

Hmotnost elementárních cástic



Jana Kubištová^a, Pavel Zhánal^b, Karel Kolár^c

^a Gymnázium Václava Hrabete Horovice, Jiráskova 617

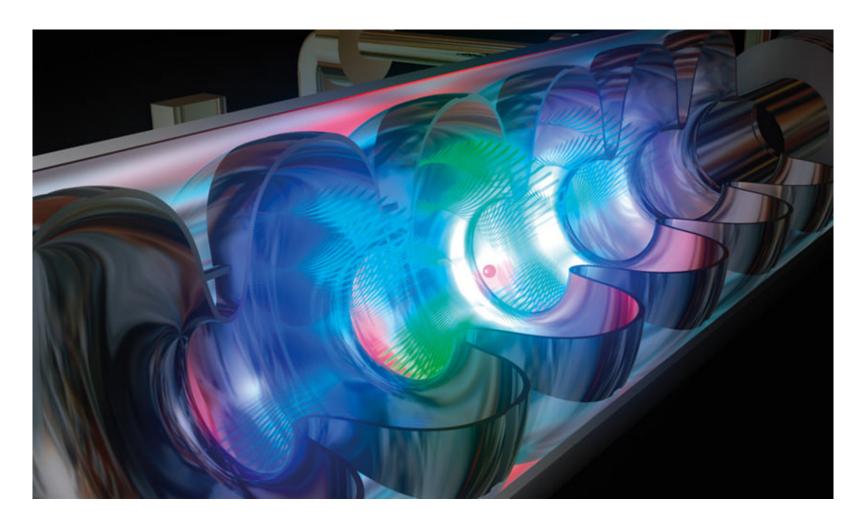
b SPŠ Trebíc, Manželu Curieových 734



^c Gymnázium, Špitálská 2, Praha 9

Abstrakt

Zjištovali jsme co možná nejvíce informací o elementárních cásticích, ze kterých se skládá látka. Nekteré cástice, které byly ješte donedávna považovány za nedelitelné, chápeme dnes jako složené z jiných cástic, dále máme i cástice, které zprostredkovávají ruzné fyzikální interakce. Pokusili jsme se vytvorit prehled techto cástic a porovnat jejich hmotnosti v klidu s jejich hmotností ve vazbe.



