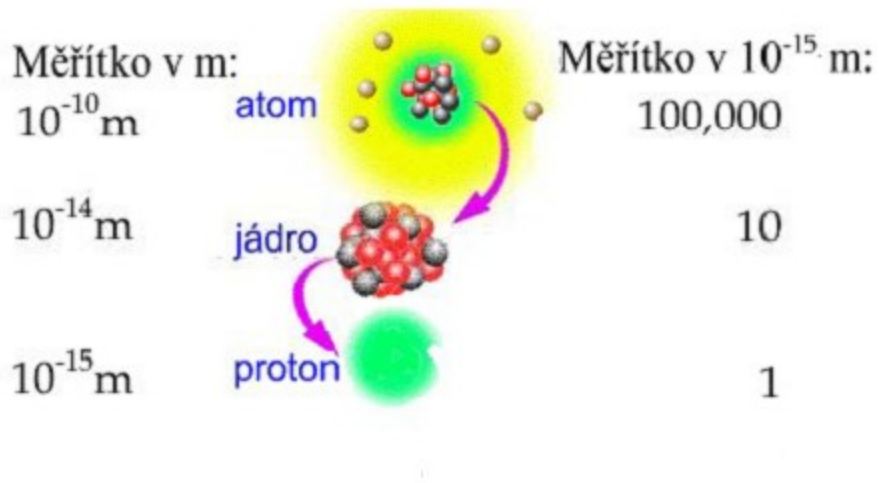


# Fyzika částic

<http://www.aldebaran.cz/astrofyzika/interakce/particles.html>



Kdyby byl **atom** veliký jako fotbalové hřiště, bylo by **jádro** veliké zhruba míček na stolní tenis (a proton ještě desetkrát menší)

## Základní síly:

- *gravitace*

V atomové fyzice odpovídá za vlastnosti elektronového obalu, určuje chemické vlastnosti

- elektromagnetická síla

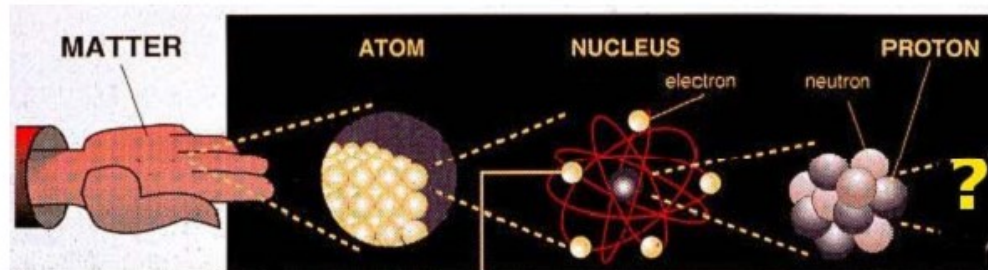
- silná jaderná síla

Drží pohromadě protony a neutrony v jádru, překonává elektrické odpuzování stejně nabitých protonů

- slabá jaderná síla

Může za radioaktivitu beta, kromě jiného za beta rozpad neutronu  
 $neutron \rightarrow proton + elektron + neutrino$

- Hmota se skládá z **atomů**
- Každý atom tvoří atomové **jádro** a obal z **elektronů**
- Jádro je složeno z **protonů** a **neutronů**



Je  
to  
vše  
?

- z několika **základních** druhů **částic** (elektron, proton, neutron a nemnoho dalších) by se dal poskládat **celý svět**
  - **jádra** všech chemických **prvků**
  - **chemické** vlastnosti (tj. elektronový obal)\*
  - **jaderné** vlastnosti a **radioaktivita** \* ....

\* k tomu by bylo třeba umět popsat i **síly** mezi částicemi - ale i to vypadalo nadějně

**NĚKTERÉ ČÁSTICE (JAKO  
PROTON ČI NEUTRON)  
NEJSOU  
„FUNDAMENTÁLNÍ“**

„cihly“ hmoty jsou **leptony** a **kvarky**.

