

Základní škola sv. Voršily v Olomouci
Aksamitova 6, 772 00 Olomouc



Higgsův boson

Závěrečná práce

Autor: Marek Vysloužil, Václav Cenker

Třída: IX

Vedoucí práce: Mgr. Vilém Lukáš

Olomouc 2013

Obsah

Úvod	3
KAPITOLA I – Základy částicové fyziky	4
1 Standardní model částicové fyziky	4
2 Atom	4
3 Elementární částice hmoty	6
4 Základní síly	6
4.1 Gravitace	6
4.2 Elektromagnetická síla	6
4.3 Silná interakce (silná jaderná síla)	7
4.4 Slabá interakce (slabá jaderná síla)	7
KAPITOLA II – Higgsův boson	8
1 Peter Higgs a jeho teorie	8
2 Higgsovo pole, Higgsův mechanismus	8
3 K čemu potřebujeme Higgse?	9
KAPITOLA III – Hledání Higgsova bosonu	10
1 Začátky	10
2 Velký hadronový urychlovač	10
3 Výsledky experimentů	11
Závěr	12
Resumé	13
Zdroje	14

Úvod

Higgsův boson je elementární částice, kterou se současní fyzikové zatím marně snaží najít při pátrání po základních kamenech vesmíru. Tuto médii často nazývanou „božskou částici“ se budeme snažit alespoň trochu přiblížit. Abychom pochopili podstatu významu Higgsova bosonu, musíme si vysvětlit základy částicové fyziky.

Higgsův boson je chybějící částicí v teorii standardního modelu mikrosvěta. Ten popisuje silnou, slabou a elektromagnetickou interakci a elementární částice, které tvoří veškerou hmotu. Základní (elementární, fundamentální) částice hmoty jsou fermiony, bosony a řada hypotetických částic, které zatím nebyly experimentálně prokázány. Dalších 11 částic, jejichž existenci tato teorie předpokládá, už bylo nalezeno.

KAPITOLA I – Základy částicové fyziky

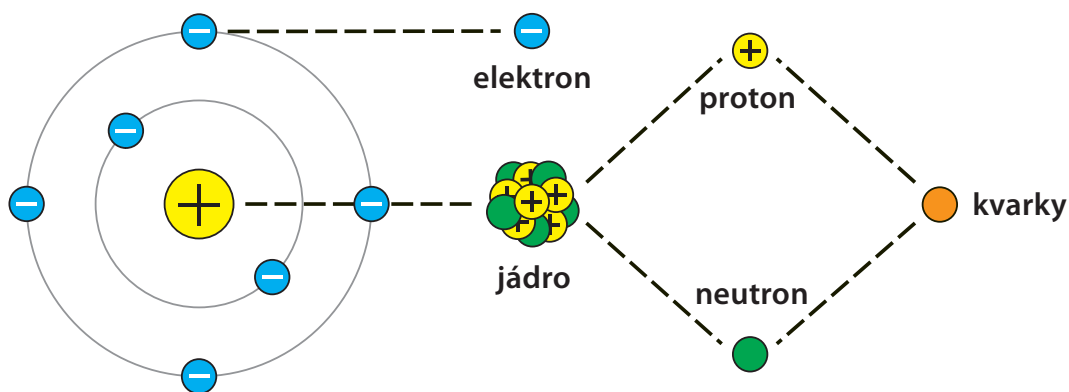
1 Standardní model částicové fyziky

Standardní model je současná teorie, která se snaží jednotným způsobem popsat, z čeho je složen náš svět. Jako většina teorií má i tato několik problémů, například předpokládanou existenci temné hmoty, Higgsova bosonu, rozdílné hmotnosti různých kvarků a leptonů, neexistenci kvantového popisu gravitace a další.

„Veškerá známá hmota ve vesmíru se skládá ze šesti druhů kvarků a šesti druhů leptonů. Všechny jevy, které ve vesmíru pozorujeme, dovedeme vysvětlit pomocí čtyř druhů interakcí.“

2 Atom

Většina lidí ví, že hmota se skládá z atomů. Každý atom tvoří jádro a elektronový obal. Jádro je tvořeno z protonů, neutronů, elektronový obal je složen z elektronů, částic se záporným nábojem, které v sobě spojují vlastnosti hmotných částic i vlnění. Tak si i vědci ve 30. letech 20. století představovali obraz světa. Ten byl ovšem hodně zjednodušený a již ve 30. letech se otrásl v základech. S objevy řady nových částic se skutečnost stala mnohem složitější. Proton a neutron už nebyly nejzákladnějšími částicemi, bylo ještě něco základnějšího a to kvarky.



