

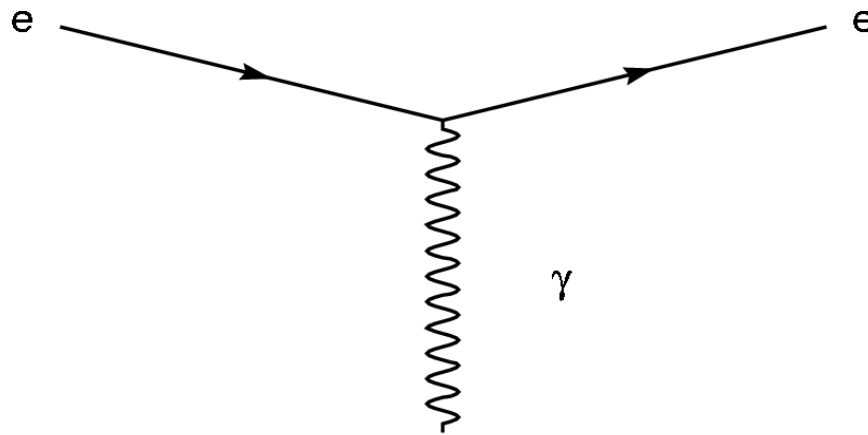
Introducción a los Diagramas de Feynman

Los diagramas de Feynman
representan
amplitudes de probabilidad
de interacción entre partículas,
e.g., *scattering* o decaimientos



Quantum ElectroDynamics (QED)

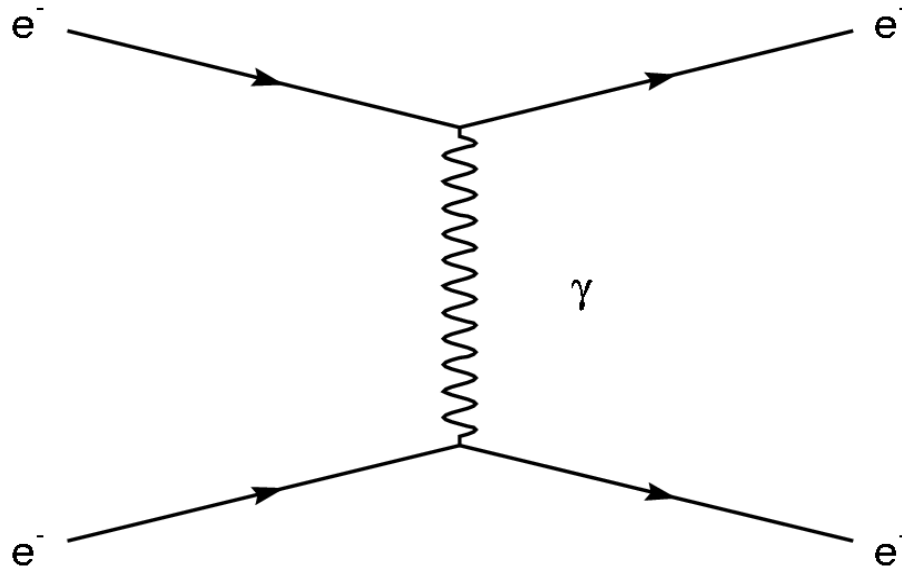
- El vértice básico de QED corresponde al acoplamiento de una partícula cargada con un fotón.
- La energía y el momento se conservan en cada vértice.
- Cada vértice tiene una constante de acoplamiento que es característica de la interacción.



tiempo \longrightarrow

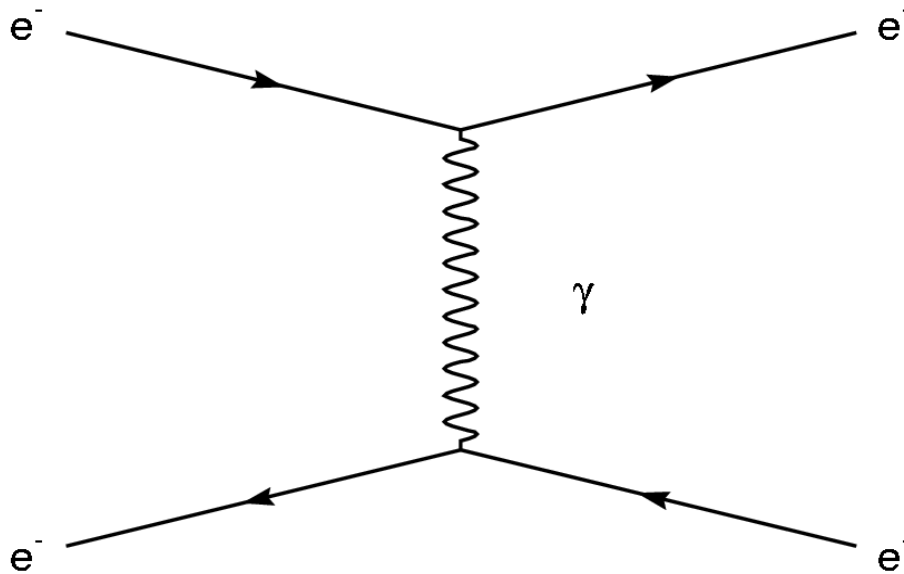
Quantum ElectroDynamics (QED)

- Moller scattering: Scattering electrón-electrón en teoría de perturbaciones a primer orden
- La masa invariante de las líneas internas (el fotón en este caso), queda determinada por la conservación de energía e impulso y no por la naturaleza de la partícula.



