

Reunião #3 (material ~ Leonardo)

objetivo: aprofundar um pouco mais sobre a teoria Eletrofraca (EW).

contexto histórico

* 1933 ~ teoria (efetiva) de Fermi para o decaimento ^{Beta}

$$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e, \text{ onde}$$

$n = \text{nêutron}$, $p = \text{próton}$, $e^- = \text{elêtron}$
 $\nu_e = \text{neutrino do } e^-$, $\bar{\nu}_e = \text{anti-neutrino do } e^-$

* 1936 ~ descoberta do múon

$$\mu^- \rightarrow e^- + \nu_\mu + \bar{\nu}_e, \text{ onde}$$

$\mu^- = \text{múon}$
 $\nu_\mu = \text{neutrino do } \mu$

⇒ indicações importantes:

1) aparecimento de dubletes $\{\mu^-, \nu_\mu\}$, $\{e^-, \nu_e\}$.

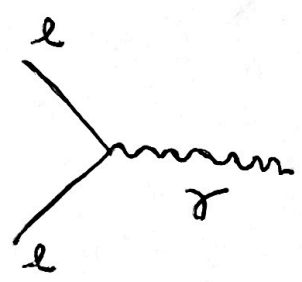
Em geral, escrevemos $\{l, \nu_e\}$, onde l denota os léptons, com $l = e^-, \mu^-, \tau$

↳ tau

2) deve ter um mediador carregado (W^\pm) para EW

⇒ precisaríamos de um grupo $SU(2) \sim$ matrizes 2×2 (unitárias $\sim U$, determinante = 1 \sim special $\sim S$)

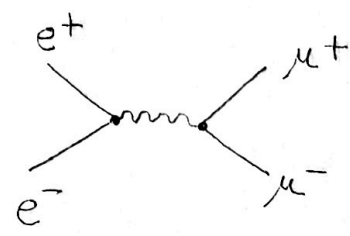
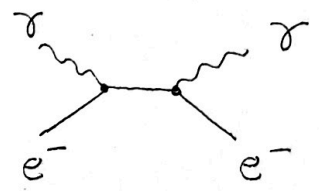
observação: na interação eletromagnética (EM), o mediador é o fóton (γ)



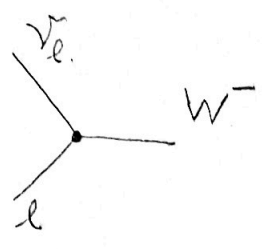
~ vértice fundamental (3-vértice)

$\gamma \rightarrow$ massa nula, neutro (carga EM nula), descrito por um grupo $U(1) \sim$ matriz 1×1

alguns processos:



Retornando à teoria EW :

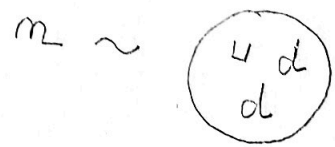
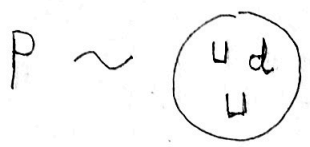


~ um dos vários vértices fundamentais!

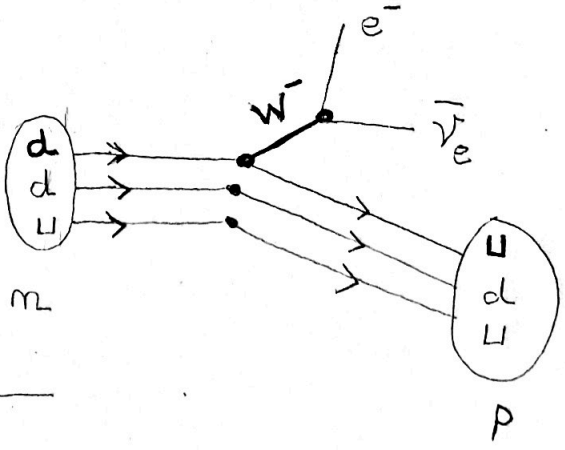
$W^- \rightarrow$ mediador carregado e massivo.

