

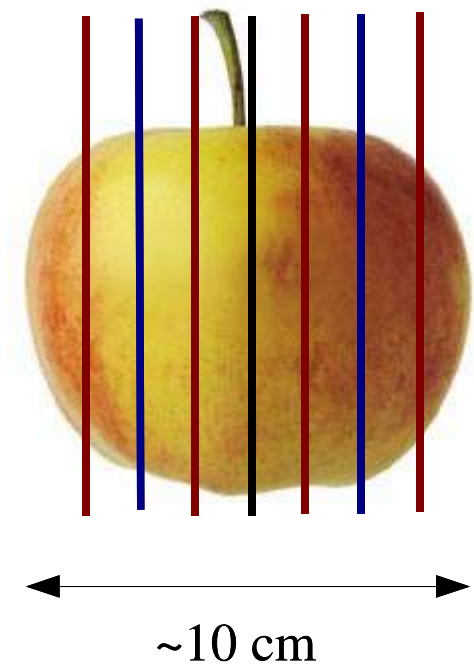
Physics Masterclasses 2005

Štandardný model elementárnych častíc



Mikuláš Gintner
Katedra fyziky
Žilinská univerzita

Už Starí Gréci ...



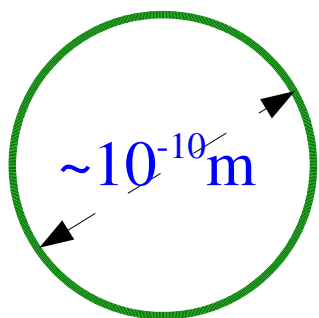
Po N -tom delení:

$$\frac{10^{-1} m}{2^N}$$

hmota má zrnitú štruktúru ...



atóm

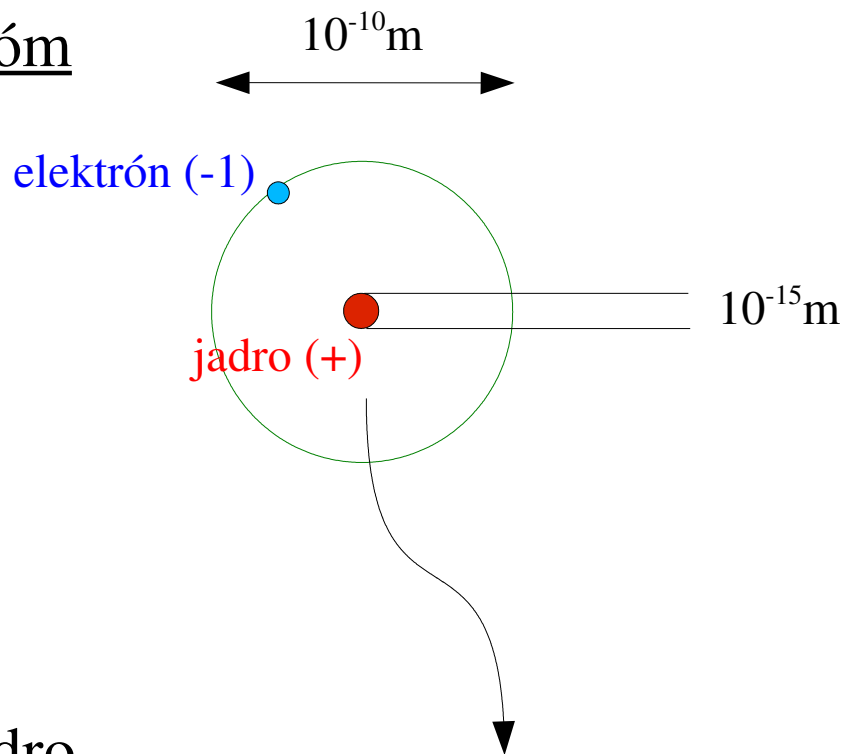


$$\frac{10^{-1} m}{2^N} = 10^{-10} m$$

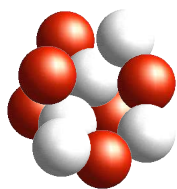
↓

$$N \approx 30$$

atóm



jadro



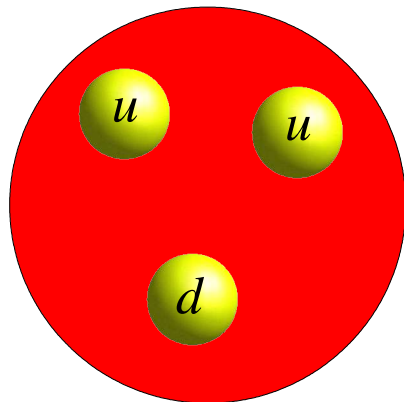
 protón (+1)

 neutrón (0)



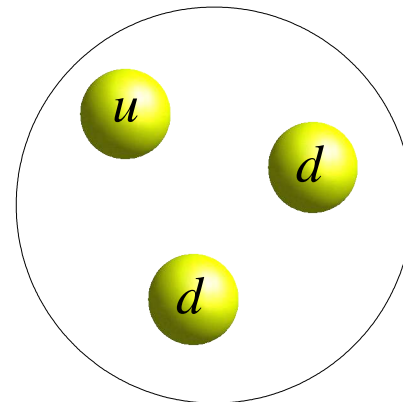
Ernest Rutherford
1911

protón



$$2/3 + 2/3 - 1/3 = 1$$

neutrón



$$2/3 - 1/3 - 1/3 = 0$$

typ kvarku

u (*up*)

d (*down*)

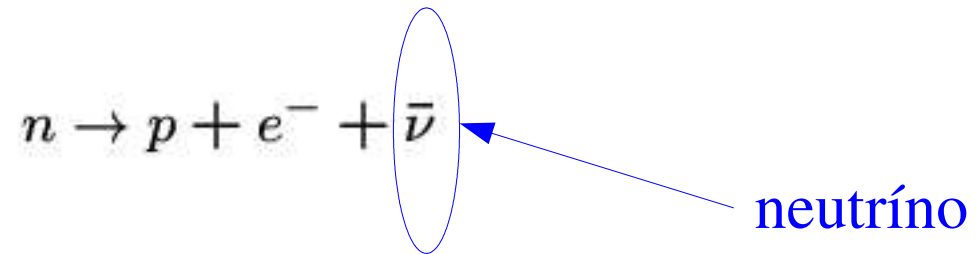
elektrický náboj

$+2/3$

$-1/3$

Prirodzená rádioaktivita ...

