

4.4.10 Z čeho je vlastně svět

Předpoklady: 040509

Zatím nám známé částice: proton a neutron v jádře, elektron v obalu, foton, který přenáší energii. Každá částice má svou antičástici (stejně vlastnosti, opačný náboj).

Neutron se mimo jádra rozpadá: $n \rightarrow p^+ + e^-$.

Problém: Ačkoliv všechny neutrony i protony mají stejnou hmotnost (energii), hmotnost elektronů není při rozpadu neutronu vždy stejná. Část energie neutronu se někde ztrácí.

Řešení problému: vzniká ještě jedna další částice, která odnáší zbytek energie.

Př. 1: Jaké vlastnosti musí mít třetí částice vznikající při rozpadu neutronu?

Musí být bez elektrického náboje a musí málo interagovat s ostatními částicemi (jinak bychom ji detekovali spolu s protonem a elektronem).

Hledanou částicí je antineutrino: $n \rightarrow p^+ + e^- + \bar{\nu}$. Experimentálně bylo potvrzeno až 25 let po teoretické předpovědi.

Dvě základní metody zkoumání jádra a částic

- sledování vycházejícího záření
- srážkové experimenty (jako Rutherfordův, při kterém objevil jádro atomu).

Typický průběh

Vyšleme částice (většinou co největší rychlostí), necháme je srazit (se stojícím jádrem, nebo částicemi letícími naproti) a sledujeme, co se odrazí.

Jak by vypadal průzkum televize metodami jaderné fyziky: Odstřelujeme televizi kulometem a sledujeme co z trosek televize vyletuje ven. Podle drah a chování úlomků usuzujeme na vnitřní konstrukci televize.

Jak vypadá srážka dvou protonů?

Záleží na jejich rychlosti.

- malá rychlost: $p^+ + p^+ \rightarrow p^+ + p^+ \Rightarrow$ protony se navzájem vychýlí ze svých drah, jinak se nic zajímavého neděje,
- velká rychlost: $p^+ + p^+ \rightarrow p^+ + p^+ + p^- + \pi^+ + \pi^- + \pi^0 \Rightarrow$ ze dvou protonů jsme získali tři protony, antiproton a celou rodinku pionů.

Výroba částic při srážkách není perpetuum mobile, jde o opak anihilace, v tomto případě se energie srážejících se protonů mění v energii nově vzniklých částic.

Takto získaný obrázek o nejmenších částicích začal být postupně docela komplikovaný, protože částic přibývalo:

- miony: částice v kosmickém záření, vlastnosti podobné vlastnostem elektronů, ale 200 krát těžší, rozpadají se za několik milióntin sekundy
- tauony: „vylepšené miony“, těžší, rozpadají se ještě rychleji

- piony, kaony, éta,

Objevila se další (čtvrtá) základní fyzikální síla – ke gravitační, elektromagnetické a silné přibyla slabá jaderná síla (způsobuje rozpad neutronů, i další β rozpady v jádře).

⇒ snaha o nalezení další úrovně stavebnice (Z čeho jsou postaveny tyto částice, pokud je jich taková spousta?).

Tato teorie se nazývá **Standardní model**

Dělení částic podle spinu:

- **Bosony** (celočíslný spin, neplatí vylučovací princip) = částice, které přenáší sílu.
- **Fermiony** (poločíslný spin, platí vylučovací princip) = stavební částice.

Částice podle reakce na silnou jadernou sílu:

- leptony (působí na ně pouze slabá jaderná síla),
- hadrony (působí na ně slabá i silná jaderná síla)
 - mezony (patří mezi bosony, například pion),
 - baryony (patří mezi fermiony, například proton).

Leptony

tři dvojice (rodiny):

- elektron e^- a elektronové neutrino ν_e ,
- mion μ^- a elektronové neutrino ν_μ ,
- tauon τ^- a elektronové neutrino ν_τ ,

Postupně rostou hmotnosti a klesá doba života, zákon zachování leptonového čísla pro každou rodinu.

Zatím se neví, jaká je klidová hmotnost neutrin. Zdá se, že jsou doopravdy elementární (není možné je dále dělit, nemají vnitřní strukturu).

