

# ESTRUCTURA DE LA MATERIA 4

2DO CUATRIMESTRE 2025

CLASE 19

RODOLFO SASSOT



# CLASE 19: CP, Limitaciones del modelo estándar.

oscilaciones de kaones: violación de CP

$$\Gamma(\pi^+ \longrightarrow \mu^+ + \nu_L) \neq \Gamma(\pi^+ \longrightarrow \mu^+ + \nu_R) \neq \Gamma(\pi^- \longrightarrow \mu^- + \bar{\nu}_R)$$

$\underbrace{\hspace{10em}}_{\text{CP}}$   
 $\underbrace{\hspace{2em}}_{\text{P}} \quad \underbrace{\hspace{2em}}_{\text{C}}$



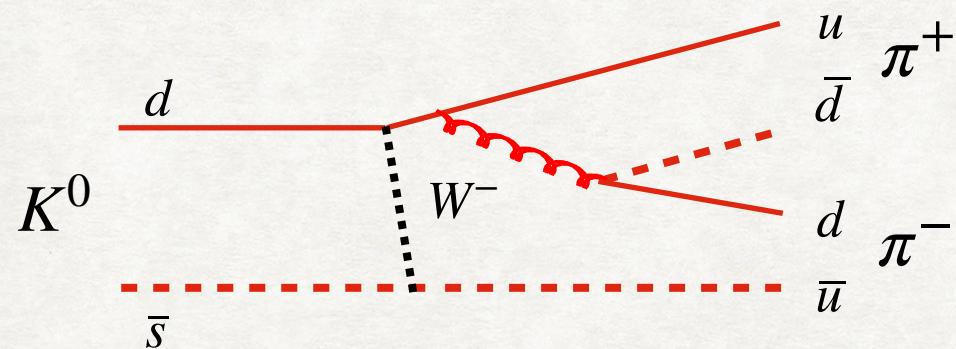
V. Fitch J. Cronin (Nobel 1980)

teorema CPT : invariancia Lorentz + causalidad + QFT implican que CPT es buena simetría

1964 Violación de CP oscilaciones de kaones neutros ( $K^0 \equiv d\bar{s}$ ,  $\bar{K}^0 \equiv s\bar{d}$ )

2001 en mesones B (SLAC) ( $B^0 \equiv d\bar{b}$ ,  $\bar{B}^0 \equiv b\bar{d}$ )

2019 en mesones D (LHC) ( $D^0 \equiv c\bar{u}$ ,  $\bar{D}^0 \equiv u\bar{c}$ )



$$CP |K^0\rangle = -|\bar{K}^0\rangle$$

$$|K_L\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}[|K^0\rangle + |\bar{K}^0\rangle] \quad CP |K_L\rangle = -|K_L\rangle$$

$$|K_S\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}[|K^0\rangle - |\bar{K}^0\rangle] \quad CP |K_S\rangle = +|K_S\rangle$$

$$\pi^- + p \longrightarrow K^0 + \Lambda^0$$

$$\pi^+ + p \longrightarrow \bar{K}^0 + p + K^+$$

$$K_L \longrightarrow 3\pi$$

$$(\tau_L \simeq 0.517 \cdot 10^{-7} s)$$

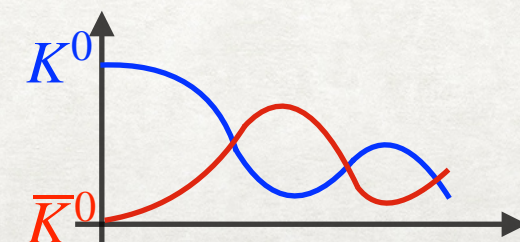
$$CP = -1$$

$$K_S \longrightarrow 2\pi$$

$$(\tau_S \simeq 0.893 \cdot 10^{-10} s)$$

$$CP = +1$$

$$|K_0\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}[|K_L\rangle + |K_S\rangle]$$

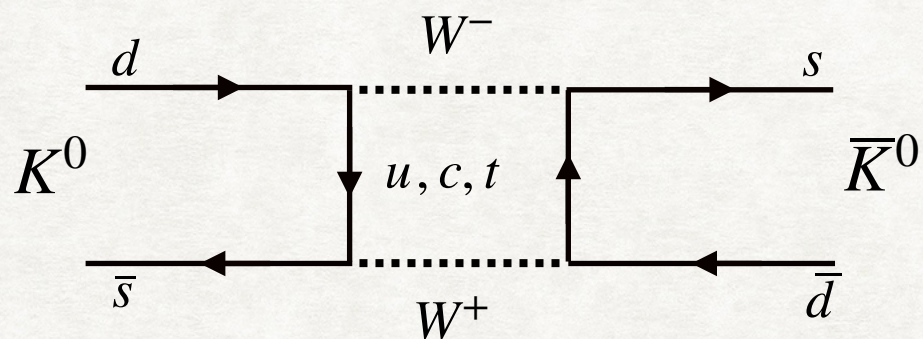




# CLASE 19: CP, Limitaciones del modelo estándar.

oscilaciones de kaones: violación de CP

$$\frac{K_L \longrightarrow \pi^0 \pi^0}{K_S \longrightarrow \pi^0 \pi^0} = (2.28 \pm 0.02) 10^{-3}$$



$$\Gamma(K^0 \longrightarrow \bar{K}^0) \neq \Gamma(\bar{K}^0 \longrightarrow K^0)$$

$$\begin{cases} K_L \longrightarrow e^+ + \nu_e + \pi^- \\ K_L \longrightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \pi^+ \end{cases}$$

materia/anti-materia



asimetría bariónica

$$\frac{\Gamma(K_L \longrightarrow e^+ + \nu_e + \pi^-) - \Gamma(K_L \longrightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \pi^+)}{\Gamma(K_L \longrightarrow e^+ + \nu_e + \pi^-) + \Gamma(K_L \longrightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \pi^+)} = (3.32 \pm 0.06) 10^{-3}$$



## CLASE 19: CP, Limitaciones del modelo estándar.

Es el modelo estándar el fin del camino hacia la elementariedad?

**NO!!!**

gravedad?

materia/energía oscura?

cosmología: asimetría bariónica?

formales/estéticos:

número de parámetros

simetría leptones/quarks

unificación

divergencias



## CLASE 19: CP, Limitaciones del modelo estándar.

Y cómo sigue?

Supersimetría?

Extra-dimensions?

(Super)Cuerdas?

Dualidad/Holografía?