Quantum Electrodynamics (QED)

- Bhabha scattering: *Scattering electrón-positrón*
- *Notar que el fotón no lleva carga eléctrica, y es por lo tanto una corriente neutral de intracción.*

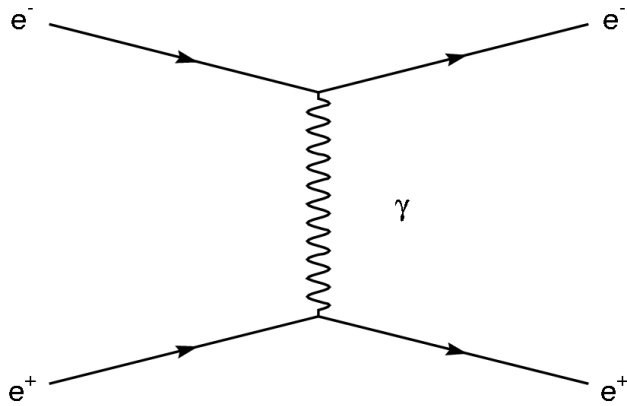


Notar que un electrón yendo hacia atrás en el tiempo es equivalente a un positrón yendo hacia adelante en el tiempo.

Sumando amplitudes

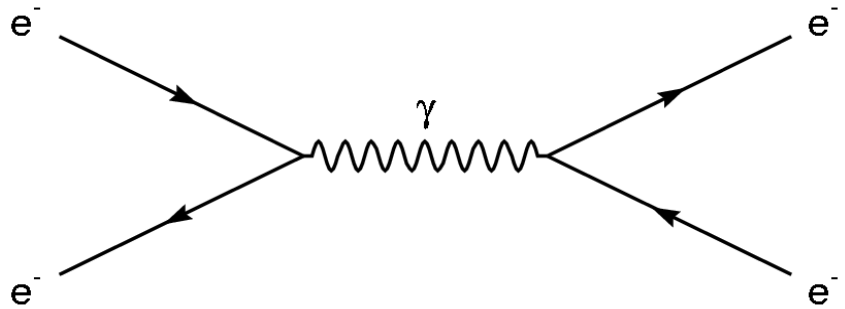
M

$=$



scattering

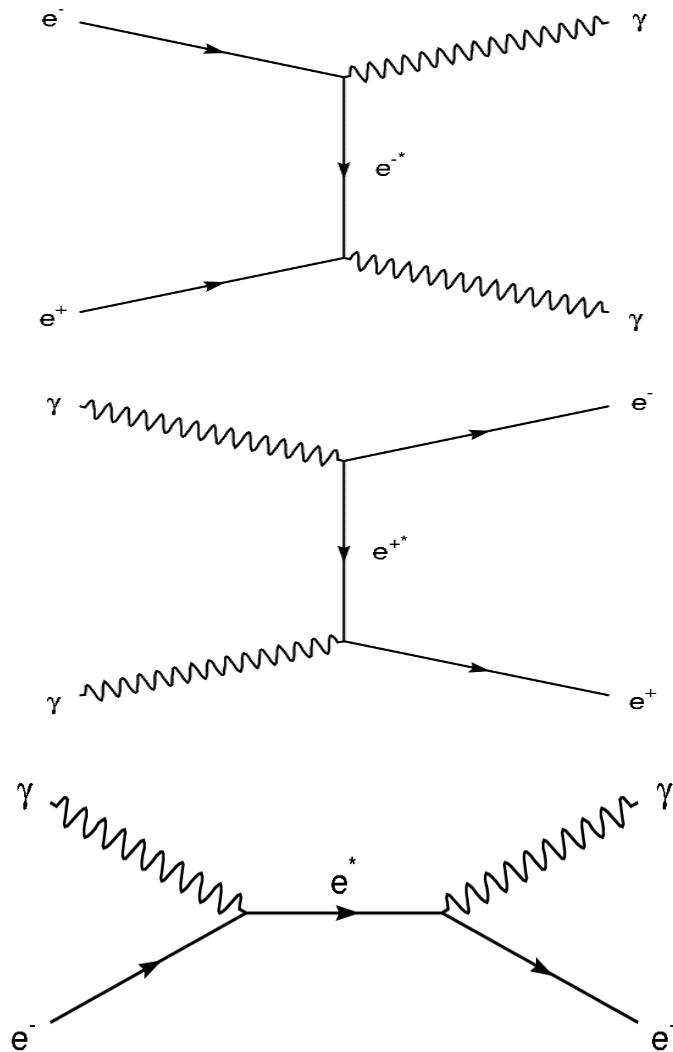
$+$



aniquilación

Las amplitudes de transición (elementos de matriz) deben sumarse sobre todos los casos con indistinguibles estados inicial y final.

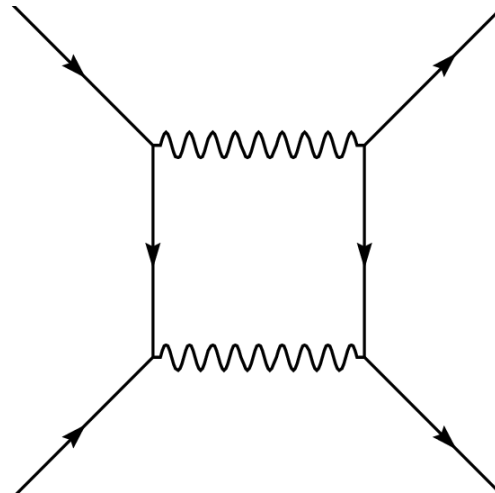
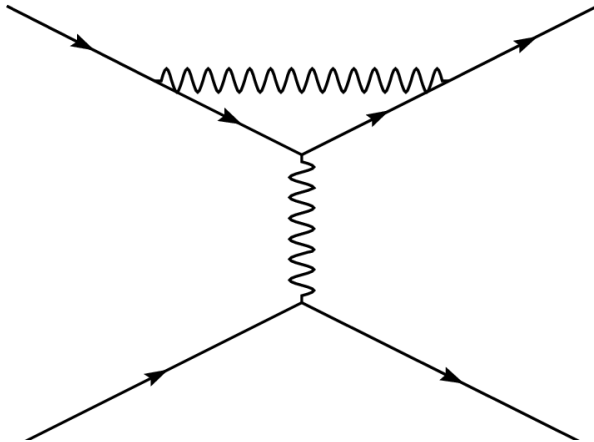
Más diagramas de primer orden en QED



- El mismo diagrama puede describir amplitudes para procesos diferentes pero relacionados.
- Aniquilación,
- creación de pares,
- *scattering* Compton.