Hadrony

mezony: piony, kaony, éta

baryony: některé jinak zdánlivě možné reakce neprobíhají ⇒ zákon zachování baryonového čísla a jejich oddělení od mezonů

- existují i další zákony zachování (podivnosti, vůně),
- existuje velké množství baryonů, které se dají uspořádat do přehledných a systematických tabulek,

⇒ hadrony nejsou elementární, ale složené ze stavebních částic – kvarků.

Kvarky

6 druhů ve třech párech (Up, Down, Charm, Strange, Top, Bottom) + antikvarky, poločíslný

spin, náboje $\frac{2}{3}$ a $-\frac{1}{3}$, každý kvark může mít jednu ze tří barev (červená, žlutá, modrá):

- baryony jsou složeny ze tří kvarků (proton = uud, neutron = udd)
- mezony jsou složeny z páru kvark+antikvark
- povoleny jsou pouze barevně neutrální kombinace (červená + antičervená, nebo červená + žlutá + modrá).

- silná jaderná síla je zbytkovým důsledkem mezikvarkového působení (barevná síla), které váže kvarky do hadronů.
- kvarky není možné pozorovat samostatně, vzájemné přitahování roste se vzdáleností, při určitém oddálení dodáme tolik energie, že se ze vzduchuprázdna zrodí nové kvarky, které zkompletují nové částice, do kterých se oddělované kvarky schovají.

Nový pohled na síly

Každá síla je realizována (zprostředkována) odpovídající částicí (bosonem), kterou si částice mezi sebou vyměňují:

- EM síla – foton
- slabá síla – intermediální bosony W a Z
- jaderná síla - gluon
- gravitační síla – graviton (zatím neobjeven)

V roce 2015 se podařilo prokázat existenci Higgsova bosonu – částice, která zodpovídá za hmotnost ostatních částic (přesně podle předpovědi standardního modelu).

Sjednocování teorií

Hledají se sjednocující teorie, která popisují více sil najednou. Zatím umíme sjednotit elektromagnetickou a slabou interakci, pracuje se na sjednocení těchto interakcí se silnou silou, sjednocení s gravitací je v nedohlednu (každopádně formulace této teorie označované jako TOE je tajným snem každého teoretického fyzika).

V tomto okamžiku bohužel (není důvod pro formulaci nové teorie) všechno vychází, ale přesto je tu dost záhad:

Velká většina hmoty, jejíž gravitační působení můžeme pozorovat na rotaci galaxií, nezáhí – nejde o klasické částice, které představují jen 4 % hmotnosti vesmíru, zbytek je temná hmota 23 % (zřejmě částice jen velmi slabě interagující s normální hmotou) a temná energie 73% (vysvětlení neustále zrychlujícího rozpínání vesmíru).

LHC

Ke zkoumání větších podrobností mikrosvěta potřebujeme větší energie částic, které posíláme do srážek ⇒ LHC (Large Hadron Colider) – největší urychlovač na světě ve středisku CERN u Ženevy:

kruhový 27 kilometrů dlouhý tunel, uvnitř 1800 supravodivých magnetů (chlazených na teplotu $-271\text{ }^{\circ}\text{C}$), produkuje 30 milionů srážek za sekundu, za 10 hodin v něm protony mohou urazit vzdálenost až 10 000 000 km (více než cesta na Neptun a zpět), rychlostí 99,999999 % rychlosti světla, maximální energie svazků částí 350 MJ (vlak o hmotnosti 400 tun jedoucí rychlostí 200 km/h), při srážkách vznikají teploty sto tisíckrát vyšší než teplota ve středu Slunce.

Na provedení experimentů, které by pomohly s formulací TOE je to však pořád strašně málo.

Velký fyzikální hit z počátku 21. století: **Teorie strun**

Žijeme ve jedenácti-rozměrném světě (osm rozměru je svinutých a proto pozorujeme jen tři), všechny částice jsou ve skutečnosti různé módy kmitajících jednorozměrných strun.

Problém této teorie: obsahuje zatím příliš mnoho volitelných konstant a neposkytuje žádné na současném vybavení testovatelné předpovědi.

Shrnutí:

