

双子 · 中子 · 奇子

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

我们举办FPS系列会议的动机之一是想弄明白脉冲星的本质。流行观点认为脉冲星是中子星；然而为何青睐不带电的“中子”而非其他粒子（如质子）呢？

让我们从“中子”的发现谈起¹。提出原子有核模型的Rutherford一直怀疑原子核内部存在质量跟质子相当但电中性的粒子，因为那时化学家感觉原子核的质量往往是质子质量的整数倍但核外电子的数目却小于这个倍数，大多只有其一半。一个自然的推测是核内有“质子跟电子紧密结合的中性粒子”；Rutherford在1920年的演讲中称之为双子（doublet）。Harkins在1921年用“中子”（neutron）取代doublet。然而量子力学告诉我们，质子不可能靠电磁力跟电子“紧密”结合（由于波粒二象性，该系统为原子大小）。之所以有这样的不自洽，是由于当时人们还不了解弱相互作用（本质上是电子跟质子中的u夸克弱作用： $e^- + u \rightarrow d + \nu_e$ ）。1932年，Chadwick公布的实验结果毫无悬念地表明中子的存在。

受双子概念影响，在Chadwick公布中子发现之前，Landau已思考“质子跟电子紧密结合”的天体物理后果了²。当时有两个背景。其一是Chandrasekhar极限质量的发现。这启示Landau猜测：星体内部可能某些区域完全受引力主导而挤压原子直到核连成一片。鉴于电子数密度的急剧增加导致Fermi能的上升（每电子 ~ 100 MeV），年仅23岁的Landau大胆地猜测那里会形成大量双子/中子从而有效降低体系内能（为此他甚至认为量子论在那里失效）。这种主要由中子构成的星体，就是当今流行“中子星”概念的原型。其二有关主序星能源。Landau认为：所有恒星中心都存在这种中子物质区，且其质量还逐渐增加而释放引力能，这足以供能恒星发光。Landau这一论点已被否定（正确的恒星能源观由Bethe于1938年提出）。

如此看来，我们宗教式地信仰中性粒子来构建宏观强物质的关键因素是“杀死”导致系统能量偏高的“捣蛋鬼”：**高能电子**！于“小强”原子核而言，电子能量可忽略；而于“大强”，不大规模的“屠杀”电子就不能造就能量较低的稳定状态。只不过在Landau时代唯有“**中子化**”方案。但现在已是崇拜粒子物理标准模型的时代了，“**奇子化**”（见FPS5，22页）也是一种选择！天真地迷信只要核物理实验测准强子之间作用截面就万能了；殊不知这针对“小强”的手段试于理解“大强”的习性很可能无济于事。定量地，以临界重子数 $A_c \sim \lambda_c^3/\text{fm}^3 \sim 10^9$ 区分“小强”和“大强”。

除了有效地“杀”电子外，大强由奇子构成还涉及核物理对称能及可能的“味道最大化原理”（见FPS4，36页）。如此看来，奇子这个逻辑太简洁了，真希望它没错。当然“鹿死谁手”，终将由脉冲星、GRB、引力波、千新星等更多观测裁定。

¹2010年，我曾在“现代物理知识”杂志撰文谈过这方面的历史，后也公布于：arXiv:1103.0389。

²普遍误解Landau在发现中子之后提出中子星的概念。但必须恢复历史的原貌：Yakovlev et al. “Lev Landau and the concept of neutron stars” (2013) Physics-Uspekhi 56, 289 (arXiv:1210.0682)。