Existuje něco ještě „základnějšího“, a  
sice

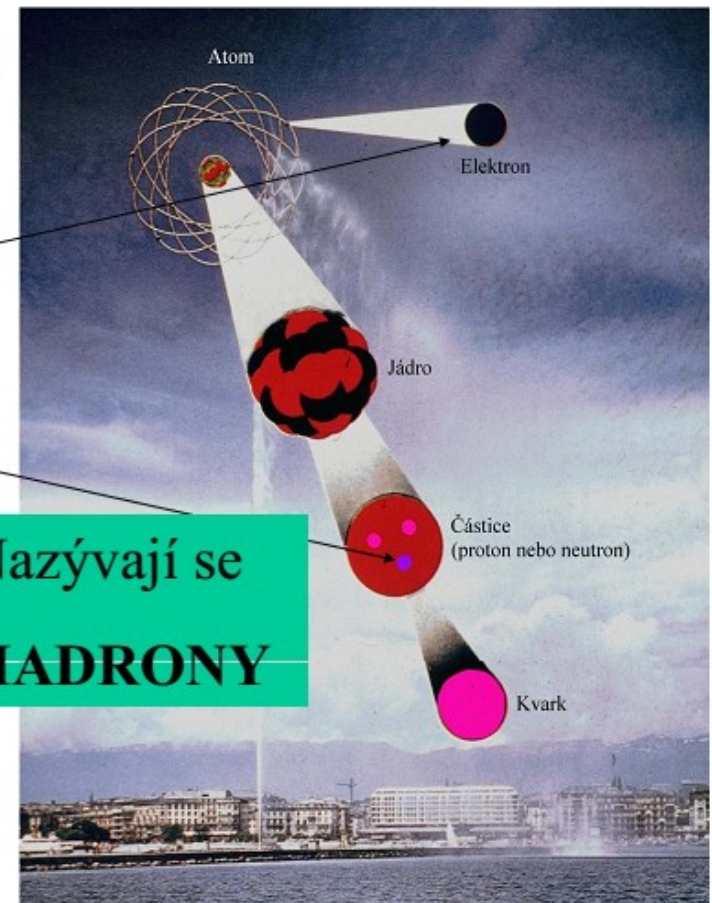
**KVARKY**

Základní částice  
hmoty jsou

- **leptony**
- **kvarky**

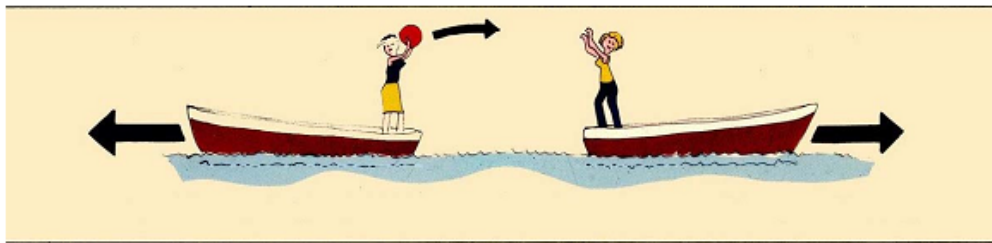
Částice tvořící jádra  
(protony, neutrony)  
a jim podobné se  
skládají z několika  
málo typů kvarků.

Nazývají se  
**HADRONY**



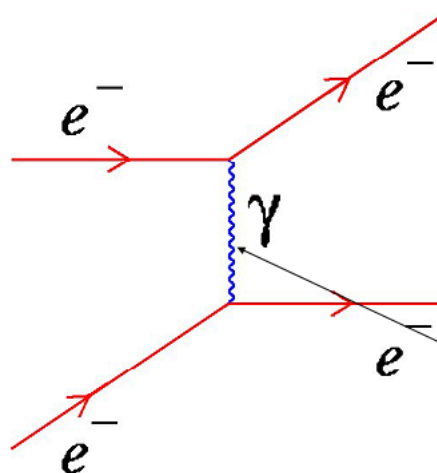
# Na částice působí síly

Ve světě částic se síly popisují jako vzájemná **interakce** působení částic hmoty s jinými částicemi