- v jadrách atomů dochází k rozpadům

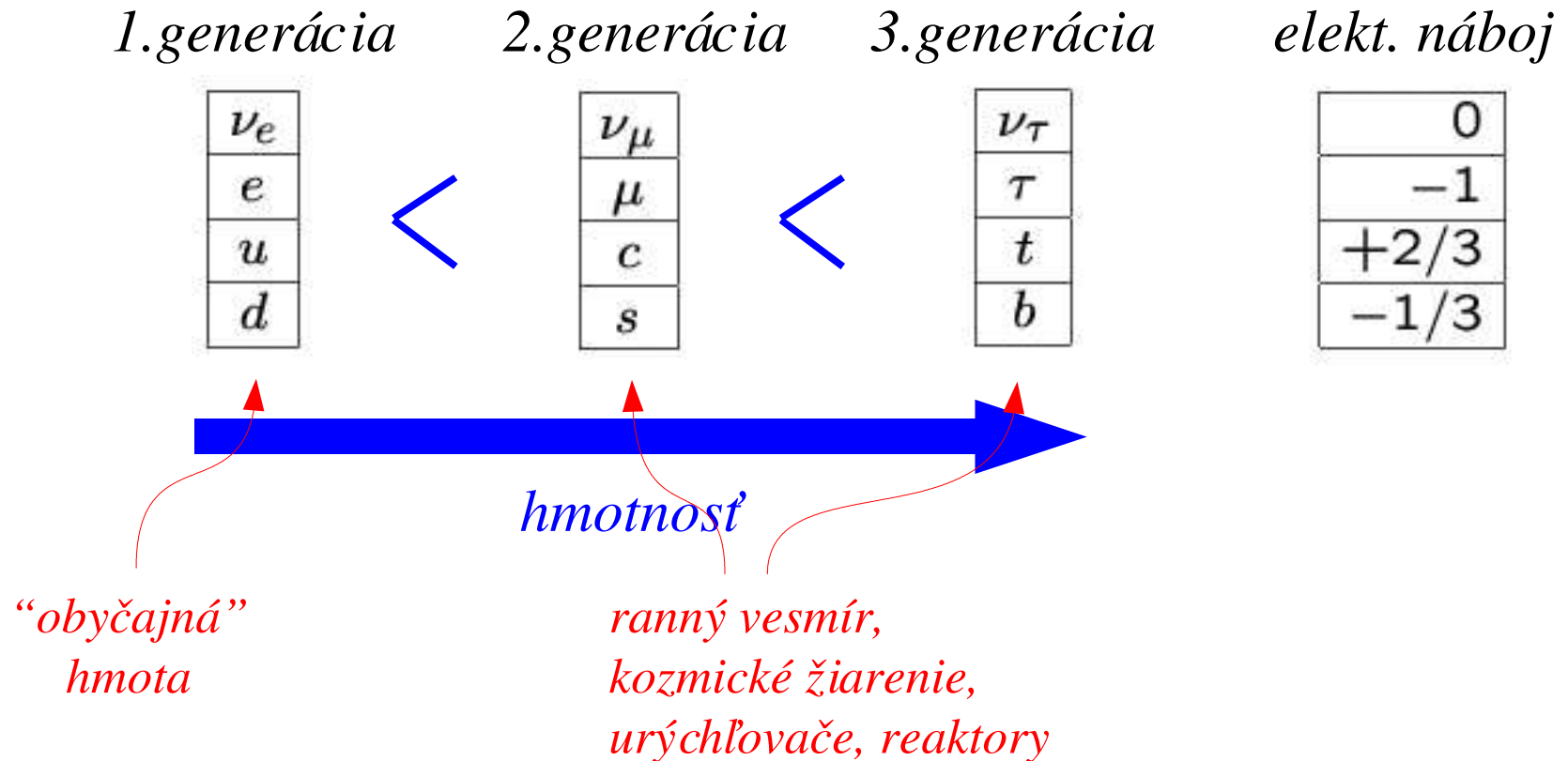


- změna identity jader (přeměna prvků)

Procesy v mikrosvětě ...

- mění se počet a totožnost částic
- rozpady, srážky
- elektrický náboj se zachovává

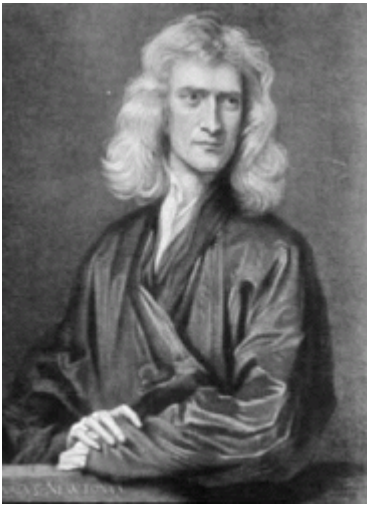
Elementárne častice hmoty - sčítanie ľudu



... + antičastice: rovnaká hmotnosť, opačný náboj

Fundamentálne Sily!

$$\vec{F} = m\vec{a}$$



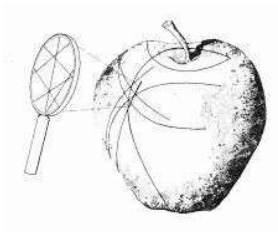
Newtonovo jablko



gravitačná sila

$$10^{-42}$$

$$\infty$$



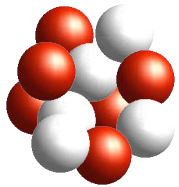
atómy v jablku
elektróny okolo jadra



elektr(omagnet)ická sila

$$10^{-2}$$

$$\infty$$



protóny, neutróny, kvarky



silná (jadrová) sila

$$10$$

$$10^{-15}\text{m}$$



rádioaktívny rozpad



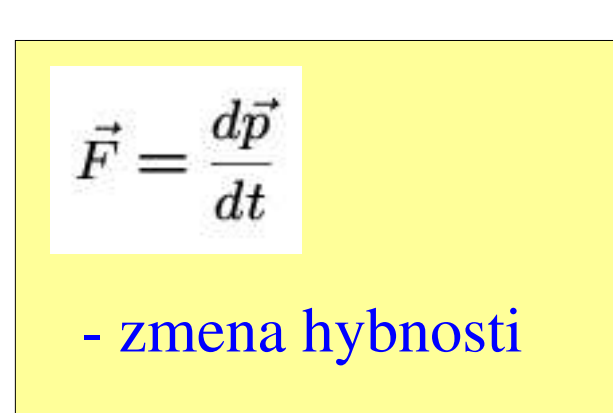
slabá sila

$$10^{-13}$$

$$10^{-18}\text{m}$$

Makrosvet

- *klasický*



Sila

Mikrosvet

- *relativistický, kvantový*

- zmena hybnosti
- zánik a vznik častíc
- zmena počtu a identity
(*sila = interakcia*)

