

$D_s^* \rightarrow \phi\pi$ 衰变实验研究的可行性

汇 报 人 ： 李 康

October 15, 2022

目录

- 目录
 - 选题背景与意义
 - 研究方法
 - 结果分析

研究背景与意义

- D_s^* 介子主要通过电磁相互作用进行衰变
 - $m_{D_s^*} = 2112.2 \pm 0.4 \text{ MeV}$
 - $m_{D_{u,d}} + m_K > m_{D_s^*} > m_{D_s} + m_\pi$
 - $m_{D_s^*} - m_{D_s} - m_\pi < 6 \text{ MeV}$
- 通过电磁相互作用进行衰变的末态不易被识别
 - $Br(D_s^* \rightarrow D_s \gamma) = (93.5 \pm 0.7)\%$
 - $Br(D_s^* \rightarrow D_s \pi) = (5.8 \pm 0.7)\%$
 - $Br(\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma) = (98.823 \pm 0.034)\%$

研究背景与意义

- $D_s^* \rightarrow \phi\pi$ 衰变末态容易被探测器识别
- $D_s^* \rightarrow \phi\pi$ 衰变不存在CKM压低
- 低能有效哈密顿量

$$\mathcal{H}_{\text{eff}} = \frac{G_F}{\sqrt{2}} V_{cs}^* V_{ud} \{ C_1 O_1 + C_2 O_2 \} + \text{h.c.}$$

研究方法

- 衰变振幅

$$\begin{aligned}\mathcal{A}(D_s^* \rightarrow \phi\pi) &= \langle \phi\pi | \mathcal{H}_{\text{eff}} | D_s^* \rangle \\ &= \frac{G_F}{\sqrt{2}} V_{cs}^* V_{ud} a_1 \langle \phi\pi | (\bar{s}c)_{V-A} (\bar{u}d)_{V-A} | D_s^* \rangle \\ &= \frac{G_F}{\sqrt{2}} V_{cs}^* V_{ud} a_1 \langle \pi | (\bar{u}d)_{V-A} | 0 \rangle \langle \phi | (\bar{s}c)_{V-A} | D_s^* \rangle\end{aligned}$$

- 衰变常数

$$\langle 0 | \bar{d}\gamma_\mu u | \pi^+(p) \rangle = 0$$

$$\langle 0 | \bar{d}\gamma_\mu \gamma_5 u | \pi^+(p) \rangle = if_\pi p_\mu$$

● 形状因子

$$\begin{aligned}
 & \langle \phi(\epsilon_2, p_2) | \bar{s} \gamma_\mu c | D_s^*(\epsilon_1, p_1) \rangle \\
 = & -(\epsilon_1 \cdot \epsilon_2^*) \left\{ P_\mu V_1(q^2) - q_\mu V_2(q^2) \right\} - (\epsilon_1 \cdot q) \epsilon_{2,\mu}^* V_5(q^2) + (\epsilon_2^* \cdot q) \epsilon_{1,\mu} V_6(q^2) \\
 & + \frac{(\epsilon_1 \cdot q)(\epsilon_2^* \cdot q)}{m_{D_s^*}^2 - m_\phi^2} \left\{ \left[P_\mu - \frac{m_{D_s^*}^2 - m_\phi^2}{q^2} q_\mu \right] V_3(q^2) + \frac{m_{D_s^*}^2 - m_\phi^2}{q^2} q_\mu V_4(q^2) \right\}, \\
 & \langle \phi(\epsilon_2, p_2) | \bar{s} \gamma_\mu \gamma_5 c | D_s^*(\epsilon_1, p_1) \rangle \\
 = & -i \varepsilon_{\mu\nu\alpha\beta} \epsilon_1^\alpha \epsilon_2^{*\beta} \left\{ \left[P^\nu - \frac{m_{D_s^*}^2 - m_\phi^2}{q^2} q^\nu \right] A_1(q^2) + \frac{m_{D_s^*}^2 - m_\phi^2}{q^2} q^\nu A_2(q^2) \right\} \\
 & - \frac{i \varepsilon_{\mu\nu\alpha\beta} P^\alpha q^\beta}{m_{D_s^*}^2 - m_\phi^2} \left\{ (\epsilon_2^* \cdot q) \epsilon_1^\nu A_3(q^2) - (\epsilon_1 \cdot q) \epsilon_2^{*,\nu} A_4(q^2) \right\},
 \end{aligned}$$

- 分支比

$$Br(D_s^* \rightarrow \phi\pi) = \frac{1}{24\pi} \frac{p_{\text{c.m.}}}{m_{D_s^*}^2 \Gamma_{D_s^*}} |\mathcal{A}(D_s^* \rightarrow \phi\pi)|^2$$

Table: $D_s^* \rightarrow \phi\pi$ 衰变过程的分支比数值结果

	NF	(cheng)
$D_s^* \rightarrow \phi\pi$	$(2.4) \times 10^{-7}$	$(5.57) \times 10^{-7}$

结果分析

● 事例数

Table: 在未来的实验中, D_s^* 介子和 $D_s^* \rightarrow \phi\pi$ 的潜在的衰变事例数, 其中 $Br(Z^0 \rightarrow c\bar{c}) \simeq 12\%$, $Br(D_s^* \rightarrow \phi\pi) \simeq 3 \times 10^{-7}$, $f(c \rightarrow D_s^*) \simeq 5.5\%$, 识别效率 $\epsilon \sim 20\%$ 。

experiment	$N_{D_s^*}$	$N_{D_s^* \rightarrow \phi\pi}$	$\epsilon \times N_{D_s^* \rightarrow \phi\pi}$	remarks
STCF	10^{10}	3000	600	with 10 ab^{-1} data
SuperKEKB	5.5×10^9	1600	300	with 5×10^{10} charm quark pairs
CEPC	1.3×10^{10}	4000	800	from 10^{12} Z^0 boson decays
FCC-ee	6.6×10^{10}	2×10^4	4000	from 5×10^{12} Z^0 boson decays
LHCb@HL-LHC	4×10^{13}	10^7	2×10^6	with 300 fb^{-1} data

请各位老师同学批评指正