Vedle základních částic hmoty (jako elektrony, kvarky...) existují

## částice-nosiče síly

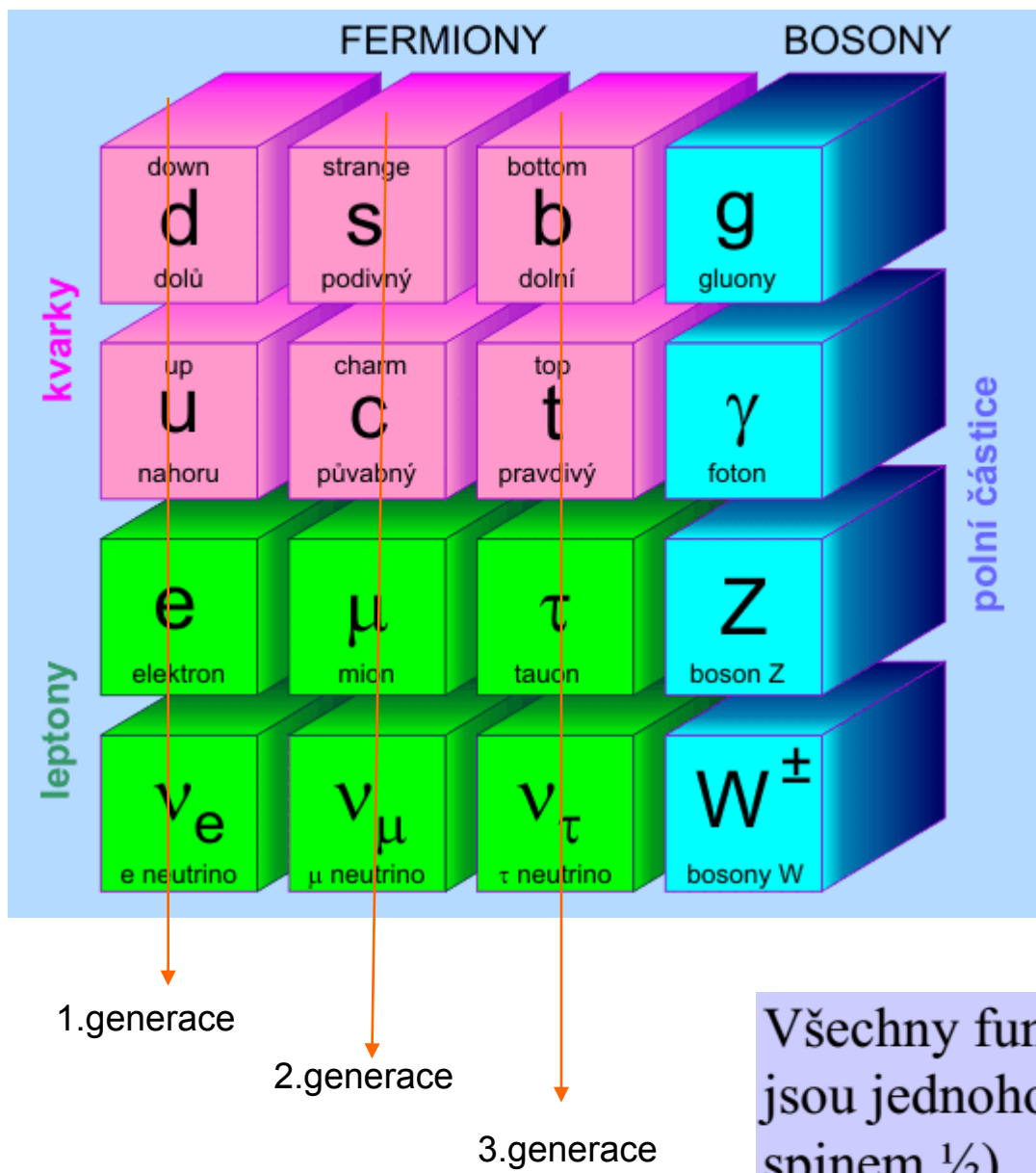


Jednoduchý proces:  
interakce elektronu s  
elektronem



**Pozor! Varování! Příklad k házení míčem nelze vůbec brát doslova**

vyměňují si  
foton



## Fundamentální částice hmoty

- 3 rodiny/generace
- každou generaci tvoří dvojice kvarků a dvojice leptonů
- kvarky se nevyskytují jako volné částice, skládají se z nich **hadrony**

Všechny fundamentální částice hmoty jsou jednoho typu (tzv. **fermiony** se spinem  $\frac{1}{2}$ )

V tabulce - mezony a baryony

složené z 1. generace kvarků ( $d$ ,  $u$ ).

