

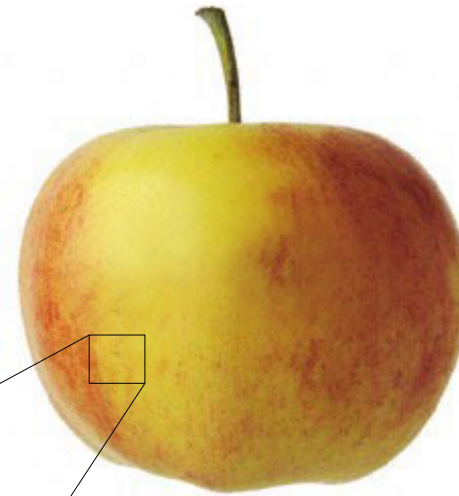
Physics Masterclasses 2007

# Štandardný model elementárnych častíc



Mikuláš Gintner  
Katedra fyziky  
Žilinská univerzita

Akú má hmota štruktúru ...

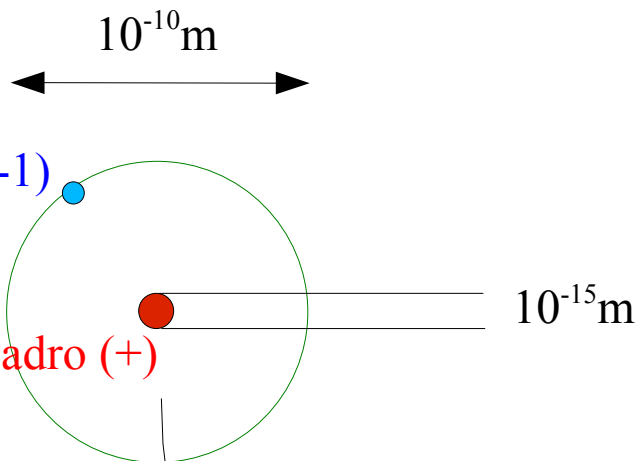


~10 cm



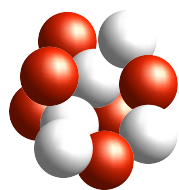
... zrnitú

atóm



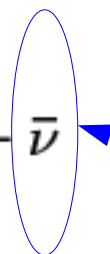
*Ernest Rutherford*  
1911

jadro



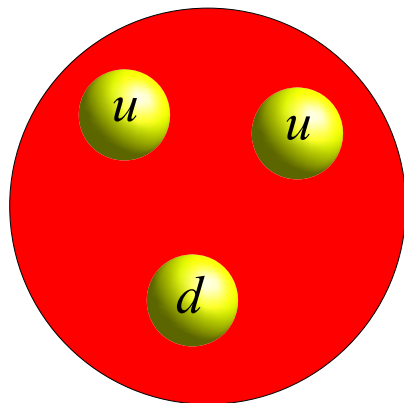
● protón (+1)

● neutrón (0)



