

Štandardný model: Rozpad Z-bozónov

Stanislav Tokár

Univerzita Komenského
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky
Katedra jadrovej fyziky a biofyziky
Bratislava

Štandardný model

Štandardný model (SM) je založený na kalibračných symetriách:

- castice sú kvantá polí
- Fyzikálny systém je systém polí s daným lagranžiánom
- Charakter interakcií závisí od symetrií lagranžiánu

•**Teória elektroslabých interakcií**

(Symetria Lagranžiánu: $SU(2)_L \otimes U(1)_Y$)

elektromagnetické javy a javy slabých interakcií

•**Teória silných interakcií (QCD)**

(Symetria Lagranžiánu: $SU(3)_c$)

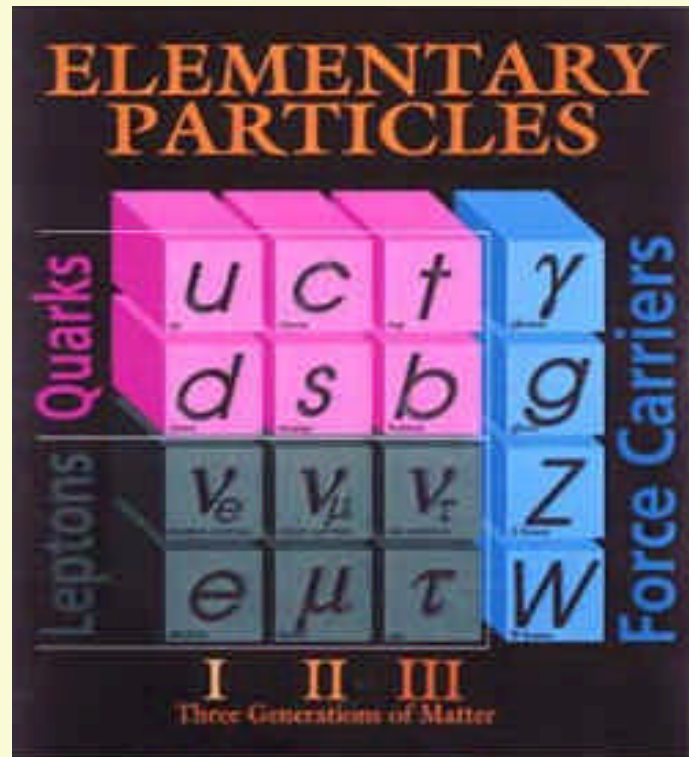
(sily pôsobiace medzi kvarkami, nukleónmi etc.)

✓ **Gravitácia nie súčasťou SM !**

(Problémy s kvantovou teóriou gravitácie)

Castice a sily prírody

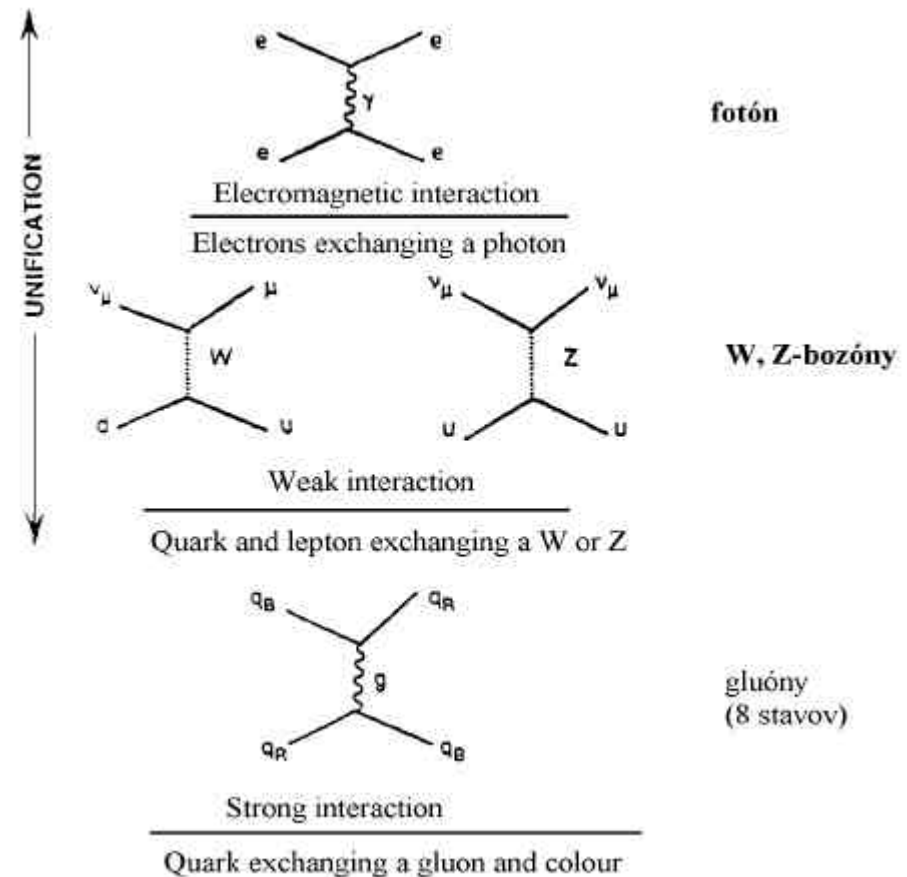
Sily sú sprostredkované vymennými casticami



? Higgsove castice
Vákuum=Higgsov kondenzát

15/02/2006

S. Tokár, UK FMFI



Zatiaľ
neobjavené

Castice vs. ranný vesmír

čas (sec)

0

Big Bang ($T \sim -15 \cdot 10^9$)

10^{-43}

Vesmír vzniká z kvantovej gravitacnej fluktuácie?