**U mezonů se spin kvarků složí souhlasně na hodnotu 1 nebo nesouhlasně na hodnotu 0.**

**U baryonů složených ze 3 kvarků je spin buď 1/2 (jeden kvark má opačný spin) nebo 3/2 (všechny kvarky mají souhlasný spin).**

**mezony 1. generace**

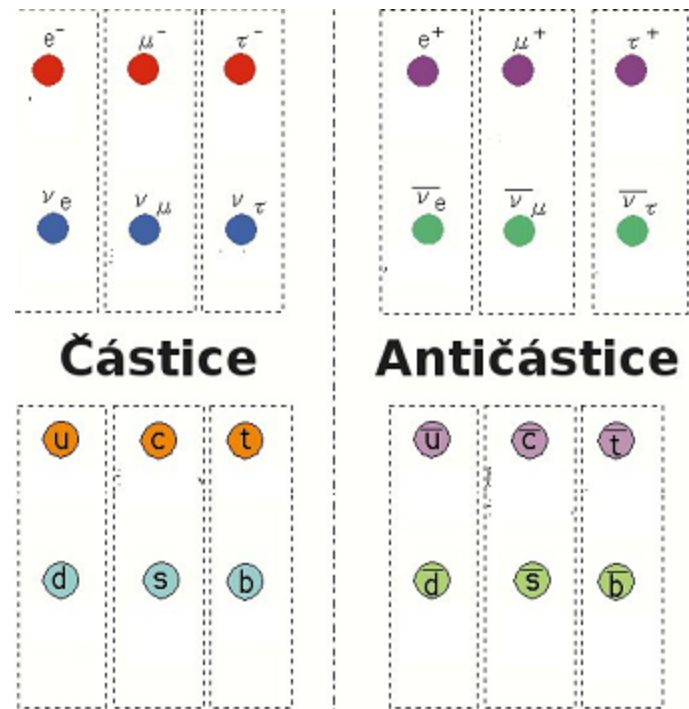
částice	stavba	název	spin
$p^-$	$dd'$	pion	0
$p^0$	$dd'+uu'$	pion	0
$p^+$	$ud'$	pion	0
$r^-$	$du'$	róon	1
$r^0$	$dd'+uu'$	róon	1
$r^+$	$ud'$	róon	1

**Baryony 1. generace**

částice	stavba	název	spin
$n$	$ddu$	neutron	1/2
$p$	$uud$	proton	1/2
$D^-$	$ddd$	delta baryon	3/2
$D^0$	$ddu$	delta baryon	3/2
$D^+$	$duu$	delta baryon	3/2
$D^{++}$	$uuu$	delta baryon	3/2

Postupně byl objeven těžší „sourozenec“ elektronu **mion**, řada částic nového typu zvaných **mezony**, a také několik těžších partnerů protonu a neutronu (těžké baryony neboli **hyperony**).

Jednoduchý obraz světa přestával být jednoduchý. Bylo těžko představitelné, že základních „cihel“ světa je několik desítek druhů a stále přibývají.





**částice látky (fermiony)**

**kvanta poli (bosony)**

	generace I	generace II	generace III		
<b>leptony</b>	elektron <b>e</b> q=-1, m=0,511	mion <b>μ</b> q=-1, m=106	tauon <b>τ</b> q=-1, m=1780	gravitační interakce	graviton <b>G</b> q=0, m=0
	e-neutrino <b>ν<sub>e</sub></b> m ≤ 2 eV	μ-neutrino <b>ν<sub>μ</sub></b> m ≤ 0,27MeV	τ-neutrino <b>ν<sub>τ</sub></b> m ≤ 20MeV ?	elektromag. interakce	foton <b>γ</b> q=0, m=0
	"up" <b>u</b> q=+2/3, m=2	"charm" <b>c</b> q=+2/3, m=1250	"top" <b>t</b> q=+2/3, ≈170GeV	slabé interakce	bosony <b>W<sup>±</sup>; Z</b> q = ±1; 0 m = 80; 91 GeV
<b>kvarky</b>	"down" <b>d</b> q=-1/3, m=5	"strange" <b>s</b> q=-1/3, m=100	"bottom" <b>b</b> q=-1/3, m=4200	silné interakce	gluony <b>g</b> (8) q=0, m=0

## Základní síly:

- gravitace

nosič: foton  
náboj: elektromagnetický  
působí na všechny částice kromě neutrin  
*kvantová elektrodynamika*

- elektromagnetická síla

- silná jaderná síla

nosič: gluony  
náboj: barevný  
působí na kvarky  
*kvantová chromodynamika*

- slabá jaderná síla

nosiče: částice W a Z  
náboj: slabý

Částice-nosiče těchto tří základních sil jsou též jedoho typu (**bosony** se spinem 1)

# Standardní model

Hmota je tvořena částicemi (fermiony spin = 1/2), mezi kterými působí interakce, které jsou zprostředkovány výměnou částic (bosony spin = celé číslo)

**Tři druhy interakcí:**

- 1) Silná - kvantová chromodynamika (působí pouze na kvarky a z nich složené hadrony – baryony a mezony)
- 2) Elektromagnetická - kvantová elektrodynamika
- 3) Slabá - elektroslabá teorie