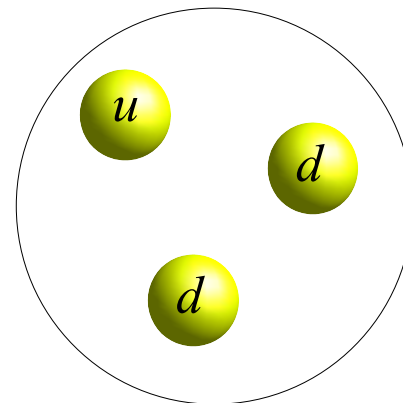
neutrino

protón



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

neutrón



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

typ kvarku

*u (up)*

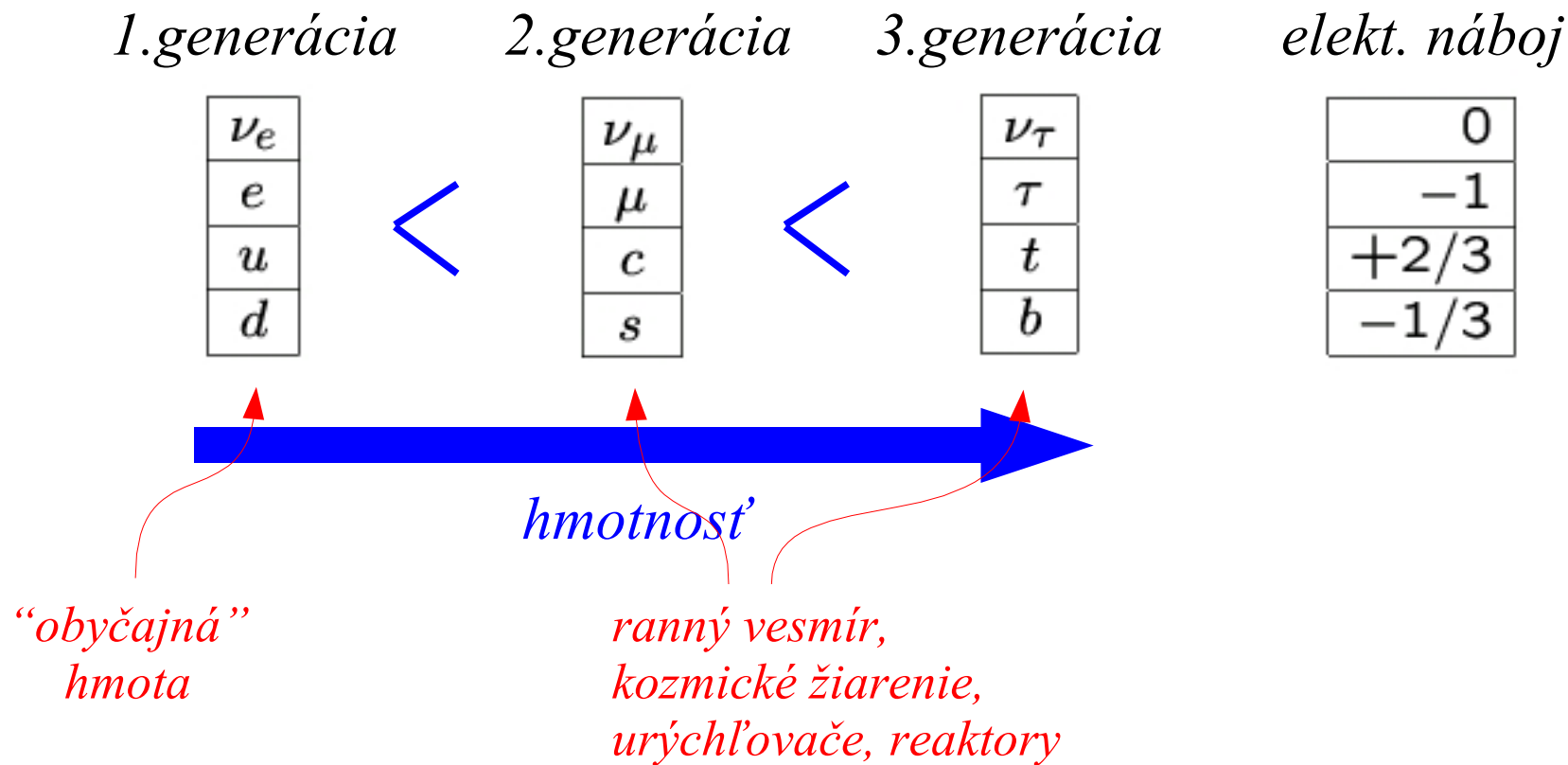
*d (down)*

elektrický náboj

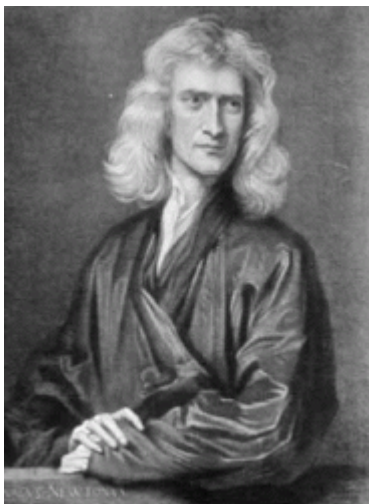
+2/3

-1/3

# Elementárne častice hmoty - sčítanie ľudu



... + antičastice: rovnaká hmotnosť, opačný náboj



# Sily!

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

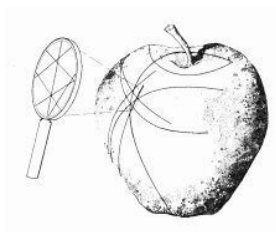
Newtonovo jablko



gravitačná sila

$$10^{-42}$$

$$\infty$$



