

- elektron, neutrino } leptoni
- hadron, neutrino } hadroni, barični
- kvantno - mehanički delci opisujeni z uporabili velovimi funkcijami. (EM) sila lahko opisuje samo dimenzijski EM potenciali sreča polja.
- kvant - mehanički opis polja posveti razumevanju delcev (stvari) - kvanti fermionskih polj, (delci pa so fluktacije teh polj), kvante (EM) polj pravimo fotoni.
- Neutrino o (EM) sili med delci govoremo o (EM) interakciji med fotoni in (EM) meddelci stvari. Omogoči konzistencijo kvantne mehanike in relativistički opis elektrodinamike.
- Matematični opis inenovane kvantne teorije polj:
  - fermionski in bozonski polji kot kvantni mehanički operatorji, ki zadostajo komutacijskim relacijam.
  - "delci" = stanje, ki jih tvorijo operatorji polja z delovaljicami na osnovni stepen  $10^{-10}$  "volumen".
  - = kvonji upodobitve Lorentzove simetrijske grupe
  - nepravilna obstoječa anti-delca
  - omogoči perturbativen razvoj okoli nelinearne prostih delcev (ravnih valov), po potencialih skupinskih konstant ( $\approx$  EM je to  $\alpha$ ): izračun sipelečih presekov in razpadnih poni.
- Grafična upodobitev tehnic rezonančnega polja. Fotončnični diagrami:
 

(dva delca in EM oddaja)

ravni valovi      izmenjen "virtualni" fotona  
 $0 \neq g^2 = E^2 - |\vec{p}_g|^2$  (=0 da bi bil realen)  
 "relativistična kvantna perturbativna teorija"

Comptonov valovni dolžina

$$\lambda_c = \frac{\lambda_i}{1 + \frac{\lambda_i}{\lambda_e}}$$

Povezava t dosegom interakcije, ki jo medtem izmenjuje virtuelni delci z mode in televiški delci z lastno energijo  $\delta W$  kjer obrazuje energije

Ki se berovska mehanička dovoljna frekvencna količina  $\Delta \omega = \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{\Delta W}{c^2 t}$

Daleč lahko potuje nizkih s svetlobno hitrostjo, doseg  $c \Delta t = \frac{c \Delta t}{\Delta W} \approx \frac{c \Delta t}{m c^2} = c \lambda_c$

$\Rightarrow$  doseg interakcije = bremenskih nosilcev sila je nekonstan

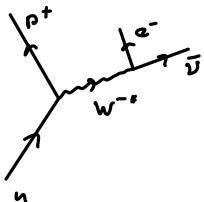
$\Rightarrow$  sklopitični konstanti EM interakcije lahko ocenimo in pomenuje med  $\lambda_c$  in

Dolgovim razdaljam ( $r_0$ )  $\leftarrow$  potencialna energija  $\textcolor{blue}{\lambda_c}$  testni energiji

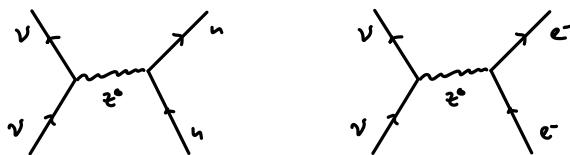
$$\alpha = \frac{\lambda_c}{r_0} = \frac{1}{137,04}$$

Proces Šibke interakcije ( $p^+, p^-$ )

- opisan s pomočjo izmenjive masivnih bozonov s spinom 1 ( $W^+, W^-$ )



- kraftlusa doseg  
 $m_{W^0} = 80.6 \text{ GeV}$     $\lambda_c = \frac{c \cdot t_0}{m_W c^2} = 0.0025 \text{ fm}$
- ob stopejo tudi neutralni massivni fizički bozoni ( $Z^0$ )



- $W^+, W^-, Z^0$  niso obstojni soj razpadajo  
 $W^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}$   
 $Z^0 \rightarrow e^- + e^+$   
 $Z^0 \rightarrow \nu + \bar{\nu}$
- sklopitvene fizične interakcije oceans  
 $d_W \approx \frac{m_W}{\sqrt{s_p}} \approx 0.018$  ← močnija od EM interakcije vendar kratek doseg

