



Karlsruhe Institute of Technology



Institute for Theoretical Particle Physics

Scenari di nuova fisica nel decadimento $b \rightarrow c\tau\nu$

M. Blanke, A. Crivellin, S. de Boer, T. Kitahara, **M. Moscati**, U. Nierste, I. Nišandžić

Basato su Phys. Rev. D 99, 075006 | arXiv: 1811.09603

INCONTRI DI FISICA DELLE ALTE ENERGIE, NAPOLI | Aprile 2019

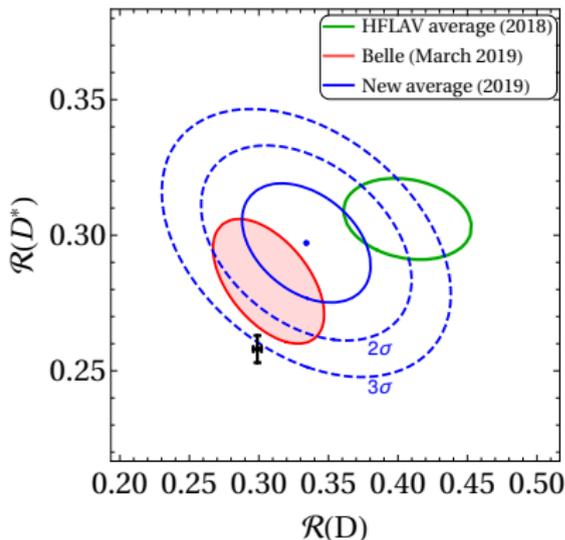
Le anomalie $R_{D^{(*)}}$

$$R_{D^{(*)}} = \frac{\mathcal{BR}(B \rightarrow D^{(*)}\tau\nu)}{\mathcal{BR}(B \rightarrow D^{(*)}\ell\nu)}$$

- a livello quark: $b \rightarrow c\ell\nu$
- test dell'universalità rispetto al sapore leptonic
- predizione teorica pulita grazie al rapporto
- dati da BaBar, LHCb, Belle
- tensione coi valori teorici 3.1σ
- $R_{\mu/e}$ in accordo col MS
⇒ deviazione nel canale τ

[Talk F. Ferrari]

[Poster S. Meloni, C. Giugliano]



Il contributo di Nuova Fisica può essere descritto in termini di una teoria effettiva

$$\begin{aligned}\mathcal{H}_{\text{eff}} = 2\sqrt{2}G_F V_{cb} & [(1 + C_V^L) (\bar{c}\gamma^\mu P_L b) (\bar{\tau}\gamma_\mu P_L \nu_\tau) + \\ & + C_S^R (\bar{c}P_R b) (\bar{\tau}P_L \nu_\tau) + C_S^L (\bar{c}P_L b) (\bar{\tau}P_L \nu_\tau) \\ & + C_T (\bar{c}\sigma^{\mu\nu} P_L b) (\bar{\tau}\sigma_{\mu\nu} P_L \nu_\tau)]\end{aligned}$$

Idea di base: effettuare un fit dei coefficienti di Wilson

- includendo tutti i dati relativi al vertice $(\bar{c}\Gamma b) (\bar{\tau}\Gamma \nu_\tau)$
- per ciascuno scenario di singola particella

$(C_V^L, C_S^L = -4C_T)$ **Leptoquark scalare S_1** , singoletto di $SU(2)$

(C_S^R, C_S^L) **Higgs carico**

(C_V^L, C_S^R) **Leptoquark vettoriale U_1** , singoletto di $SU(2)$

$C_S^L = 4C_T$ **Leptoquark scalare S_2** , doppietto di $SU(2)$

Osservabili misurate e incluse nel fit

- \mathcal{R}_D
- \mathcal{R}_{D^*}
- polarizzazione τ in $B \rightarrow D^*$:
$$P_{\tau}(D^*) = \frac{\Gamma(\tau^{\lambda=+1/2}) - \Gamma(\tau^{\lambda=-1/2})}{\Gamma(\tau^{\lambda=+1/2}) + \Gamma(\tau^{\lambda=-1/2})}$$

- polarizzazione D^* : $F_L(D^*) = \frac{\Gamma(D_L^*)}{\Gamma(D^*)}$

Osservabili predette

- $P_{\tau}(D) = \frac{\Gamma(\tau^{\lambda=+1/2}) - \Gamma(\tau^{\lambda=-1/2})}{\Gamma(\tau^{\lambda=+1/2}) + \Gamma(\tau^{\lambda=-1/2})}$
- $\mathcal{R}(\Lambda_c) = \frac{\text{BR}(\Lambda_b \rightarrow \Lambda_c \tau \nu)}{\text{BR}(\Lambda_b \rightarrow \Lambda_c \ell \nu)}$