Contribuciones de orden superior

- Estos elementos de matriz contribuirán en menor medida que los elementos de matriz correspondientes al primer orden del mismo proceso porque cada vértice tiene una constante de acoplamiento.

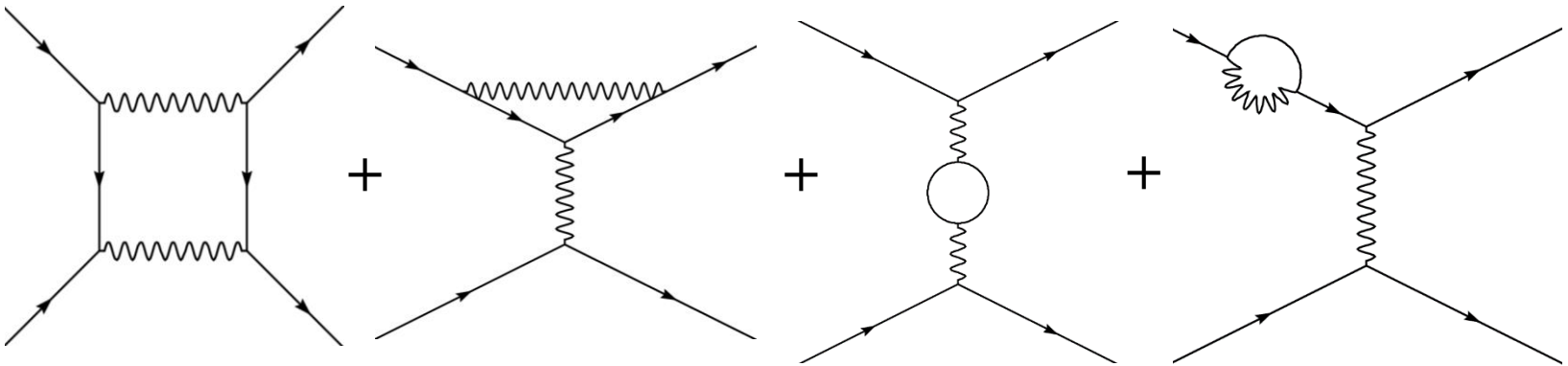
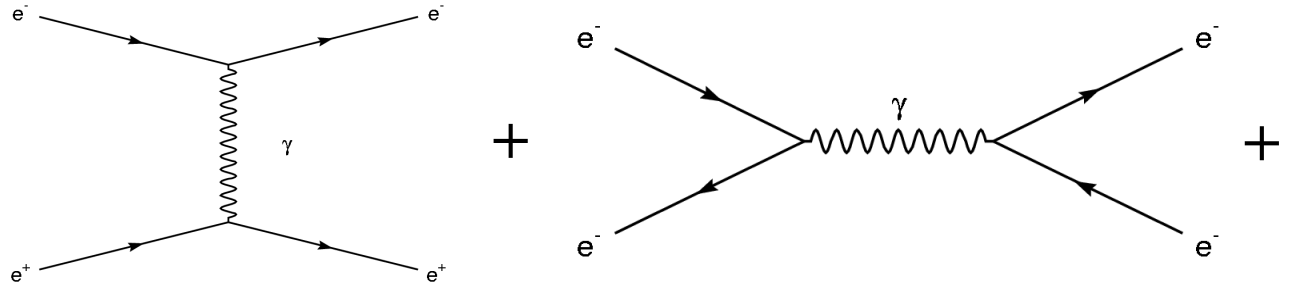


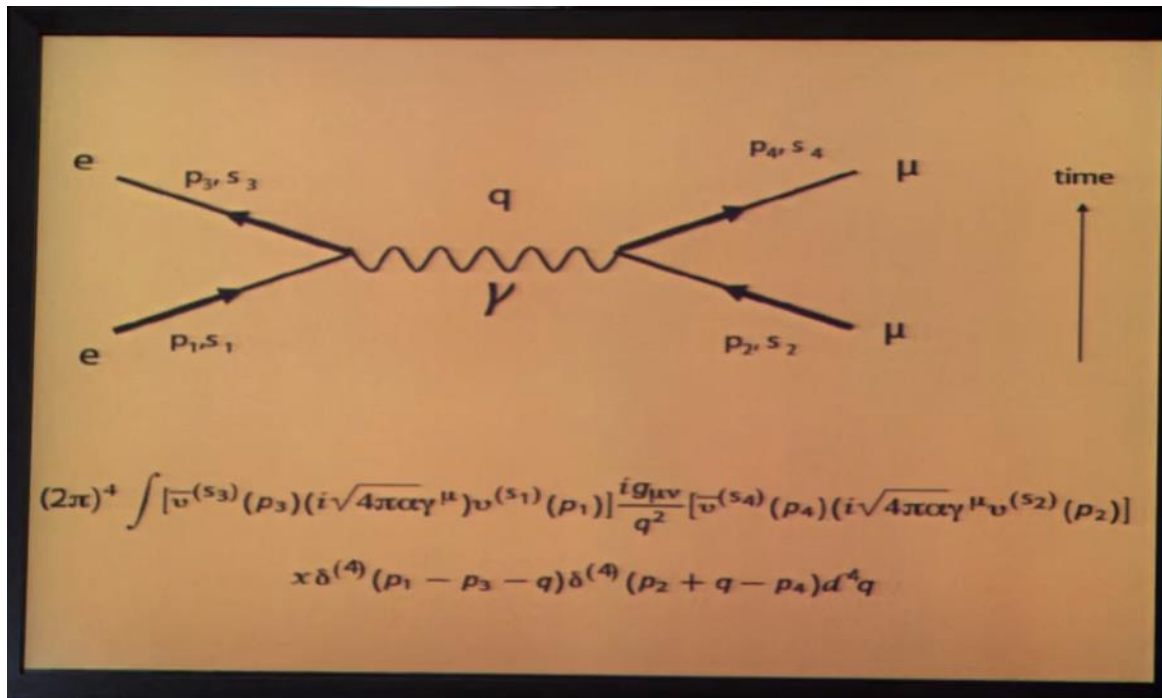
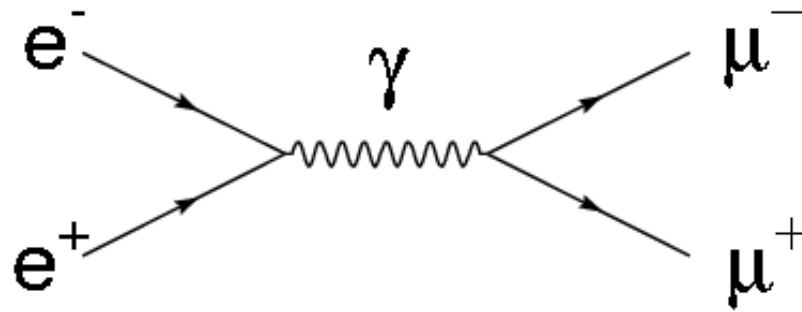