### Jedrska interakcija

- doseg  $\lambda_c \sim 1.4 \text{ fm}$
- nosilci imajo maso  $m_\pi \sim 140 \text{ MeV}$
- nosilci so pioni  $\pi^+, \pi^-, \pi^0$ , spin 0, pravimo jih meroni
- efektivni potencial med nukleoni  
 $V_{eff}(r) = -\frac{V_0 e^{-r/\lambda_c}}{r/\lambda_c}$
- rezistor za vezavo stvari (energija) deuterona  
 $\text{p} \text{---} \text{O} \text{---} \text{O} \text{---} \text{p}$
- oceans je  $V_0 = 40 \text{ MeV}$
- sklopitvene konstante jedrske silke  
 $a_\pi \approx \frac{V_0}{m_\pi} \sim 0.13$  ← 10x večji od fizične interakcije, kar je večji doseg
- Vendar: jedrska sila je "efektivna"
  - pioni so vezava stvari kvarkov in antikvarkov, razpadajo počasno fizične interakcije  
 $\pi^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}$
  - Karava močne interakcije zastoji (ujetost barve (kvarki, gluoni) znotraj baronov (pt, n) in meronov (pion))
- pri velikih energijah tekoči nukleoni lahko za kratek čas rezistijo večje rezistorje in opazimo temno dinamiko
  - močne interakcije: nosilci so gluoni z mazo 0 in spinom 1
  - sklopitvene konstante odvisne od energije (kvarki popravki)
    - menjajo pri velikih energijah / menjajo rezidentalno
    - karaste čas več moje na velikih rezistorjih

Poznateni opis EM, fizične in močne interakcije elementarnih teorij počne

- elektro fizična teorija (EM in fizična interakcija)
- kvantna hidrodinamika (močna interakcija)
- osnovne interakcije v karovi ločini po modri in dosegu
  - različni razpoljni časi (EM prehodi,  $\beta$  razpolodi)
  - različni sestavljeni paradi (eter,  $p^+ n$ ,  $e^- \nu$ )
  - razlikujejo se tudi po omejitvih razpolnih (okrasitev kvantnih stanij)

## Antidelei

- disperzija v relativistični mehaniki  
 $w = \frac{|\vec{p}|^2}{2m}$

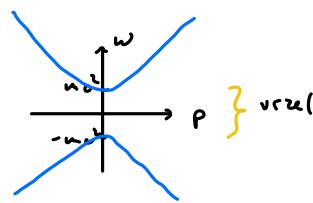
energija je pozitivna definitorje je unikatno določen z gibalno količino in maso.

- disperzije v relativistični mehaniki

$$w^2 = |\vec{p}|^2 c^2 + m^2 c^4$$

$$\text{dov. rezultat: } w_{\pm} = \pm c \sqrt{|\vec{p}|^2 + m^2 c^2}$$

energija niso enjami naredil

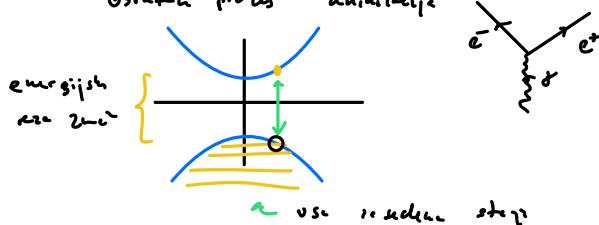


- Diracova interpretacija: zaledi iz trdne showi

vs. stevilo  $\pm w < 0$  so zaledeni (Diracova morja)

- napoved trdne para delek-vrzel (delke-antidelke)

- obraten proces: anihilacija



- lastnost antidelcev

$$\begin{aligned} \text{Manti} &= u & \text{disperzija} &= delci in \\ \text{napi} &= Q & \text{antidelci} &= enake \\ \text{Sakbi} &= S \end{aligned}$$

enake masa in spin ter obraten razvoj

- vsi delci v nasovi imajo antidelce, trdi horozni, z. katerih Dirac razumeval in velja (ni Paulijev predpostavki):  $w^+ - w^-$ ,  $\pi^+ - \pi^-$   
 $\Rightarrow p - \bar{p}$ ,  $u - \bar{u}$

- nelektro neutralni delci so sesti sedi antidelci:  $\gamma, Z^0, \pi^0$ , nelektro  $\nu$

- V procesih lahko delci v začetnih stojih sumljivo z antidelci v končnih stojih in obratno. Tako dobimo nove možnosti procese (ohramitev naložja). Zmanjšava lahko trdi celote razlike in končne stope (obrat časa).

- primer:  $u \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$  ( $p^-$ )  $\xrightarrow{\gamma} p + e^- + \bar{\nu}_e \rightarrow u \xrightarrow{\gamma} p + e^- \rightarrow u + \nu$   
 $\uparrow e^- \bar{\nu}_e e^+$   
 $p \rightarrow u + \nu + e^+ \quad (p^+)$

- Ali so interakcije delcev in antidelcev poseben enak?