Srážka cásti v lineárním urychlovaci (ILC) – umelecká vize

Elektrick

náboj

náboj

0

udd

\dss

uds

SSS

Silná (barevná) spin=1

GeV/c²

Sjednocená elektroslabá spin=1

GeV/c²

0

80.4

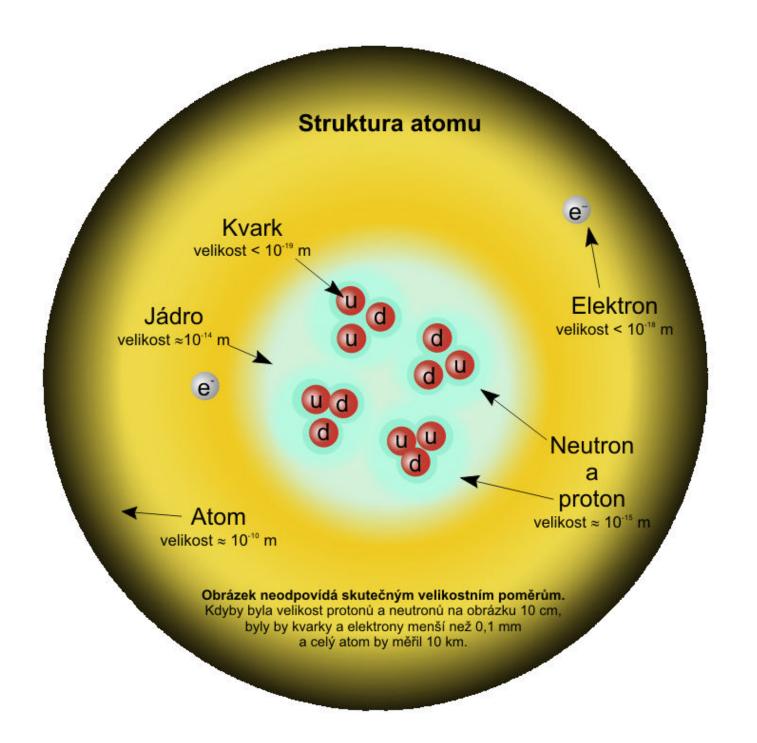
80.4

91.188

Název

Název

foton

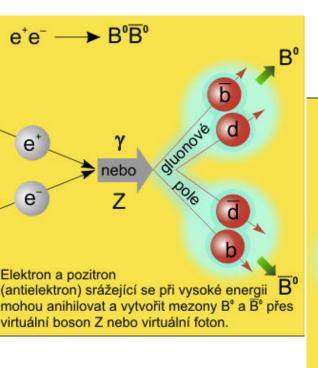


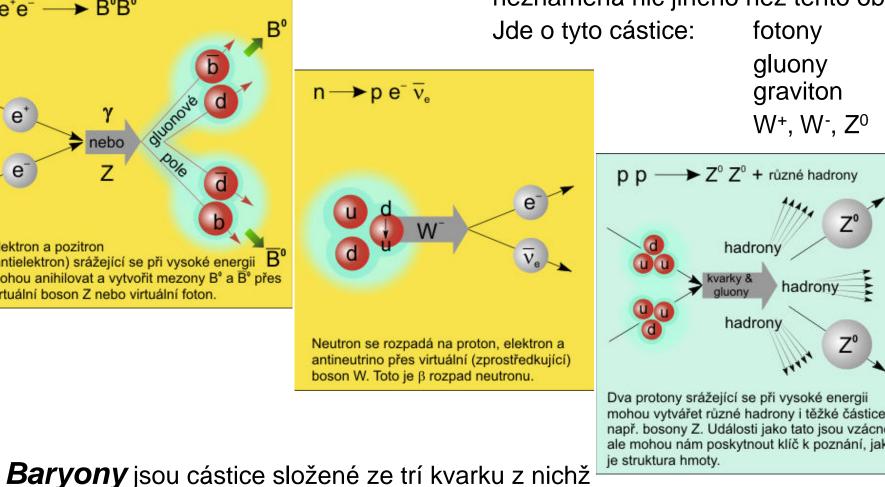
Interakce	Gravitační	Slabá	Elektromagnetická	Silná	
Vlastnosti		(Elektr	oslabá)	Základní	Zbytková
"Náboj", na který působí:	hmota	vůně	elektrický náboj	barevný náboj	viz. odstavec o zbytkové silné interakci
Částice, které ji cítí:	všechny	kvarky, leptony	elektricky nabité	kvarky, gluony	hadrony
Zprostředkující částice:	graviton (dosud neobjeven)	W⁺ W⁻ Z⁰	γ	gluony	mesony
Síla v poměru k elektromagne-	10-41	0.8	1	25	notúká ao kvorků
tické mezi dvěma u kvarky ve vzdálenosti 3×10 ⁻¹⁷ m	10 ⁻⁴¹	10⁴	1	60	netýká se kvarků
a mezi dvěma protony v jádře	10 ⁻³⁶	10 ⁻⁷	1	netýká se hadronů	20

Fermiony

Fermiony mají polocíselný spin, patrí sem všechny leptony a kvarky a všechny baryony. Práve kvuli Pauliho vylucovacím principu ruzné elektrony v atomovém obalu zaujímají ruzné kvantové stavy a tím vytvárejí ruznorodé chování chemických prvku.

> Intermediální cástice obklopují cástice podléhající interakci. Pojem pole (elektromagnetické, slabé, silné, gravitacní) tak neznamená nic jiného než tento oblak intermediálních cástic.





každý musí mít jinou barvu. Tri kvarky lze kombinovat tak, že výsledný spin je roven 1/2 nebo 3/2.

- Rozdelení baryonu:
- 1. hyperony cástice obsahující s kvark

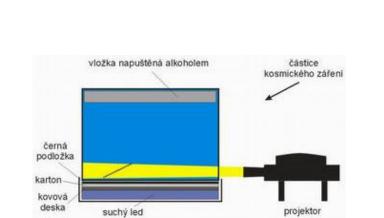
stavu. Známých hadronu je více než 200.

- 2. nukleony jaderné cástice: proton (težká cástice s hmotností 1, 67-10⁻²⁷ kg, má kladný náboj) a neutron (o necelé 2 promile težší než proton) Generace kvarku:
- 1. generace kvarky d, u a jejich antikvarky bežne se vyskytují v prírode
- 2. generace kvarky s, c v cásticích kosmického zárení (napr. hyperony) 3. generace – kvarky b, t – dokážeme je pripravit umele na urychlovacích Existuje také mnoho hadronu složených z kvarku, které nejsou v základním

