

Úvod do časticovej fyziky

časť 1: častice a interakcie

Boris Tomášik

boris.tomasik@cern.ch

Univerzita Mateja Bela, Fakulta prírodných vied
ČVUT, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

CERN, 18.-22.6.2018

(Trochu ambiciózny) Plán kurzu

1. Hmota: kvarky a leptóny (teda fermióny)
2. Interakcie: intermediálne bozóny
(fotóny, gluóny, W a Z bozóny)
3. Higgsov bozón a pôvod hmotnosti
4. Neutrína
5. Antihmota

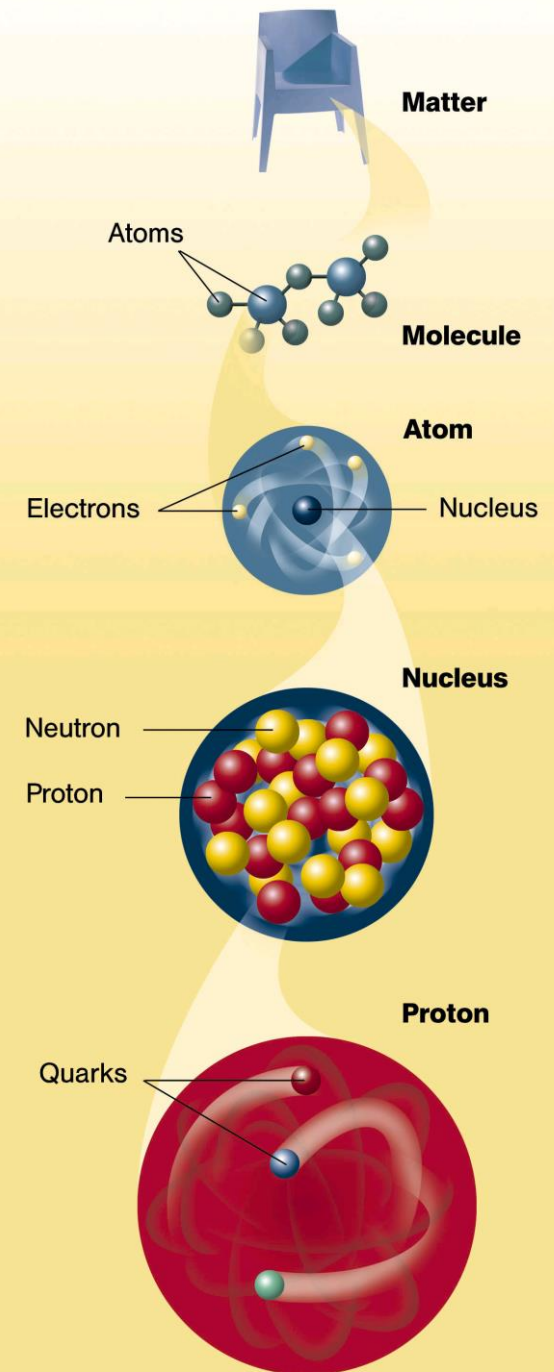
Štruktúra hmoty

molekuly

atómy

jadrá a elektróny

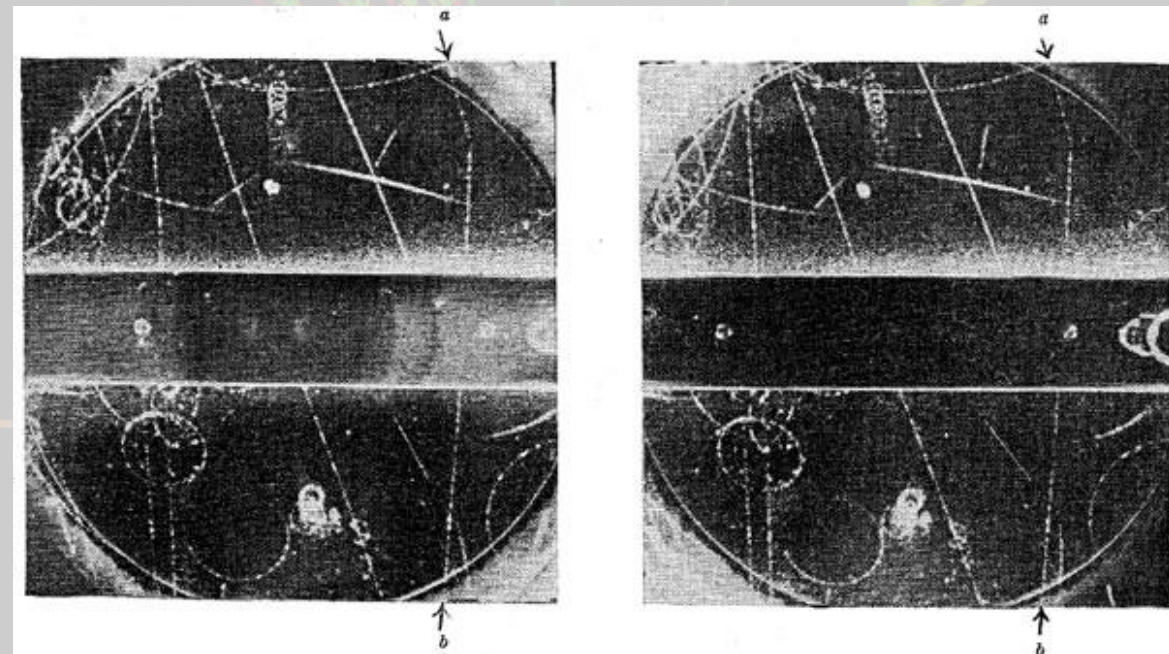
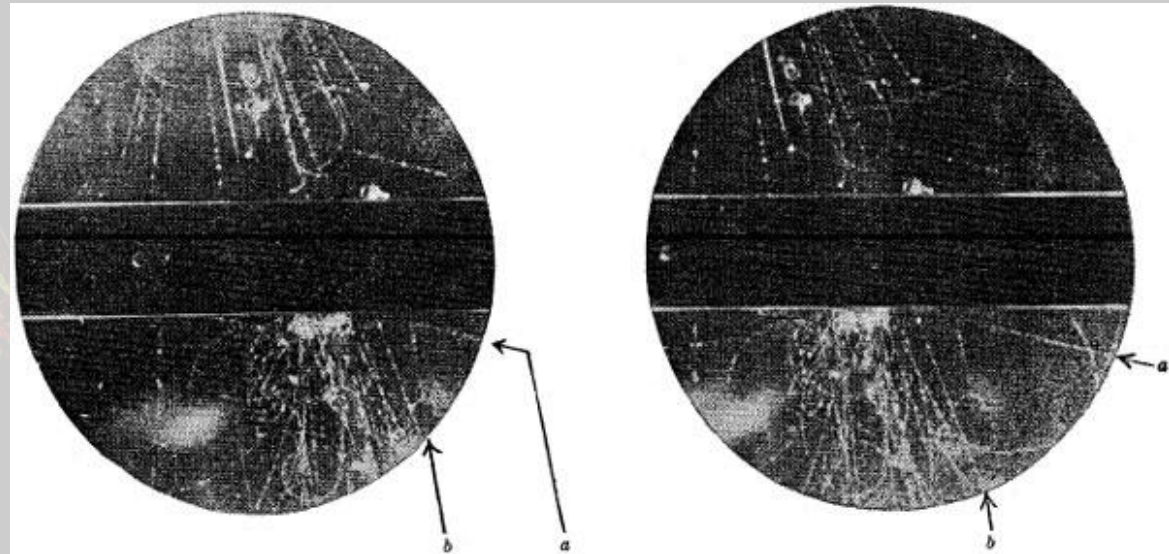
protóny a neutróny



