***Kvarková hypotéza

Zatímco leptony jsou částice, u nichž zatím nebyla zjištěna vnitřní struktura, o hadronech se předpokládá, že jsou složeny z **kvarků**.

Pojem kvark zavedli do fyziky americký fyzik Murray Gell-Mann (narozen 1929, Nobelova cena v roce 1969) a americký fyzik ruského původu Georg Zweig (narozen 1937) roku 1963 na základě románu Angličana Jamese Joyce, kde slovo *kvark* znamenalo cosi jako „nesmysl“.

Dosud se předpokládá existence šesti základních **vůní kvarků** s těmito náboji:

1. d - down (*dolů*): $Q_d = -\frac{1}{3}e$;
2. u - up (*nahoru*): $Q_u = \frac{2}{3}e$;
3. s - strange (*podivný*): $Q_s = -\frac{1}{3}e$;
4. c - charm (*půvabný*): $Q_c = \frac{2}{3}e$;
5. b - beauty (*krásný*): $Q_b = -\frac{1}{3}e$;
6. t -truth (*pravdivý*): $Q_t = \frac{2}{3}e$.

Také kvarky uvnitř hadronů musí být v určitých kvantových stavech a musí se podřizovat Paulimu vylučovacímu principu. Tyto stavy se vyjadřují různými **barvami kvarků**:

1. červenou;
2. žlutou;
3. modrou.

Uvedené charakteristiky nemají s barvou těles nebo barvou světla nic společného! Tyto pojmy je nutné chápat jen jako názvy pro vlastnosti, které nemají v makrosvětě obdobu.

Vzhledem k tomu, že kvarková teorie byla zpočátku přijímána s určitými rozpaky, možná že právě proto fyzikové zvolili tak absurdní názvy pro vlastnosti kvarků.

Antikvarkům se pak připisují barvy doplňkové, tj.:

1. azurová (modrozelená);
2. modrá;
3. žlutá.

Podle kvarkové teorie jsou tvořeny:

1. mezony *M* vždy jedním kvarkem *Q* a jedním antikvarkem $\overline{Q}$: $M = (Q, \overline{Q})$;
2. baryony *B* třemi kvarky: $B = (Q, Q, Q)$;
3. antibaryony třemi antikvarky: $\overline{B} = (\overline{Q}, \overline{Q}, \overline{Q})$.

Tomuto složení hadronů odpovídají i pozorované vlastnosti částic (hodnota náboje, spin, ….). Složení některých částic: $p = (u, u, d)$, $n = (u, d, d)$, $\pi^+ = (u, \overline{d})$, …

Odtud je zřejmé, že částice látky (tedy nukleony) lze vytvořit pouze z kvarků u a d. Zbývající čtyři kvarky se podílejí na stavbě „luxusních“ částic. Analogická je situace u leptonů: k popsání běžné látky by stačily také leptony dva (elektron a elektronové neutrino). „Luxusní“ rodiny elementárních kvarků a leptonů vznikají při procesech, na nichž se výrazně podílí slabá jaderná

interakce.

Vlastnosti kvarků v porovnání s leptony jsou shrnuty v tab. 8. Na stejném řádku jsou částice, které si určitým způsobem odpovídají. V tab. 8 jsou shrnuty vlastnosti částic, které se podílejí na stavbě hmoty - tj. fermionů.

Předpokládáme, že samostatně mohou existovat pouze částice bílé (tj. „nebarevné“). Hadrony složené z kvarků se tedy musí podle pravidel skládání barev jevit jako bílé. Proto se baryony skládají ze tří kvarků, z nichž má ale každý jinou barvu. Barva mezonů, které jsou složeny z páru kvark - antikvark, se ale v delším časovém období spojitě mění. Za dostatečně dlouhou dobu se tedy každá ze tří barev vyskytuje v mezonu s pravděpodobností 1:3. V dlouhodobém pozorování se tedy i mezony jeví jako bílé.

Silné interakce působící mezi hadrony můžeme převést na působení mezi kvarky. Zprostředkovávají je částice zvané **gluony** (*glue = lepidlo, klíh*), které při silovém působení přenášejí barvu z kvarku na kvark. U silných interakcí hraje tedy barva podobnou roli jako elektrický náboj u elektromagnetických interakcí, a proto se tato teorie nazývá **kvantová chromodynamika** (*chroma = barva*).

Kvarky nebyly dosud pozorovány jako izolované objekty. Zůstávají uvězněny v hadronech a jakýkoliv pokus o jejich vytržení vede jen k vytvoření dalších hadronů.

Naději vkládají fyzikové do experimentů na urychlovači částic LHC v CERNu, ve kterých by chtěli kvarky detailněji prozkoumat.

Systematika kvarků je poměrně složitá. Kvarky se vyskytují v šesti vůních a každá vůně ve třech barvách. Započítáme-li ještě i antikvarky, máme 36 možností, jak mohou být vytvořeny hadrony. Mezi fyziky se vyskytují i názory, že ani kvarky nejsou tím nejelementárnějším stavebním kamenem hmoty a že lze jít ještě hlouběji do nitra kvarků.

