
Petr Kulhánek: Honba za Higgsovými částicemi

Když se v 60. letech objevily první varianty teorií, které jednotným způsobem popisovaly elektromagnetickou a slabou interakci, měly jednu podstatnou vadu. Klidové hmotnosti všech částic tvořících interakci (tzv. intermediálních či polních částic) vycházely nulové. To je v pořádku pro foton, který je polní částicí elektromagnetické interakce, ale není to v pořádku pro částice slabé interakce. Slabá interakce má totiž konečný dosah a podle kvantové teorie by jí odpovídající částice měly mít klidovou hmotnost nenulovou.

Řešení tenkrát navrhl skotský fyzik Peter Higgs. Pokud do teorie zavedeme další částice s nulovým spinem, získají polní částice slabé interakce požadovanou nenulovou hmotnost. Celý mechanismus se dnes nazývá Higgsův mechanismus a hypotetické částice Higgsovy částice. Pokud do teorie (do teorie, nikoliv do vesmíru samotného reálného) zavedeme, opakuji slovíčko „zavedeme“ higgs-bozony, tak tím „zavedením“ do teorie „získají“ částice W^+ , W^- , Z nenulovou hmotnost ??? (Kulhánek nezkoumá Vesmír-realitu, on „zavádí“ do své teorie, když Kulhánek „zavede“ mění se Vesmír) - - - Když do teorie zavedu čerty, tak tím získám i Peklo? - - - Jak může něco získat „hmotnost“ jen a jen a jen z a v e d e n í m d o t e o r i e ??? Vy tedy ani ten vesmír nepotřebujete, Vám, pane profesore, stačí psát a psát „teorie“ a tím si postavíte Vesmír..., a ve vesmíru cokoli, když si „na to“ napíšete teorii..., že? Takže zopakujme to : dodáte do teorie, do SM higgs-bozony a tím dodáte všem částicím hmotnost... ? ano ? Vesmír si sám nic nedodá, ale Vy „mu“ dodáte higgs-boson...ano ?

Higgsovy částice - částice, které se objevují ve sjednocené teorii elektromagnetické a slabé interakce (tzv. elektroslabé interakce). Částice zajišťují nenulovou hmotnost intermediálních částic slabé interakce a způsobují narušení symetrie elektroslabé interakce při energiích nižších než 100 GeV. Částice jsou pojmenovány podle skotského fyzika Petera Higgse.

Pole duchů - části Higgsova komplexního pole, které lze odstranit vhodnou kalibrační podmínkou. Zbude jediné skalární pole, po kterém se pátrá, tzv. higgs neboli Higgsova částice. Předpovídaná hmotnost je jedno až dvojnásobek hmotnosti částic W či Z .

Elektromagnetická interakce - interakce s nekonečným dosahem, která působí na elektricky nabitě částice. Intermediální částicí je foton se spinem rovným jedné a s nulovou klidovou hmotností.

Slabá interakce - interakce s konečným dosahem, působí na kvarky a leptony. Intermediálními částicemi jsou vektorové bosony W^+ , W^- a Z^0 se spinem rovným jedné. Hmotnosti částic jsou v rozmezí (80÷90) GeV. Typickým slabým procesem je beta rozpad neutronu.

LEP - Large Electron - Positron collider. Bývalý urychlovač elektronů a pozitronů se vstřícnými svazky. Dnes se v tunelu po urychlovači LEP staví urychlovač LHC.

LHC - Large Hadron Collider. Urychlovač protonů na energie 14 TeV. Buduje se v komplexu laboratoří CERN v tunelu po urychlovači LEP II.

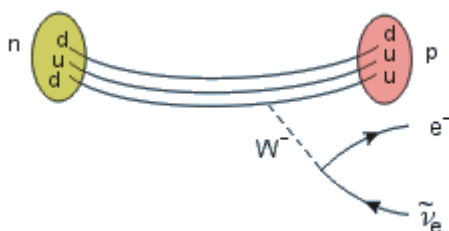
CMS - Compact Muon Solenoid. V laboratořích CERN budovaný víceúčelový detektor pro urychlovač LHC, vážící 12 500 tun, který by měl být schopen detekovat Higgsovy částice, pokud je jejich hmotnost v rozmezí 100 GeV až 1000 GeV, jak předpokládá stávající teorie elektroslabé interakce. Dosavadní hledání na urychlovači LEP s detekcí do 100 GeV nepřineslo kýžený výsledek.