Podivné V_0 částice

1947,
G.D. Rochester,
C.C. Butler
pozorují "vidlicové
dráhy" v hmlovej
komore vystavenej
kozmicným lúčom

částice K a Λ



Časticová ZOO

obrázok:
Vo častica v zrážke
kaónu a protónu

časticová ZOO:
 $p, n, \pi, \Sigma, \Xi, \Delta, \eta, \Phi, \Sigma^*, \dots$

Toto nevyzerá elementárne!



Delenie hadrónov

Hadróny sú silno interagujúce častice

- ťažké častice: **baryóny**
 - 2000x (a viac) ťažšie ako elektrón
 - $p, n, \Lambda, \Sigma, \Xi, \dots$
 - ich antičastice sú **antibaryóny**
- stredne ťažké častice: **mezóny**
 - 200x (a viac) ťažšie ako elektrón
 - $\pi, K, \rho, \omega, \Phi$

Niektoré vlastnosti hadrónov

spin - vnútorný moment hybnosti;
môže byť 0 (1 stav), 1/2 (2 stavy), 1 (3), 3/2 (4), ...

baryónové číslo

zachováva sa vo všetkých procesoch

baryóny (p, n, Λ , Σ , Ξ , ...): hodnota 1

antibaryóny (\bar{p} , \bar{n} , $\bar{\Lambda}$, $\bar{\Sigma}$, $\bar{\Xi}$, ...): hodnota -1