10^{-32}

Kvarková epocha (farebný svet)

10^{-12}

$T \sim 3 \cdot 10^{15} \text{ K}$ ($E \sim 200 \text{ GeV}$):

- Fázový prechod → **Vznik Higgsovho kondenzátu**
→ leptóny, kvarky, $W^\pm$, Z–bozóny nadobúdajú **M**
- Vznik prebytku látky nad antilátkou ($\sim 1:10^{10}$)

LHC (Atlas)

Je treba 3 pokolenia castíc

10^{-11}

$T \sim 10^{15} \text{ K}$ ($E \sim 100 \text{ GeV}$): → **Súčasný exp.** → LEP, Tevatron

Obsah vesmíru: leptóny, kvarky, gluóny, $W^\pm$, Z, fotóny

10^{-5}

$T \sim 10^{12} \text{ K}$ (*energia* $\sim 200 \text{ MeV}$): “Confinement” kvarkov →
formovanie hadrónov (protóny, neutróny, iné baryóny, mezóny)

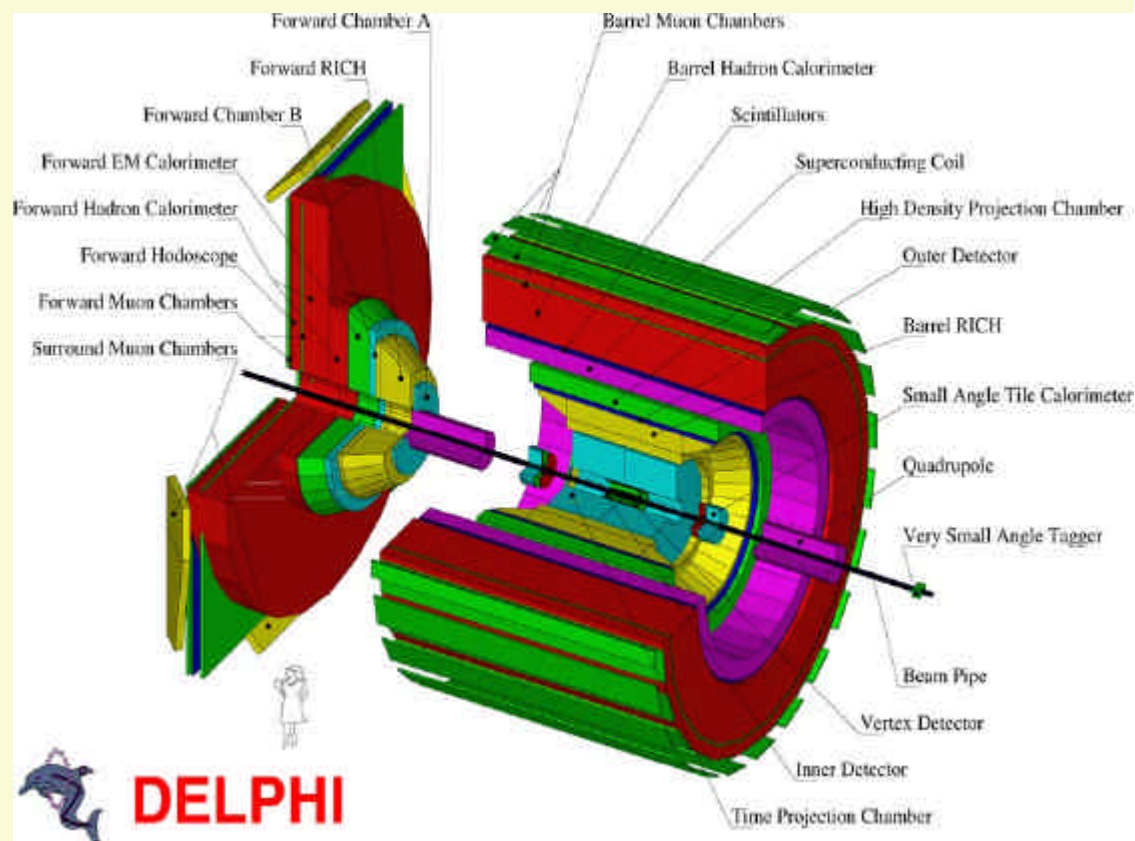
Experiment Delphi

Delphi Barrel

- VtxDet
(Vrcholový detektor)
- TrDet
(trekový detektor)
- EMCal
(elektro-mag. kalorimeter)
- HaCal
(hadrónový kalorimeter)
- MuDet
(miónový detektor)