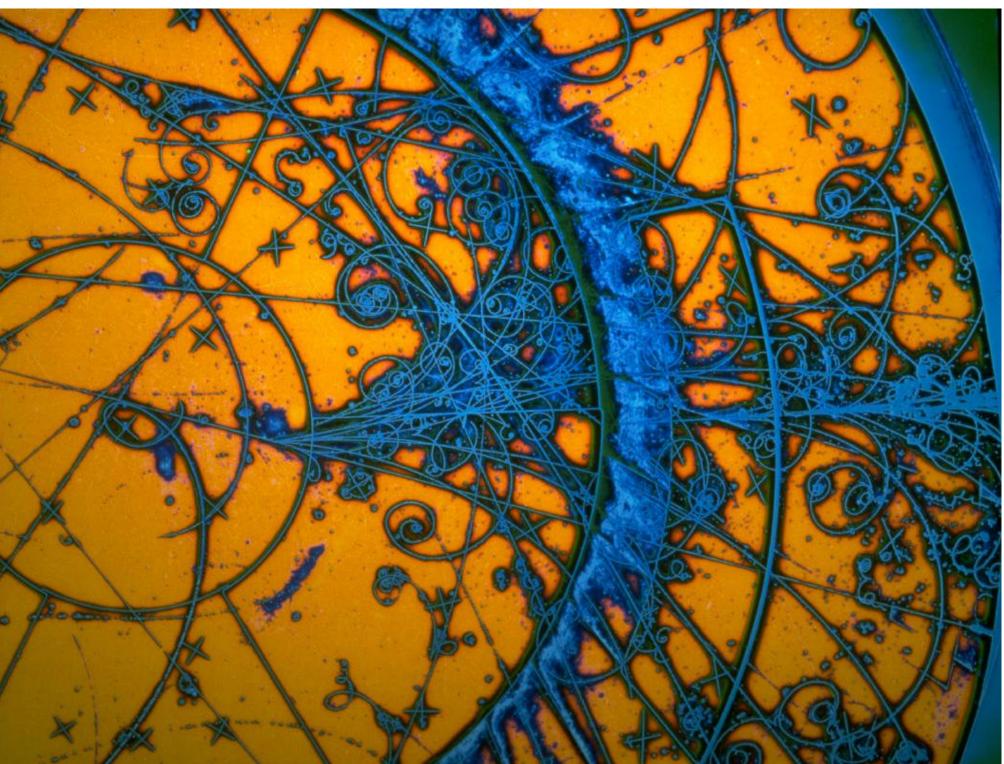
Kvarky

Z kvarku jsou tvoreny težké cástice s vnitrní strukturou (proton, neutron a mezony). Podléhají interakci silné, slabé i elektromagnetické. Podle kvantové charakteristiky nazvané "vune" je šest kvarku u, d, s, c, b, t. Toto oznacení vychází z anglických slov "up" (protonový), "down" (neutronový), "strange" (podivný), "charmed" (puvabný), "bottom" (spodní) a "top" (svrchní). Každá vune se pritom vyskytuje ve trech "barvách", což je další kvantová charakteristika, a to cervené, zelené a modré.





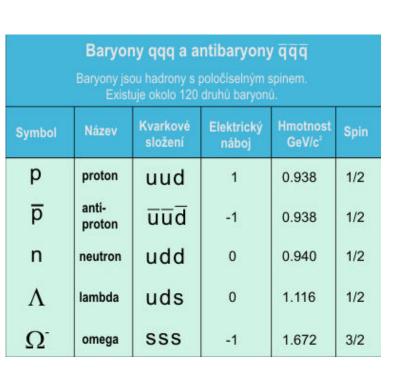
Higgsovy cástice – zatím nenalezené cástice, které by v prírode mely zpusobovat spontánní narušení symetrie elektroslabé interakce. Podstatnou úlohu hrají v teorii elektroslabé interakce, kde zpusobují nenulovou hmotnost intermediálních cástic slabé interakce a její konecný dosah. Tyto cástice by také mely rozhodnou merou ovlivnit pocátecní fáze našeho Vesmíru. Vytvárejí vakuový kondenzát v celém Vesmíru, který muže odstartovat inflacní vývojovou fázi Vesmíru. Po cásticích se intenzivne pátrá a mely by být detekovatelné v soucasné dobe stavenými urychlovaci (LHC – projekt ATLAS).