V rezultatu je matrični vredni showi kot antisimetrični

$$\frac{m_p - m_{\bar{p}}}{m_p} \approx 10^{-40}$$

## ○snovni delci showi znatori: SM

### Leptoni:

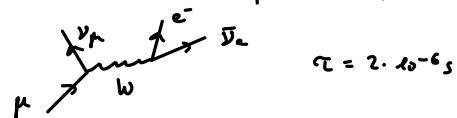
- ne interagirajo preko jadrove (masen) sil

- neutrino: sreč EM nesajo, interagira le preko jadne sils., spin  $1/2$ , masa  $m \ll 10^{-3}$  MeV  
 poznano vsaj tri vrste neutrinov ( $\nu_1, \nu_2, \nu_3$  oz.  $\nu_e, \nu_\mu, \nu_\tau$ ), vsaj dve vrsti imajo mero (neutrinske oscilacije), v interakciji zaznavamo antineutrino te so obrati spinov, znotraj SM so neutrini stabilni.

- elektron: najlažji EM visit delci ( $m_e = 0,511 \text{ MeV}/c^2$ ), spin  $1/2$ , stabilni (ohramitev EM nesajo), antidelci elektrona = pozitron:  $Q_{e^+} = -Q_{e^-}$

- muon:  $m_\mu = 105 \text{ MeV}/c^2$ ,  $Q_{\mu^+} = Q_{\mu^-}$ ,  $s = 1/2$  (taki elektron), razpad preko jadne

interakcije  $\mu^\pm \rightarrow e^\pm + \nu_\mu + \bar{\nu}_e$



- antidejci je  $\mu^+$ , točnije se v uslovi energijiskih teles ali os  
razpoložljivih dejcev  $\pi^- \rightarrow \mu^- \bar{\nu}_\mu$
- tan:  $m_\pi = 178 \text{ GeV}/c^2$ ,  $Q_\pi = Q_\mu$ ,  $s = 1/2$ , razpoložljivo  $\tau_\pi = 4 \cdot 10^{-12} \text{ s}$   
 $\pi^- \rightarrow \mu^- \nu_\mu \bar{\nu}_\mu$ ,  $\pi^- \rightarrow e^- \nu_e \bar{\nu}_e$ ,  $\pi^- \rightarrow \pi^-$ ?  
 antidejci  $\pi^+$
  - okremitveni leptonskih skupin
    - pri vseh pojavih v trenutku se skupine skupin leptonov minus skupine skupin anti-leptonov okrejuje
    - vsi procesi posredovanju oscilacij okrejujo posamezne leptonske skupine
 
$$\begin{aligned} N_e &= N_{\mu^-} - N_{\mu^+} + N_{\nu_e} - N_{\bar{\nu}_e} \\ N_\mu &= N_{\mu^-} - N_{\mu^+} + N_{\nu_\mu} - N_{\bar{\nu}_\mu} \\ N_\tau &= N_{\tau^-} - N_{\tau^+} + N_{\nu_\tau} - N_{\bar{\nu}_\tau} \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} L = N_e + N_\mu + N_\tau \\ \text{leptonska skupina} \end{array} \right.$$
  - primer: razpoložljiv  $\mu^- \rightarrow e^- \gamma$  bi kjeril  $N_e$  in  $N_\mu$   
 $\mu^- \rightarrow e^- \bar{\nu}_e \gamma$  je opažen

## Hadroni

- verzake stanje možne (berume) interakcije, med celoj interagirajo preko jedrskih sil
- barioni: proton, neutron
  - $Q_p = -Q_n$ ,  $Q_n = 0$ ,  $s = 1/2$
  - imajo poljskih skupin spin
  - anti-dejci: anti-proton
  - $m_p < m_n$  proton nejščji barični  
 $\Rightarrow$  proton stabilen
  - okremitveni barionskega skupina
 
$$B = N_p - N_{\bar{p}} + N_n - N_{\bar{n}} + \dots$$
  - V jedrskih reakcijih se ločimo okrejosti  $N_p - N_{\bar{p}}$  in  $N_n - N_{\bar{n}}$
- mesoni: pion ( $\pi^+, \pi^-, \pi^0$ ), ...  $s = 0, 1/2, \dots$ 
  - celo okrejivi skupin spin
  - razpoložljiv preko foton interakcije ( $\pi^- \rightarrow \mu^- \bar{\nu}_\mu$ ) ali EM ( $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$ , čeprav je  $\pi^0$  neutrinno ima natančno parne delikte (en meson))