B_c

$\text{BR}(B_c \rightarrow \tau \nu)$ non è stato misurato, effettuiamo il fit richiedendo

- $\text{BR}(B_c \rightarrow \tau \nu) < 10\%$
[Akeroyd, Chen (2017)]
- $\text{BR}(B_c \rightarrow \tau \nu) < 30\%$
[Alonso, Grinstein, Martin Camalich (2016)]
- $\text{BR}(B_c \rightarrow \tau \nu) < 60\%$
[Limite conservativo]

Mediatore	p -value (%)	$\mathcal{R}(D)$	$\mathcal{R}(D^*)$	$F_L(D^*)$	$P_\tau(D^*)$	$P_\tau(D)$	$\mathcal{R}(\Lambda_c)$
Higgs carico _{60%}	77.4	0.333 0.0σ	0.299 $+0.1 \sigma$	0.54 -0.7σ	-0.27 $+0.2 \sigma$	0.38	0.38
Higgs carico _{30%}	29.9	0.348 $+0.4 \sigma$	0.280 -1.2σ	0.51 -1.0σ	-0.35 0.0σ	0.41	0.37
Higgs carico _{10%}	3.2	0.360 $+0.8 \sigma$	0.263 -2.2σ	0.48 -1.4σ	-0.44 -0.1σ	0.43	0.36
LQ scalare $S_{2;60,30\%}$	25.0	0.333 0.0σ	0.297 0.0σ	0.45 -1.7σ	-0.41 -0.1σ	0.40	0.38
LQ scalare $S_{2;10\%}$	7.1	0.326 -0.2σ	0.276 -1.4σ	0.46 -1.6σ	-0.44 -0.1σ	0.38	0.36

Correlazione fra $BR(B_c \rightarrow \tau\nu)$ e $\mathcal{R}(D^{(*)})$

Per gli scenari di Higgs carico e per il leptoquark scalare S_2 ci si aspetta $BR(B_c \rightarrow \tau\nu) > 30\%$

Mediatore	p -value (%)	$\mathcal{R}(D)$	$\mathcal{R}(D^*)$	$F_L(D^*)$	$P_\tau(D^*)$	$P_\tau(D)$	$\mathcal{R}(\Lambda_c)$
Higgs carico _{60%}	77.4	0.333 0.0σ	0.299 $+0.1\sigma$	0.54 -0.7σ	-0.27 $+0.2\sigma$	0.38	0.38
Higgs carico _{30%}	29.9	0.348 $+0.4\sigma$	0.280 -1.2σ	0.51 -1.0σ	-0.35 0.0σ	0.41	0.37
Higgs carico _{10%}	3.2	0.360 $+0.8\sigma$	0.263 -2.2σ	0.48 -1.4σ	-0.44 -0.1σ	0.43	0.36
LQ scalare $S_{2;60,30\%}$	25.0	0.333 0.0σ	0.297 0.0σ	0.45 -1.7σ	-0.41 -0.1σ	0.40	0.38
LQ scalare $S_{2;10\%}$	7.1	0.326 -0.2σ	0.276 -1.4σ	0.46 -1.6σ	-0.44 -0.1σ	0.38	0.36