mezóny (π , K, \bar{n} , \bar{p} , $\bar{\omega}$, $\bar{\Phi}$, ...): hodnota 0

podivnosť

zachováva sa v rýchlych (silných) procesoch a

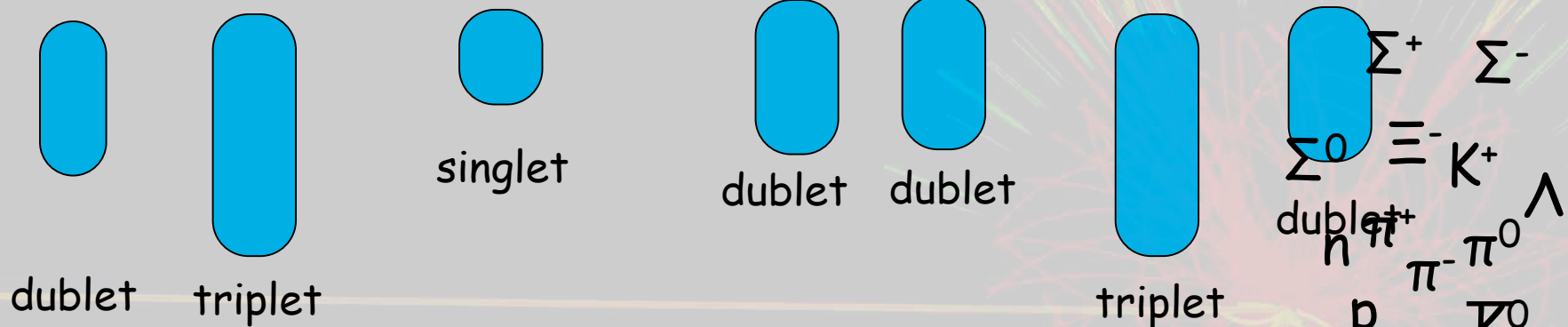
nezachováva sa v pomalých procesoch

$S(p) = 0$, $S(K^+) = 1$, $S(\Lambda) = -1$

Upratovanie: izospin

W. Heisenberg: protón a neutrón sú veľmi podobné \Rightarrow sú to dva stavy rovnakej častice

nukleón - častica s izospinom $1/2$ a priemetmi na os z $+1/2$ a $-1/2$

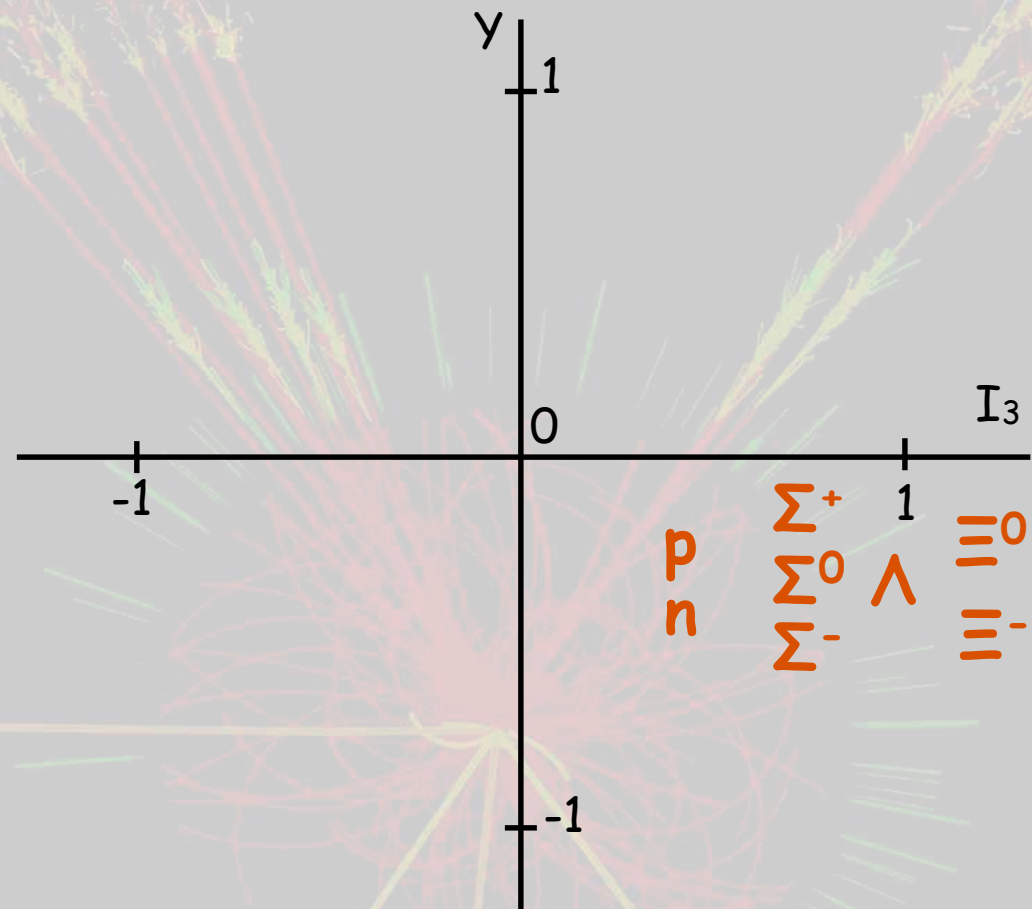
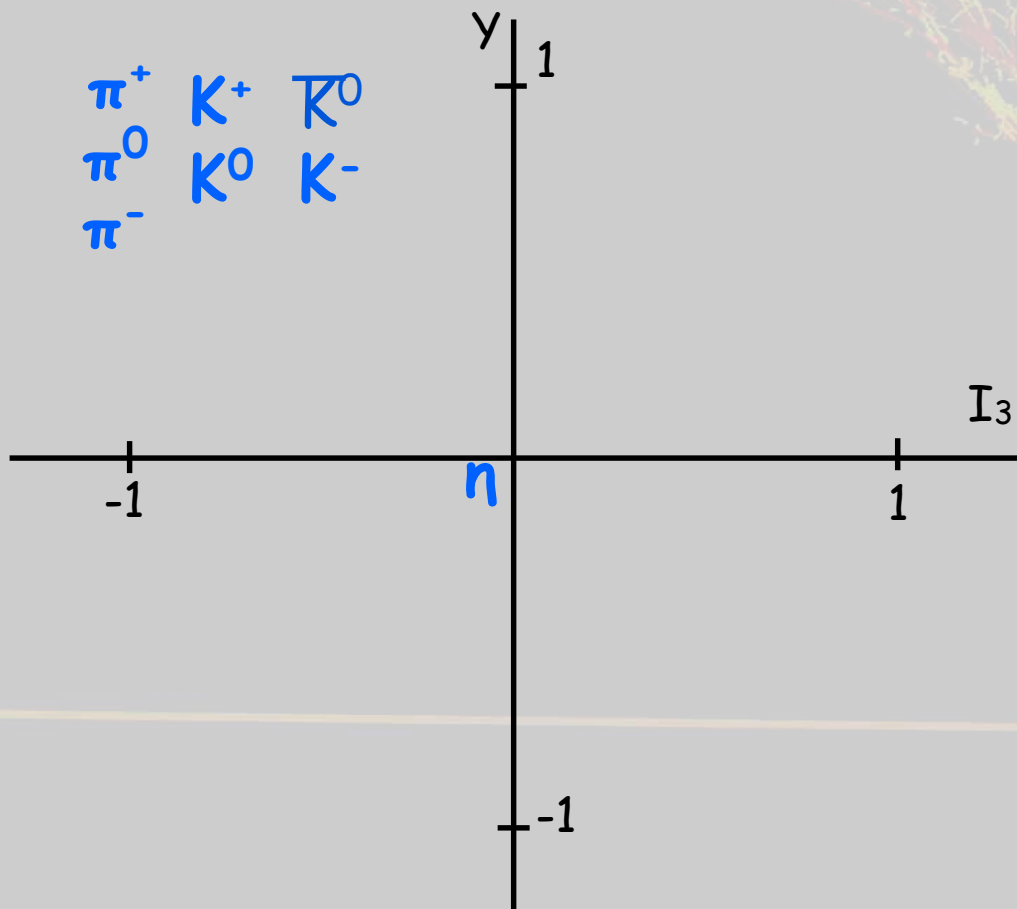


symetria: silné interakcie nepoznajú rozdiel medzi jednotlivými časticami v multiplétoch

