衰变产物只有轻子,不含有强子)。所以为了避免造成误解,我们这里采用了意译而非直译。