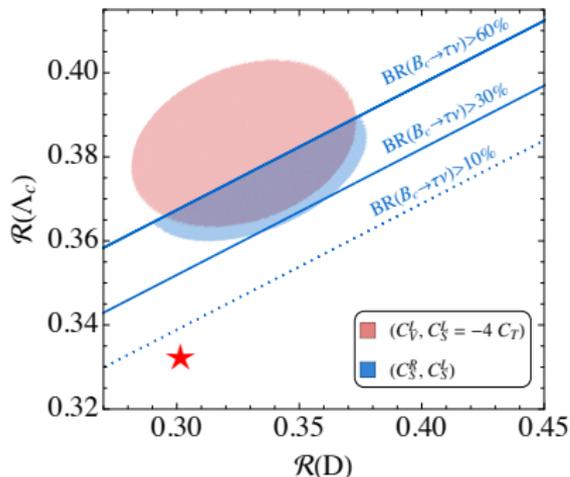
Impatto di $F_L(D^*)$

L'attuale valore di $F_L(D^*)$ favorisce lo scenario di Higgs carico

$$F_L(D^*) = 0.60 \pm 0.08 \pm 0.035 \quad [\text{Belle, 2018}]$$

Mediatore	p -value (%)	$\mathcal{R}(D)$	$\mathcal{R}(D^*)$	$F_L(D^*)$	$P_\tau(D^*)$	$P_\tau(D)$	$\mathcal{R}(\Lambda_c)$
LQ scalare S_1	31.5	0.327 -0.2σ	0.300 $+0.2\sigma$	0.47 -1.5σ	-0.48 -0.2σ	0.21	0.38
Higgs carico _{60%}	77.4	0.333 0.0σ	0.299 $+0.1\sigma$	0.54 -0.7σ	-0.27 $+0.2\sigma$	0.38	0.38
LQ vettoriale U_1	25.9	0.337 $+0.1\sigma$	0.296 -0.1σ	0.46 -1.6σ	-0.50 -0.2σ	0.29	0.38
LQ scalare $S_{2,60,30\%}$	25.0	0.333 0.0σ	0.297 0.0σ	0.45 -1.7σ	-0.41 -0.1σ	0.40	0.38

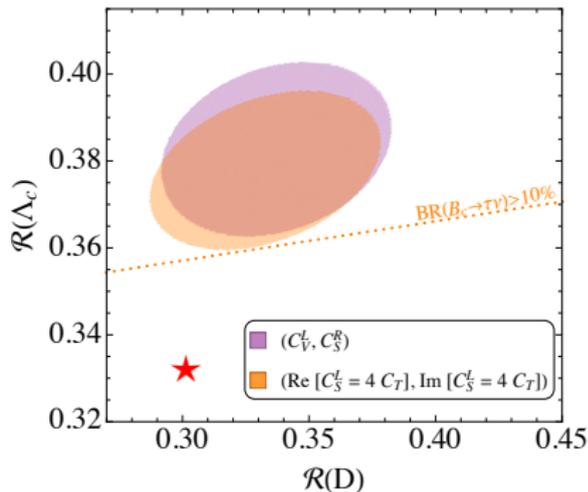
Correlazione fra $\mathcal{R}(\Lambda_c)$ e $\mathcal{R}(D^{(*)})$



LQ scalare S_1

Higgs carico

★ Modello Standard

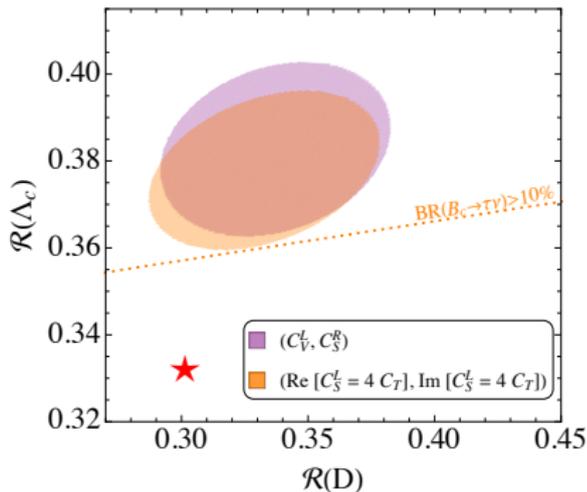
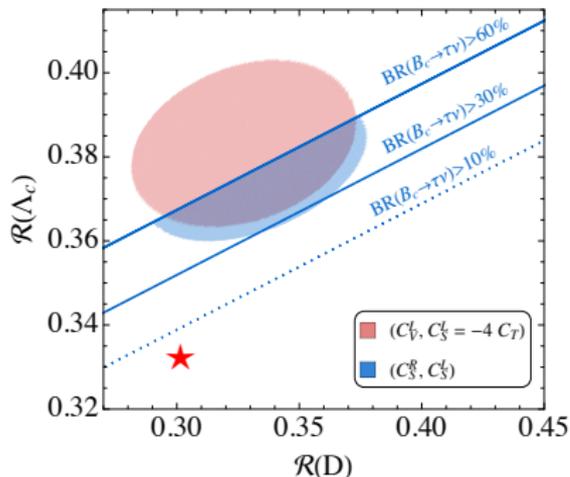


LQ vettoriale U_1

LQ scalare S_2

★ Modello Standard

Correlazione fra $\mathcal{R}(\Lambda_c)$ e $\mathcal{R}(D^{(*)})$

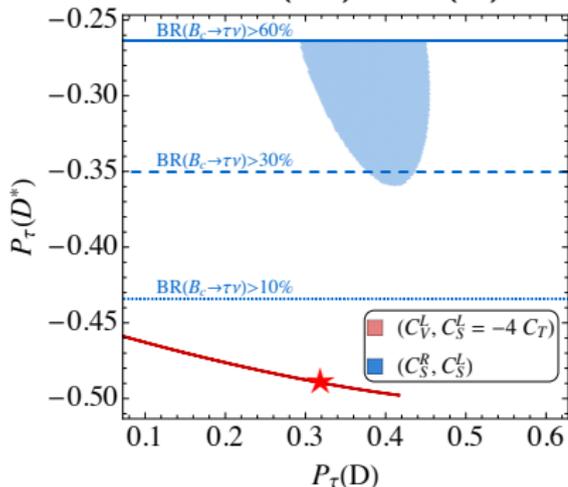


$$\mathcal{R}_{\text{SM}}(\Lambda_c) = 0.33 \pm 0.01$$

$$\mathcal{R}_{\text{NP}}(\Lambda_c) = 0.38$$

$\mathcal{R}(\Lambda_c)$ servirà da verifica per le misure di $\mathcal{R}(D^{(*)})$