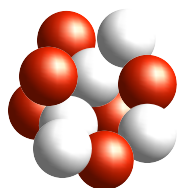
atómy v jablku  
elektróny okolo jadra



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*

# Mikrosvet

- *relativistický, kvantový*

Sila

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

- zmena hybnosti

- 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

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

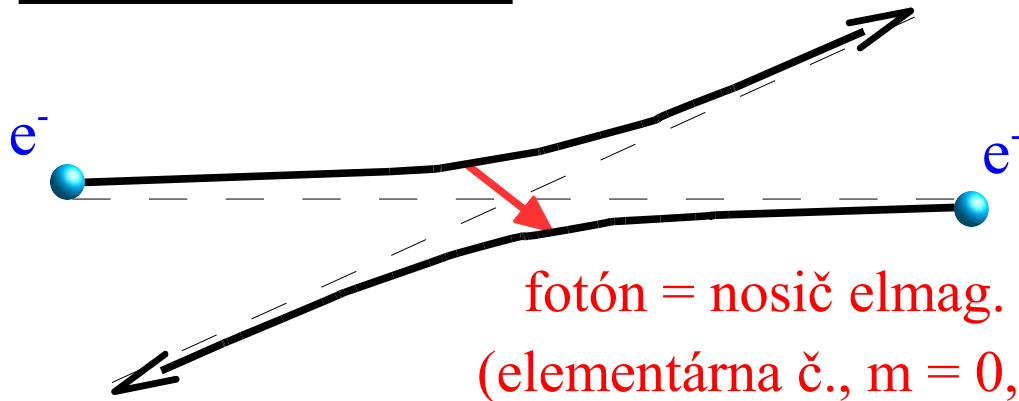
ZZ elektrického náboja



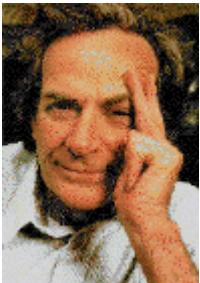
... a ďalšie ZZ



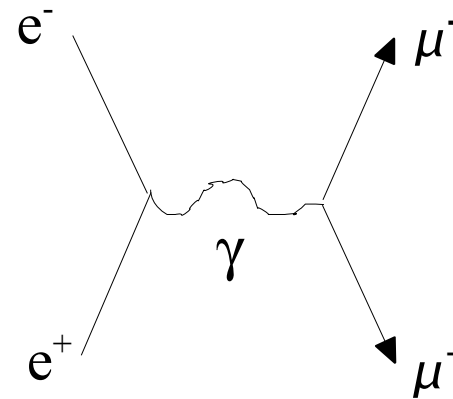
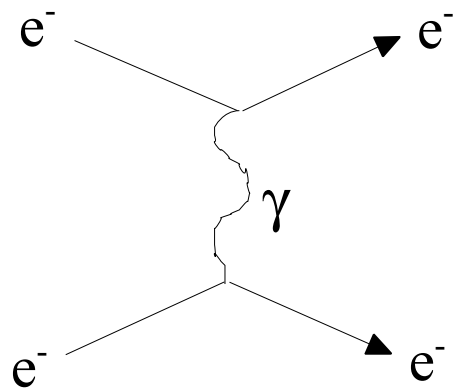
# Nosiče síl: fotón