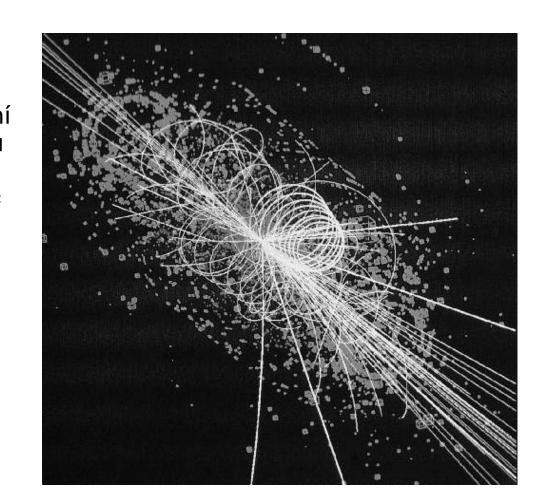
Bublinková komora pro detekci cástic

Bosony

Mají celocíselný spin, patrí sem všechny skalární i vektorové mezony a foton. Nesplnují Pauliho vylucovací princip. Pri nízkých teplotách má každý boson ze systému tendenci zaujmout nejnižší energetický stav. Vzniká tzv. bosonový kondenzát, který muže mít supravodivé a supratekuté vlastnosti. Soustava elektronu by nikdy nemohla být supravodivá - jde o fermiony splnující Pauliho vylucovací princip. Pri snižování teploty dojde nejprve k pospojování elektronu do dvojic - Cooperových páru, které jako bosony již mohou mít supravodivé vlastnosti.



Kvarky		S	pin = 1/2	Leptony	spin = 1/2	
Vůně		Přibližná hmotnost GeV/c²	Elektrický náboj	Vůně	Hmotnost GeV/c²	Elektrický náboj
u	up	0.003	2/3	ν _e elektronové neutrino	<10 ⁻⁸	0
d	down	0.006	-1/3	e elektron	0.000511	-1
С	charm	1.3	2/3	ν _μ mionové neutrino	<0.0002	0
S	strange	0.1	-1/3	μ mion	0.106	-1
t	top	175	2/3	$ u_{\tau}$ tauonové neutrino	<0.02	0
b	bottom	4.3	-1/3	τ tauon	1.777	-1



Pauliho vylucovací princip: Žádné dva nerozlišitelné fermiony nemohou být ve stejném kvantovém stavu.

Všechny fermiony mají necelocíselný spin (mají vnitrní moment hybnosti, jehož hodnota je ? = h/2p (redukovaná Planckova konstanta) krát polovina lichého celého císla). V teorii kvantové mechaniky jsou fermiony popisovány jako "antisymetrické stavy".

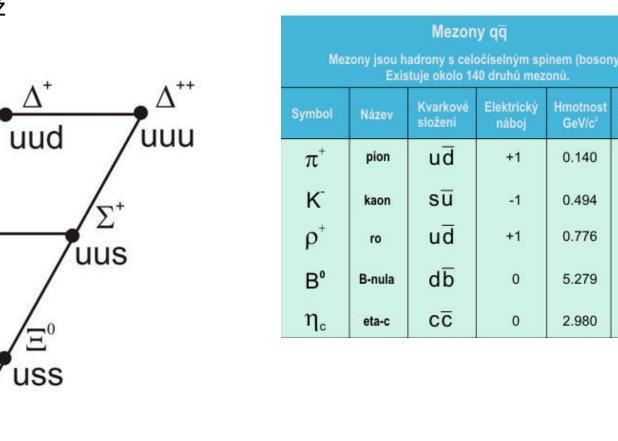
Príkladem aplikace Pauliho vylucovacího principu je plnení atomového obalu elektrony: v elektronovém obalu daného atomu muže být v konkrétním kvantovém stavu popsaném kvantovými císly n, l, m, s nejvýše jeden elektron - v daném kvantovém stavu nemohou existovat dva elektrony současne, každé dva elektrony v obalu se liší v hodnote alespon jednoho kvantového císla.

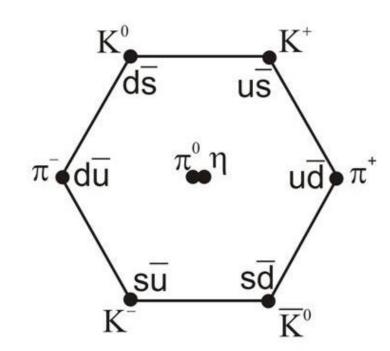
Za tuto práci dostal Nobelovu cenu roku 1945.

Mezony jsou složené z kvarku a antikvarku téže barvy – jeví se jako bezbarvé. Delí se na skalární mezony – spin kvarku je orientován opacne, výsledný spin je nulový. Existují i vektorové mezony – spin kvarku je orientovaný opacne, ale výsledný spin je roven 1. Dále mužeme rozlišit k-mezony a piony.