▲ Atom a jeho struktura

▼ Přehled částic

Elementární částice	fermiony	kvarky	u (up) · d (down) · c (charm) · s (strange) · t (top) · b (bottom)		
		leptony	elektron · mion · tauon · neutrino		
	bosony	foton · gluon · bosony W a Z			
	hypotetické	superpartneři	gluino · gravitino · axino · chargino · higgsino · neutralino · sfermion		
		ostatní	axion · dilaton · graviton · Higgsův boson · majoron · tachyon · bosony X a Y · bosony W' a Z'		
Složené částice	hadrony	baryony (zároveň fermiony)	nukleony	proton · neutron	
			hyperony	$\Delta \cdot \Lambda \cdot \Sigma \cdot \Xi \cdot \Omega$	
		mezony / kvarkonia (zároveň bosony)	pion · kaon · $\rho \cdot \eta \cdot \phi \cdot \omega \cdot J/\psi \cdot \Upsilon \cdot \theta \cdot B \cdot D \cdot T$		
	další částice	atomové jádro · atom · alfa částice · exotické atomy (positronium · mionium · onium) · molekula			
	hypotetické	exotické hadrony	exotické baryony	dibaryon, pentakvark, skyrmion	
			exotické mezony	glueball, tetrakvark	
		ostatní	ostatní	mezonová molekula, pomeron	
Antičástice	pozitron · antiproton · další				
Kvazičástice	Davydovův soliton · elektronová díra · exciton · fonon · magnon · plasmaron · plazmon · polariton · polaron · roton · trion				

3 Elementární částice hmoty

Částice byly zprvu objevovány pomocí srážkových experimentů, nejprve s částicemi kosmického záření a s postupem času i na urychlovačích.

Částice se dělí podle interakcí, které na ně působí (na všechny působí gravitace). Leptony interagují slabě a jsou nabitě elektromagneticky, neinteragují silně ($e, \mu, \tau, \nu e, \nu \mu, \nu \tau$) – v současných experimentech se jeví jako bodové. Hadrony interagují navíc i silně, mají strukturu a rozměr ≈ 1 fm (1 biliontina metru).

4 Základní síly

4.1 Gravitace

Gravitace je interakce, která působí mezi všemi formami hmoty. Je to nejslabší interakce, ale má největší dosah, je dalekodosahová. Síla klesá s kvadrátem vzdálenosti tzn. dvakrát vzdálenější objekty na sebe působí čtyřikrát menší silou, třikrát vzdálenější objekty devětkrát menší silou, čtyřikrát vzdálenější šestnáctkrát menší silou atd. Velikost gravitační síly závisí také na hmotnosti předmětů, které se gravitačně přitahují. Gravitace je vždy přitažlivá (tělesa nemohou mít zápornou hmotnost). Gravitace drží pohromadě naši sluneční soustavu, galaxii.

4.2 Elektromagnetická síla

Tato interakce stejně jako gravitace je dalekosáhlá a její velikost se vzdáleností také kvadraticky klesá. Elektromagnetická síla je oproti gravitaci mnohem silnější. Působí pouze na elektricky nabitě částice. Částice mají buď kladný, nebo záporný elektrický náboj, anebo jsou elektricky neutrální (např. neutron). Dvě stejně nabitě částice se navzájem odpuzují a částice s rozdílnými náboji se přitahují. Elektromagnetická síla je odpovědná za téměř všechny jevy pozorované

v každodenním životě. Většina interakcí mezi atomy je způsobena elektromagnetickou silou působící na (kladně nabitě) protony a (záporně nabitě) elektrony v atomech. Také právě díky této síle drží atom pohromadě.

4.3 Silná interakce (silná jaderná síla)

Tato interakce je nejsilnější ze všech základních interakcí. Dosah silné interakce je krátký, cca 10^{-15} m. Působí na subatomární úrovni (mezi částicemi v atomu). Zprostředkovatel této síly je gluon. Zodpovídá za soudržnost kvarků například v protonech a neutronech a také zodpovídá za udržení protonů a neutronů v jádře.

