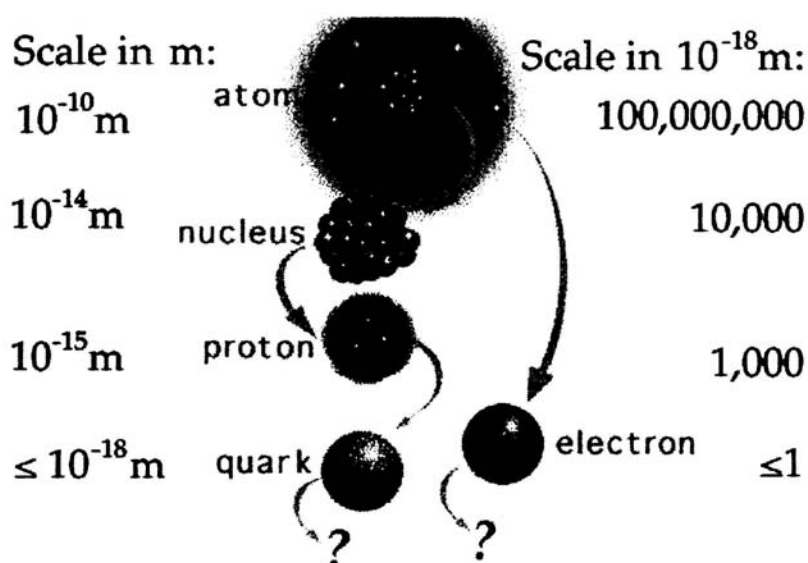


Časticová fyzika dnes

Čo skúma?

Najfundamentálnejšie elementy štruktúry sveta a sily medzi nimi



Obr. 1: Rozmerová schéma štruktúry látky od atómovej úrovne po úroveň fundamentálnych častíc (elektróny a kvarky)

Podľa súčasných predstáv najfundamentálnejšími komponentami štruktúry látky, ktorá nás obklopuje sú **elektróny** vytvárajúce atómový obal a **kvarky** vytvárajúce nukleóny atómového jadra. Elektróny a kvarky sú podľa súčasných predstáv podľa bezštruktúrne bodové častice. Súčasný experiment hovorí, že ak kvarky a elektróny majú nejakú priestorovú rozľahlosť, potom jej charakteristický rozmer je menší ako **10⁻¹⁸ m**. Teda sú viac ako 1000-krát menšie ako protón (jadro ľahkého vodíka)

Ako sa získava informácia o časticiach?

Informácia o elementárnych časticiach sa získava v experimentoch rôzneho typu.

V zásade súčasné experimenty môžeme rozdeliť do troch základných typov:

- Urýchľovačové experimenty s protibežnými zväzkami (pp , $p\bar{p}$, ep , e^-e^+)
- Urýchľovačové experimenty s pevným terčom (pA , πA , KA)
- Neurýchľovačové experimenty.

V urýchľovačových experimentoch sa urýchľujú zväzky častíc a nechajú sa zrážať so zväzkami iných (tiež urýchlených častíc) (experimenty s protibežnými zväzkami) resp. sa nechajú dopadať na nejaký terč (experimenty s pevným terčom). Na urýchľovanie sa používajú protóny (p), anti-protóny ($\bar{p}$), elektróny (e^-) a pozitróny (e^+). V prípade experimentov s pevným terčom sa ako zraňujúce sa (incidentné) častice môžu byť použité aj nestabilné častice ako piony (π) a kaóny (K) a tiež neutróny (neutrálne častice). Ako terč sa používajú rôzne materiály – od ľahkého vodíka (v kvapalnom stave) po uran.

Zväzky piónov a kaónov sa získavajú tak, že urýchlené protóny sa nechajú dopadnúť na nejaký terč (napr. kovová dosťička) a zo sekundárnych častíc (častice, ktoré vznikajú pri zrážkach protónov a atómových jadier terčového materiálu) sa vyseparujú pióny resp. kaóny daných energií pomocou systému magnetov.

Urýchľovače častíc

Urýchľovač je zariadenie, ktoré využíva elektromagnetické pole na urýchlenie nabitých častíc na vysoké energie.

