

New long distance contribution to semileptonic decays of heavy mesons

Adolfo Guevara



¹Departamento de Física
Cinvestav

¹en colaboración con G. López Castro, P. Roig y S. L. Tostado
(arXiv:1503.06890[hep-ph])

New long
distance
contribution
to
semileptonic
decays of
heavy mesons

Adolfo
Guevara

Motivación

Cortas
distancias

Largas
distancias

Conclusiones

- 1 Motivación
- 2 Cortas distancias
- 3 Largas distancias
- 4 Conclusiones

- Los procesos que presentan corrientes neutras con cambio de sabor están muy suprimidos en el SM, por lo que resultan interesantes para la búsqueda de física más allá del SM.
- En procesos tan suprimidos es necesario conocer todas las contribuciones del SM para la búsqueda de efectos de nueva física
- Recientemente¹, se ha buscado nueva física en el decaimiento del $B^\pm \rightarrow P^\pm \ell^+ \ell^-$, con $P = \pi$ o K , que es en el que nos concentraremos.

¹S. Glashow, D. Guadagnoli, K. Lane PRL 114 091801 

Contribución de cortas distancias (SD)

New long distance contribution to semileptonic decays of heavy mesons

Adolfo Guevara

Motivación

Cortas distancias

Largas distancias

Conclusiones

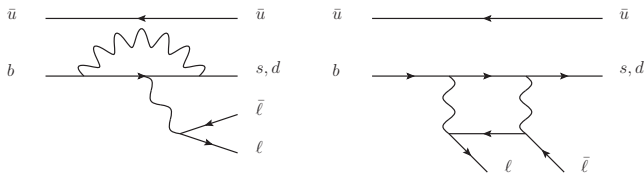


Fig. 1 Diagramas SD a LO, penguin (izquierda) y W-box (derecha).

- Usando el hamiltoniano débil efectivo

$$\mathcal{H}_{eff} = -\frac{G_F \alpha}{\sqrt{2}\pi} V_{q'b} V_{q'q}^* \sum_i C_i^q(\mu_s) O_i^q(\mu_s).$$

- Se tiene la amplitud del proceso $B^- \rightarrow P^- \ell^+ \ell^-$

$$\mathcal{M}[B^- \rightarrow P^- \ell^+ \ell^-] = \frac{G_F \alpha}{\sqrt{2}\pi} V_{q'b} V_{q'q}^* \xi_P(q^2) p_B^\mu (F_V L_\mu + F_A L_\mu^5)$$

- Donde $q = d, s$; $q' = c, t$; $L_\mu = \bar{\ell} \gamma_\mu \ell$ y $L_\mu^5 = \bar{\ell} \gamma_\mu \gamma_5 \ell$

Contribución de cortas distancias (SD)

New long distance contribution to semileptonic decays of heavy mesons

Adolfo Guevara

Motivación

Cortas distancias

Largas distancias

Conclusiones

- Los operadores O_9 y O_{10} dan la contribución principal,

$$O_9^q = [\bar{q}\gamma_\mu b_L][\bar{\ell}\gamma^\mu \ell], \quad O_{10}^q = [\bar{q}\gamma_\mu b_L][\bar{\ell}\gamma^\mu \gamma_5 \ell]$$

- La dependencia de los factores de forma ξ_P , F_V , and F_A en q^2 se obtiene con HQET, QCDF y LCSR ²

$$\xi_\pi(q^2) = \frac{0.918}{1 - q^2/(5.32 \text{ GeV})^2} - \frac{0.675}{1 - q^2/(6.18 \text{ GeV})^2} + \mathcal{P}_\pi$$

$$\xi_K(q^2) = \frac{0.0541}{1 - q^2/(5.41 \text{ GeV})^2} + \frac{0.2166}{[1 - q^2/(5.41 \text{ GeV})^2]^2} + \mathcal{P}_K$$

$$F_A = C_{10} = -4.312 \quad F_V \approx C_9 = 4.214$$

- \mathcal{P}_P son polinomios en q^2 ; C_9 and C_{10} se toman a NNLL³.