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



*R.P.Feynman*



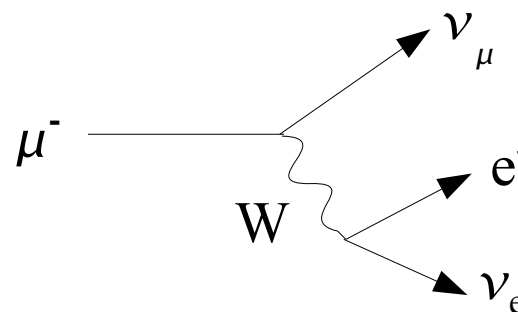
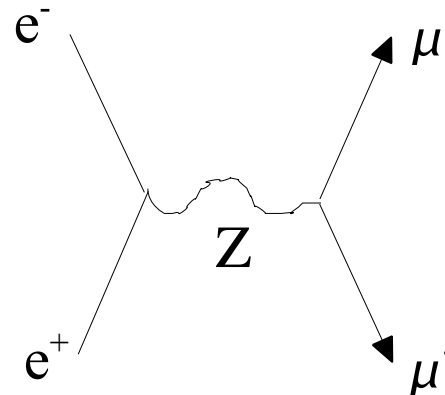
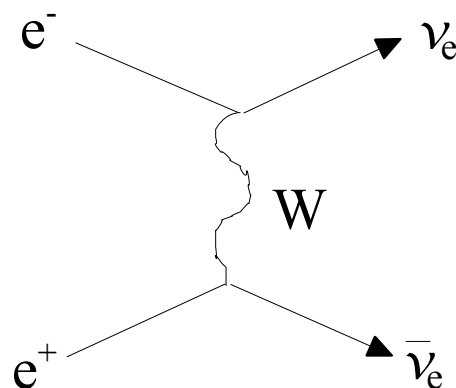
# Nosiče slabých interakcií

- všechny\* částice hmoty interagují slabo

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



*R.P.Feynman*



# Nosiče silných síl

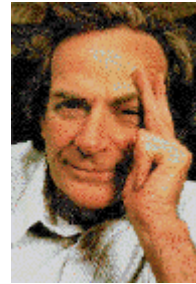
- silné interakcie len medzi kvarkami

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

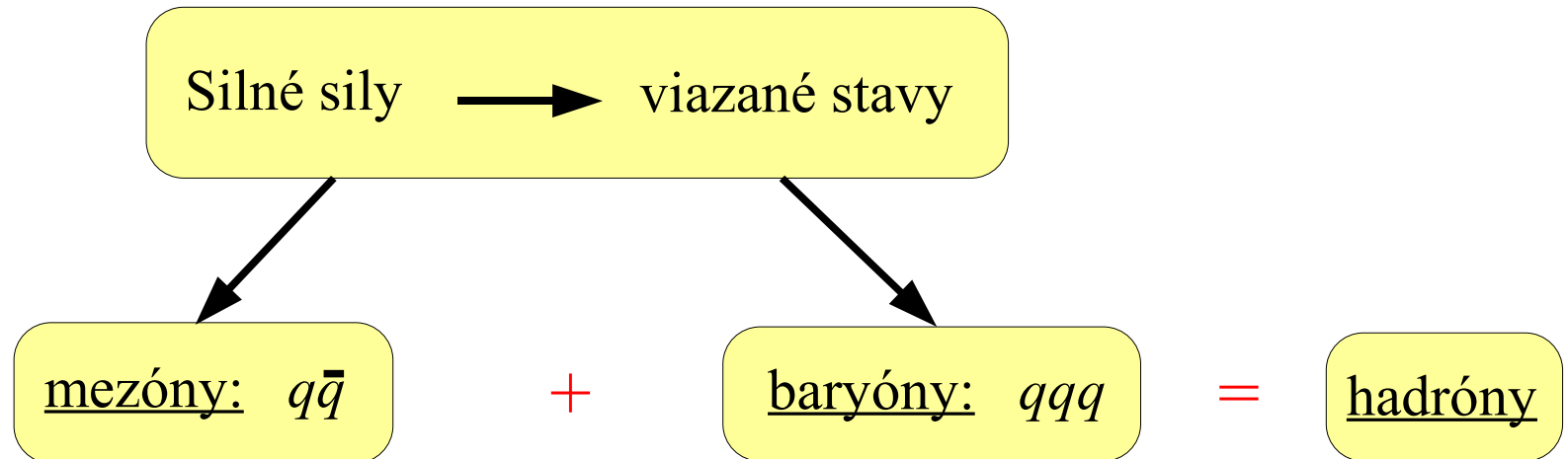
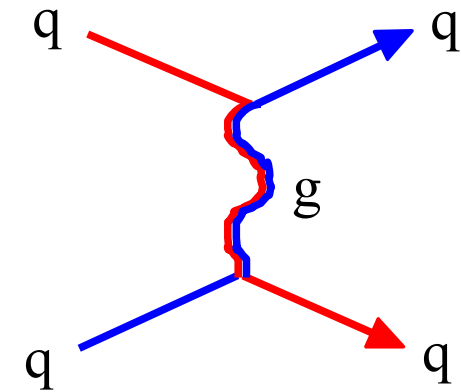
- každý kvark jeden silný náboj

