

Outline

引言

这部分回顾了利用 e^+e^- 强子对消灭数据计算 μ 子 $g-2$ 异常磁矩中HVP贡献的方法。这种数据驱动方法是基于解析性和单值性,可以将环形图中的HVP插入表示为强子产生截面的散射积分。通过直接扫描和辐射回退两种方法,可以在 e^+e^- 对消灭中确定这些截面。近年来,各种实验获得了大量高精度数据,这使得HVP的数值计算精度达到了1%以下。

这部分首先回顾实验数据,讨论直接扫描和辐射回退方法,以及各种最新结果。然后,这部分描述几个流行的HVP全局分析,它们直接利用这些数据。这部分还讨论了如何使用解析性和单值性限制改进二 π 和三 π 通道。最后,这部分比较不同评估结果,并提出一个保守的合并方案作为目前HVP评估的最佳值。

这部分还讨论了进一步改进HVP预测的前景,特别是解决主要通道中的紧张关系,以及即将到来的实验如何能改进结果。这部分的结论是,尽管存在一些限制,但通过并合不同方法获得的数值结果,这部分可以提供一個坚实和可靠的HVP预测作为实验值的基准。数据驱动方法有潜力在未来几年内明显改进。

实验数据

这一节回顾了计算HVP贡献所需的 e^+e^- 强子产生截面数据。

实验方法

直接扫描法在固定的中心质量能量点收集数据。它具有良好的能量分辨率和简单的碰撞初状态。其限制是需要广阔的能范围分布数据点,统计量通常较低。

辐射回退法利用初始状态辐射photon,在固定能量的对撞机上有效扫描不同质量。它覆盖连续的大质量范围,但背景更复杂。

两种方法都需要精确测量 e^+e^- 光子对产生截面作为光子通量标准。电子对消灭用来确定集成光子通量。

对数据的处理需要校正真空偏振效应,但包含终状态辐射。精确的Monte Carlo生成器对计算这些辐射修正非常重要。

输入数据

独立测量

- $\pi^+\pi^-$ 渠道:
 - Novosibirsk的VEPP-2M上CMD-2和SND直接扫描测量 ρ 区
 - DAΦNE上KLOE和PEP-II上BABAR的辐射回退测量
 - 最新BESIII和CLEO-c也有ISR结果

- 但KLOE和BABAR结果之间存在显著不一致
- 其他二体态:
 - $K+K^-$ 、 $p\bar{p}$ 多组实验结果
 - $\pi^0\gamma$ 最新SND结果
- 多强子态:
 - BABAR系统测量了阈值以下的独立通道
 - 与VEPP-2000扫描实验结果较好吻合
- 含 η 和K的态:
 - BABAR测量了包含 η 介子的多种多强子态截面
- 狭窄共振:
 - J/ψ 和 ψ' 用Breit-Wigner函数表达
- 包括态测量:
 - 2-4.5 GeV BESII结果
 - 1.8-3 GeV KEDR新结果,与pQCD预测较好吻合

未测量通道

- BABAR基本完成了独立通道的测量
- 估计缺失的少数通道对积分影响很小

主要数据困难

- $\pi^+\pi^-$:
 - KLOE和BABAR结果存在系统偏差,难以调和
 - 新SND结果也与KLOE和BABAR不一致
- $K+K^-$:
 - CMD和BABAR结果在 ϕ 峰附近明显不同
 - 最新SND似乎解决了之前的偏差

这些不一致严重影响HVP精度,需要进一步调查。

前景展望

- BABAR用新方法重新分析 $\pi^+\pi^-$,预计大幅减小系统误差
- VEPP-2000和BESIII以及Belle II计划大量新的数据
- 这些新结果有望解决现有紧张关系,改进HVP预测

HVP评估

DHMZ方法

- 用二阶多项式插值
- 局部 χ^2 最小化确定不同实验的权重
- 伪实验全面传播不确定性和相关性

KNT方法

- 相关拟合,充分利用协方差矩阵
- 局部inflateERRORS以说明不一致

分析性约束

- 2π 和 3π 通道用解析性单值性全局拟合函数
- 提供了交叉检查,也改进了数据稀疏区域

比较和合并

- 详细比较了不同HVP评估
- 制定了保守合并方案作为推荐值

前景展望

- 解决主要通道中的紧张关系至关重要
- 各种新实验数据有望显著提高精度

总结

这里给出了一个保守但可靠的HVP预测作为SM值的基准。尽管存在一些局限性,但通过几种方法的并合,数据驱动法有望在几年内明显改进。