²C. Bobeth et al. JHEP 0712 (2007) 040

A. Khodjamirian et al. JHEP 1302(2013) 010

P. Ball and R. Zwicky Phys.Rev.D71 (2005) 014015

³M. Beneke et al. Nucl.Phys.B 612(2001)25

Nueva contribución de largas distancias (LD)

New long distance contribution to semileptonic decays of heavy mesons

Adolfo Guevara

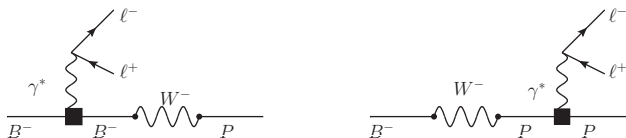


Fig. 2 Contribución de LD. El cuadrado indica la dependencia en la estructura del mesón en el intercambio de un fotón.

- Al considerarse regiones por debajo de 8 GeV^2 no se tendrán contribuciones de la resonancia J/ψ .
- Existen otros diagramas de largas distancias, pero por invarianza de norma dan una contribución nula al proceso.
- El diagrama de la izquierda muestra una supresión proporcional a m_P^2/m_B^2 respecto al diagrama de la derecha.

Motivación

Cortas distancias

Largas distancias

Conclusiones

- Usando Teoría quiral de resonancias ($R\chi T$)⁴ encontramos la amplitud $\mathcal{M}(B^- \rightarrow P^- \ell^+ \ell^-)$ de la parte dominante de esta nueva contribución.

$$\mathcal{M}_{LD} = \sqrt{2} G_F V_{ub} V_{uq}^* f_B f_P \frac{e^2}{q^2} \frac{m_B^2}{m_B^2 - m_P^2} (F_P(q^2) - 1) p_B^\mu \bar{\ell} \gamma_\mu \ell$$

- Al tener la misma estructura que el término con F_V de la amplitud de SD se puede incluir este efecto como una corrección a F_V de la forma

$$F_V^{eff} = F_V + \frac{\kappa_P m_B^2}{q^2} \frac{F_P(q^2) - 1}{\xi_P(q^2)}$$

- donde

$$\kappa_P = -8\pi^2 \frac{V_{ub} V_{uq}^*}{V_{tb} V_{tq}^*} \frac{f_B f_P}{(m_B^2 - m_P^2)}.$$

⁴G. Ecker, J. Gasser, A. Pich and E. de Rafael, Nucl.Phys.B 321(1989)311

- Para $P = \pi$ en la parametrización de Wolfenstein $\kappa_\pi \sim [\mathcal{O}(\lambda^0)]$.

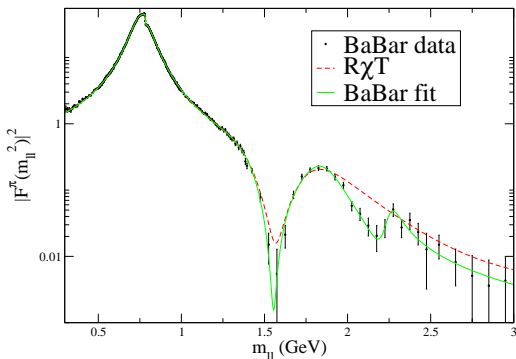


Fig. 3. Factores de forma de $R\chi T^5$ y de BaBar.⁶

⁵O. Shekhovtsova *et al.* Phys. Rev. D86(2012)113008

⁶J. P. Lees *et al.* BaBar Collaboration Phys.Rev. D88 (2013) 032013

- Con $P = K$, $\kappa_K \sim \mathcal{O}(\lambda^2)$. $|F_K|^2$ a $q^2 \approx m_\phi^2$ supera esta supresión.

