

“三味”三角形

徐仁新 (Renxin Xu)
北京大学物理学院
北京 100871
Email: r.x.xu@pku.edu.cn

对称性在粒子物理学上的重要性以杨振宁之语¹“*Symmetry dictates interaction*”为标志，振聋发聩、响彻科坛（如David Gross一文²）。脉冲星肚子里到底“卖”什么货？这里提醒：澄清该极致密物态之谜亦不能忽略对称性扮演角色。

下面要谈的这种对称性不是几何的，而是跟夸克的味道有关。粒子物理标准模型认为共存在六味夸克： $\{u, d, s; c, t, b\}$ （称前三者为轻味夸克，质量 $< \sim 0.1$ GeV；后三者为重味夸克，质量 $> \text{GeV}$ ），诚然人们还不明白为何会有“六味”。如果某个系统内几味夸克的数目基本上差不多，就称作“味对称”的（可能存在少许对称性破缺）；反之，若几味夸克的数目相差很明显即为“味不对称”的。

基本强相互作用的强度决定了零压情况下强物质的密度（价夸克间距 $\Delta x \sim 0.5\text{fm}$ ），从而也给出典型的夸克动力学能量尺度 $\hbar c/\Delta x \sim 0.5\text{GeV}$ 。可见轻味夸克主导零压强物质。鉴于 u 、 d 质量太接近，可以相信应存在两味强物质，即原子核。

会有三味的强物质吗？这跟强物质的一个特点有关：大量电子会伴随两味物质而存在，但几乎不出现在三味物质中！三味物质显然不可能构成生命，但也有一大优势：大块三味强物质可因缺电子而比两味强物质更稳定。Landau在不了解“三味”之时推测了两味极端不对称的“中子物质”星，但三味对称的强物质可能为自然所喜欢。如下三角形刻画了这一点，或在某种意义上体现了物理学中对称性精神。

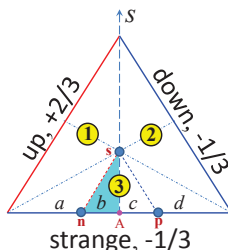


Figure 1: 三味三角形，其内任一点刻画三味夸克的数密度（ $\{n_u, n_d, n_s\}$ 分别代指上、下、奇异夸克，数值则由该点相对某边的高决定）。点“s”位于三角形中心，线“sn”、“sp”分别平行于上、下夸克边，轴“S”衡量奇异数且其上任一点具有完美的同位旋对称性。原子核位于“A”点附近，中子星和质子星分别位于“n”、“p”处。

¹Yang, C.-N. *Einstein's impact on theoretical physics*. Physics Today, 1980, 33 (6) 42-49.

²Gross, D. J. *The role of symmetry in fundamental physics*. PNAS, 1996, 93, 14256 - 14259.