

O Higgsovej bosonu

prednášal Jiří Chýla

Na poslednom seminári roku 2012 nás profesor Chýla oboznámil so základnými faktami týkajúcimi sa Higgsovej bosonu a vyvracal mýty ktoré o tejto častici kolujú. Aby sme nadobudli aspoň akú-takú predstavu o tom, čo Higgsov bosón je a prečo ho v tom CERNe hľadali, profesor Chýla nám najprv v skratke vysvetlil základy tzv. štandardného modelu.

Štandardný model je teória popisujúca elementárne častice hmoty. Na jeho vývoji sa podieľalo obrovské množstvo ľudí, o čom svedčí aj fakt, že od roku 1957 dostalo za svoj prínos v tejto oblasti Nobelovu cenu až 29 ľudí. Štandardný model sa opiera o teóriu relativity a predovšetkým o kvantovú teóriu poľa. V kvantovej teórii je najdôležitejší Pauliho vylučovací princíp, ktorý hovorí, že dva fermióny sa nemôžu naraz nachádzať v rovnakom kvantovom stave. Ak by tento princíp neplatil, atómy by neboli stabilné a náš svet, ako ho poznáme, by nemohol existovať.

Štandardný model hovorí, že základnými kameňmi hmoty sú tri generácie fermiónov (t.j. častíc so spinom $\frac{1}{2}$), ktoré sa delia na kvarky a leptóny. Medzi kvarkami a leptónmi pôsobia štyri druhy síl, ktoré sú už v súčasnosti dobre známe a popísané. Ide o sily gravitačné, elektromagnetické, slabé a silné. Posledné tri majú spoločnú charakteristiku. Môžeme ich popísať pomocou výmeny sprostredkujúcich častíc so spinom 1, tzv. intermediálnych vektorových bosónov (IVB - to sú častice pre ktoré neplatí Pauliho princíp). Často sa príhodne označujú ako nosiče síl. Ako si toto pôsobenie síl medzi fermiónmi môžeme predstaviť? Najjednoduchšie, a vôbec nie nesprávne, je predstaviť si situáciu, keď si dve lodičky prehodia medicinbal. Týmto spôsobom sa ovplyvnia, aj keď nie sú na tom istom mieste. Lodičky sú teda fermióny pri vzájomnom silovom pôsobení si vymieňajú IVB. Jednotlivé sily sa líšia tým, aký typ bosónu si vymieňajú a platí, že dosah síl je nepriamo úmerný hmotnosti príslušného bosónu.

- Elektromagnetické sily – IVB je fotón. Ten má nulovú hmotnosť, takže dosah týchto síl je nekonečný, ale pôsobia iba na elektricky nabitú časticu.
- Silné sily – IVB sú gluóny. Gluóny sú nehmotné a pôsobia len na ďalšie gluóny a kvarky.
- Slabé sily – IVB sú bosóny W^+ , W^- a Z . Pôsobia na všetky kvarky a leptóny, majú konečný dosah a majú veľkú hmotnosť.

Práve v tom, že bosóny slabých síl majú nenulovú hmotnosť, je problém. Štandardný model totiž popisuje častice v mikrosvete pravdepodobnostnými metódami. Presnejšie, výroky o výsledkoch interakcií majú pravdepodobnostný charakter. A bez Higgsovej bosonu by kvôli tejto nenulovej hmotnosti vychádzali pravdepodobnosti určitých javov väčšie ako 1, čo je samozrejme nezmysel. Higgsov bosón túto matematickú nekonzistenciu rieši a v istom zmysle ju rieši najjednoduchším možným spôsobom.

Druhá časť prednášky sa už zamerala na samotný Higgsov bosón a dala nám odpoveď na otázky typu: Ako sa Higgsov bosón vlastne hľadá? Objavili ho už? A ako vlastne prišiel k svojmu názvu?

Pri vyslovení spojenia Higgsov bosón si asi každý spomenie na CERN. Práve v tomto stredisku asi 175 metrov pod zemou sa v LHC (Large Hadron Collider) každú sekundu zráža nepredstaviteľné množstvo protónov. Tieto zrážky produkujú množstvo ďalších, niekedy exotických, častíc, ktoré sa prípadne znovu rozpadajú. Na sledovanie týchto zrážok je LHC vybavený viacerými detektormi. Pre nás je najdôležitejší detektor ATLAS, ktorý sa zameria práve na hľadanie Higgsovej bosonu a na tomto projekte spolupracovali aj českí vedci.

