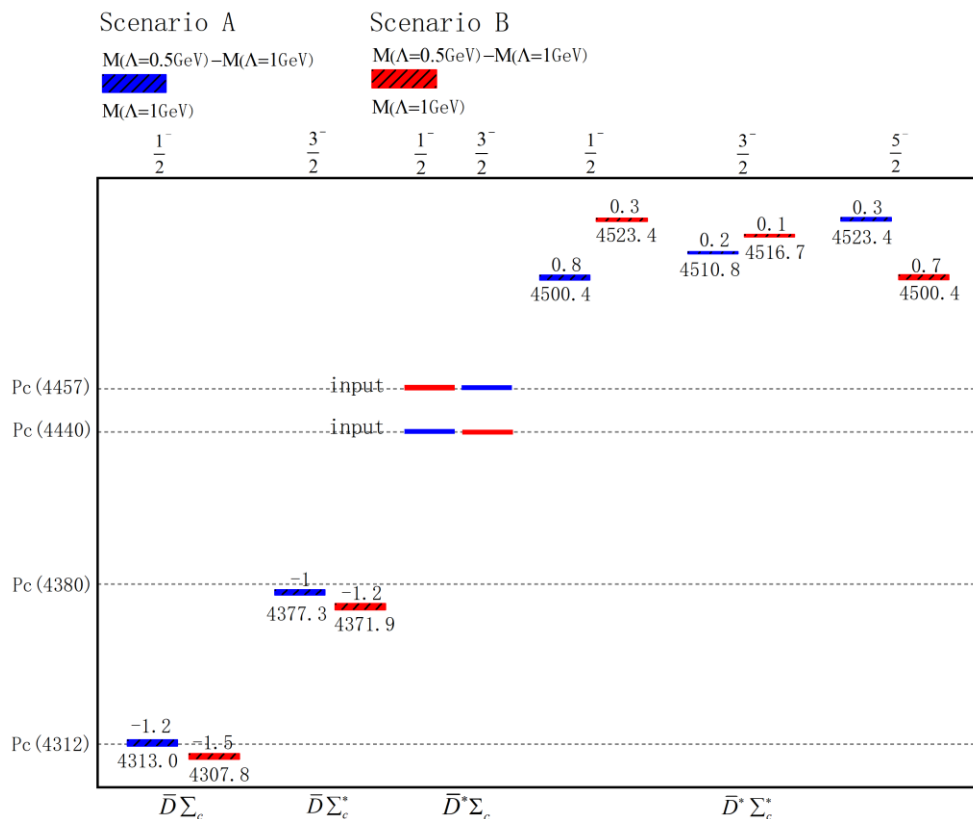


# 北京航空航天大学耿立升团队在五夸克态的研究中

## 取得重要进展

近期,北京航空航天大学物理科学与核能工程学院耿立升教授团队及其国外合作者利用有效场论方法研究了欧洲核子中心 LHCb 合作组最近发现的 3 个五夸克粒子,发现这些粒子可以被解释成为  $\bar{D}^{(*)}\Sigma_c^{(*)}$  分子态,并在此基础上预言了另外四个  $\bar{D}^{(*)}\Sigma_c^{(*)}$  分子态。研究成果 6 月 21 日在线发表于 Phys. Rev. Lett. 122, 242001 (2019),并得到了《Science》杂志新闻的关注。



图一: 基于有效场论预言的七重态分子态的质量及自旋宇称。Scenario A: Pc(4457)和 Pc(4440)的自旋假设为  $3/2$  和  $1/2$ ; Scenario B: Pc(4457)和 Pc(4440)的自旋假设为  $1/2$  和  $3/2$ 。它们的宇称均为负。

探索物质的基本结构一直是物理学的重要前沿课题。谱学的研究在认识微观世界物理规律的过程中发挥了重大的作用,推动了从量子力学到原子核物理中的壳模型与集体模型的建立。1961年, Gell-Mann 和 Ne'eman 提出了八正法,将当时已知的重子和介子(统称为强子)非常漂亮地分类成不同的 SU(3) 多重态,并且预言了 Omega 粒子的存在及性质。1964年, Omega 粒子的发现作为粒子物理学的重大突破性进展载入史册,标志着 SU(3) 对称性理论的确立。在随后 Gell-Mann 和 Zweig 建立的简单夸克模型中,重子由 3 个价夸克组成,介子由一对正反夸克组成,但强相互作用基本理论 QCD 并不禁止更为复杂的强子结构存在,如混杂态、胶球、四夸克态、五夸克态、分子态等。

2003 年以来,高能物理实验发现了一大批新的奇特强子态,其很难用简单夸克模型解释。由于这些奇特态的质量大多在两个或多个强子态的质量阈值附近,因此,分子态是一种非常可能的解释,正如氦核可以认为是由质子、中子组成的弱束缚分子态一样。

2015年欧洲核子中心的LHCb合作组首次探测到两个五夸克态，Pc(4380)和Pc(4450)。基于更高统计量的数据，2019年LHCb合作组在 $\Lambda_b$ 衰变的 $J/\psi p$ 的不变质量谱上，发现了3个窄的共振峰，其中Pc(4312)是一个新的五夸克态，2015年发现的Pc(4450)劈裂成为2个态，Pc(4440)和Pc(4457)。

这些五夸克态都集中在 $\bar{D}^{(*)}\Sigma_c^{(*)}$ 的阈值附近，宽度很窄。基于模型无关的有效场论的分析，北航团队指出这些五夸克态很可能是 $\bar{D}^{(*)}\Sigma_c^{(*)}$ 的分子态。在 $\bar{D}^{(*)}\Sigma_c^{(*)}$ 系统，重夸克自旋对称性意味着， $\bar{D}^{(*)}\Sigma_c^{(*)}$ 领头阶相互作用仅需要由具有两个低能有效常数的接触势描述。利用LHCb合作组新观测到的Pc(4440)和Pc(4457)作为输入，预言的 $\bar{D}\Sigma_c$ 束缚态的质量与Pc(4312)非常接近， $\bar{D}^*\Sigma_c$ 束缚态的质量与先前发现的Pc(4380)非常接近。此外，该有效场论方法还预言了存在自旋分别为1/2, 3/2和5/2的三个 $\bar{D}^*\Sigma_c^*$ 分子态（见图）。北航团队认为这非常有可能是第一个完整的七重态分子态。如果该多重态的其它成员被后续的实验所证实，这将是应用重夸克对称性解释奇特强子态的一次重要的成功应用，有可能揭开重味强子谱研究的新篇章。

该论文的作者是北航博士生刘明珠，本科生潘亚文，硕士生彭方正同学，法国Bordeaux大学Mario Sanchez博士，北航耿立升教授，Manuel Pavon Valderrama教授，日本大阪大学Atsushi Hosaka教授。工作得到了国家自然科学基金重点项目(11735003)，国家青年千人计划，北航优秀青年科学家团队和日本文部省(Atsushi Hosaka)等的资助。

原文链接:

- [LHCb合作组最新实验文章 Phys. Rev. Lett. \*\*122\*\*, 222001](#)
- [北航理论文章 Phys. Rev. Lett. \*\*122\*\*, 242001](#)
- [Science 杂志新闻关注](#)