Poniendo todo junto ...

\mathcal{M}

=





Cada línea en los diagramas tiene una interpretación matemática. Un resumen de las reglas en Griffiths (secciones 6.3, 6.6, and 7.5).



29th Annual



PHYSICS BOWL

$$(2\pi)^4 \int [u^{(s_1)}(p_1) (1 + \sqrt{4m_1^2 - p_1^2})^{s_1+1/2}(p_1)] \frac{d^3p_q}{(2\pi)^3} [v^{(s_2)}(p_2) (1 + \sqrt{4m_2^2 - p_2^2})^{s_2+1/2}(p_2)]$$

$$\times \Delta^{(q)}(p_1 - p_3 - q) \Delta^{(q)}(p_4 + q - p_2) d^4q$$

$$[u^{(s_1)}(p_1) (1 + \sqrt{4m_1^2 - p_1^2})^{s_1+1/2}(p_1)] \frac{d^3p_q}{(2\pi)^3} [v^{(s_2)}(p_2) (1 + \sqrt{4m_2^2 - p_2^2})^{s_2+1/2}(p_2)]$$

$$\times \Delta^{(q)}(p_1 - p_3 - q) \Delta^{(q)}(p_4 + q - p_2) d^4q$$


Cada diagrama representa una amplitud (M).

Las secciones eficaces y las vidas medidas son proporcionales a $|M|^2$.

Las tasas de transición para un dado proceso pueden calcularse usando teoría de perturbaciones dependiente del tiempo a través de la regla de Oro de Fermi.

$$\text{Tasa de transición} = \frac{2\pi}{\hbar} |M|^2 \times (\text{espacio de fases})$$

La sección eficaz de intracción de dos partículas que se dispersan en el CM es:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{1}{4\pi^2} \frac{q_f^2}{v_i v_f} |M|^2$$

q_f =momento en el estado final
 v_f = velocidad final
 v_i = velocidad inicial

La tasa de decaimiento de un cuerpo a otros dos (e.g. $K^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$) en el CM es:

Griffiths 6.32

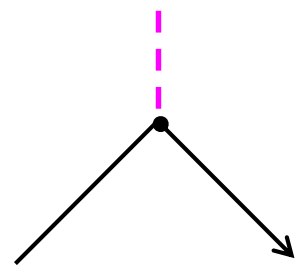
$$\Gamma = \frac{S |\vec{p}|}{8\pi \hbar m^2 c} |M|^2$$

m =masa de la partícula inicial
 p =momento de la partícula que decae
 S =factor estadístico (fermiones/bosones)

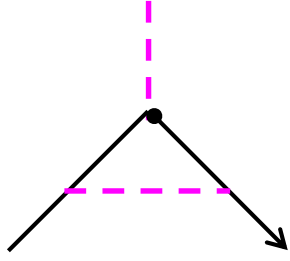
En la mayoría de los casos $|M|^2$ no puede calcularse exactamente y debe ser expandido en serie de potencias. Los diagramas de Feynman representan los términos de esa expansión.

El cálculo del momento magnético anómalo del electron es uno de los grandes triunfos de QED.

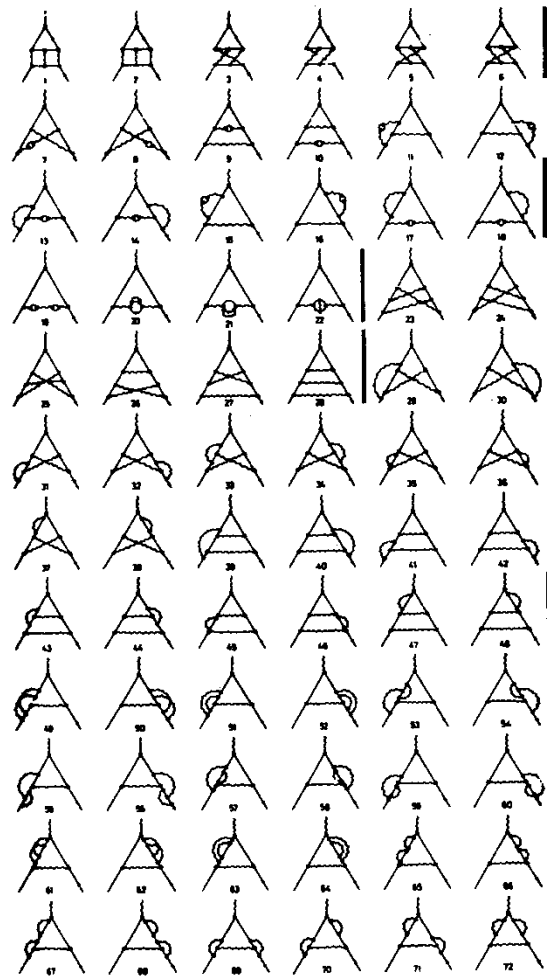
La emisión y reabsorción de un solo fotón contribuye con $a_e = \alpha/2\pi \approx 0.00116$.



