

# 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



V. Fitch J. Cronin (Nobel 1980)

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

CP

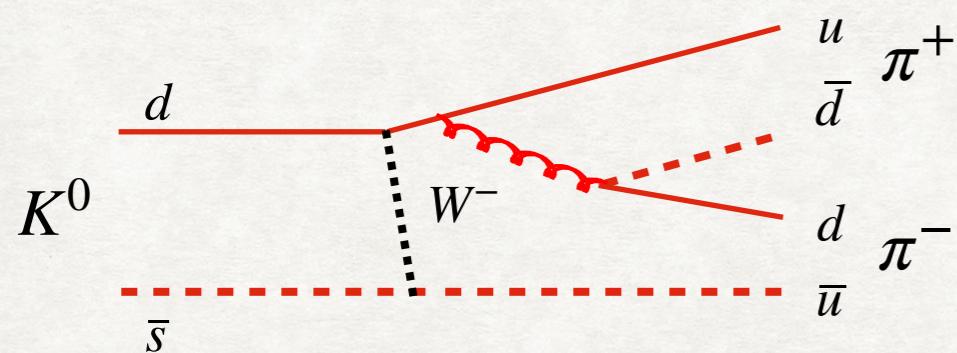
P                            C

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) ( $D^0 \equiv c\bar{u}$ ,  $\bar{D}^0 \equiv u\bar{c}$ )



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

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

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



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

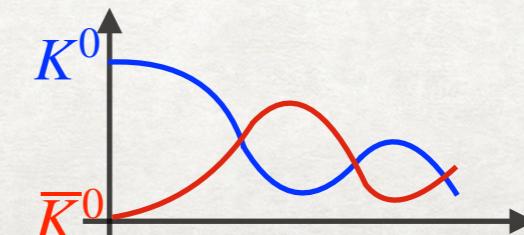
$CP = -1$



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

$CP = +1$

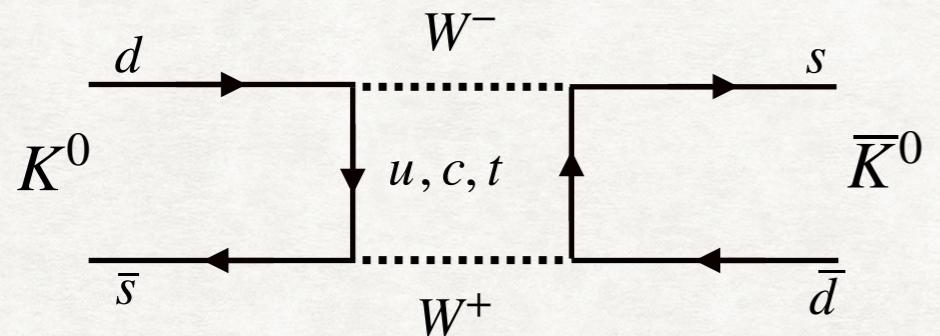
$$|K_0\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} [ |K_L\rangle + |K_S\rangle ]$$



# CLASE 19: CP, Limitaciones del modelo estándar.

**oscilaciones de kaones:** violación de CP

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



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

$$\begin{cases} K_L \rightarrow e^+ + \nu_e + \pi^- \\ K_L \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \pi^+ \end{cases} \quad \text{materia/anti-materia}$$



asimetría bariónica

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

## CLASE 19: CP, Limitaciones del modelo est\'andar.

Es el modelo est\'andar el fin del camino hacia la elementariedad?

NO!!!

gravedad?

materia/energ\'ia oscura?

cosmolog\'ia: asimetr\'ia bari\'onica?

formales/est\'eticos:

n\'umero de par\'ametros

simetr\'ia leptones/quarks

unificaci\'on

divergencias

# CLASE 19: CP, Limitaciones del modelo est\'andar.

Y c\'omo sigue?

Supersimetr\'ia?

Extra-dimensions?

(Super)Cuerdas?

Dualidad/Holograf\'ia?