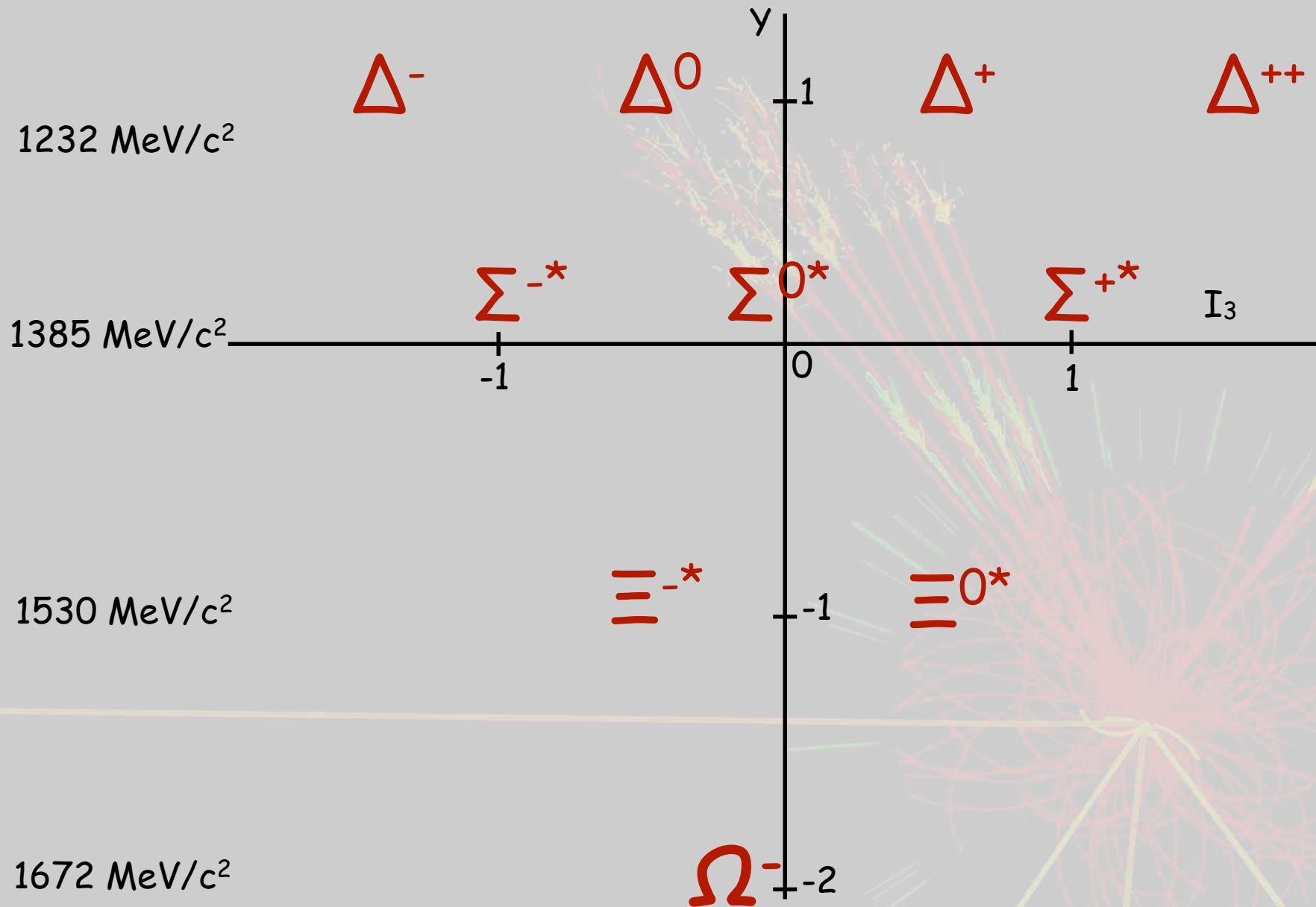
Upratovanie 2: izospin a hypernáboj

Hypernáboj $Y = B + S$

π^+ K^+ K^0
 π^0 K^0 K^-
 π^-

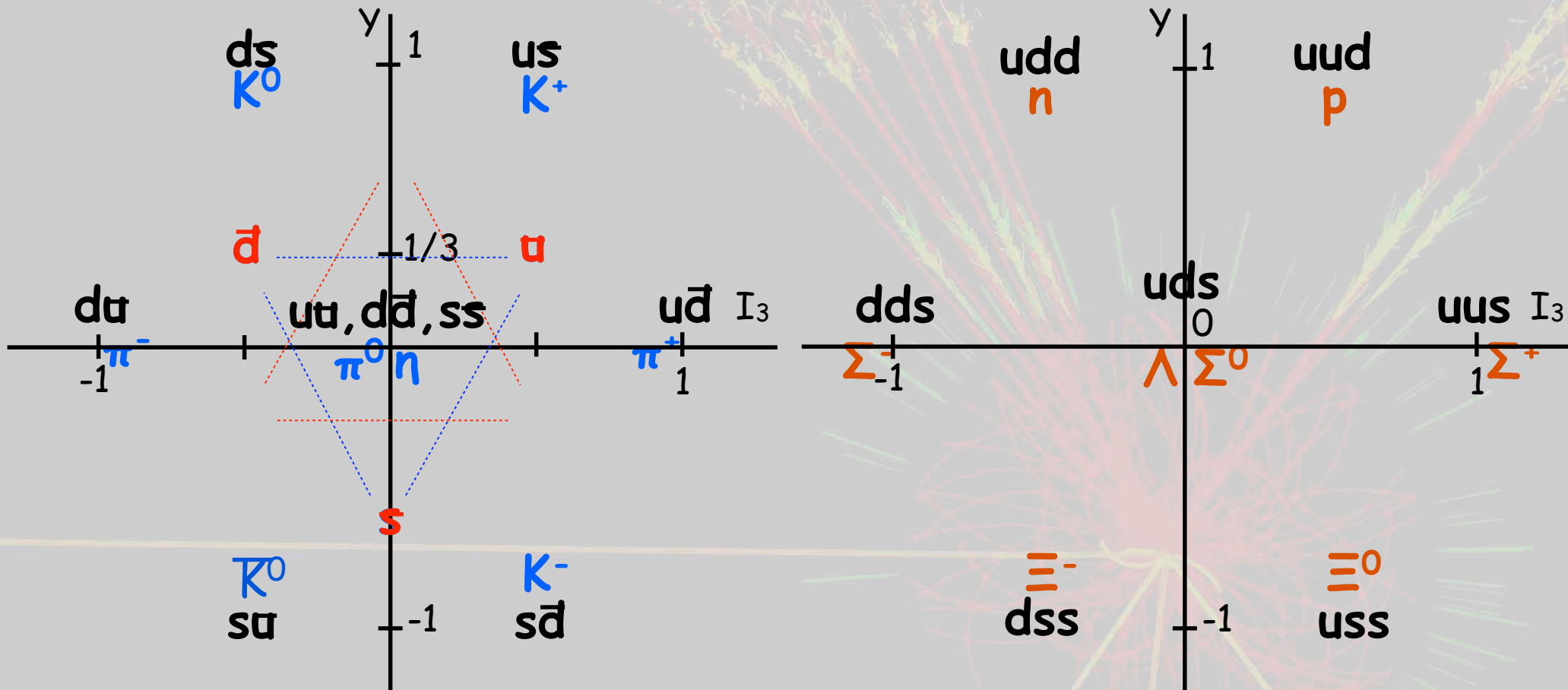


Upratovanie 3: baryóny $J = 3/2$



Kvarky

Náboj silnej interakcie: 3 farby (kvarky), 3 $\overline{\text{farby}}$ (antikvarky)
 Len navonok biele kombinácie sú povolené!

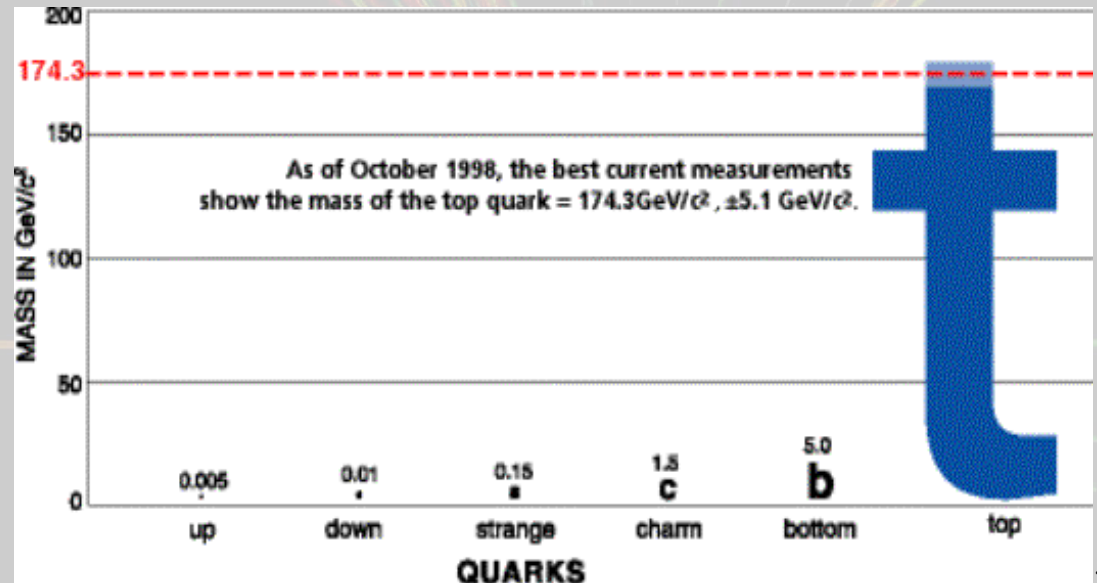


Ťažšie hadróny, ťažšie kvarky

Tri kvarkové rodiny:

up charm top
down strange bottom

ku každému je aj antikvark



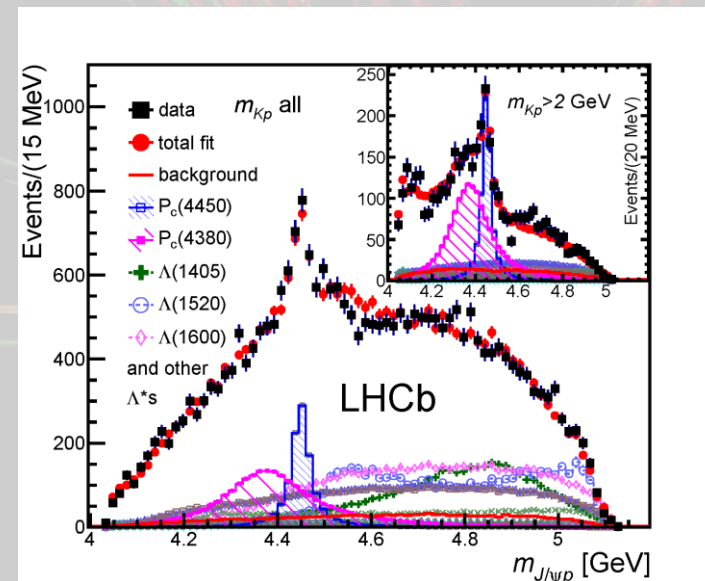
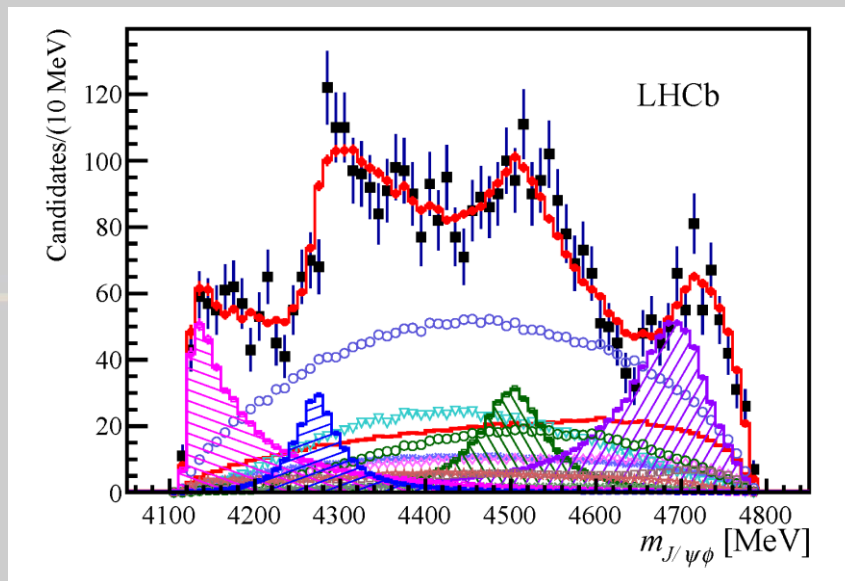
Tetrakvarky, pentakvarky

Experimenty Belle, BaBar, ... **LHCb**...

Navonok biele kombinácie sa dajú získať aj ako $qq\bar{q}\bar{q}$, $qqqq\bar{q}$, ...

Tetrakvarky napríklad: $X(4140)$, $X(4274)$, $X(4500)$, $X(4700)$
(rozpadajú sa na $J/\psi + \Phi$, kvarky $ccss$)

Pentakvarky napríklad: $P_c^+(4380)$, $P_c^+(4450)$
(rozpadajú sa na $J/\psi + p$, kvarky $duccu$)

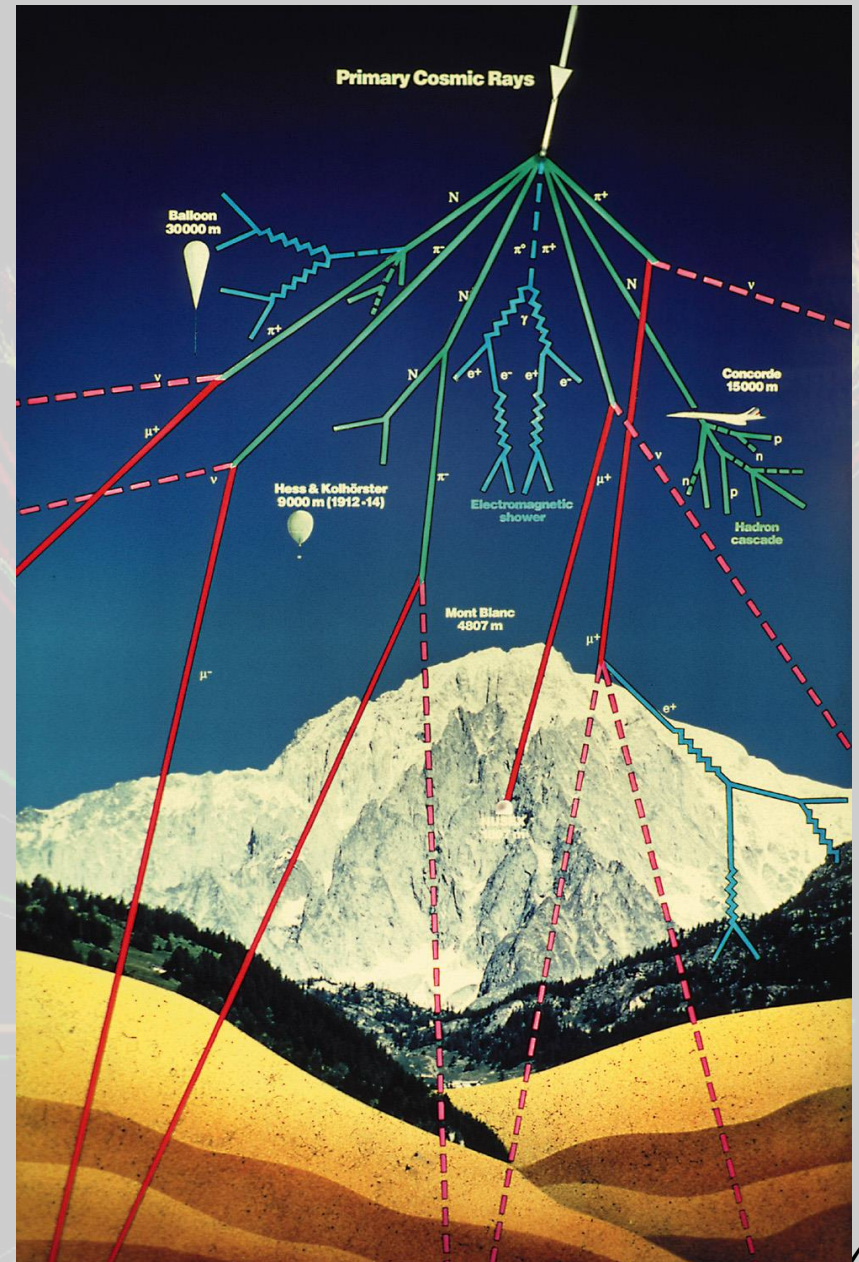


Leptóny (ľahké častice)