hmotnosť

- zachováva sa

- nezachováva sa

$$E = mc^2$$

- $\exists$ nulová hmotnosť

predpoveď

- jednoznačná

- pravdepodobnostná

Zákony zachovania v mikrosvete

Čo nie je zakázané,
je povolené.

ZZ energie

$$E = mc^2$$

- *hmotnosť pred rozpadom $\geq \sum$ hmotností po rozpade*
- *ťažšiu časticu investovaním kinetickej energie*

svet je z častíc
1. generácie

ZZ hybnosti

$$\sum \text{hybností pred zrážkou/rozpadom} = \sum \text{hybností po zrážke/rozpade}$$

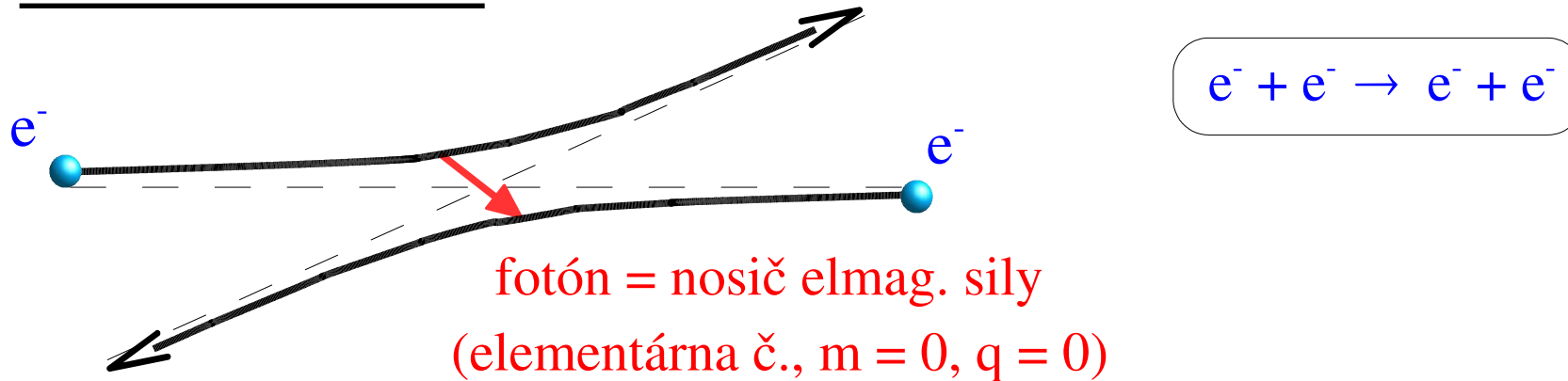
ZZ elektrického náboja

$$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$$

$$e^- \rightarrow \nu + \nu$$

... a ďalšie ZZ

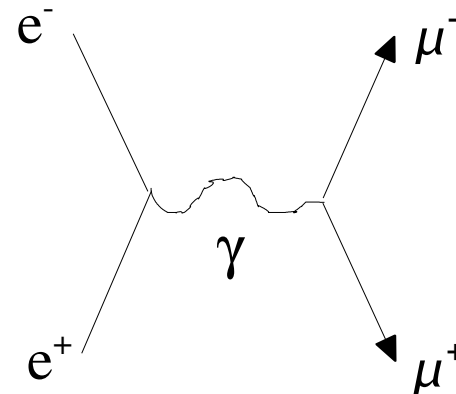
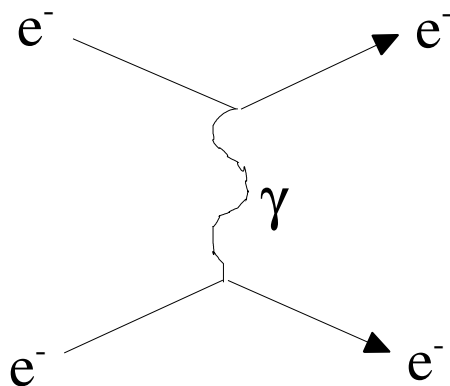
Nosiče síl: fotón



