

Lezione 21

# **Il modello standard**

Bosoni mediatori dell'interazione debole

$$W^\pm \text{ (} 80 \text{ GeV) } \quad Z^0 \text{ (} 91 \text{ GeV)}$$

Produzione in  $e^+ + e^-$ .

$$e^+ + e^- \rightarrow Z^0 \quad e^+ + e^- \rightarrow W^+ + W^-$$

Decadimenti

$$Z^0 \rightarrow e^+ + e^- \quad Z^0 \rightarrow \mu^+ + \mu^-$$

$$W^+ \rightarrow e^+ + \nu_e \quad W^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$$

La presenza del neutrino rende più difficile l'identificazione.

$W^-$	$\rightarrow$	$e^- + \bar{\nu}_e$	10.8 %
$W^-$	$\rightarrow$	$\mu^- + \bar{\nu}_\mu$	10.6 %
$W^-$	$\rightarrow$	$\tau^- + \bar{\nu}_\tau$	10.8 %
$W^-$	$\rightarrow$	adroni	67.8 %

$Z^0$	$\rightarrow$	$e^- + e^+$	3.3 %
$Z^0$	$\rightarrow$	$\mu^- + \mu^+$	3.3 %
$Z^0$	$\rightarrow$	$\tau^- + \tau^+$	3.3 %
$Z^0$	$\rightarrow$	$\nu_{e,\mu,\tau} + \bar{\nu}_{e,\mu,\tau}$	20.2 %
$Z^0$	$\rightarrow$	adroni	69.9 %

Per i decadimenti carichi c'è universalità.

Decadimento in neutrini è favorito

$Z^0$  non è il partner neutro di  $W^\pm$ .

Chiamiamo  $W^0$  il partner neutro di  $W^\pm$

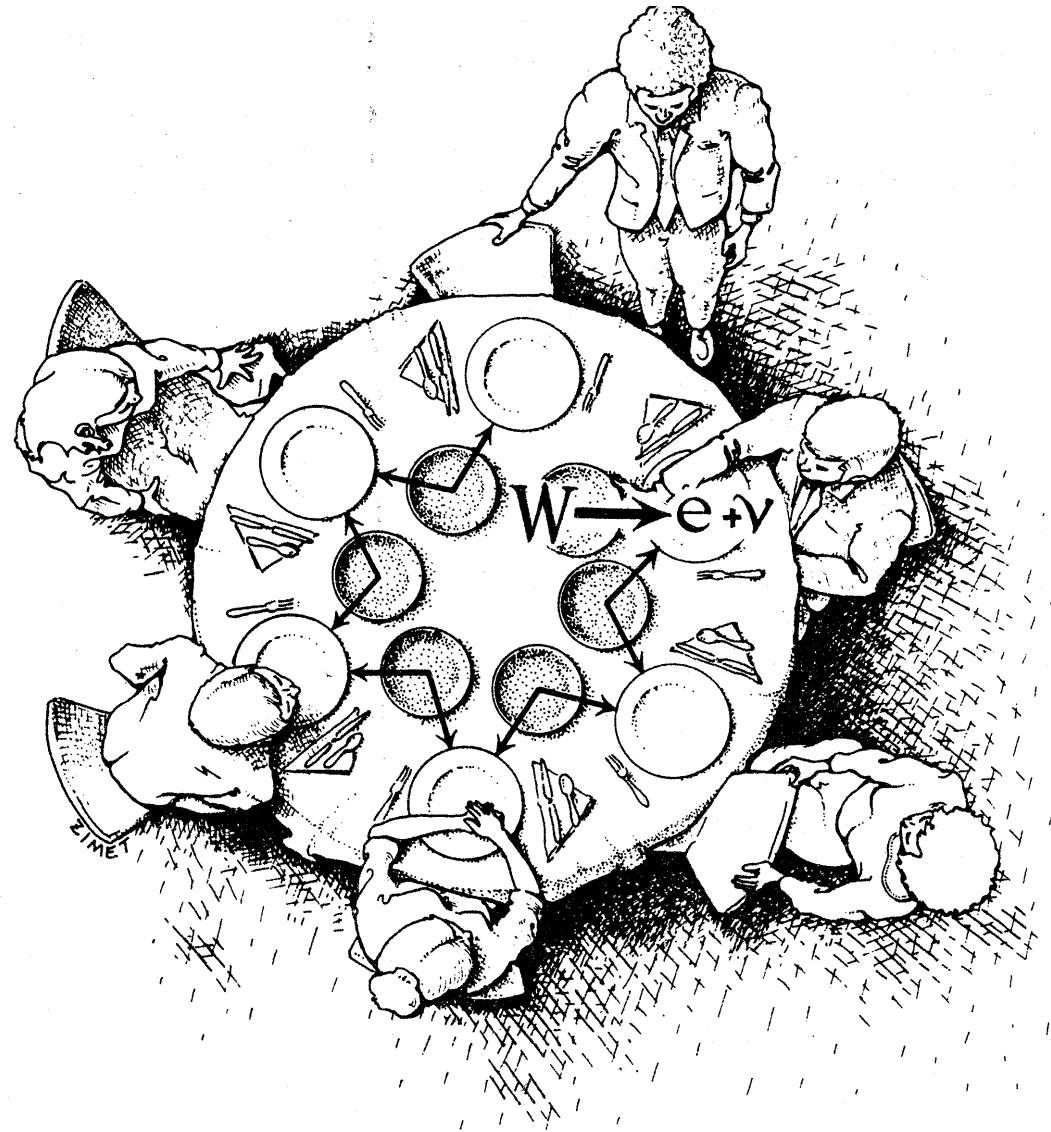
Deve esistere un altro bosone neutro con accoppiamento differente  $B^0$ .