Súčasnne urýchľovače

	Zväzok	Luminozita ($10^{30} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
Tevatron (Fermilab)	$p \rightarrow \leftarrow p$ 0.9-1 TeV $\otimes$ 0.9-1 TeV	10
LEP I (CERN)	$e^+ \rightarrow \leftarrow e^-$ 55 GeV $\otimes$ 55 GeV	11
(LEP II)	100 GeV $\otimes$ 100 GeV)	
SLC (SLAC)	$e^+ \rightarrow \leftarrow e^-$ 50 GeV $\otimes$ 50 GeV	0.35
HERA (DESY)	$e^- \rightarrow \leftarrow p$ 30 GeV $\otimes$ 820 GeV	16
KEKB (KEK)	$e^- \rightarrow \leftarrow e^+$ 8 GeV $\otimes$ 3.5 GeV	10 000
PEP-II (SLAC)	$e^- \rightarrow \leftarrow e^+$ 9 GeV $\otimes$ 3.1 GeV	3 000
DAΦNE (Frascati)	$e^- \rightarrow \leftarrow e^+$ 0.51 GeV $\otimes$ 0.51 GeV	3 000 5($\rightarrow$ 50)

Budúce urýchľovače:

Large Hadron Collider (LHC)

<i>Incidentné častice:</i>	$p \rightarrow \leftarrow p$ 7 TeV $\otimes$ 7 TeV	$Pb \rightarrow \leftarrow Pb$ 574 TeV $\otimes$ 574 TeV
<i>Luminozita ($10^{30} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$):</i>	10^4	0.002
<i>Čas medzi zrážkami (μs):</i>	0.025	0.135
<i>Obvod urýchľovača:</i>	26.659 km	
<i>Hlavné experimenty:</i>	ATLAS (p-p) CMS (p-p) ALICE (Pb-Pb) LHCb (p-p, B-fyzika)	

Štandardný model

Súčasný fyzikálny obraz sveta sa opiera o teóriu , ktorá sa nazýva *štandardný model* (**SM**). SM zahrnuje v sebe nasledovné teórie:

- ***Teóriu elektroslabých interakcií***

*(vysvetľuje elektromagnetické javy
a javy slabých interakcií (β -rozpady))*

- ***Teóriu silných interakcií (QCD)***

*(vysvetľuje sily pôsobiace medzi
kvarkami (komponenty nukleónov), nukleónmi etc.)*

Vyššie uvedené teórie sú kvantovými teóriami a veľmi dobre vysvetľujú všetky javy obklopujúceho nás sveta s výnimkou procesov súvisiacich s gravitáciou.

- ♣ ***Gravitácia nie súčasťou SM !***

Fyzika pozná veľmi dobrú teóriu gravitácie - je ňou **Všeobecná teória relativity** – to však nie je kvantová teória.

(Problémy s vytvorením kvantovej teórie gravitácie)

Základné častice SM .

Podľa SM javy obklopujúceho nás sveta je možné vysvetliť pomocou istých základných častíc, ktoré je možné rozdeliť do 3 sektorov častíc:

- ***Fundamentálne fermióny***

*(Základné stvebné častice fyzického sveta – vytvárajú štruktúry: nukleón,
atómové jadro, atóm,etc.; sú to fermióny platí pre nich Pauliho princíp)*

- ***Kvantá silových polí (intermediálne častice)***

*(Bozóny (neplatí pre nich Pauliho princíp) sprostredkujúce interakcie
medzi časticami)*

- ***Higgsové častice***

(Interakcia častíc s Higgsovým poľom dáva časticam hmotnosť)

Fundamentálne fermióny

ELECTRIC CHARGE	QUARKS			LEPTONS			ELECTRIC CHARGE
							
+ 2/3	UP	CHARM	TOP	ELECTRON	MUON	TAU	-1
-1/3							0
	DOWN	STRANGE	BEAUTY	ELECTRON NEUTRINO	MUON NEUTRINO	TAU NEUTRINO	

3 colours

Príroda pozná len biele stavy !