## Vlasti fizike hadronov

- izospin: jedrski interakcije in razložitve med dolžinskim jedri (npr.  $p$  in  $n$ ) ali zvezne jader ( ${}^3\text{He} \leftrightarrow {}^3\text{H}_2$ )
  - ( $\pi^0, \pi^+, \pi^-$ ) ali izotrošni jader ( ${}^{12}\text{C}, {}^{14}\text{N}, {}^{16}\text{O}$ )
  - $\Rightarrow$  izospinski multipli  $P$  dejcev imen izospin  $I = \frac{P-1}{2}$ , posamezni dejci (komponente multipla) pripadajo in oddaj  $I_3$ 

$$I_3 = -I, -I+1, \dots I-1, I$$
  - \* Primer:  $I(p, n) = \frac{1}{2}$   $I_3(p) = 1/2$ ,  $I_3(n) = -1/2$
  - $\Rightarrow$  okremitveni barionskega skupina, meson in protone v jedrskih reakcijah
  - $I_3 = A - \frac{1}{2}B$  velja za nukleon in pion
  - EM je ziski interakcije in okrejivi izospini
  - $n \rightarrow p + \bar{\nu}$   $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$
  - $I_3 = \frac{A}{2}$   $I_3 = 1$   $I_3 = 0$
  - $I_3 = -\frac{A}{2}$   $I_3 = -\frac{1}{2}$   $I_3 = 0$  krajji okremitveni  $I_3$ ,  $I_3 = 0$   $I_3 = 0$

## - Čínskost

- fyzické barioni jsou nazýváni, když mají podobnou strukturu

kaoni:  $K^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$ ,  $K^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$ ,  $K^+ \mu^+ \nu_\mu$ ,  $K^- \mu^- \bar{\nu}_\mu$

hiperioni:  $\Lambda \rightarrow p \pi^-$

- mimo spin degenerace je degenerace mas

•  $\Lambda^0$  singulek  $s=0$

$$\Sigma^+, \Sigma^0, \Sigma^- \quad m = 1190 \text{ MeV} \quad B=1 \quad (\bar{\Xi}^0 + \Sigma^-, \Sigma^0 + \bar{\Xi}^0)$$

barionov s  $C=2,3$ ,  $\bar{\Xi}^-, \bar{\Xi}^0, \bar{\Xi}^+$   $m =$   $B=1 \quad (\bar{\Xi}^- + \Sigma^0)$   
je něco odkriti

•  $K^+, K^0, K_1^0, K_2^0$   $m = 490 \text{ MeV}$   $s=0$   $B=0$

- Provozní relace mezi  $I_1, I_2, Q$  je  $I_2 = 2 - \frac{Q}{2}$  využívá se kvantitativní čínskost  $S$

$$S(\Lambda) = S(\Sigma) = 1 \quad S(\Xi) = 2$$

$$S(K^+) = S(\bar{K}^0) = -1 \quad S(\bar{K}^0) = S(K^0) = 1$$

Kvarkový model kvarkových hadronů

- kvarky: u, d, s  $s=1/2 \quad B=1/3 \quad m_u, m_d \approx 0(10 \text{ MeV})$

- Vektor mezi kvarky hadronu je postaven na maximální intenzitu mezi kvarky

- lastne (jednotky) emisí: u - kvarky

$$\Lambda_{QCD} = \frac{m_c c^2}{3} \quad 0,3 \text{ MeV}$$

-  $m_s c^2 = 100 \text{ MeV}$  čínskost hyperion

$$I_1 \quad Q \quad S \quad Y$$

$$u \quad 1/2 \quad \frac{2}{3} \quad 0 \quad 1/3$$

$$d \quad -1/2 \quad -\frac{1}{3} \quad 0 \quad 1/3$$

$$s \quad 0 \quad -\frac{1}{3} \quad -1 \quad -2/3$$

- primární:  $p^+ = uud$   $n \bar{n} udd$   $\Lambda = uds$  (spin  $s=1/2$ )

$$K^+ = u\bar{s} \quad K^0 = d\bar{s} \quad \pi^+ = u\bar{d} \quad \pi^0 = u\bar{u}, d\bar{d} \quad \text{(spin } s=0 \text{)}$$

Třídu kvarků

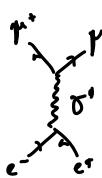
$$- lastnost kvarků: Q = \frac{2}{3}, -\frac{1}{3}$$

barviná koloraž - barviná noty:  $(q, g, \bar{g}) = u_p, u_g, u_{\bar{g}}$

st. barva:  $N_c = 3$

- kvarkové  $\frac{\sigma}{\sigma_0}$  postrojitého osoby kvarků je tvořeno kvarkovou koloraží

$$R = \frac{\sigma_{(e^+ e^- \rightarrow \text{hadron})}}{\sigma_{(e^+ e^- \rightarrow \pi^+ \pi^-)}} = 3 \sum_{\text{st. barv}} Q_q^2$$



$$\sigma \propto Q_c^2 Q_{\bar{q}}^2$$



$$\sigma \propto Q_c^2 N_c \sum_{\text{st. barv}} Q_{\bar{q}}^2$$

$$R(E \geq 1 \text{ GeV}) = \sum_{u,d,s} \sigma$$

$$R(E \geq 4 \text{ GeV}) = \gamma_{u,d,s,c}$$

$$Q_c = \frac{2}{3}$$

$$m_c = 1,3 \text{ GeV/c}^2$$

$$R(E \geq 10 \text{ GeV}) = \gamma_{u,d,s,c,b}$$

$$Q_b = -\frac{1}{3} \quad m_b = 4,5 \text{ GeV/c}^2$$

- Verzeta stanje kvark-konjuga:  $c\bar{c}$ ,  $b\bar{b}$   
 $s\bar{s}$ ,  $t\bar{t}$ ,  $u\bar{u}$

$$m_Q \approx 2 m_\pi$$

$$m_{s/t} \approx 2 m_c$$

$$m_u \approx 2 m_b$$

Veličina nizozem mase je posledica mase (težit) kvarkov.