Kombinace kvarku se zakreslují do diagramu. Ve smeru doprava roste elektromagnetický náboj cástice, ve smeru nahoru klesá pocet podivných kvarku, neboli roste podivnost. Podivnost s kvarku je -1, podivnost antikvarku je +1. Kombinaci kvarku ve stredu diagramu je treba chápat jako kombinaci kvantových stavu.

Mezony vznikají pri procesech ovlivnovaných silnou interakcí, rozpadají se slabou interakcí.





Leptony jsou podle dnešních názoru pravé elementární cástice bez vnitrní struktury, interagují slabou interakcí a neinteragují silne. Nabité leptony pak reagují navíc elektromagneticky, což zpusobuje intenzivní interakci s hmotou.

Elektron e je první objevenou elementární cásticí. Je stabilní. Pocet elektronu v atomu urcuje jeho chemické vlastnosti. Makroskopický pohyb elektronu vnímáme jako elektrický proud. Anticástici elektronu - pozitron - teoreticky predpovedel Dirac v roce 1928 pred jeho objevením.

Mion m je težký elektron a jeho doba života je približne 2·10⁻⁶ s. Potom se težký elektron rozpadá na normální elektron a neutrino. Mion se vyskytuje v kosmickém zárení a do zemské atmosféry vstupuje s relativistickými rychlostmi. Vzhledem ke své dobe života by nemel nikdy dopadnout na zemský povrch. Díky dilataci casu však mion z hlediska pozorovatele na Zemi žije "déle" a má dosti casu, aby dopadl na povrch Zeme. Z hlediska mionu se Zeme "približuje" relativistickou rychlostí a díky kontrakci vzdálenosti nemusí mion k povrchu Zeme uletet takovou vzdálenost. Vidíme, že z hlediska obou souradnicových soustav (spojených se Zemí nebo s mionem) je výsledek stejný, mion dopadne na povrch Zeme.

Elektronové neutrino n_e je cástice, která vždy doprovází elektron, vzniká pri rozpadech, ve kterých vznikl elektron. Jeho existenci predpovedel W. Pauli v roce 1930. Jeho existence byla potvrzena v roce 1956.

Mionové neutrino n_m doprovází pri slabých rozpadech mion, má podobné vlasťnosti jako neutrino elektronové. Objevili ho T. D. Lee a C. N. Yang v roce 1962 na urychlovaci v Brookhavenu (Long Island, USA). V roce 1998 byla zjištena jeho nenulová hmotnost.

Tauon t je supertežký elektron, má hmotnost 3 484 m_e. Je to nestabilní cástice s dobou života 3-10⁻¹³s. Rozpadá se na své lehcí dvojníky (elektron nebo mion) a neutrina. Byl objeven v roce 1977 Martinem Perlem.

Tauonové neutrino n, doprovází tauon pri slabých procesech, bylo objeveno v laboratori Fermilab v roce

Vyhledali jsme si informace o elementárních cásticích a seznámili jsme se s nekterými novými poznatky, které ješte nejsou vedecky overené. Pracovali jsme se standardním modelem, který je dnes považován za obecne platný a velmi dobre popisuje vlastnosti elementárních cástic.

Reference:

Záver

- [1] http://www.volny.cz/ifolber/psaci/fyzika/_/lmage263.gif
- [2] http://www.jan.curn.info
- [3] http://hp.ujf.cas.cz/~wagner/prednasky/subatom/castice/osnova.html
- [4] http://cs.wikipedia.org/wiki/Element%C3%A1rn%C3%AD_%C4%8D%C3%A1stice [5] http://www.aldebaran.cz/astrofyzika/interakce/particles.html
- [6] http://astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika5.htm
- [7] http://ipnp00.troja.mff.cuni.cz/dolejsi/outreach/standardni_model_1.jpg
- [8] http://cs.wikipedia.org/wiki/Pauliho_vylu%C4%8Dovac%C3%AD_princip [9] http://zms.desy.de/e548/e550/e6947/e242/imageobject248/ilc_kollision_hr_ger.jpg
- [10] http://www.physto.se/~grulab/studmat/fys2004/fy1200/hemsidan/pics/bubble-chamber2.jpg [11] http://zms.desy.de/e548/e550/e6947/e242/imageobject248/ilc_kollision_hr_ger.jpg
- [12] http://www.physics.adelaide.edu.au/theory/staff/leinweber/VisualQCD/Nobel/ VacuumRespAction16t32_YshapeCSSMcover.jpg
- [13] http://ipnp00.troja.mff.cuni.cz/dolejsi/outreach/standardni_model_1.jpg [14] Naše vlastní mozky [15] Mozek supervizora