Vértice básico de la interacción



Corrección de primer orden

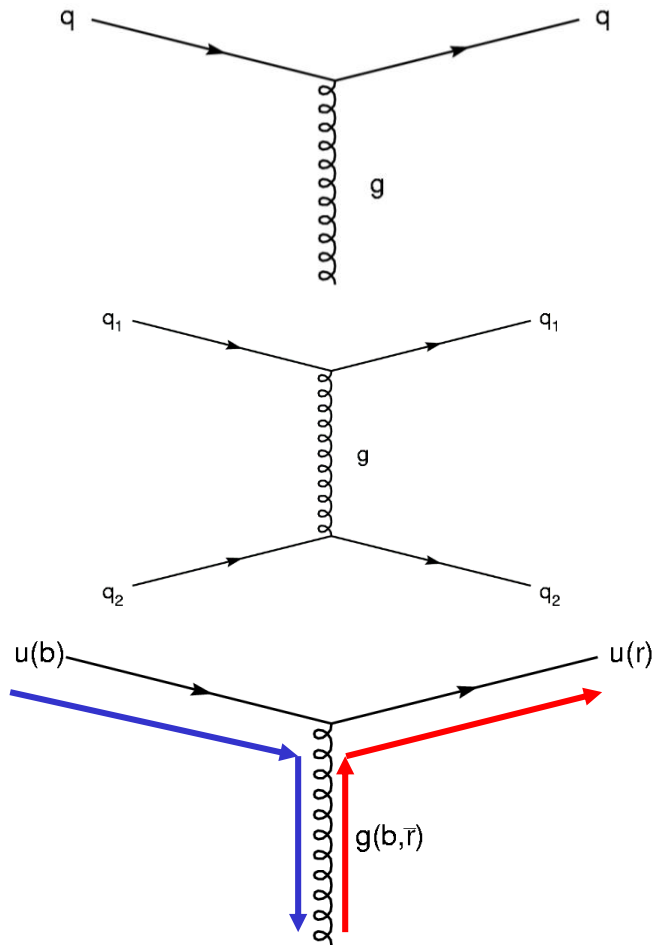


Corrección de tercer orden

Ahora es conocido con una precision de 4 partes en mil millones.

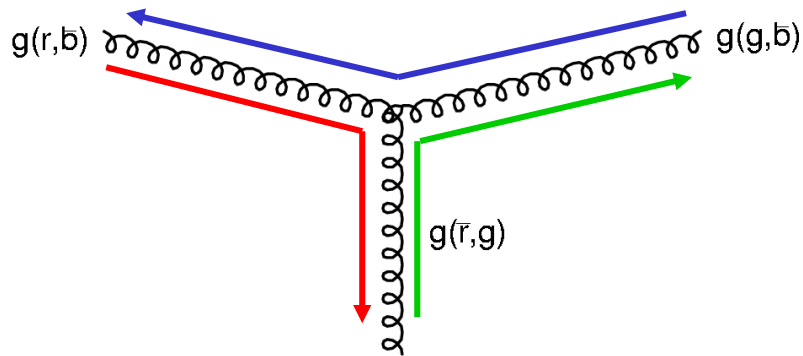
El límite actual de los cálculos teóricos son las correcciones de cuarto orden que son más de 100!

Quantum ChromoDynamics (QCD) [Interacciones fuertes]

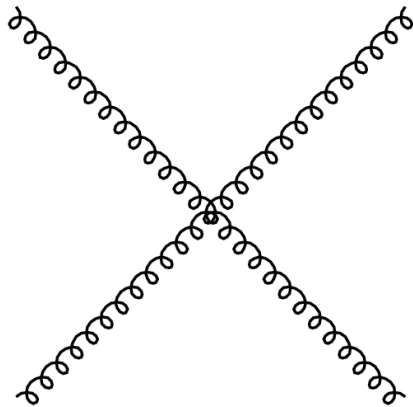


- A primera vista, los diagramas de QCD se parecen a los de QED.
- En lugar de fotones, los mediadores son gluones.
- La "carga" de la interacción fuerte (llamada color) puede ser azul, roja, o verde.
- Los gluones poseen carga de color. Cada gluón lleva un color y un anticolor.