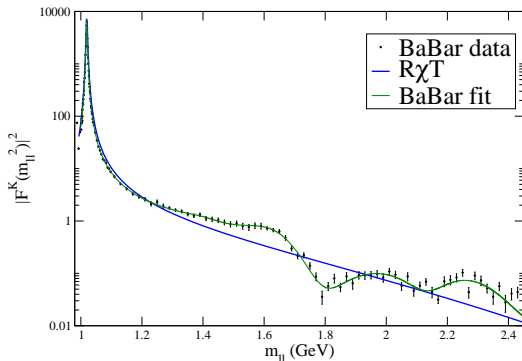


Fig. 4. Factores de forma de $R\chi T^7$ y de BaBar.⁸

⁷E. Arganda, *et al.* JHEP0806(2008)079

⁸J. P. Lees *et al.* BaBar Collaboration Phys.Rev. D86 (2012) 032013

New long
distance
contribution
to
semileptonic
decays of
heavy mesons

Adolfo
Guevara

Motivación

Cortas
distancias

Largas
distancias

Conclusiones

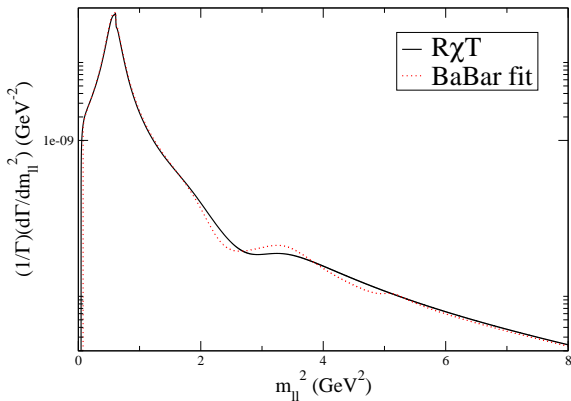


Fig. 5. Espectro de masa invariante para $P = \pi$ usando factores de forma de $R\chi T$ y BaBar.

New long
distance
contribution
to
semileptonic
decays of
heavy mesons

Adolfo
Guevara

Motivación

Cortas
distancias

Largas
distancias

Conclusiones

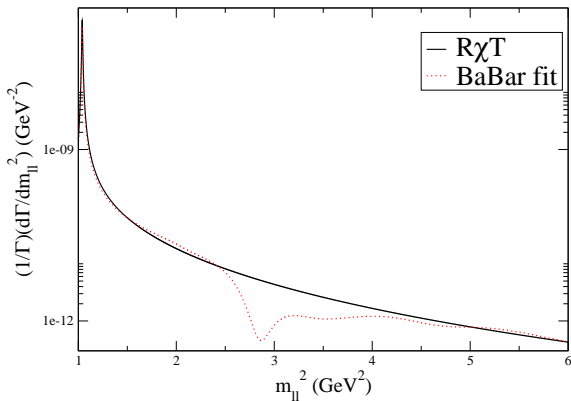


Fig. 6. Espectro de masa invariante para $P = K$ usando factores de forma de $R\chi T$ y BaBar.

Ancho diferencial normalizado desde el umbral de LD ($P = \pi$)

New long distance contribution to semileptonic decays of heavy mesons

Adolfo Guevara

Motivación

Cortas distancias

Largas distancias

Conclusiones

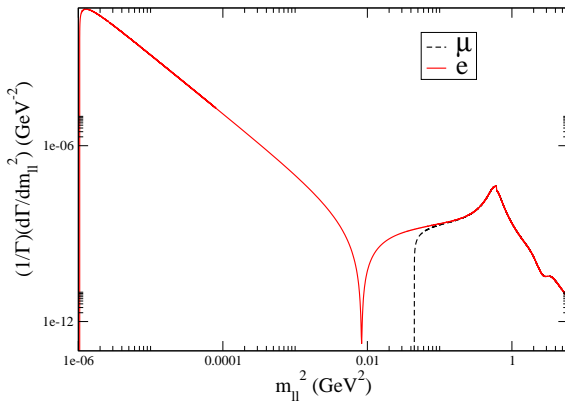


Fig. 7. Ancho normalizado del decaimiento $B \rightarrow \pi \ell^+ \ell^-$ para $\ell = e$ y $\ell = \mu$
La diferencia se vuelve importante debajo de $q^2 \lesssim 0.4 \text{ GeV}^2$

Ancho diferencial normalizado desde el umbral de LD ($P = K$)

New long distance contribution to semileptonic decays of heavy mesons

Adolfo Guevara

Motivación

Cortas distancias

Largas distancias

Conclusiones

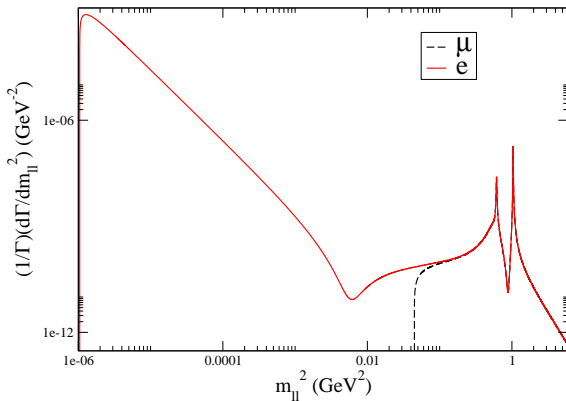


Fig. 8. Ancho normalizado del decaimiento $B \rightarrow K\ell^+\ell^-$ para $\ell = e$ y $\ell = \mu$.