Vůně		$\frac{E_0}{\mathrm{GeV}}$	Náboj	Vůně		$\frac{E_0}{\mathrm{GeV}}$	Náboj
ν_e	elektronové neutrino	$<10^{-8}$	0	u	up	0,003	$\frac{2}{3}$
e	elektron	0,000511	-1	d	down	0,006	$-\frac{1}{3}$
ν_μ	mionové neutrino	<0,0002	0	c	charm	1,3	$\frac{2}{3}$
μ	mion	0,106	-1	s	strange	0,1	$-\frac{1}{3}$
ν_τ	tauonové netrino	<0,02	0	t	top	175	$\frac{2}{3}$
τ	tauon	1,777	-1	b	bottom	4,3	$-\frac{1}{3}$

tab. 8

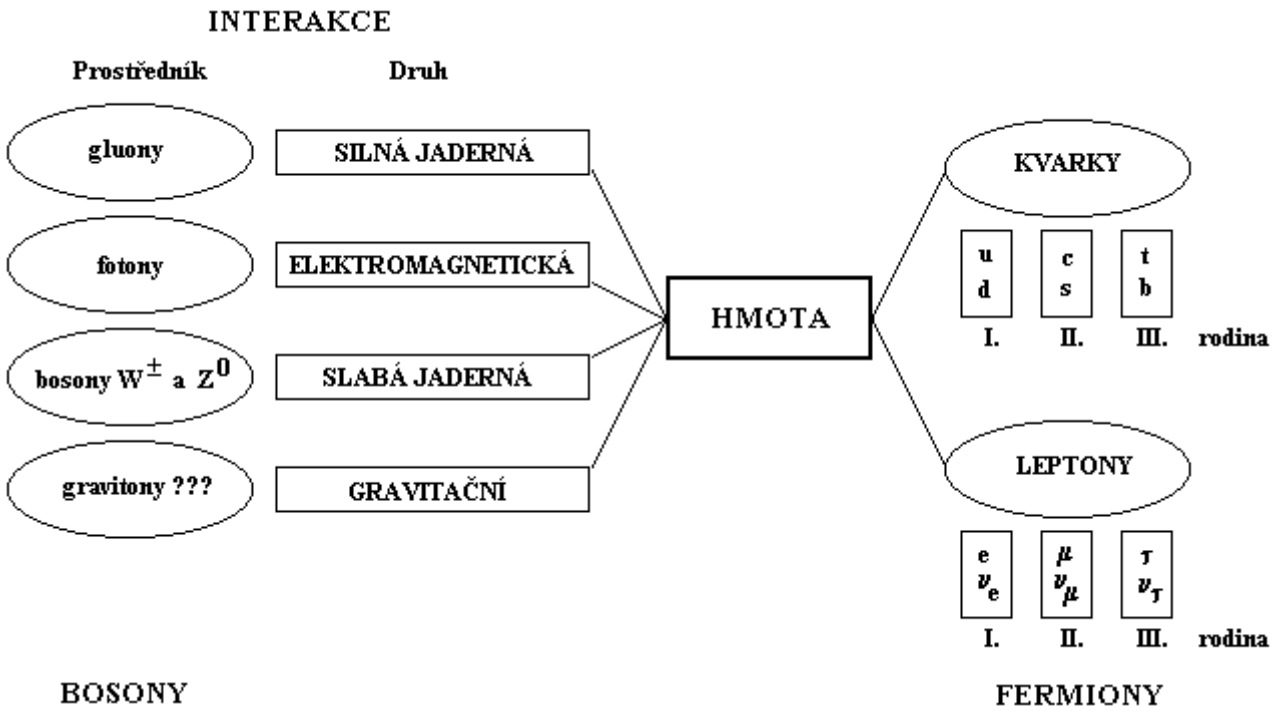
V tab. 9 jsou shrnuty vlastnosti částic, které se podílejí na přenosu silových interakcí - tj. bosonů.

Elektroslabá interakce			Silná interakce		
Název	$\frac{E_0}{\mathrm{GeV}}$	Elektrický náboj	Název	$\frac{E_0}{\mathrm{GeV}}$	Elektrický náboj
foton	0	0	gluon	0	0
W^-	80,4	-1			
W^+	80,4	1			
Z^0	91,188	0			

tab. 9

Veškerou pestrost materiálního světa lze v principu vysvětlit na základě schématu na obr. 216.

Systém silových interakcí, leptonů, kvarků a bosonů, které zprostředkovávají silové interakce, se nazývá **standardní model**. Tento model byl vytvořen teoreticky a od dob svého vzniku je postupně potvrzován na urychlovačích částic. Bosony W^-, W^+ a Z^0 byly objeveny na urychlovači LEP v CERNu, o kvarcích by se fyzikové rádi dozvěděli více pomocí urychlovače LHC, který se stal nástupcem urychlovače LEP.



Obr. 216

© Encyklopedie Fyziky (http://fyzika.jreichl.com); Jaroslav Reichl, Martin Všetička
Licence http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/ zakazuje úpravy a komerční distribuci.