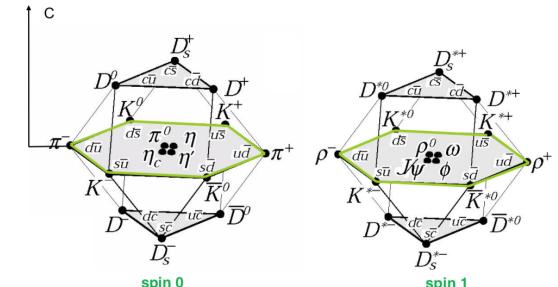
Ogib podoben vodilovih atomu (ali pozitroniju  $e^+e^-$ , verzeta stanje)  
 (spektar stanj)

$\Rightarrow$  efektivni potencial obliku  $V \propto \frac{1}{r}$

$\Rightarrow$  ne vplivnih modelih se močno izračujevajo podobno kot EM.

- verzeta stanje tričetrtih in leblih kvarkov

Korovi:	$c\bar{d} \sim D^+$	$c\bar{u} \sim D^0$	$\bar{c}d \sim \bar{D}^0$
( $J=0$ )	$c\bar{s} \sim D_s$	$\bar{c}s \sim \bar{D}_s$	$\bar{c}d \sim D^-$
	$b\bar{u} \sim B^-$	$b\bar{d} \sim \bar{B}^0$	$\bar{b}d \sim \bar{B}^0$
	$b\bar{s} \sim \bar{B}_s$	$\bar{b}s \sim \bar{B}_s$	$\bar{b}u \sim D^+$
Deleni:	$cud \sim \Lambda_c^+$		
( $J=1/2$ )	$bud \sim \Lambda_b^0$		



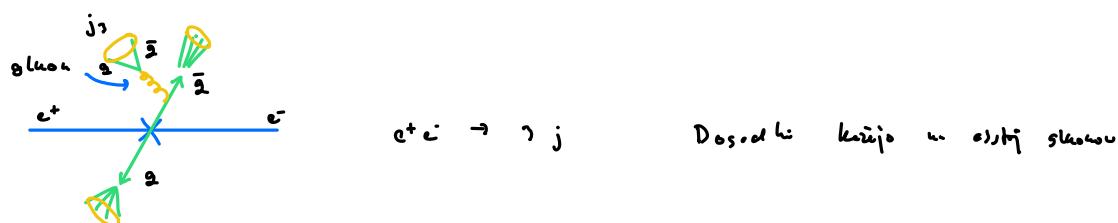
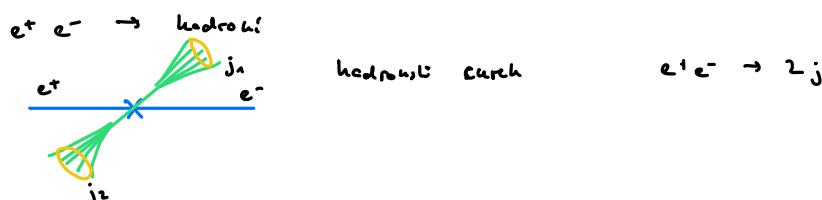
- Pri nizozem visokih energijah tehs:  $p p, p \bar{p} \rightarrow t \bar{t}$   
 $\downarrow$   
 $t \rightarrow w^+ b \quad \bar{t} \rightarrow w^- \bar{b}$

$$m_t = 173 \text{ GeV/c}^2$$

$\Rightarrow$  kvark  $t$  razpadne preden tvori hadronske stanje (hadronizacija), tako da bo  
 verzeta stanje:  $\frac{1}{m_t} = 1,5 \text{ GeV} > \Lambda_{\text{QCD}}$   
 $Q_t = \frac{\pi}{2}$