(bem \neq do γ)

observação : atualmente já sabemos que o próton e nêutron não são fundamentais (constituídos por quarks)



no decaimento Beta temos



questão: como descrever/acomodar as interações com W^\pm e/ou γ ?

utilizando somente um grupo $SU(2)$ muito será possível (um dos problemas é a questão da massa)

\Rightarrow Teoria EW \sim $SU(2) \times U(1)_Y$, onde

$SU(2) \rightarrow$ isospin fraco (carga $\sim I_3$)

$U(1)_Y \rightarrow$ hipercarga fraca (carga $\sim Y_W$)

de modo que

$SU(2) \times U(1)_Y \xrightarrow[\text{energias}]{\text{baixas}}$ $U_{EM}(1)$

$q_{EM} = I_3 + \frac{1}{2} Y_W$

exemplos \rightarrow

	q_{EM}	I_3	Y_W
W^\pm	± 1	± 1	0
γ e Z^0	0	0	0
ν_e	0	$1/2$	-1
e^-	-1	$-1/2$	-1

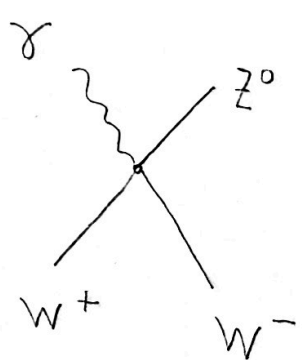
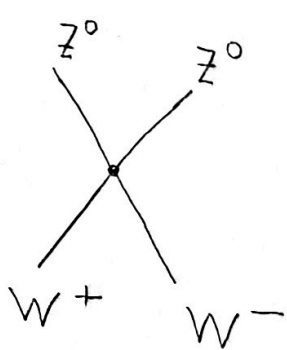
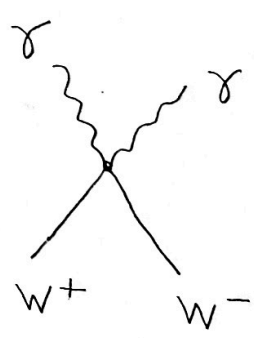
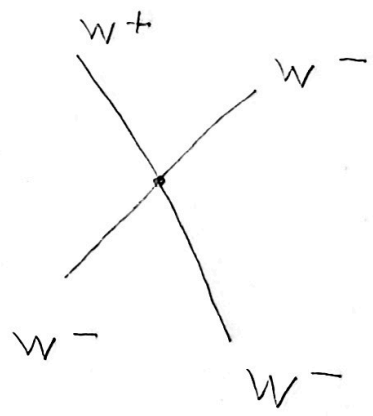
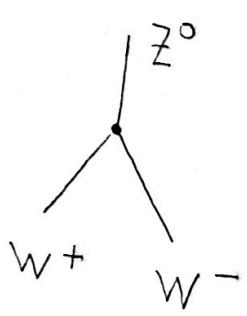
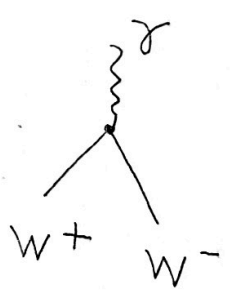
carga eletromagnética (EM) é uma combinação das cargas I_3 e Y_W

observação: com $SU(2) \times U(1)_Y$ conseguiremos descrever W^\pm (carregado e massivo) e γ (neutro e sem massa), só que deverá aparecer também um novo mediador Z^0 (neutro e massivo).

Teoria EW \rightarrow mediadores $\{W^{\pm}, \gamma, Z^0\}$

[a previsão de Z^0 é um dos sucessos da teoria EW, que foi confirmada nos aceleradores!]