elektrón
elementárna častica
žiadna štruktúra
bodová častica

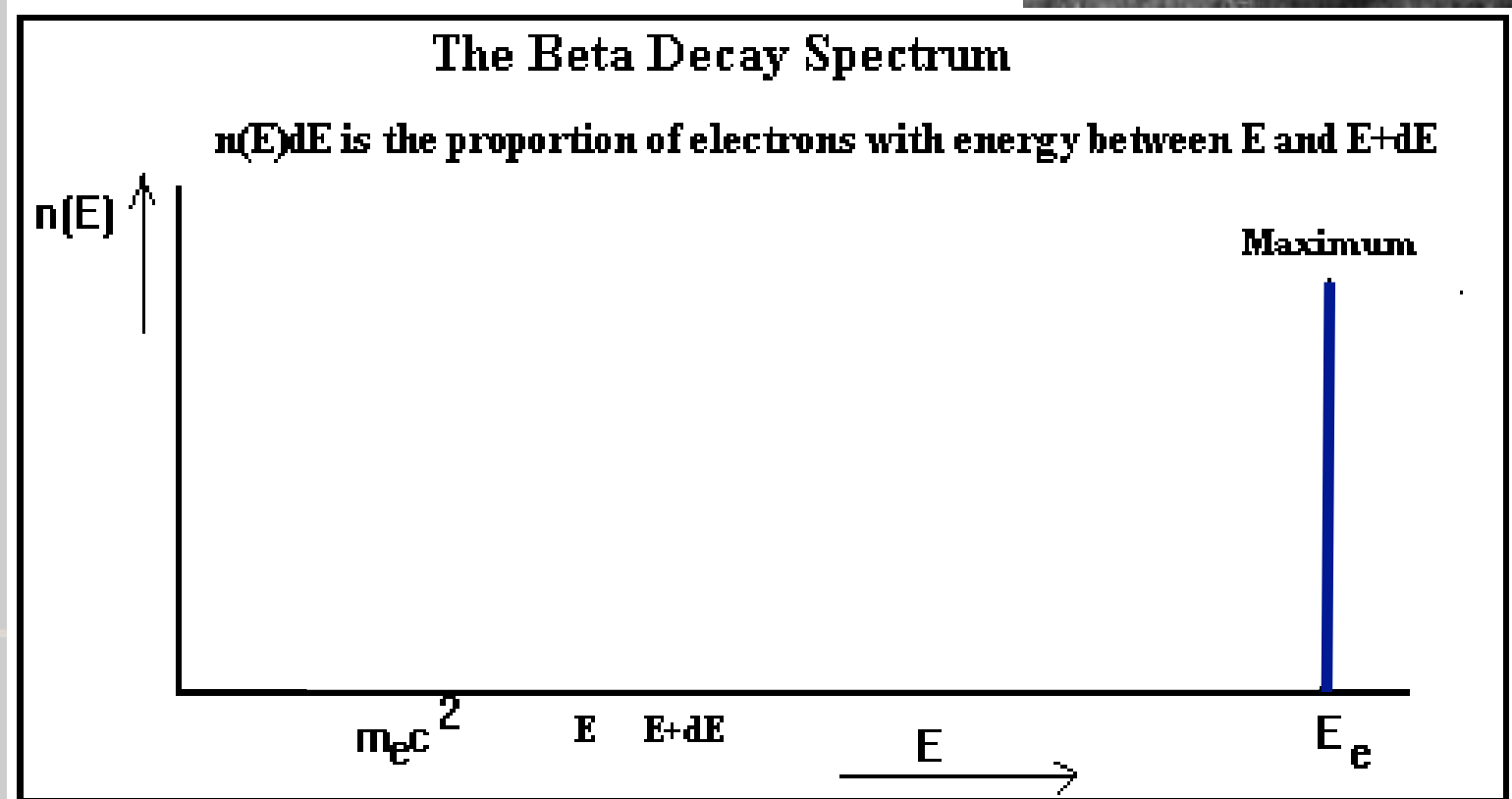
mión - kozmické žiarenie
slabo interagujúci,
na povrchu $1/\text{cm}^2/\text{min}$
(rozpadá sa)

tau - leptón
(rozpadá sa rýchlo)