### Gluoni

- tvorba hadronov pri visokih energijah
- hadronska cerke



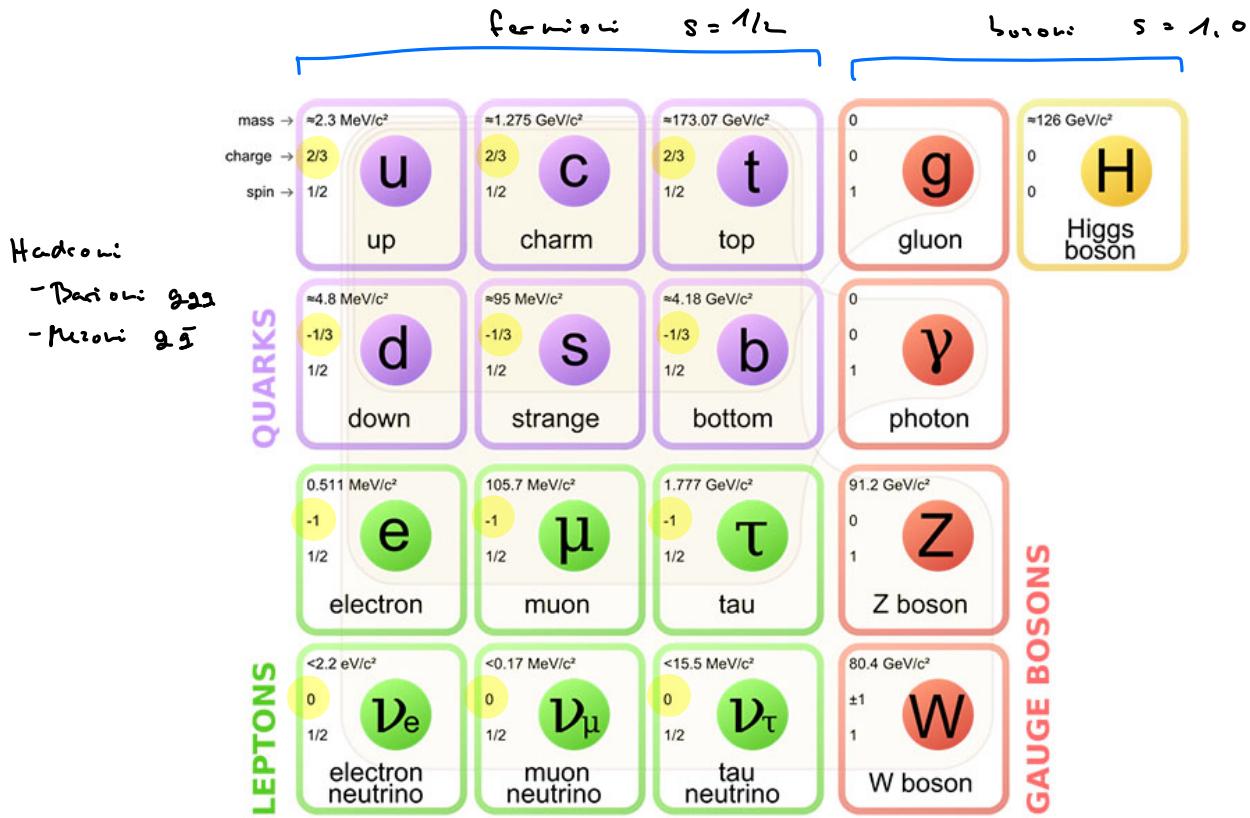
- lastnosti gluonov:  $s=1 \quad m=0$

3 tevilo barvnih konstant

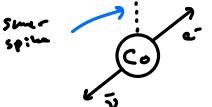
$g_{R\bar{G}}, g_{B\bar{G}}, g_{S\bar{G}}, \dots$

8 gluonov

en singlet



### Sílske interakcije in simetrije naravn.

- močne interakcije in loci med okenski barv (u, d, s, c, b, t)
  - => okreje izospin, emulksija, ...
- EM interakcije loci in med množičnimi naboji kvarkov ( $u, c, t$ ) - ( $d, s, b$ )
  - ( $\bar{u}, \bar{d}, \bar{s}, \bar{c}, \bar{b}, \bar{t}$ ) - okreje barvni kvantni št.
- elektro-magnetske interakcije okrejejo okenske kvantele řešila
- največji kemični hadroni = množični okenski řešili par padajo ſiklo
  - Primer:  $(\bar{u}\bar{u}, \bar{d}\bar{d}) \quad \pi^+ \rightarrow \gamma\gamma$  (EM razpad)  $\tau_{\pi^+} = 8.5 \cdot 10^{-17} \text{ s}$
  - $(\bar{d}\bar{u}) \quad \pi^- \rightarrow e^- \bar{\nu}_e$  (Sílski razpad)  $\tau_{\pi^-} = 2.6 \cdot 10^{-8} \text{ s}$
- procesi množenja in EM interakcij so simetrični na izravnju prostore - parnost ( $P$ )
  - Primer:  $^{60}_{27}\text{Co} \rightarrow ^{60}_{28}\text{Ni} + e^- + \bar{\nu}_e$
  - 
  - Merimo parnosločne emisije  $e^-$  in opozitne, da parnosločitev ni izotropska ker več je smer elektronov poravnana s smerjo spise Co
  - => kemična parnost
- Spin izmenjava anti-materijal vedno kreira v smeri vlegajočih sistemih kolidir.
- $$\frac{\vec{S}_v \cdot \vec{p}_v}{|\vec{p}_v|} = \gamma = +1$$
 C-simetrija