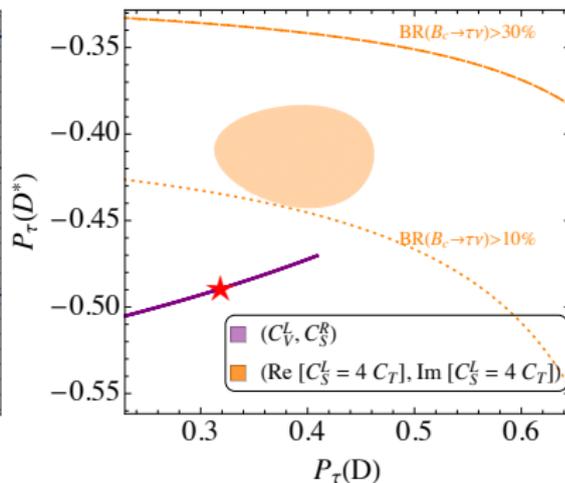
Correlazione fra $P_\tau(D^*)$ e $P_\tau(D)$



LQ scalare S_1

Higgs carico

★ Modello Standard

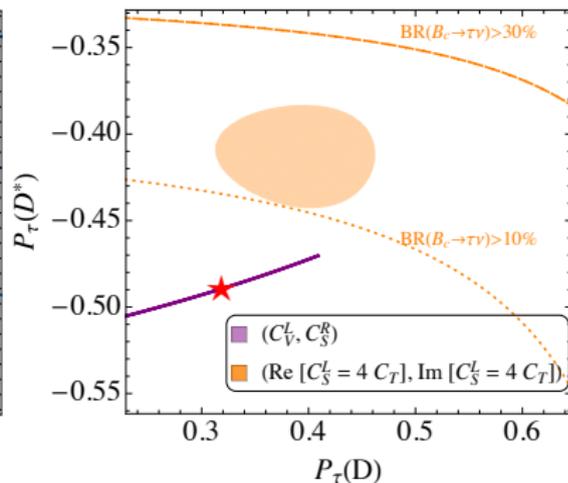
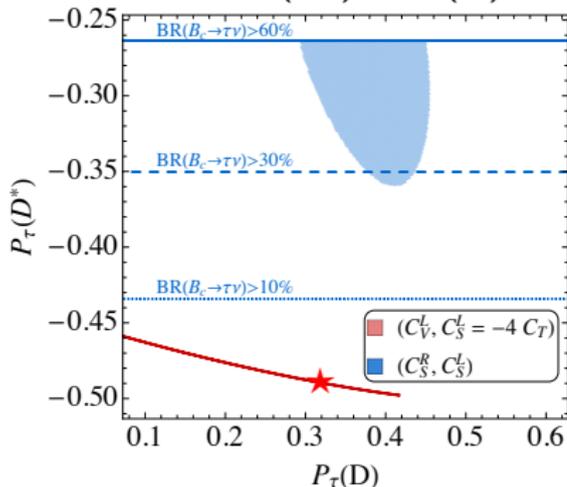


LQ vettoriale U_1

LQ scalare S_2

★ Modello Standard

Correlazione fra $P_\tau(D^*)$ e $P_\tau(D)$



Le osservabili di polarizzazione consentono di distinguere gli scenari di nuova fisica

- Aggiornamento dei fit dei dati su $b \rightarrow c\tau\nu$, con l'inclusione di $F_L(D^*)$ e dei dati rilasciati da Belle @Moriond 2019
- Analisi delle correlazioni fra osservabili:
 - correlazione fra $\text{BR}(B_c \rightarrow \tau\nu)$ e $\mathcal{R}(D^{(*)})$ per scenari di Higgs carico e Leptoquark S_2
 - $\mathcal{R}(\Lambda_c)$ servirà da cross-check per le misure di $\mathcal{R}(D^{(*)})$
 - le osservabili di polarizzazione consentiranno di distinguere gli scenari di nuova fisica responsabili delle anomalie $\mathcal{R}(D^{(*)})$