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

8 gluónov  
(elementárne č.,  $m = 0, q = 0$ )



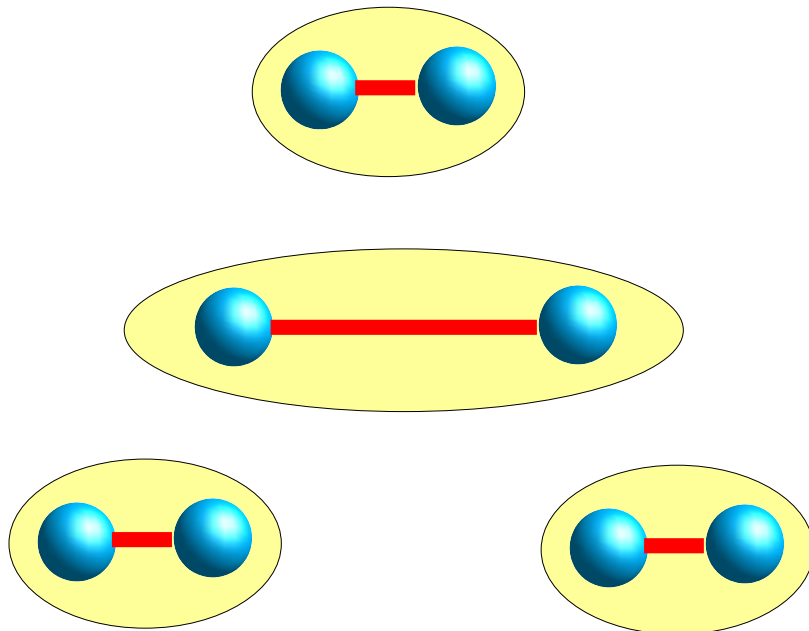
*R.P.Feynman*



# 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



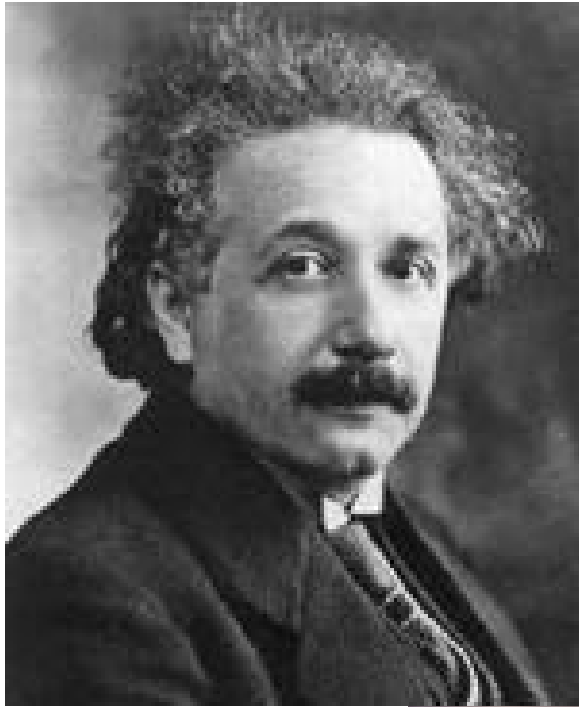
*D.J.Gross H.D.Politzer F.Wilczek*

*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 mikrosвете

## Rekapitulácia

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

- ...