Mas sobre QCD

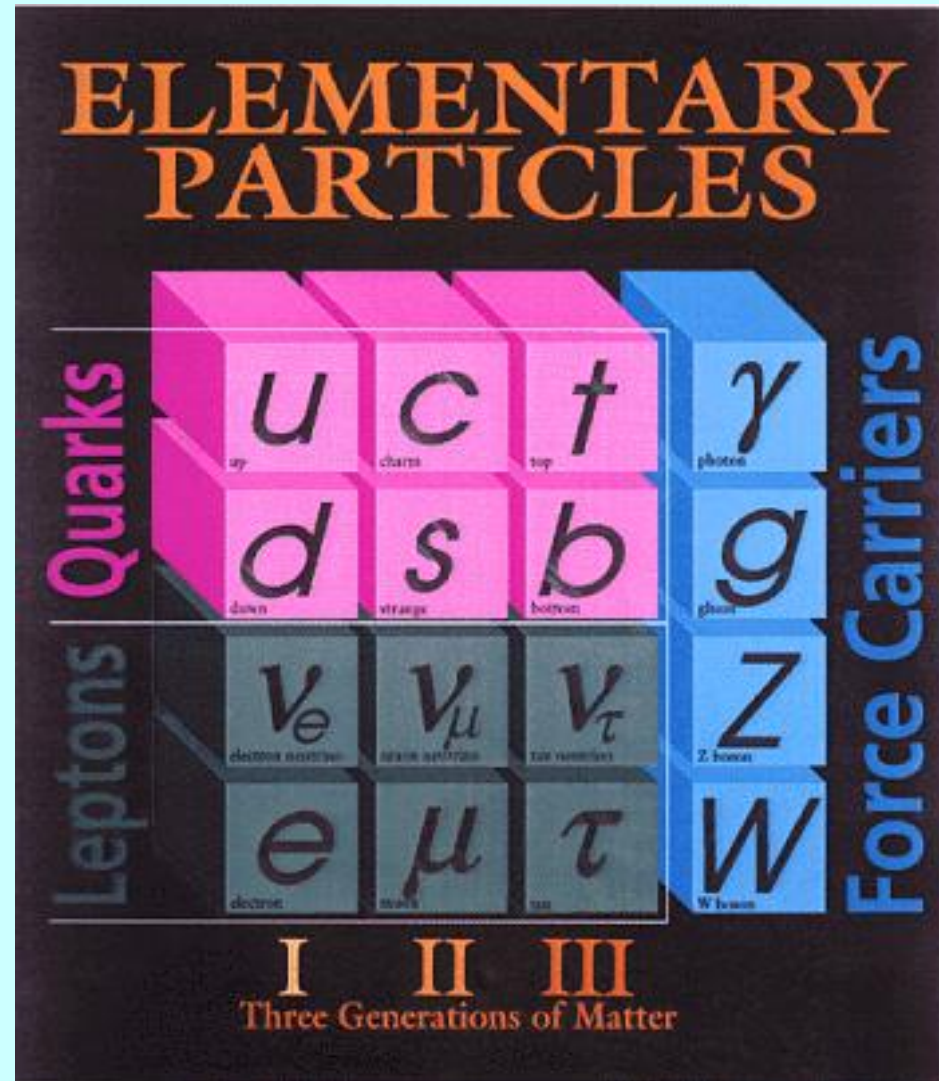
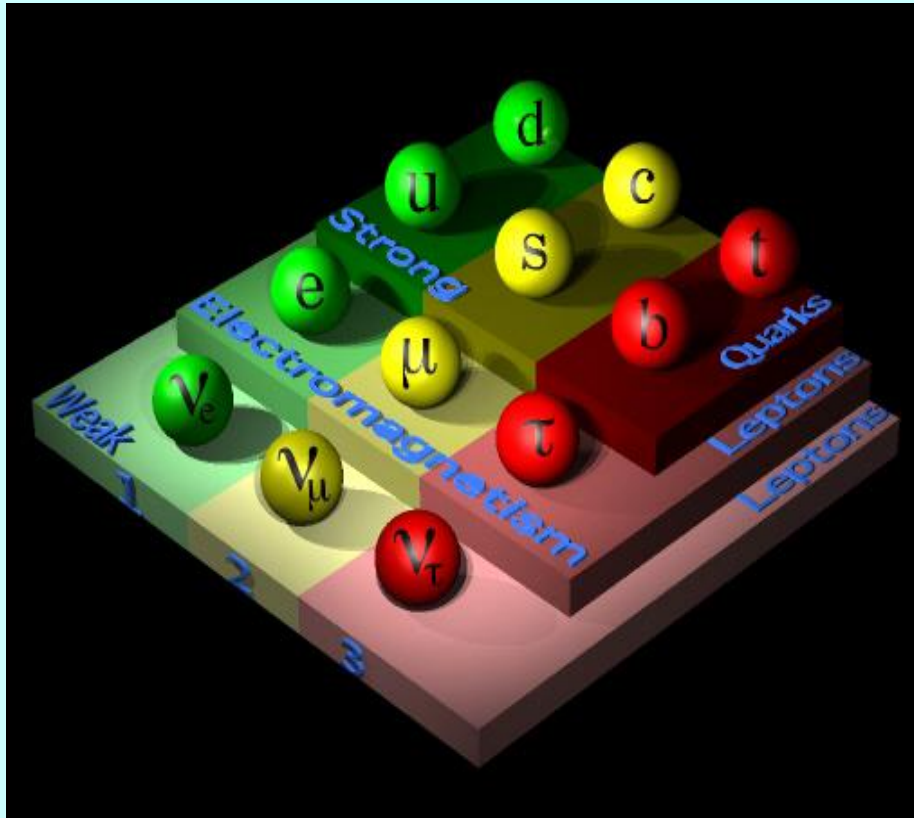


- Debido a que los gluones llevan color, hay vértices de tres y cuatro gluones, así como hay vértices de dos quarks y un gluón.



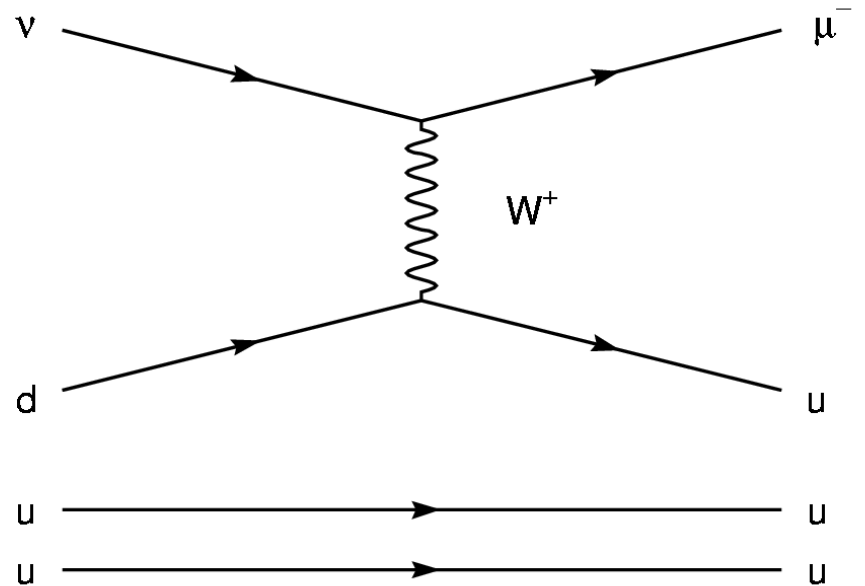
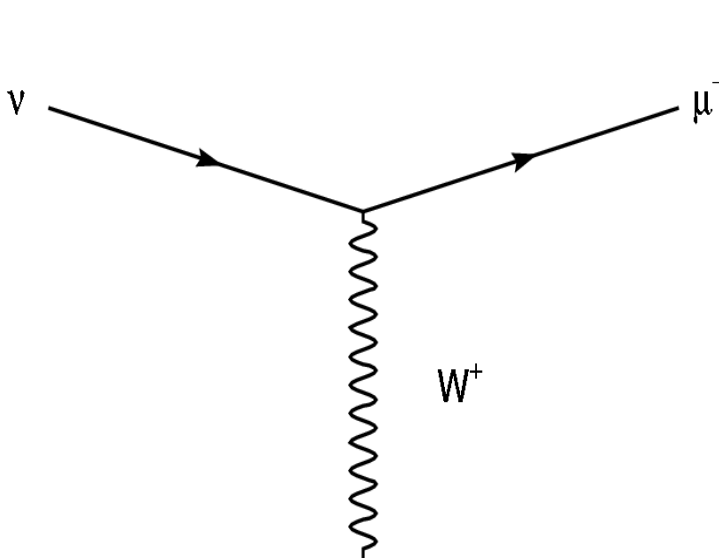
- Esto no pasa en QED...