### Konjugacija nabolj v sílskih interakciptih

- QED, QCD invariantne niso konjugacije nabolj
- => simetrija med dvoj. in antihad.
- C-parnost:  $Q(\omega) = \bar{Q}$
- sílske interakcije naboje C-parnost

- Primär  $e^- (\bar{s}, \bar{p}) \xrightarrow{\text{spur } g_1^*, \text{ kin}} e^+ (s, p)$

Zu untersuchen v  $\Rightarrow$  reziproker  $\beta$

$\bar{v}_e(x) \Rightarrow v_e(x)$

$x \rightarrow n$   $\rightarrow$   $n \rightarrow s$   
nichts ist verändert  
niso hält operativ

$\Rightarrow$  Konsistenz - gar nicht

Produkt CP Parität

$\Rightarrow$  zumindest dann ist die Produkt Parität gleich

$$\bar{v}_e(x, \bar{p}) \xrightarrow{\text{CP}} v_e(-x, \bar{p})$$

- Sichtbare Interaktion verhindert ohnehin CP.

Vorder- und Rückwärts

$$K_S^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \quad CP(\pi^+ \pi^-) = 1$$

$$K_S^0 \rightarrow \pi^0 \pi^0 \quad CP(\pi^0 \pi^0) = CP(\pi^+) = -1$$

Sichtbare Interaktion v. sichtbaren Konsistenz CP.

Vorwärts- & Rückwärts Prozesse je verschieden, da Sichtbare Asymmetrie

Mechanismus v. sichtbaren Interaktion

- Losplötzlich sichtbar:  $p^+ : \bar{n} \rightarrow p$   
 $p \rightarrow n$   
 $(pn \text{ und } n \rightarrow dd)$   
 Neutronenstrahl:  $d \rightarrow n$   
 Beobachtbarkeit:  $\bar{c} \bar{s} \bar{d} \bar{u}$  hadronen  
 $K^- \rightarrow \pi^- \bar{e} \bar{\nu}_e \quad s \leftrightarrow u$   
 $(su) \quad (u\bar{u}, d\bar{d})$   
 $D^+ \rightarrow \mu^+ \bar{\nu}_\mu \quad c \leftrightarrow t$   
 $(cd)$   
 $D_s^+ \rightarrow \mu^+ \bar{\nu}_\mu \quad c \leftrightarrow s$   
 $(cs)$

Metrische Zsp.:  $\begin{pmatrix} u \\ c \\ t \end{pmatrix} \oplus \begin{pmatrix} d \\ s \\ b \end{pmatrix}$

Letzte parametrisierung zu  $2 \times 2$  unitären Matrix (Cabibbo)

$$V_{\text{Cabibbo}} = \begin{pmatrix} \cos \theta_c & \sin \theta_c \\ -\sin \theta_c & \cos \theta_c \end{pmatrix}$$

Reaktion relativ verjüngt zu jütl. reagende ( $\beta, \alpha, D, \dots$ )  
 s-polmäßige eigene Parameter  $\theta_c = \theta_{12}$  Neutronen reaktivität

Losplötzlich zu 3 sichtbaren Konsistenz

$$\begin{pmatrix} u \\ c \\ t \end{pmatrix} \oplus \begin{pmatrix} d \\ s \\ b \end{pmatrix}$$

$\uparrow$

$V_{\text{CKM}}$

Reaktion ist s-polmäßige einzige für konsistenz parameter (komplexe Zahl)

Von jütl. prok. und konsistenz parametrisierung s-polmäßige 3 Konsist.

## Mesanje (osučljivje) neutralnih mezonov

Kočne interakcije očitajte CIP

$\Rightarrow$  verane stanje bodo imeli obaro okreivane parno, t. C, t

- Primer  $J/\psi^0 (\pi^0) = 0^{++}$

- Implikacija je neutralne krome

$$CP |K_L^0\rangle = -|K_L^0\rangle \approx |s\bar{d} - \bar{s}d\rangle = -\frac{1}{\sqrt{2}}(|K^0\rangle - |\bar{K}^0\rangle)$$

$$CP |K_S^0\rangle = +|K_S^0\rangle = |s\bar{d} - \bar{s}d\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|K^0\rangle + |\bar{K}^0\rangle)$$