I bosoni fisici sono combinazione lineare di questi.

$$\begin{pmatrix} |\gamma\rangle \\ |Z^0\rangle \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta_W & \sin\theta_W \\ -\sin\theta_W & \cos\theta_W \end{pmatrix} \begin{pmatrix} |B^0\rangle \\ |W^0\rangle \end{pmatrix}$$

$\theta_W$  angolo di Weinberg  $\sin^2\theta_W = 0.2319 \pm 0.0005$

# Rottura spontanea di simmetria



# Modello standard

## Interazioni

interazione			massa	$J^\pi$
forte	colore	8 gluoni	0	$1^-$
e.m.	carica el.	$\gamma$	0	$1^-$
debole	carica deb.	$W^\pm, Z^0$	80-90GeV	$1^?$
gravitazione	massa	gravitone(?)	0	$2^-$

## Leptoni

$e^-$	$\mu^-$	$\tau^-$
$\nu_e$	$\nu_\mu$	$\nu_\tau$

## Quark

$u$	$c$	$t$	$2/3$
$d$	$s$	$b$	$-1/3$

- E.m. raggio  $\propto$  massa  $\gamma$  nulla.
  - Massa  $W^\pm$  e  $Z^0$  molto grande. Raggio d'azione  $10^{-3}$  fm.
  - Massa gluoni =0, ma raggio d'azione molto piccolo (fm). Costante d'accoppiamento molto grande. Autointerazione.
  - Interazioni e.m. e debole unificate.
  - Conservati  $E, p, L, Q$ , colore, numero barionico, numero leptonico famiglia per famiglia.
  - $P$  e  $C$  violate. Si conosce un solo caso di violazione  $CP$ .
  - Solo processi deboli cambiano sapore dei quark e possono cambiare il tipo di leptoni.
  - Isospin, stranezza, charm, conservati nelle altre interazioni. Bosone di Higgs identificato al CERN nel 2012.
- Masse dei neutrini non nulle Premio Nobel 2016

Verifiche del modello standard fatte in continuazione.

## Aspetti non soddisfacenti

- QCD non perturbativa, confinamento non è mai stato provato
- Troppi parametri liberi: masse fermioni e bosoni, costanti di accoppiamento, elementi della matrice di CKM. Fissati dal confronto con i dati sperimentali.
- Come includere la gravità?