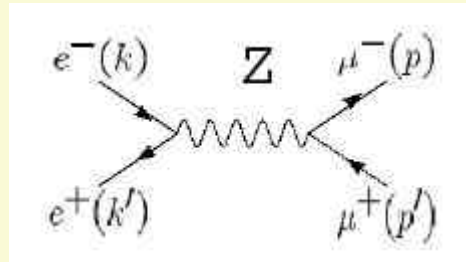
Delphi forward

- EmCal
- HaCal
- MuDet



Rozpady Z bozónu

Produkcia
Z-bozónu



Rozpady Z-bozónu:

$$\begin{aligned}
 & e^+ e^- \text{ } \textcircled{\text{R}} \text{ } Z \text{ } \textcircled{\text{R}} \left. \begin{aligned} & e^+ e^- \\ & m^+ m^- \\ & t^+ t^- \end{aligned} \right\} g_l \\
 & \textcircled{\text{R}} n_i \tilde{n}_i \text{ } (i = e, m, t) \text{ } \left. \right\} g_v \\
 & \textcircled{\text{R}} q \bar{q} \text{ } (q = u, d, s, c, b) \text{ } \cdot 3 \\
 & \quad \underbrace{\hspace{1.5cm}}_{g_u, g_d}
 \end{aligned}$$

QUARKS		LEPTONS	
u 2-8 MeV	d 5-15 MeV	ν_e < 8,0 eV	e 511 keV
c 1,0-1,6 GeV	s 100-300 MeV	ν_μ < 270 keV	μ 106 MeV
t 170-180 GeV	b 4,1-4,6 GeV	ν_τ < 35 MeV	τ 1,78 GeV
VECTOR BOSONS			
W^+ 80 GeV	W^- 80 GeV	Z^0 91 GeV	

Kvark sa môže nachádzať
v 3 farebných stavoch $\Rightarrow$
**15 kvarkových rozpadových
módov**

Štúdium rozpadov Z-bozónu

Úloha: Aké sú vetviace pomery pre rozpad Z-bozónu na

$$e^+e^-, m^+m^-, t^+t^-, q\bar{q}$$

Charakteristiky rozpadov:

$$Z \rightarrow e^+e^- \left\{ \begin{array}{l} \text{TrDet: 2 treky oproti sebe z miesta rozpadu} \\ \text{EMCal: } e^+ \text{ aj } e^- \text{ dajú nenulový signál} \\ \text{HaCal: 0} \qquad \qquad \text{MuDet: 0} \end{array} \right.$$

$$Z \rightarrow m^+m^- \left\{ \begin{array}{l} \text{TrDet: 2 treky oproti sebe z miesta rozpadu} \\ \text{EMCal: slabý signál} \qquad \text{HaCal: slabý signál} \\ \text{MuDet: } m^+ \text{ aj } m^- \text{ dajú nenulový signál} \end{array} \right.$$

Rozpady Z-bozónu na τ -leptóny a hadróny

Rozpady $Z \rightarrow t^+ t^-$ problém:

$t^- \rightarrow m^- \tilde{n}_m n_t$ (17.37%), $e^- \tilde{n}_e n_t$ (17.37%)

rozpad aj na iné
hadróny (K^- , ..)

$\rightarrow p^- n_t$ (11.06%), $p^- p^0 n_t$ (25.41%), $p^- 2p^0 n_t$ (9.23%)

Charakteristika: môžu byť > 2 treky (TrDet),
signal $\neq 0$: EMCal and/or HaCal and/or MuDet
prítomnosť neutrín $\rightarrow$ únik energie

Rozpady $Z \rightarrow q \bar{q} \rightarrow$ sú to rozpady na prúdy hadrónov
experimentálne kvarku zodpovedá jet (prúd hadrónov)

Charakteristika: viacej trekov (TrDet),
signal $\neq 0$: EMCal and/or HaCal and/or MuDet
aj prítomnosť neutrín (rozpady b,c-kvarkov)

Program „Hands on Particle Physics“

1. Inštrukcia všeobecná
2. Individuálna inštrukcia na PC + inštruktori (F1-308)
3. Demonštrácia „malého“ experimentu (F1-327 +Labák, 11:20-12:10)
4. Obed (12:10-13:00)
5. Riešenie úlohy 13:00-16:00
6. Vyhlásenie výsledkov – 1 študent via VRVS (ostatní sa môžu takisto podieľať)
7. Certifikát o úspešnom riešení úlohy

Extra slides

Summary of Results

Case	# of events	Branching ratio (%)
$Z \rightarrow e^+e^-$		
$Z \rightarrow \mu^+\mu^-$		
$Z \rightarrow t^+t^-$		
$Z \rightarrow q\bar{q}$		
total		

Summary of Results

Case	# of events	Branching ratio (%)	Data Particles
$Z \rightarrow e^+ e^-$	32	3.3 ± 0.6	3.363
$Z \rightarrow \mu^+ \mu^-$	83	8.5 ± 0.9	3.366
$Z \rightarrow t^+ t^-$	167	17.1 ± 1.3	3.370
$Z \rightarrow q \bar{q}$	498	51.1 ± 2.3	69.91
total	780/975		80.01