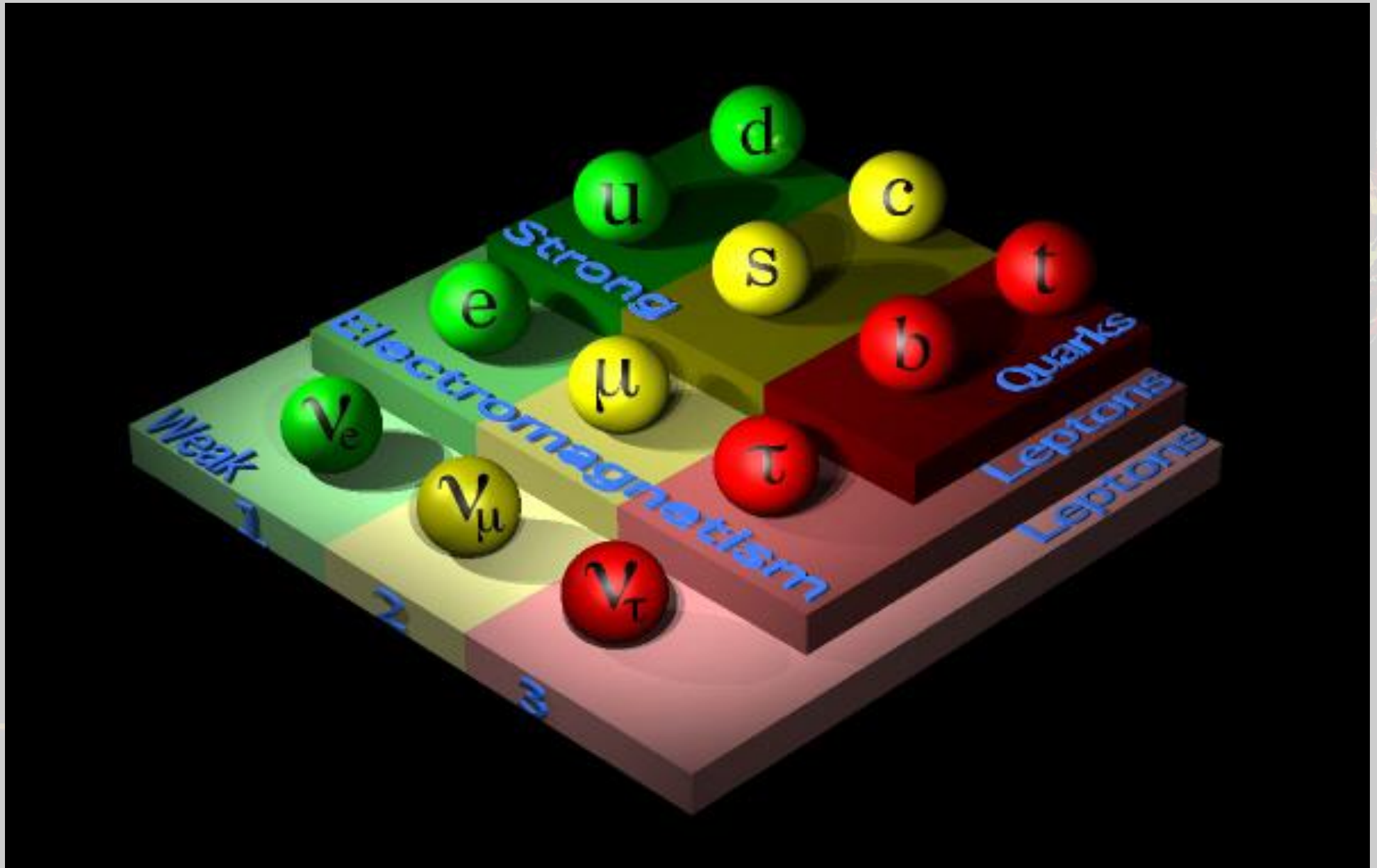


Neutrína

Chýbajúca energia v rozpade β :



Zhrnutie: častice



Interakcie: sily medzi časticami

Interakcie:

vedú k zmene hybnosti, energie, alebo k zmene vlastností častice, alebo k zmene častice

4 základné interkacie:

gravitačná

elektromagnetická

slabá jadrová

silná jadrová

hybnosť a energia sa menia **po kvantách**

Gravitačná interakcia

Isaac Newton

Albert Einstein

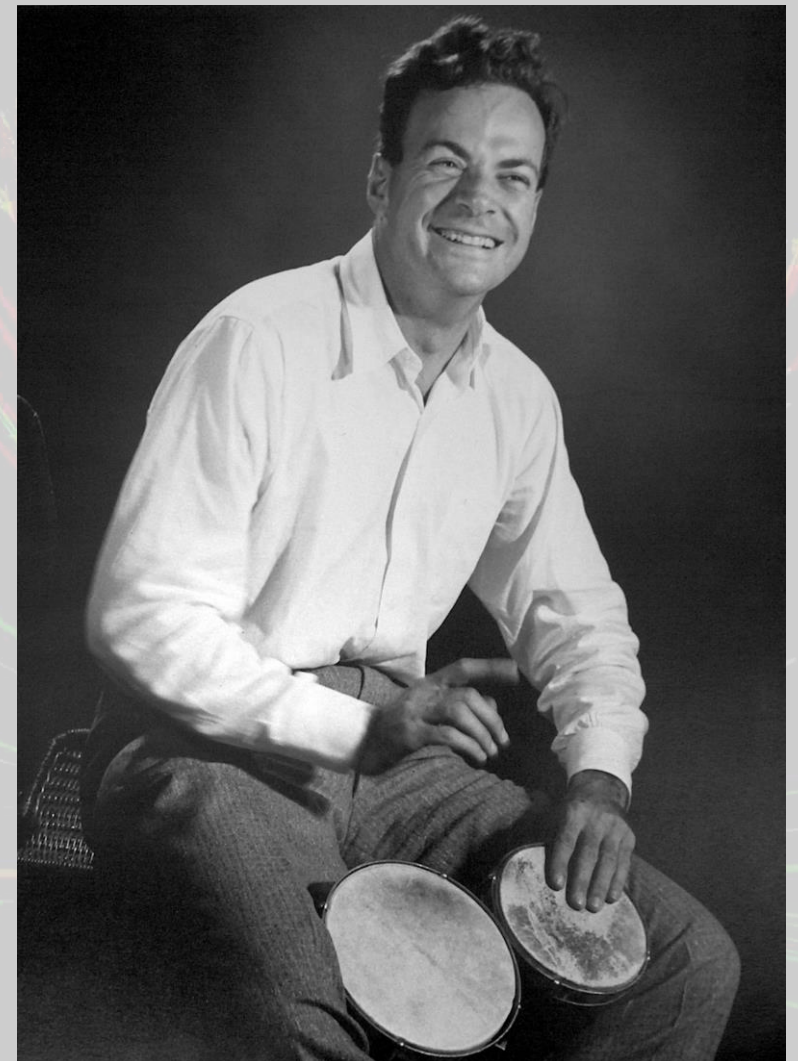
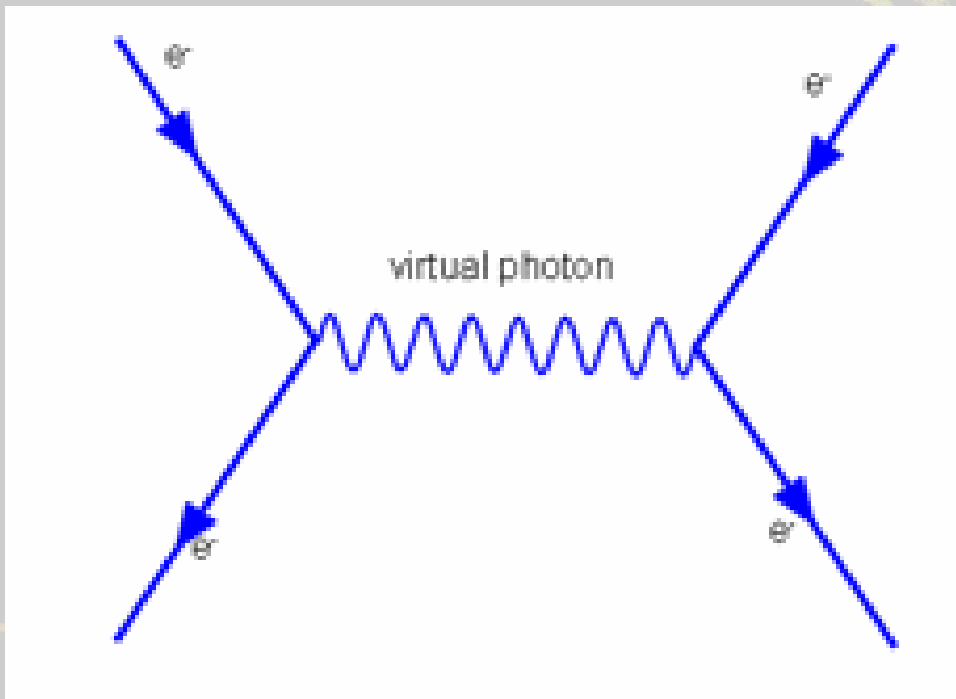
Kvantová gravitácia