¿Por qué?



Corrientes de interacción débil cargadas

- El mediador de la interacción débil puede poseer carga y por lo tanto los fermiones interactuantes pueden cambiar.



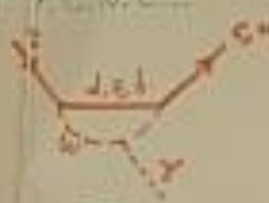
$t \rightarrow Wb$

$$BR(t \rightarrow Wb) = \frac{\Gamma(t \rightarrow Wb)}{\Gamma(t \rightarrow Wg)}$$

$$= \frac{|V_{cb}|^2}{|V_{cd}|^2 + |V_{cs}|^2 + |V_{cb}|^2}$$
$$\approx \frac{(0.9945)^2}{(0.0077)^2 + (0.04)^2 + (0.9945)^2}$$
$$= 97.82\%$$



but F.C.N.C.



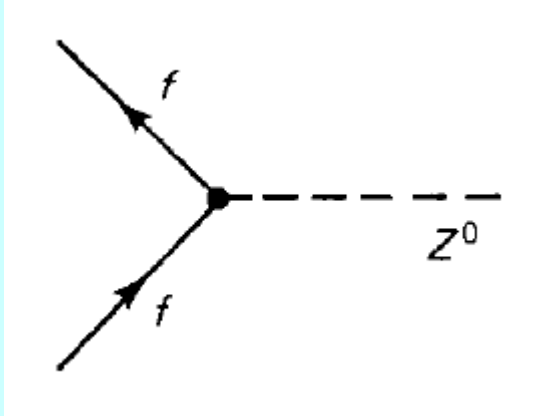
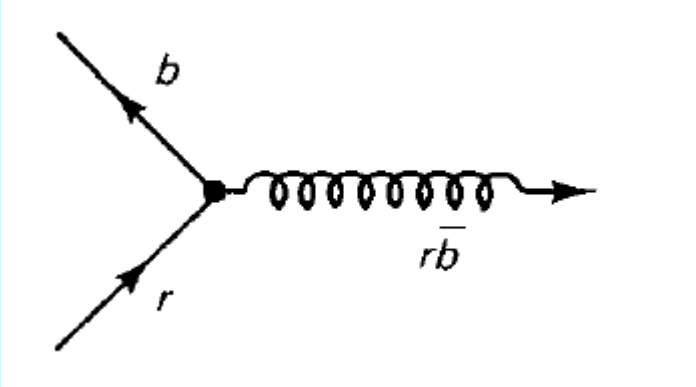
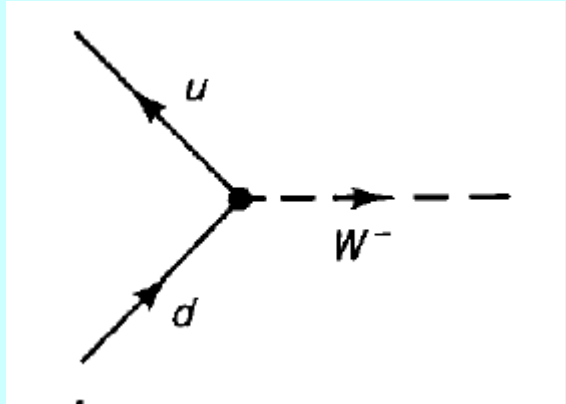
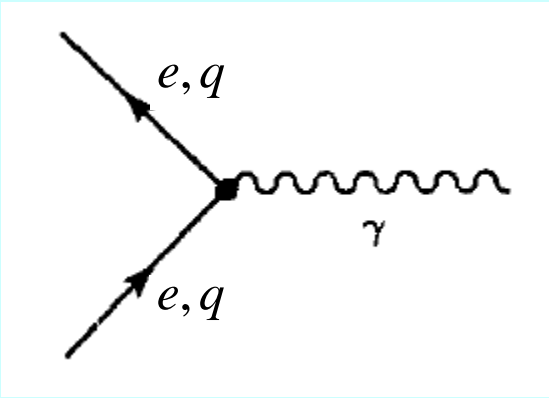
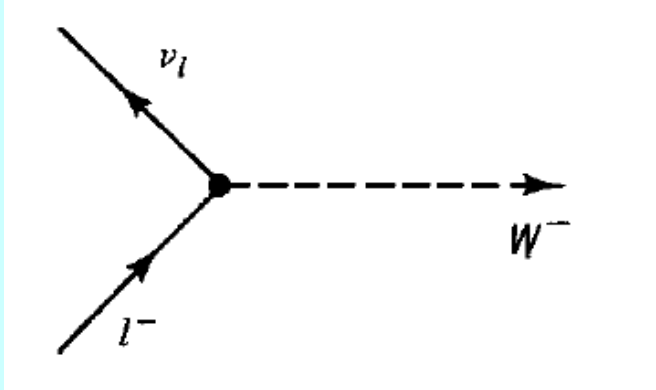
$t \rightarrow Zc$
 $t \rightarrow Z\bar{c}$