- fotón môže vyžiariť/pohltnúť elektricky nabitá častica
- fotón môže vzniknúť pri zrážke el. nabitej častice a jej antičastice
- fotón sa môže premeniť na pár el. nabitej častice a jej antičastice



R.P.Feynman



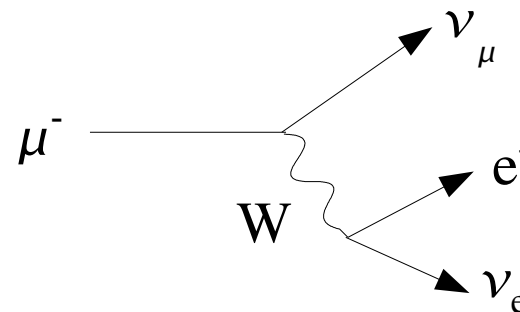
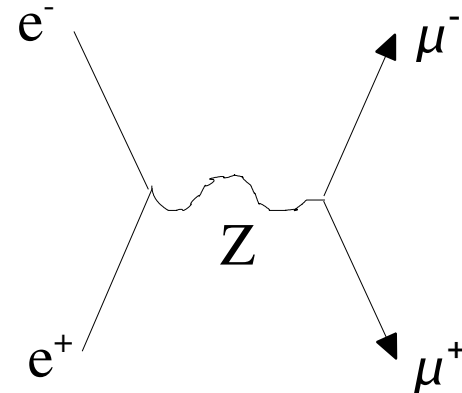
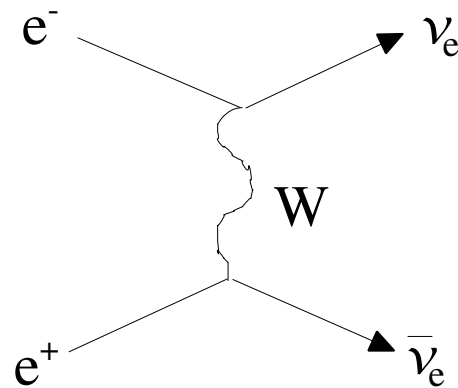
Nosiče slabých interakcí

- všechny* částice hmoty
interagují slabo

částica	el.náboj	hmotnost'
Z	0	91.2 GeV
W^+	+1	80.3 GeV
W^-	-1	80.3 GeV



R.P.Feynman



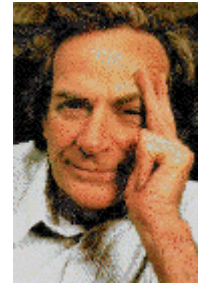
Nosiče silných síl

- silné interakcie len
medzi kvarkami

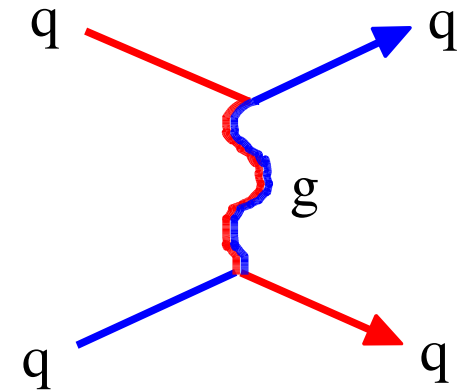
- 3 druhy silných nábojov (r , b , g)

- každý kvark jeden silný náboj

- každý gluón dva náboje ($r\bar{b}$, ...)