Elektromagnetická interakcia

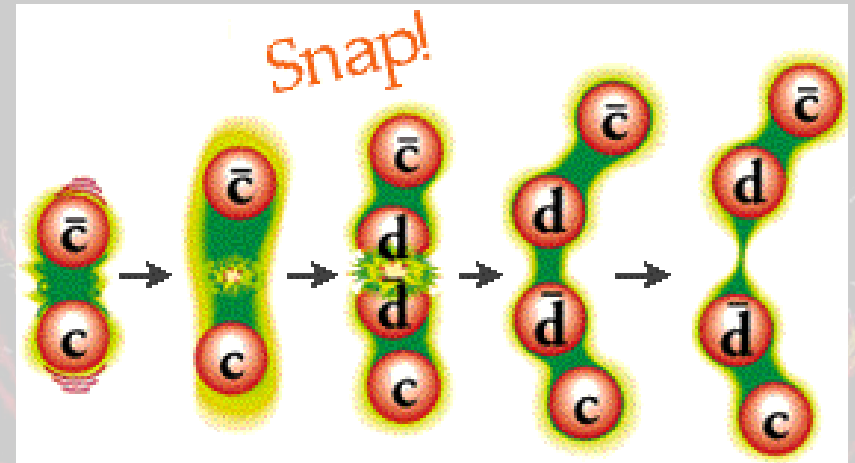
Výmena kvánt energie a hybnosti: **fotónov**

pôsobí na nabité častice

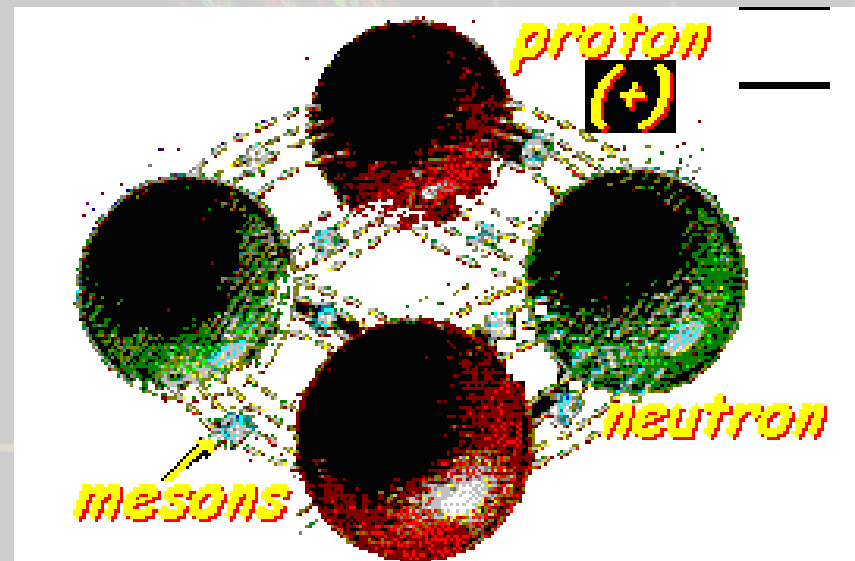


Silná interakcia

najsilnejšia zo všetkých pôsobí na farebné častice rastie so vzdialenosťou výmena **gluónov**

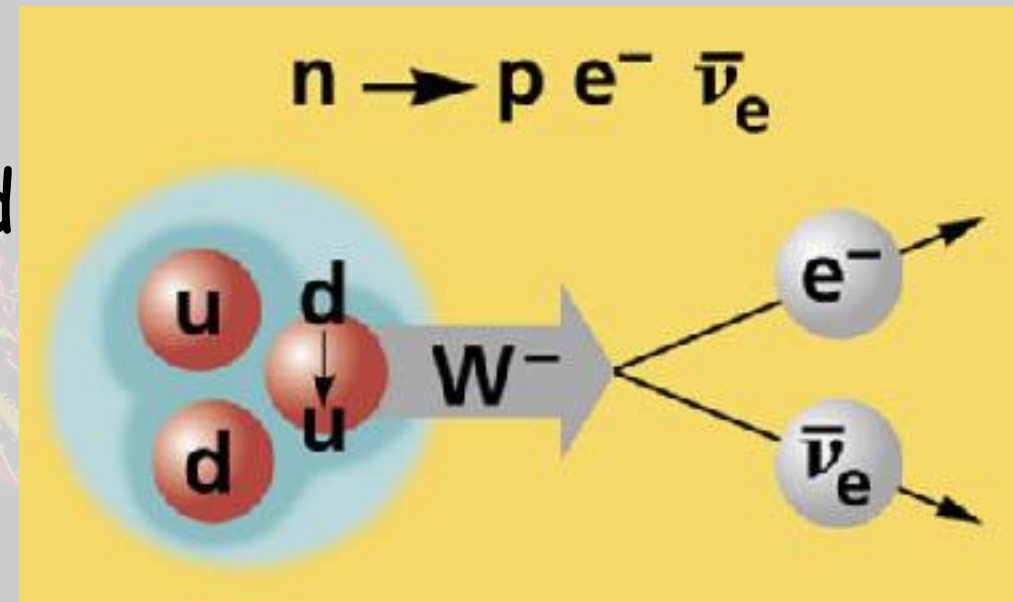


Drží pohromade jadro (zvyšková sila)

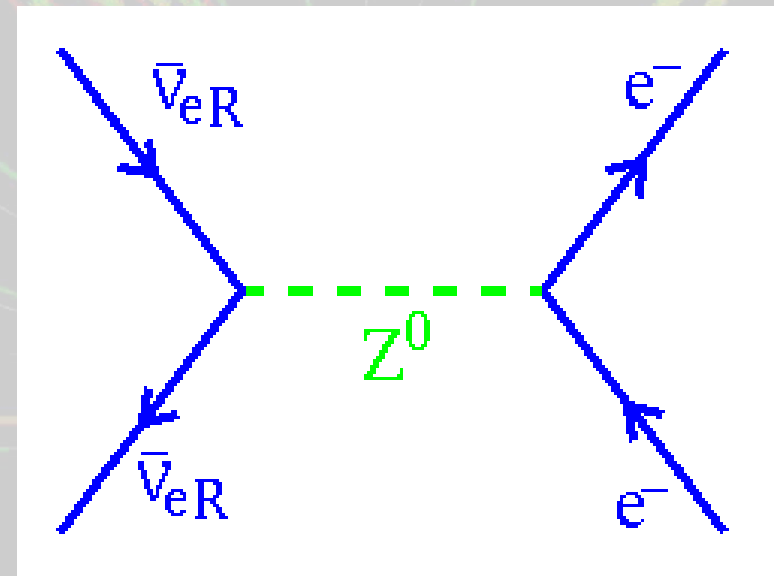


Slabá interakcia

Zodpovedná za β -rozpad
(zmena častice)



... ale aj za rozptyl
neutrín



Higgsov bozón

objavený CERNe

častica, ktorá je zodpovedná za hmotnosť

častica, ktorá nie je zodpovedná za hmotnosť

Zhrnutie: častice a interakcie