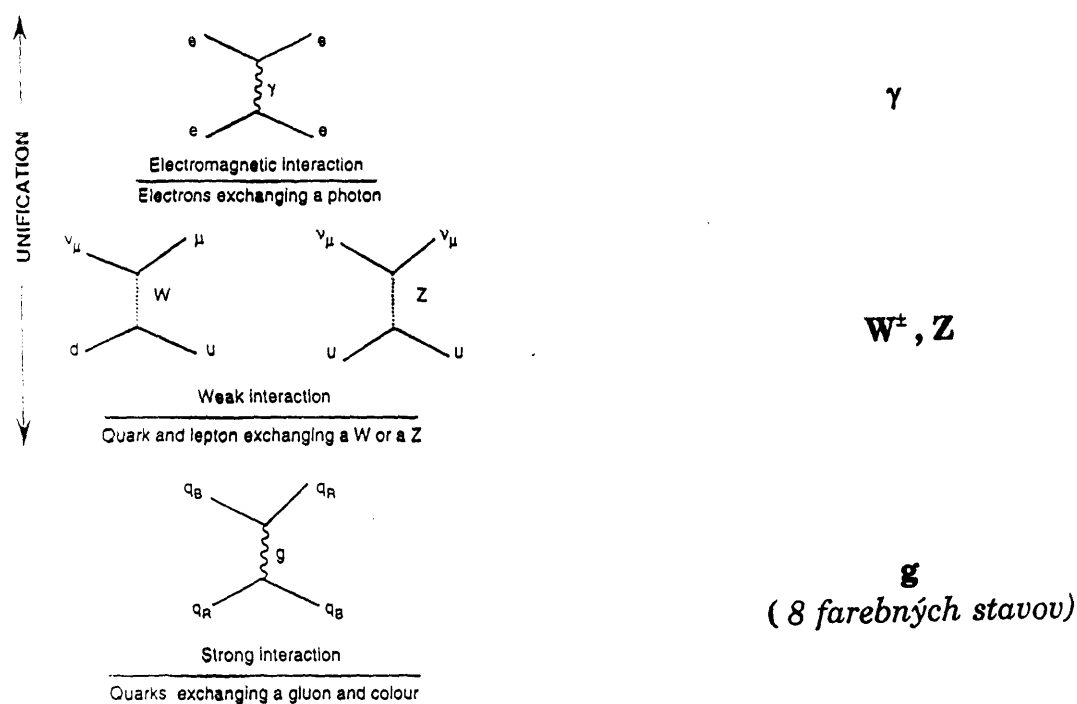
Typické kvarkové štruktúry: **mezóny** ($q\bar{q}$) a **baryóny** (qqq)

Atóm: atómové jadro + elektrónový obal ($\Rightarrow$ elektróny)

$\Downarrow$

nukleóny $\Rightarrow$ kvarky (protón $p \equiv uud$, neutrón $n \equiv udd$)

Kvantá silových polí



Higgsove častice

H (Higgsov bozón)

Vákuum je Higgsov kondenzát a interakcia častíc s ním dáva časticiam hmotnosť !

Všetky fundamentálne častice boli experimentálne potvrdené - presnejšie majú dobrý empirický status až na Higgsovu časticu. Hľadanie Higgsovej častice a procesov s ňou súvisiacich je hlavnou úlohou súčasnej experimentálnej fyziky elementárnych častíc.

Významným úspechom súčasnej fyziky je to, že umožňuje popísať evolúciu sveta od jeho prvopočiatku až po súčasnosť. Vychádzajúc zo stavu dnes pozorovaného vesmíru a aplikujúc poznatky súčasnej fyziky na projekciu evolúciu vesmíru v čase dozadu, fyzika prichádza k záveru, že na počiatku evolúcie bola singularita – t.j. nekonečne horúci a nekonečne hustý vesmír (Big bang = Veľký tresk). Táto udalosť nastala pred asi 15 miliardami rokov. Z toho momentu sa vesmír rozširuje. V súčasnom svete sa jednoznačne pozorujú prejavy tzv. horúcej fázy vesmíru. Istým paradoxom sa javí to, že skúmanie najelementárnejších častíc štruktúry látky sa získavajú poznatky týkajúce sa vesmíru ako celku. Súčasná experimentálna fyzika elementárnych častíc umožňuje skúmať procesy v horúcej fáze vesmíru v čase 10^{-11} s po singularite.