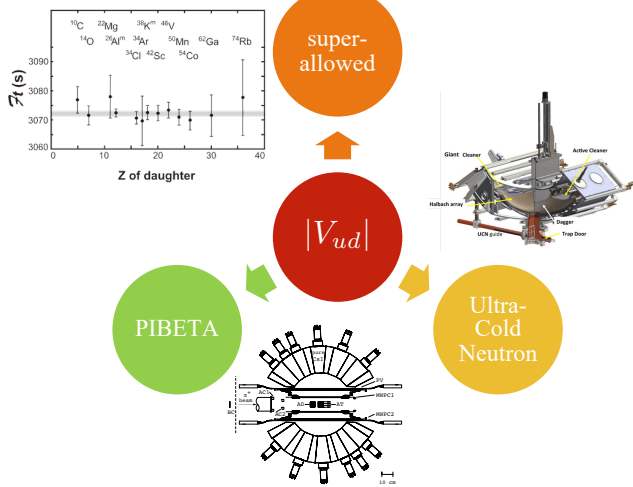


背景

➢ CKM矩阵的么正性检验是标准模型的重要课题之一，目前此检验最精确的结果由第一行元素给出： $|V_{ud}|^2 + |V_{us}|^2 + |V_{ub}|^2 = 0.9985(6)|V_{ud}|(4)|V_{us}|$.

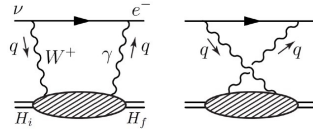
➢ 实验上有三种手段得到 $|V_{ud}|$ ：

- 超允许：汇集23组原子核衰变实验的结果，目前精度最高，但受核结构相关误差所限制。
- 冷中子：免于核结构误差修正，但精度由轴矢耦合 g_A 所限，实验精度在进一步提高中。
- π 介子：理论上最简单干净，实验输入存在较大改进空间。



γW -box 修正项

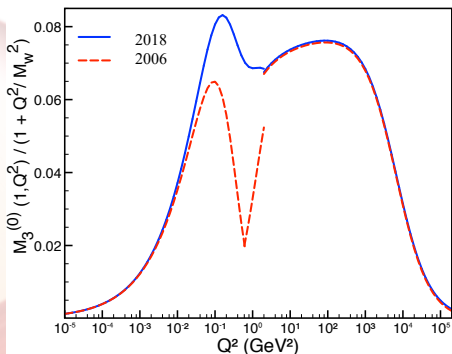
➢ 理论计算的不确定度主要由box图贡献，尤其是非微扰部分。



$$\square_{\gamma W}^{VA} = \frac{3\alpha_e}{2\pi} \int \frac{dQ^2}{Q^2} \frac{m_W^2}{m_W^2 + Q^2} M_n(Q^2).$$

➢ 一些唯象的方案可以给出box项的计算，但依赖于模型或需要多组实验作为输入：

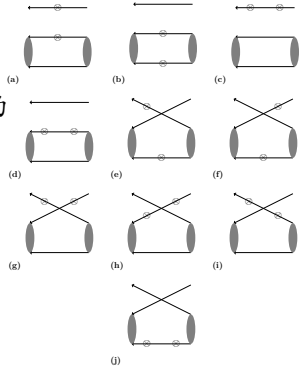
- [1] W. J. Marciano and A. Sirlin, Phys. Rev. Lett. 96, 032002 (2006).
- [2] C.-Y. Seng, M. Gorchtein, H. H. Patel, and M. J. Ramsey-Musolf, Phys. Rev. Lett. 121, 241804 (2018).



➢ 格点QCD可以从第一性原理出发，给出结果。

计算方案

- 我们组此前给出了PIBETA实验对应的 γW -box修正项*，并致力于将其推广到中子衰变道。
- 对于重子体系，需要克服计算复杂度的提升和信噪比下降带来的一系列问题。



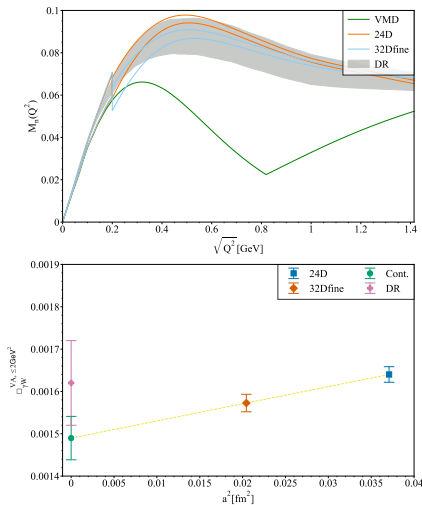
*: X. Feng, M. Gorchtein, L.-C. Jin, P.-X. Ma, and C.-Y. Seng, Phys. Rev. Lett. 124, 192002 (2020).

组态信息

Ensemble	m_π [MeV]	L	T	a^{-1} [GeV]	N_{conf}
24D	142.6(3)	24	64	1.023(2)	207
32D-fine	143.6(9)	32	64	1.378(5)	69

数据结果

➢ 我们在唯象学模型存在较大差距的中动量区域给出格点计算结果的图像：



➢ 格点结果的连续极限外推与唯象学计算在 1σ 内相互符合。

结论

➢ 格点理论给出了误差可控的新box修正项：

$$\square_{\gamma W}^{VA}|_{\text{DR}} = 3.79(10) \times 10^{-3} \rightarrow \square_{\gamma W}^{VA}|_{\text{lat}} = 3.65(8) \times 10^{-3}.$$

➢ 应用更新后的结果，可以得到CKM么正性检验：

$$|V_{ud}|^2 + |V_{us}|^2 + |V_{ub}|^2 = 0.9987(6)|V_{ud}|(4)|V_{us}|.$$