

IFAE 2019 - Incontri di Fisica delle Alte Energie

# Anomalie B e violazione della parità di bassa energia



### Abhishek M. Iyer

INFN Sezione di Napoli

basato su 1902.00893 con G D'Ambrosio, F. Piccinini and A. Polosa



entrambe le misure sono un segno di nuova fisica

Ciuchini et al.

Con solo Rk e RK \*, non c'è differenza tra elettrone e muone. la misure degli osservabili B-K \* LL favorisce i muoni.

La compatibilità globale con solo l'elettrone richiede accordatura più precisa rispetto al muone.

Ma ci sono molte ragioni per considerare gli elettroni.

La combinazione di elettroni e muoni dà più libertà

Meglio fits di RK\* nel bassa q^2  $R_{K*}^{low}$ Kumar, London 1901.04516

		1903.0903		
		mean(rms)	$\Delta I \hat{C}$	
	$C^{NP}$	-1.20(27)	14	
	$U_{9,\mu}$	-1.21(16)	50	
	$C_{10,e}^{NP}$	-0.87(24)	15	
	$(C_{9,\mu}^{NP}, C_{9,e}^{NP})$	(-1.61(48), -0.56(53))	13	
		(-1.28(18), -0.27(34))	48	
	$(C^{NP}_{9,\mu}, C'^{,NP}_{9,\mu})$	(-1.61(33), 0.72(34))	17	
		(-1.30(15), 0.53(24))	54	
	$(C^{NP}_{9,\mu}, C^{\prime,NP}_{10,\mu})$	(-1.55(32), -0.44(14))	24	
		(-1.38(16), -0.37(12))	61	
	$(C^{NP}_{10,\mu}, C'^{,NP}_{9,\mu})$	(0.73(17), -0.04(24))	17	
	$(C^{NP}_{10,\mu}, C'^{,NP}_{10,\mu})$	(0.75(16),  0.04(17))	16	
	$(C_{9,e}^{NP}, C_{9,e}^{\prime,NP})$	(1.51(38), -0.81(37))	10	
	$(C_{9,e}^{NP}, C_{10,e}^{\prime,NP})$	(1.36(32), 0.87(40))	11	
	$(C_{10,e}^{NP}, C_{9,e}^{\prime,NP})$	(-1.06(54), -0.46(46))	12	
	$(C_{10,e}^{NP}, C_{10,e}^{\prime,NP})$	(-1.01(28), 0.29(29))	12	

**Table 1**: Values of the WET WCs fit from data in all the considered s relative  $\Delta IC$ . The gray rows highlight the PMD results when this appr address the experimental data in a particular scenario. The PDD result all cases. For the definition of the two approaches, see section 2.1.

Questa discorso

considererò solo l'elettrone e studia la loro rilevanza dai dati di violazione di parità

### Scopo del discorso



The fits to the data

 $\mathscr{H}_{\text{eff}} = -V_{tb}V_{ts}^* \frac{\alpha_{\text{em}}}{4\pi v^2} \sum_{\ell,X,Y} C_{b_X\ell_Y} \mathcal{O}_{b_X\ell_Y} + \text{h.c.}, \quad \mathcal{O}_{b_X\ell_Y} = (\bar{s}\gamma_\mu P_X b)(\bar{\ell}\gamma_\mu P_Y \ell).$ 

Iniziamo di questo effective Hamiltonian.

Scriviamo gli operatori nel chiral basis.

IL Wilson coefficient sono definiti come CXY, X corrisponde a quark current chirality e Y corrisponde a lepton current chirality

Consideriamo, una operatore all volta



osservare CLL, CLR e CRR mostrano buoni adattamenti ai dati

# Dall Anomalie alla violazione di parità a bassa energia

Abbiamo discusso delle anomalie. Che dire degli esperimenti di violazione di parità?

Esistono due tipi da esperimenti di violazione di parità di bassa energia

Violazione di parità esperimenti in atomo di CS (APV) Weak neutral current

Carica debole di protone (QW)

CS Wood et, al

Jefferson Lab Collab

gli esperimenti misurano la carica debole: dell'atomo di Cs e del protone

Quali sono la carica debole?