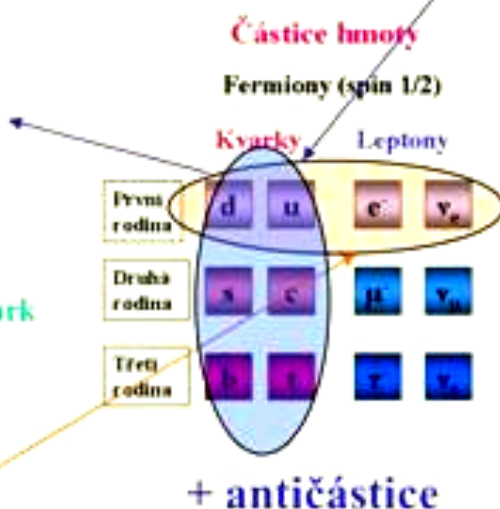
→ barevný náboj

→ elektrický náboj

baryony – tři kvarky



mezony – kvark a antikvark



**Částice interakce**

Bozony (celočíslný spin)

Silná interakce:



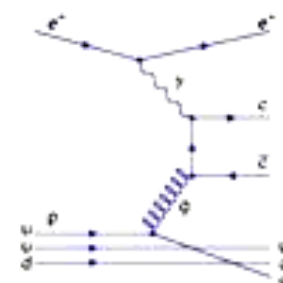
Elektromagnetická interakce:



Slabá interakce:



Higgsovo pole:



výměnný charakter interakcí

**Tady je Higgs**

**Je spojený s generací části hmotnosti**

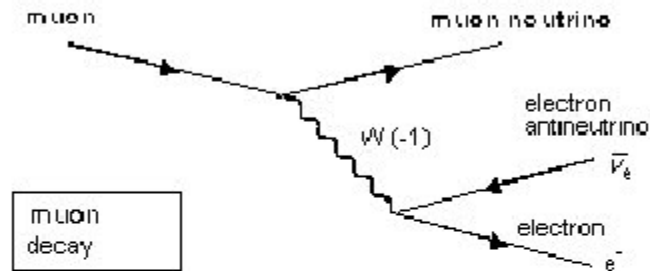
tvoří běžnou hmotu za normálních podmínek

Gravitace stojí mimo standardní model – je velmi slabá a v mikrosvětě se neprojevuje

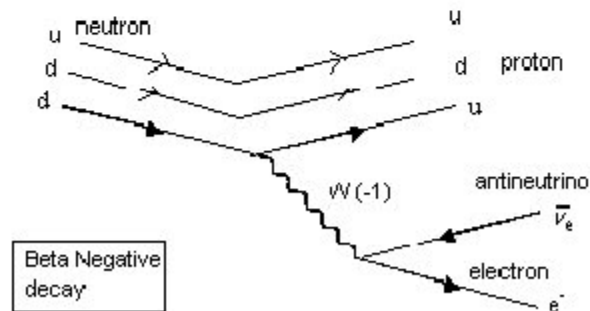
# Rozpady částic

Kvarky  
nepozorujeme  
jako volné!

rozpad mionu



beta rozpad  
neutronu



Teoretický obraz s

- leptony a kvarky, fermiony se spinem  $1/2$ , jako základními částicemi hmoty a
- silami zprostředkovanými nosiči - bosony se spinem  $1$ , jež jsou popsány
  - elektroslabou teorií (fotony, částice  $W$  a  $Z$ ) - elektromagnetické a slabé interakce
  - kvantovou chromodynamikou (gluony) - silné interakce mezi kvarky

dostal jméno **STANDARDNÍ MODEL**

# STANDARDNÍ MODEL

- pomocí malého počtu **základních principů, základních stavebních prvků a základních parametrů** popisuje svět nejmenších částic
- je až překvapivě úspěšný, přes 30 let odolává stále tvrdším experimentálním prověrkám
- abychom mohli odhalit nové částice a jevy, musíme umět dobře popsat ty běžné - „odrazový můstek“ pro novou fyziku

Hadronizace je změna stavu látky z [kvarkového plazmatu](#) na [hadronové plazma](#).  
K hadronizaci došlo v počátečním období vesmíru, kdy dostatečně poklesla hustota a teplota.  
Dochází k ní v urychlovačích částic po vytvoření kvarkového plazmatu při vysokoenergetické srážce těžkých iontů.