Superpozicija očitih stanj

Vsihki interakciji (razpoli, forse) lahko določimo očitih kmetov strukturo

( $K^0 \rightarrow \pi^- e^+ \nu_e$ ,  $\bar{K}^0 \rightarrow \pi^+ e^- \bar{\nu}_e$ )

( $s\bar{d}$ ) ( $e\bar{\nu}_e$ ) ( $s\bar{d}$ ) ( $e\bar{\nu}_e$ )

Časovne evolutive stanje:

$$|\Psi(t)\rangle = a(t)|K^0\rangle + b(t)|\bar{K}^0\rangle + \underbrace{\sum_i c_i(t)|f_i\rangle}_{\text{razpolni produkti}}$$

Schröd. en.

$$i \frac{d}{dt} |\Psi(t)\rangle = H |\Psi(t)\rangle$$

$$H = H_0 + i \frac{\Gamma}{2}$$

evolutive razpoli v f:

(mejanji)  $a, b \rightarrow c_i$

$a(t), b(t)$

Stanji:  $|K^0\rangle, |K_S^0\rangle$  so lastni stanji H

$$|K_L(t)\rangle = e^{-iE_L t - \frac{\Gamma_L}{2}t} |K_L(0)\rangle \quad E_L, \Gamma_L, \Gamma_S \text{ lastni vrednosti } H, \Gamma$$

$$|K_S(t)\rangle = e^{-iE_S t - \frac{\Gamma_S}{2}t}$$

Primer:  $a(0)=1, b(0)=0$

Zavim nas razpoli os same t v stave na kmetu je amplituda  $A(K^0 \rightarrow f) \neq 0$

$$\frac{dP}{dt} (K^0(0) \rightarrow f(t)) \propto e^{-\frac{E_L + E_f}{2}t} \left[ \cos(\frac{E_L - E_f}{2}t) + c_s((E_L - E_f)t) \right] \quad A(K^0 \rightarrow f) = 0$$

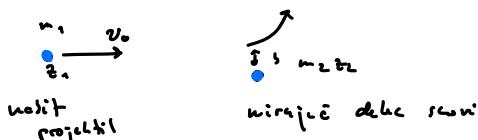
## Detelektiranje delcev

- preljud delcev sliši sevo

Neliti delci

-  $e^-$ ,  $\pi^+$  (nebitni pioni, nioni)

- možljiv Coulombovski zračenje:



Prični sistoli kolizija force po smeri = tečljivi sistem:

$$v_i' \quad v_i' \quad \theta \quad P_T = m_i v_i' \sin \theta = \frac{e_n e_i e_0}{2\pi \epsilon_0 b v_0}$$

Prouzit kum. ex. třecí  $W_{\text{tot}} = \frac{P_T^2}{2m_i} \Rightarrow$  ionizační shov

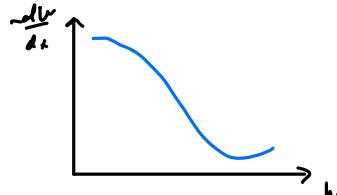
$\Rightarrow$  při průchodu slouží shov kmitat delce izoglym energieji. proho musí sibiři + elektroni, při těchto se m. odkládají delci in zlomí. Tedy ke řízení + jadřní pouzročení oddělenou.

Primer 1 - objednáková

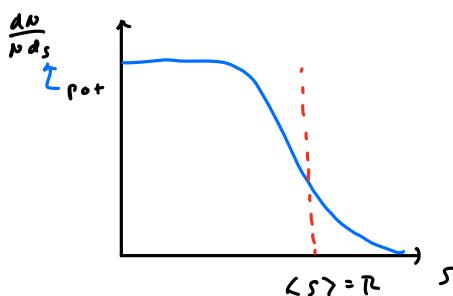
- scintilator + foto penušnice
- polprevodník detektor (vzbuzuje elektrony in valence, v provozu p.v.)

Specifické izoglym energieji mohou být delci při průchodu sloužit shov

$$\frac{dW_n}{dt} \sim -\frac{\log W_n}{\tau_n}$$



Délka delci v shov - závislost na pot



Primer : scintilatorská katomutice

Primer : obecný termodynamický pospíšení mohou být ioniz.

Neutralní delci

- fotony
- neutróny
- neutróny

$$\text{Absorpci} \sim \text{shov} \quad j = j_0 e^{-\frac{x}{\lambda}} \quad \lambda = \text{pouze proho pot}$$

- Fotony: při vysoké energii - fotoefekt  
 při vysoké energii - tvorba  $e^+ e^-$   
 při vysoké energii - Comptona rozpor

Neutróny, neutróny: jádrová reakce

$$\frac{1}{\lambda} = n \sigma \quad \begin{matrix} \uparrow \\ \text{sipalni presa} \end{matrix} \quad \begin{matrix} \leftarrow \\ \text{st. součtu shov} \end{matrix}$$