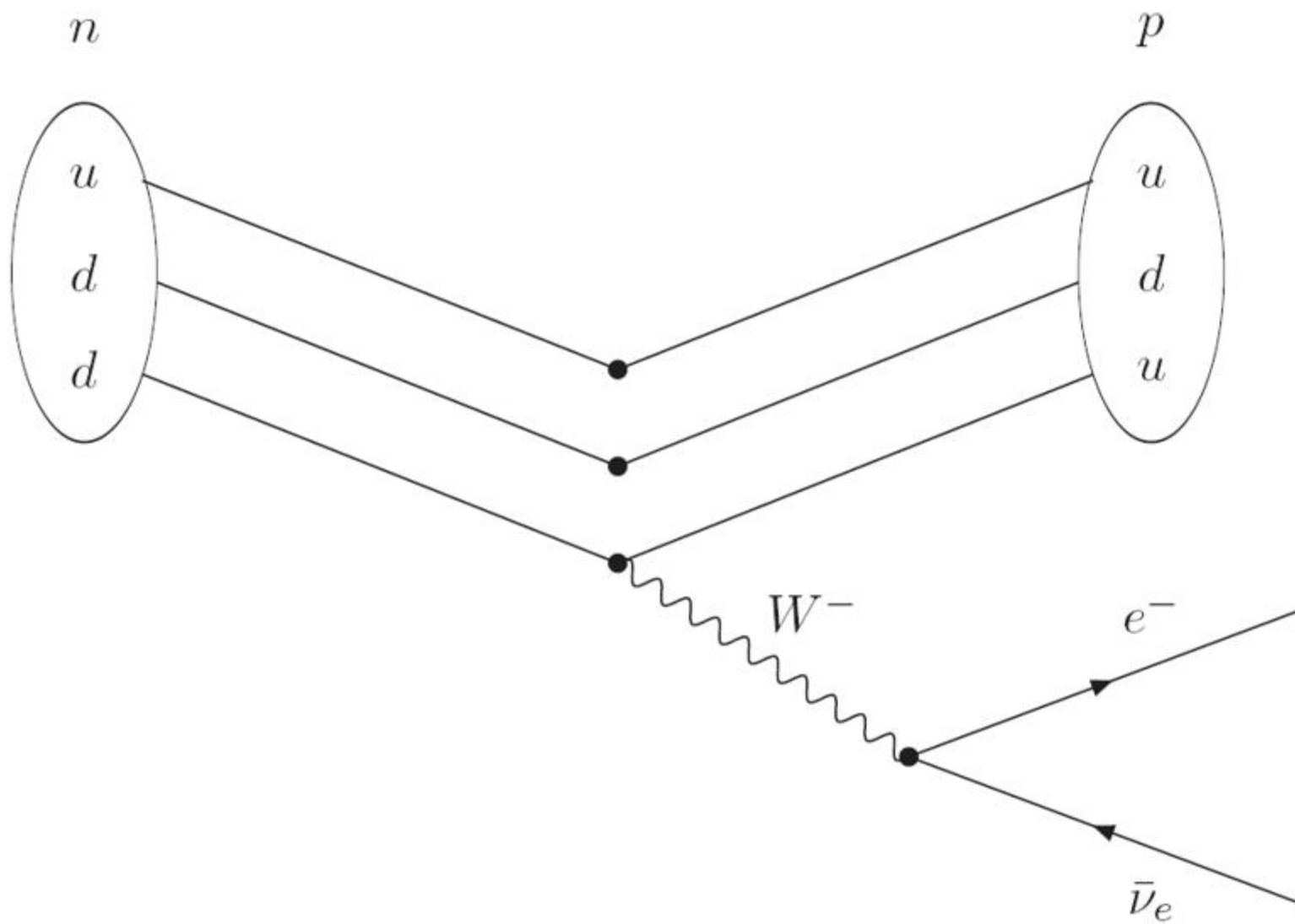


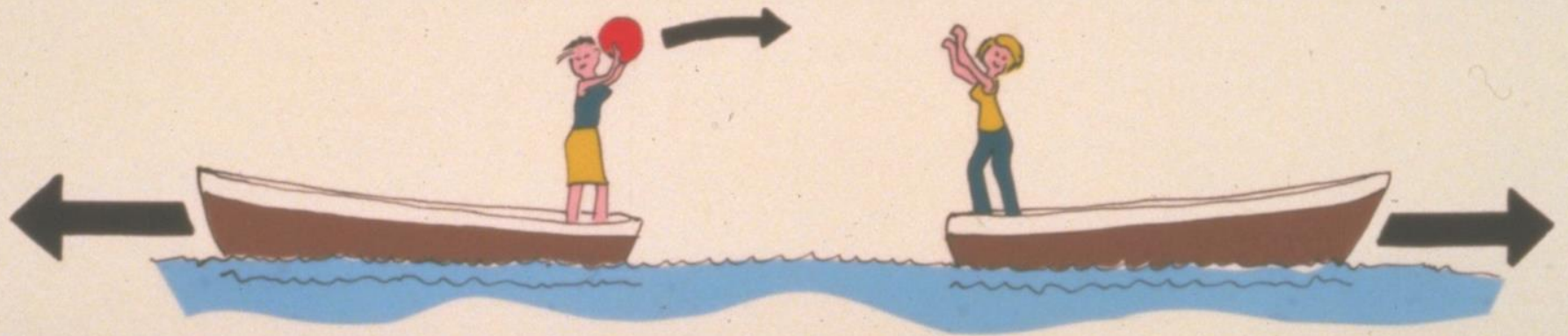
$t \rightarrow \gamma c$
 $t \rightarrow \gamma \bar{c}$

$$U_{CKM} = \begin{pmatrix} c_{11}c_{12} & & \dots \\ -s_{11}c_{23} - c_{11}s_{23}s_{13}e^{i\delta} & & \dots \\ s_{11}s_{23} - c_{11}c_{23}s_{13}e^{i\delta} & & \dots \end{pmatrix}$$

Interacciones







THE EXCHANGE OF PARTICLES IS RESPONSIBLE FOR THE FORCES