Higgsov bosón sa okamžite rozpadá a tak sa nedá detekovať priamo, jeho existenciu a vlastnosti môžeme preukázať iba štúdiom vlastností častíc, na ktoré sa rozpadol. V štandardnom modeli je viac

variantov ako sa Higgsov bozón rozpadá. Najdôležitejším, aj keď veľmi málo početným, variantom sa ukázal rozpad na dva fotóny. Svedectvá o existencii Higgsovho bozónu s hmotnosťou 125GeV pochádzajú predovšetkým z tejto varianty. V nedávnom čase, keď LHC začal pracovať s ešte vyššími energiami ako doteraz, sa ukázali pozitívne výsledky. Ešte v júli 2011 na konferencii ICHEP bol vymedzený prípustný interval pre hmotnosť hľadanej častice na 120-140GeV. V decembri 2011 na seminári v CERNe boli predstavené prvé výsledky, ktoré obsahovali náznak (t.j. už štatisticky významnú odchýlku v dátach), že hľadaná častica by sa mohla vyskytovať niekde v rozmedzí 115-130GeV. A konečne, 4.7.2012, opäť na seminári v CERNe bol ohlásený objav Higgsovho bozónu niekde pri 125GeV. V jednoduchosti to znamená, že odchýlka v dátach pri tejto hmotnosti je skutočne významná a pravdepodobnosť, že by bola náhodná je asi taká, ako keby ste na hracej kočke hodili šestku jedenásťkrát za sebou. Navyše nedávno, 14.12.2012, po preskúmaní omnoho väčšieho množstva dát, sa ukázalo, že tá odchýlka tam stále je. Ešte dôležitejšie však je to, že túto odchýlku nenamerl len experiment ATLAS, ale aj ďalší, konkurenčný experiment. Všetko tak nasvedčuje tomu, že v CERNe skutočne niečo našli. Nemusi to byť ale ešte definitívne, keďže nové údaje sa máličko líšia od starších a upravujú tak parametre odchýlky a tým aj novoobjavenej častice. A tak stále nie je úplne jasné, čo to v tom CERNe vlastne našli.

Na konci nám profesor Chýla ešte objasňoval históriu okolo Higgsovho bozónu a to, ako vlastne prišiel k svojmu menu. História tejto častice je skutočne zaujímavá. Sú s ňou spojené tri skupiny autorov. Do prvej sa zaraďujú Robert Brout a Francoise Englert, ktorí prišli s jasnou fyzikálnou motiváciou, ale bohužiaľ sa vybrali zlým smerom. Do druhej patrí Peter Higgs, ktorý študoval, ako sa vyhnúť neprijemnému dôsledku spontánnemu narušeniu symetrie, takzvanému Nambu-Goldstoneomu bozónu. Tretiu skupinu tvoria páni Gerald Guralnik, Richard Hagen a Tom Kibble, ktorí sa zaoberali rovnakým problémom ako Higgs. Podľa profesora Chýlu zásluha patrí predovšetkým prvým dvom skupinám. Je až úsmevné, že za pomenovanie tejto častice Higgs vďačí v podstate náhode. Keď totiž publikoval svoje práce, tak ho najprv odmietli a predtým ako to skúsil inde, tam na radu Nambu explicitne dopísal predikciu nového bozónu. Napriek tomu sa ale hovorilo, a dodnes hovorí, o BEH mechanizme (Brout, Englert, Higgs). Ale na konferencii v roku 1972, Benjamin W. Lee, keď prednášal o tejto téme, aj keď spomína všetkých, ktorí k tomu prispeli, začal explicitne používať pojmy ako Higgsove pole a Higgsov bozón. A ako sa ukázalo, ten názov sa ujal.

Už v odláhčenej atmosfére v diskusii sme sa ešte dozvedeli ako to v skutočnosti bolo s neutrínami, ktoré mali údajne prekročiť rýchlosť svetla. Ukázalo sa, že aj v tak serióznej oblasti akou je fyzika častíc, človek podľa hne honbe za senzáciou. Bez recenzie hneď po svojom objave Bolognská skupina publikovala výsledky a až potom svoje výsledky poriadne overovali a zistili, že použili údaje o vzdialenosti merané ešte v roku 2007.

Martin Blichá