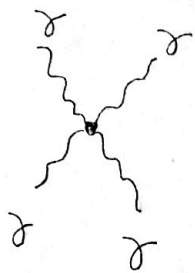
novidade : na teoria EW, existem vértices de interação entre os mediadores



observações : note que não aparecem vértices envolvendo apenas γ e Z^0 (sem a presença de W^{\pm}).

Por exemplo, na teoria EW (clássica) não temos:

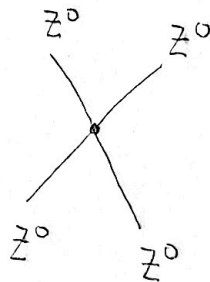
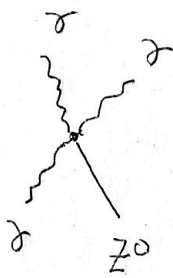
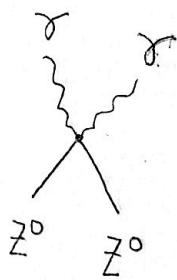
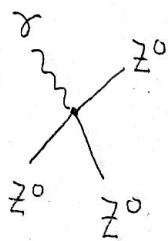
1)



~ auto-interação de γ

(eletrodinâmica não-linear)

2) acoplamentos neutros



, ...

→ física além do Modelo Padrão!

observações:

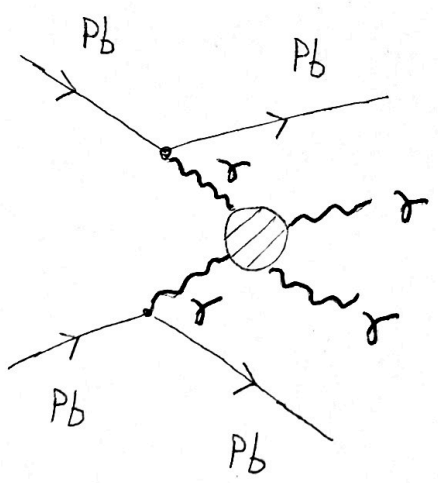
* teorias efetivas e/ou correções quânticas podem gerar novos vértices ou correções (pequenas) aos conhecidos na teoria EW.

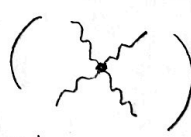
** teoria efetiva → vale apenas numa escala de energia (não é uma teoria fundamental)


Exemplo: a teoria de Fermi é uma teoria efetiva para a interação fraca. Descreve o decaimento $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$, mas sabemos que o nêutron e próton não são partículas fundamentais.

analogamente, teremos outras teorias efetivas para descrição da interação fraca/forte envolvendo outras partículas!

Alguns processos:



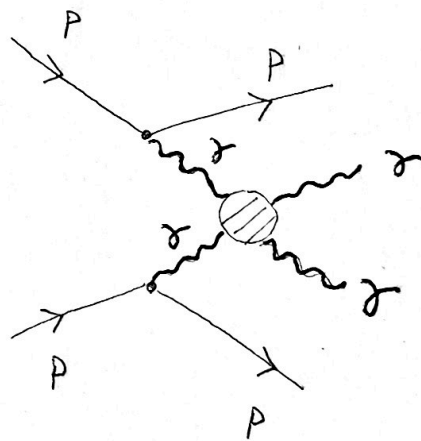
→ medida do espalhamento luz-luz () em colisões ultraperiféricas de íons pesados (Pb - Pb)

 = demota efeitos de correções quânticas e/ou teorias efetivas

2017 → colaboração ATLAS apresenta uma 1ª medida e evidência do espalhamento luz-luz

2018 → resultados são confirmados/medidos pela colaboração CMS

2021 → colaborações CMS & TOTEM publicaram os 1ºs resultados do espalhamento luz-luz em colisões próton-próton (p-p)



outra possibilidade: Investigar acoplamentos anômalos neutros do γ com Z^0 . Por exemplo,

→ restringir propostas além do Modelo Padrão com γ Z^0 .