	$0.05 \leq q^2 \leq 8 \text{ GeV}^2$	$1 \leq q^2 \leq 8 \text{ GeV}^2$
LD	$(9.16 \pm 0.15) \cdot 10^{-9}$	$(5.47 \pm 0.05) \cdot 10^{-10}$
Interf	$(-2.62 \pm 0.13) \cdot 10^{-9}$	$(-2_{-1}^{+2}) \cdot 10^{-10}$
SD	$(9.83_{-1.04}^{+1.49}) \cdot 10^{-9}$	$(8.71_{-0.90}^{+1.35}) \cdot 10^{-9}$
Total	$(1.64_{-0.11}^{+0.15}) \cdot 10^{-8}$	$(9.06_{-0.90}^{+1.36}) \cdot 10^{-9}$

Tabla 1. Contribuciones de LD, SD y su interferencia al BR.

- $[1,8] \text{ GeV}^2$ es un rango limpio para buscar BSM.
- La medida de LHCb del BR⁹

$$BR^{\text{LHCb}} = (2.3 \pm 0.6(\text{stat.}) \pm 0.1(\text{syst.})) \times 10^{-8}.$$

- La predicción del SM para $q^2 \in [0.05, (m_B - m_\pi)^2]$ ¹⁰

$$BR^{\text{SM}}(\text{SD}) = (1.88_{-0.21}^{+0.32}) \times 10^{-8},$$

$$\text{a} \quad BR^{\text{SM}}(\text{LD} + \text{SD}) = (2.6_{-0.3}^{+0.4}) \times 10^{-8}.$$


⁹R. Aaij *et al.* JHEP12 (2012)125¹⁰A. Ali *et al.* Phys. Rev. D89 094021(2014), W. Jian-Jun *et al.*

	$1 \leq q^2 \leq 6 \text{ GeV}^2$
LD	$(1.70 \pm 0.21) \times 10^{-9}$
Interf	$(-6 \pm 2) \times 10^{-11}$
SD	$(1.90^{+0.69}_{-0.41}) \times 10^{-7}$
LHCb ¹¹ ($\ell = e$)	$(1.56^{+0.20}_{-0.16}) \times 10^{-7}$

Tabla 2. Contribuciones de LD, SD y su interferencia al BR.

- La interferencia está suprimida ya que $|F_K(q^2)|$ no supera el factor de supresión de CKM, contrario al caso de LD.
- Con esto, el BR cambia a

$$BR^{SM}(LD + SD)_{[1,6] \text{ GeV}^2} = (1.92^{+0.69}_{-0.41}) \times 10^{-7}$$

¹¹R. Aaij *et al.*, Phys. Rev. Lett. 113(2014)151601 

- También calculamos la asimetría de CP para $P = K$ y $P = \pi$

$$A^P = \frac{\Gamma(B^+ \rightarrow P^+ \ell^+ \ell^-) - \Gamma(B^- \rightarrow P^- \ell^+ \ell^-)}{\Gamma(B^+ \rightarrow P^+ \ell^+ \ell^-) + \Gamma(B^- \rightarrow P^- \ell^+ \ell^-)}$$

- Así obtuvimos los siguientes valores

	$q_{min}^2 = 1 \text{ GeV}^2$	$q_{min}^2 = 4m_\mu^2$
$P = \pi$	$(2.5 \pm 1.5) \times 10^{-2}$	$(14 \pm 2) \times 10^{-2}$
$P = K$	$-(1.3 \pm 0.5) \times 10^{-2}$	$-(0.5 \pm 0.5) \times 10^{-2}$

Table 3. Asimetría de CP a diferentes rangos de energía para π y K .

- Esta nueva contribución es necesaria para obtener una asimetría de tal magnitud.

$$B \rightarrow \pi l^+ l^-$$

- Nuestro análisis muestra que la búsqueda de física más allá del SM debe estar limitada al rango $[1,8] \text{ GeV}^2$.
- Nuestra contribución es importante para entender la medición actual de LHCb.
- LHCb podría medir este efecto de LD en la siguiente corrida en el rango $[1,8] \text{ GeV}^2$.

$$B \rightarrow K l^+ l^-$$

- El LHCb podría ser sensible a nuestra contribución, mas no en la diguiente corrida.
- Esta contribución de LD no afectará la búsqueda de nueva física en la región $[1, 6] \text{ GeV}^2$.
- Calculamos una asimetría de CP significativa para π y K que debe considerarse en la búsqueda de nueva física.