R.P. Feynman



Silné sily $\longrightarrow$ viazané stavy

mezóny: $q\bar{q}$

+

baryóny: qqq

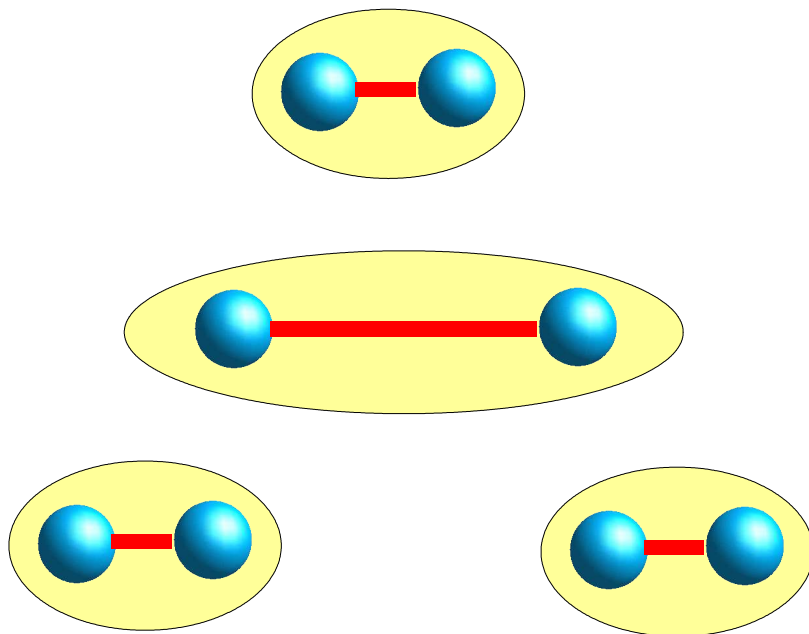
=

hadróny

Uväznenie kvarkov a gluónov

Prečo v prírode nepozorujeme
voľné kvarky a gluóny ?

- silná sila medzi kvarkami narastá
so vzdialenosťou
- kvarky sa nedokážu vyslobodiť
z hadrónov



Nobelova cena
za fyziku 2004



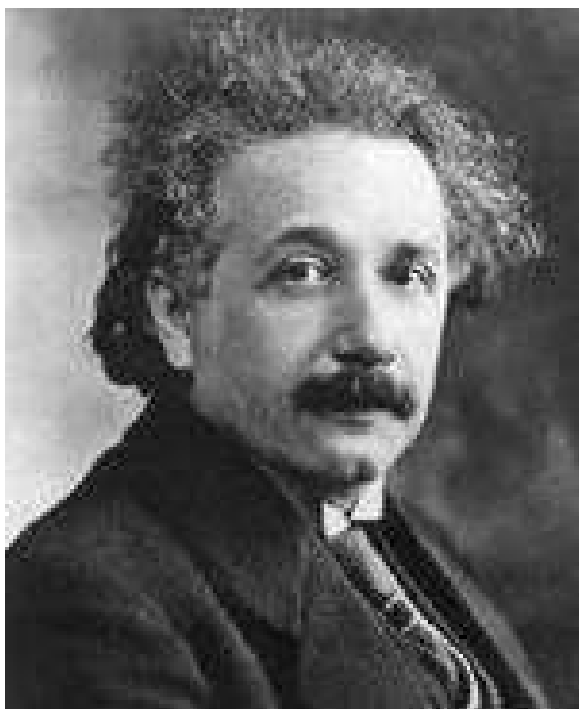
D.J.Gross H.D.Politzer F.Wilczek

*Za objav asymptotickej slobody
v teórii silných interakcií*

$$E_1 = 2mc^2 + V(d_1)$$

$$E_2 = 2mc^2 + V(d_2) > E_1$$

$$E_1 + E_1$$



gravitačná sila = zakrivenie časopriestoru



- nemáme teóriu gravitačnej sily v mikrosvete

Inventúra

interakcia	častica	el.náboj	hmotnosť
silná	8 gluónov	0	0
elmag.	fotón	0	0
slabá	W^+	+1	80.3 GeV
	W^-	-1	80.3 GeV
	Z	0	91.2 GeV
gravitačná	gravitón	0	0

I	II	III	el.náboj
$\nu_e(?)$	$\nu_\mu(?)$	$\nu_\tau(?)$	0
$e^-(0.0005)$	$\mu^-(0.105)$	$\tau^-(1.777)$	-1
$u(0.003)$	$c(1.2)$	$t(174)$	+2/3
$d(0.006)$	$s(0.1)$	$b(4.2)$	-1/3

Čo je Štandardný model elementárnych častíc ?

snaha vysvetliť veľa vecí pomocou málo vecí

Otvorené otázky:

- zahrnutie gravitácie
- odkiaľ majú častice hmotnosť, Higgsov bozón
- prečo práve tri generácie
- ako súvisia všetky parametre
 - možné vysvetlenia:
supersymetrie, superstruny
- ...