Elektromagnetická interakce je symetrická

Společná podstata jevů elektrických a magnetických byla pochopena v druhé polovině 19. století a vyústila v sadu rovnic klasické elektrodynamiky, u jejichž zrodu stáli J. C. Maxwell, O. Heaviside a H. Hertz (1873). Dnes tyto rovnice nazýváme Maxwellovy rovnice. Ve dvacátém století se objevila kvantová podoba elektrodynamiky a kvantová teorie elektromagnetického pole (P. A. M. Dirac, R. P. Feynman, J. Schwinger, I. Tomonaga), která byla završena elegantními grafickými zkratkami - Feynmanovými diagramy. Přenásobíme-li vlnovou funkci komplexní jednotkou, nic se v měřitelných předpovědích teorie nezmění. Tuto symetrii nazýváme $U(1)_{loc}$ symetrií a je základní symetrií elektromagnetické interakce. Elektromagnetická interakce má nekonečný dosah, její částice nazýváme fotony. Fotony mají nulovou klidovou hmotnost a pohybují se rychlostí světla. $m_0 \cdot c$

Slabá interakce je asymetrická

Slabá interakce byla poprvé poznána u β rozpadu neutronu. $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$ Od té doby bylo pozorováno mnoho rozpadů částic ovládaných slabou interakcí. Jde o rozpady s relativně velmi dlouhými poločasy (odtud název slabá interakce) od 10^{-15} s do dlouhých hodin a týdnů. Interakce působí na značné množství částic (na všechny leptony a kvarky a samozřejmě na částice z kvarků složené. **Nepůsobí na intermediální částice.** **Při slabé interakci se nezachovává levoprávní symetrie.** Interakce má konečný dosah a její polní částice (W^+ , W^- a Z^0) mají nenulovou klidovou hmotnost a podsvětelnou rychlost šíření. Při slabé interakci se elektron a jeho neutrino chovají jako jediná částice. Tuto základní symetrii nazýváme $SU(2)$ symetrie. K poznání slabé interakce v padesátých a šedesátých letech 20. století přispěli například C. S. Wu, V. L. Fitch a J. W. Cronin.



Elektroslabé sjednocení

V šedesátých letech se ukázalo, že je možné vytvořit teorii, která by jednotně popisovala elektromagnetickou i slabou interakci. Problém jednotného popisu elektromagnetické a slabé interakce (tzv. elektroslabé interakce) je otázkou nalezení symetrie, která obsahuje jak $U(1)_{\text{loc}}$ tak $SU(2)$ symetrii, tj. symetrii elektromagnetické a slabé interakce. To se podařilo Steven Weinbergovi, Abdus Salamovi a Sheldon Lee Glashowovi, kteří za teorii elektroslabé interakce obdrželi Nobelovu cenu za fyziku pro rok 1979. Teorie elektroslabé interakce předpověděla, že kromě fotonu existují ještě další tři výměnné částice: intermediální bosony W^+ , W^- , Z^0 , které odpovídají za slabou interakci. Intermediální bosony W^+ , W^- , Z^0 byly objeveny v laboratořích CERN v roce 1983 ve vstřícných proton antiprotonových svazcích o energii 270 GeV. Jejich objevitelé Carlo Rubbia a Simon van der Meer obdrželi za tento objev Nobelovu cenu za fyziku pro rok 1984.

Spontánní narušení symetrie a Higgsovy částice (já osobně mám dojem, že ve fyzice se narušuje každá symetrie...že ? proč ? Máte na to vysvětlení ? ... pokud Vy ne, tak já ano !)

V teorii elektroslabé interakce je jeden zásadní problém. Platí-li symetrie $U(1)_{\text{loc}}$ a $SU(2)$ beze zbytku, vyjdou klidové hmotnosti všech čtyř intermediálních částic nulové. Ve skutečnosti je nulová jen klidová hmotnost fotonu (s tím souvisí nekonečný dosah elektromagnetické interakce) a částice W^+ a Z^0 mají klidové hmotnosti 80 GeV a 91 GeV (s tím souvisí krátký dosah slabé interakce). V teorii to znamená, že symetrie musí být narušena. Tento jev nazýváme *spontánní narušení symetrie*. Za narušení symetrie by měly být odpovědné další částice, které nazýváme Higgsovy bosony nebo Higgsovo pole. Tyto částice jsou v posledních letech usilovně hledány a je naděje, že bude možné je detekovat na v současné době stavěném urychlovači LHC. Právě energie Higgsova pole mohla být jakousi roznětkou inflační fáze raného Vesmíru. Jev analogický spontánnímu narušení symetrie známe i z běžného života. Postavíme-li jehlu na povrchu stolu na špičku, měla by podle klasické teorie spadnout tím později, čím lépe je jehla na začátku postavena svisle. Při přesné symetrii (jehla přesně na špičce) by neměla spadnout vůbec, protože nelze vybrat žádný preferovaný směr. Přesto dojde k narušení symetrie a jehla v konečném čase dopadne na povrch stolu.

Mechanismus narušení symetrie, který vede k nenulové hmotnosti polních částic slabé interakce, navrhl skotský fyzik Peter Higgs. Byl to velice odvážný teoretický počín. Zavedením dalších neznámých částic do experimentálně neověřené teorie zajistil hmotnost zatím nepoznaných částic slabé interakce. A navíc se v teorii objevuje poprvé koncept narušení symetrie základních přírodních sil. To, zda byly tyto myšlenky správné bychom se mohli dozvědět již v nejbližší době.