Considerare il coefficiente della corrente axiale per elletrone e vettoriale per-quark

$$\mathcal{L}_{Q_W,Q_P} = \frac{\bar{e}\gamma_{\mu}\gamma_5 e}{2v^2} \sum_{q=u,a} C_{1q} \bar{q}\gamma^{\mu} q$$

Nella SM, sono definiti come funzione dell'angolo di Weinberg

$$\begin{split} C_{1u} &= -\frac{1}{2} + \frac{4}{3} \sin^2_{\theta_W} \\ C_{1d} &= \frac{1}{2} - \frac{2}{3} \sin^2_{\theta_W} \\ \end{split} \qquad \begin{array}{l} \text{Tree-level} \\ \text{espressione} \end{array} \end{split}$$

Quindi la weak charge del protone e dell'atomo di Cs è definita in termini di C1u e C1d come

$$Q_W^p = -2 \left[ 2C_{1u} + C_{1d} \right]$$
  

$$Q_W^{Cs} = -2 \left[ 55(2C_{1u} + C_{1d}) + 78(C_{1u} + 2C_{1d}) \right]$$
  

$$C_{1u}^{SM} = -0.1887 \pm 0.0022$$

 $C_{1d}^{SM} = 0.3419 \pm 0.0025$ 

dalla questa misura, possiamo stimare il valore dell'angolo di weinberg a basse

energie

esperimento di precisione

da entrambe le misure, Jefferson Lab Qweak Collab questo grafico mostra la regione Nature 2 sigma combinata nel piano di C1u e C1d а  $\Lambda/g = 3 \text{ TeV}$ La banda blu proviene 0.355 ADU 133CS Qw (2018) dalle misurazioni del protone  $\Lambda/g = 8 \text{ TeV}$  $\Lambda/g = 5 \text{ TeV}$ 0.345  $C_{1d}$ La banda gialla proviene 0.335 dalle misurazioni APV il punto rosso è SM 0.325 95% confidence level -0.19 -0.20 -0.18 -0.17  $C_{1u}$ 

Ora vedremo come la soluzione dell'anomalia guarda su questa grafico

le anomalie sono legate alla transizione di b-sll. Significa che i quark di terza generazione sono coinvolti

In esperimenti di violazione di parità, sono coinvolti quark di prima generazione

Come sono collegati?

AnomaliePV esperimenti
$$\mathcal{H}_{eff} = -\frac{G_f \alpha}{\sqrt{2\pi}} V_{tb} V_{ts}^* \sum_i \mathcal{O}_{XY} C_{XY}$$
 $\mathcal{L} = \frac{\bar{e} \gamma_\mu \gamma_5 e}{2v^2} \sum_{q=u,d} C_{1q}^{eff} \bar{q} \gamma^\mu q$  $\mathcal{O}_{b_X \ell_Y} = (\bar{s} \gamma_\mu P_X b) (\bar{\ell} \gamma_\mu P_Y \ell).$ Modello con Z' $C_{1q}^{eff} = C_{1q}^{SM} + C_{1q}^{NP}$  $C_{XY} = C_{XY}^{SM} + C_{XY}^{NP}.$ Light quarks and chiral lepton currentLight quarks and chiral lepton current

Il modo più semplice è considerare un modello con una Z'.

$$\mathcal{L} = \frac{Z'^{\mu}}{2\cos\theta_w} \left[ g_e(g'_e)\bar{e}\gamma_{\mu}P_{L(R)}e + g_{\mu}(g'_{\mu})\bar{\mu}\gamma_{\mu}P_{L(R)}\mu + \sum_{q}(g_q\bar{q}\gamma_{\mu}P_Lq + g'_q\bar{q}\gamma_{\mu}P_Rq) + (g_t - g_q)V_{ts}^*V_{tb}\bar{s}\gamma_{\mu}P_{L,R}b + \dots \right]$$

Per l'anomalia, consideriamo un operatore alla volta

	WC	operator	Best fit	$2 \sigma$
Case A	$C_{LL}$	$(ar{s}_L\gamma^\mu b_L)(ar{e}_L\gamma_\mu e_L)$	0.99	[0.37, 1.61]
Case B	$C_{LR}$	$(\bar{s}_L \gamma^\mu b_L) (\bar{e}_R \gamma_\mu e_R)$	-3.46	[-4.76, -2.16]
Case C	$C_{RR}$	$(\bar{s}_R \gamma^\mu b_R)(\bar{e}_R \gamma_\mu e_R)$	-3.63	[-5.5, -2.67]

TABLE I.  $2\sigma$  ranges used for the fits to Wilson coefficients in the case where only electron couples to New Physics.

## Discuteremo il caso A e il caso B.

Case A

G. D'Ambrosio, A.I, F.Piccinini, A Polosa 1902.00893

$$C_{LL} = \frac{\sqrt{2}\pi g_e(g_t - g_q)}{4\cos^2\theta_W m_{Z'}^2 G_F \alpha} \qquad \qquad C_{1q}^{eff} = C_{1q}^{SM} + \frac{2v^2 g_e g_q}{8\cos^2\theta_W m_{Z'}^2}$$

Per quark leggero, assumiamo  $\,g_q=g_q^\prime\,$ 

### coupling a Z' sono scansionati nell'intervallo

 $g_e \in [0.02, 2] \quad g_t \in [0.02, 2] \quad g_q \in [0.02, 2]$ 



#### Caso B

G. D'Ambrosio, A.I, F.Piccinini, A Polosa 1902.00893

grande WC per		WC	operator	Best fit	$2 \sigma$	
	Case A	$C_{LL}$	$(\bar{s}_L \gamma^\mu b_L) (\bar{e}_L \gamma_\mu e_L)$	0.99	[0.37, 1.61]	
questo caso <	Case B	$C_{LR}$	$(\bar{s}_L \gamma^\mu b_L) (\bar{e}_R \gamma_\mu e_R)$	-3.46	[-4.76, -2.16]	
	Case C	$C_{RR}$	$(ar{s}_R\gamma^\mu b_R)(ar{e}_R\gamma_\mu e_R)$	-3.63	[-5.5, -2.67]	

TABLE I.  $2\sigma$  ranges used for the fits to Wilson coefficients in the case where only electron couples to New Physics.

Osservare il WC per le anomalie è ampio e negativo.

Le espressioni per WC non cambiano ma la correzione a C1q cambia segno

$$C_{LR} = \frac{\sqrt{2\pi}g'_e(g_t - g_q)}{4\cos^2\theta_W m_{Z'}^2 G_F \alpha}$$

$$C_{1q} = C_{1q}^{SM} - \frac{2v^2 g'_e g_q}{8\cos^2 \theta_W m_{Z'}^2}$$
perché gli elettroni sono destrors

#### G. D'Ambrosio, A.I, F.Piccinini, A Polosa 1902.00893



A causa del grande WC per anomalia, questo caso non è coerente

Come risolvere questo?

All'inizio abbiamo assunto

 $g_q=g_q'$  Simmetria LR per coupling di quark leggeri quindi il Vector Coupling è  $g_q$ se assumiamo  $g_q \ggg g_q'$  quindi il Vector Coupling è  $g_q/2$ 

#### G. D'Ambrosio, A.I, F.Piccinini, A Polosa 1902.00893

$$C_{1q} = C_{1q}^{SM} - \frac{2v^2 g'_e g_q}{16\cos^2 \theta_W m_{Z'}^2}$$





Il caso limite non è più SM. Distintamente diverso dal caso A



$$C_{1q}^{eff} = C_{1q}^{SM} + \frac{2v^2 g_e g_q}{8\cos^2 \theta_W m_{Z'}^2}$$

G. D'Ambrosio, A.I, F.Piccinini, A Polosa 1902.00893

What are the implications on the quark couplings



coupling di top quark a Z 'è piccolo dopo i dati di violazione di parità

non influenza la produzione diretta

Il principale canale di scoperta è di-lepton!!

Conclusione...

Le anomalie B rappresentano una delle migliori speranze per NP

Le soluzioni con gli elettroni sono possibili ma difficili

Anche altri esperimenti a bassa energia hanno importanti implicazioni

Elettroni o muoni o entrambi?

La risposta sta nelle future misure di precisione o nella ricerca diretta

Grazie Mille

Jefferson Lab Qweak Collab

Nature

Questi grafici mostrano i resultati combinati di entrambi gli esperimenti



MS

8 -0.17

b

A/g (TeV)

 $Q_{w}^{p} = 0.0719 \pm 0.0045$