4.4 Slabá interakce (slabá jaderná síla)

Slabá interakce je po gravitaci druhá nejslabší interakce. Má velmi krátký dosah (10^{-18} m). Zprostředkovatelé této interakce jsou bosony W a Z. Tato interakce působí na všechny leptony a kvarky a je to jediná interakce působící na neutrino (gravitace na něj také působí ale jen velmi málo). Jedním z projevů této interakce je rozpad β .

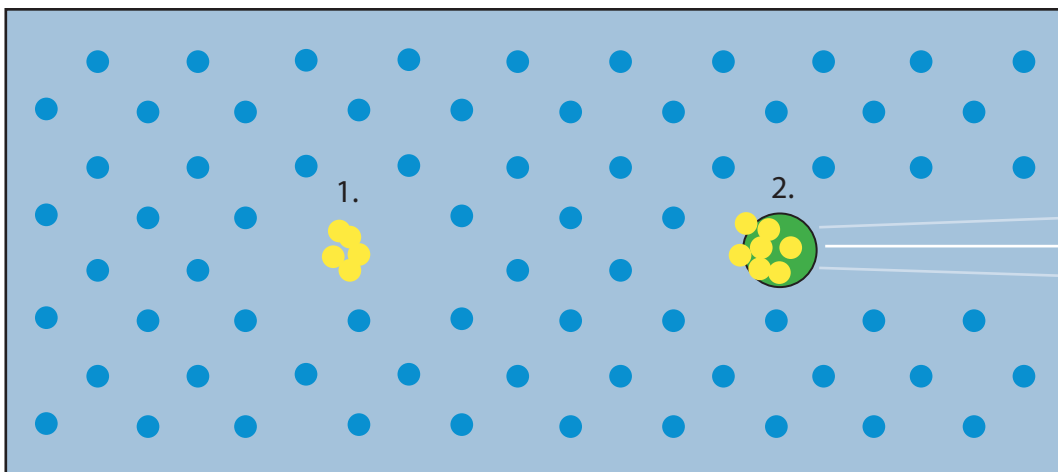
KAPITOLA II – Higgsův boson

1 Peter Higgs a jeho teorie

V roce 1964 uveřejnil britský profesor fyziky Peter Higgs z Edinburské univerzity krátký článek, v němž popsal hypotetické vazební částice, Higgsovy bosony, které mají pozoruhodnou vlastnost, vážou se totiž na jiné elementární částice. Tyto bosony mají propůjčovat částicím, s kterými jsou v interakci, hmotu.

2 Higgsovo pole, Higgsův mechanismus

Higgsovo pole je všude přítomné pole, které se manifestuje, generuje v konkrétních částicích, Higgsových bosonech. Tyto bosony se ve vesmíru ustavičně obnovují a po velmi krátké „životnosti“ opět mizí. Nehmotné částice se pohybují rychlostí světla. Na částici, která prolétá Higgsovým polem, se „přilepují“ Higgsovy bosony, které této částici propůjčují hmotu a zpomalují ji. Higgsovy bosony reagují s různými částicemi různě. S některými málo nebo vůbec (např. s fotony) a s některými naopak velmi bouřlivě (např. s kvarky top).



- ▲ 1. Higgsovo pole se manifestuje v Higgsův boson
- 2. Higgsovo pole se manifestuje v Higgsův boson, který se „lepí“ na prolétající částici

3 K čemu potřebujeme Higgse?

Higgsův boson generuje hmotu bosonům W a Z . Bosony W a Z jsou částice, které zprostředkovávají slabou interakci. Dosah této interakce je konečný, a proto zprostředkovatelé této interakce musí být hmotné. Interakce, které mají nekonečný dosah (např. gravitace), musí mít nehmotné zprostředkovatele. Bez Higgsových bosonů neexistuje nic, díky čemu by bylo možné bezrozporně zajistit, aby bosony W a Z měly nenulovou hmotnost. Higgsův mechanismus je elegantní řešení tohoto problému. Higgsův boson generuje hmotu také ostatním částicím. Částice, které nemají hmotnost, nejsou s Higgsovými bosony v interakci (např. foton).

KAPITOLA III – Hledání Higgsova bosonu

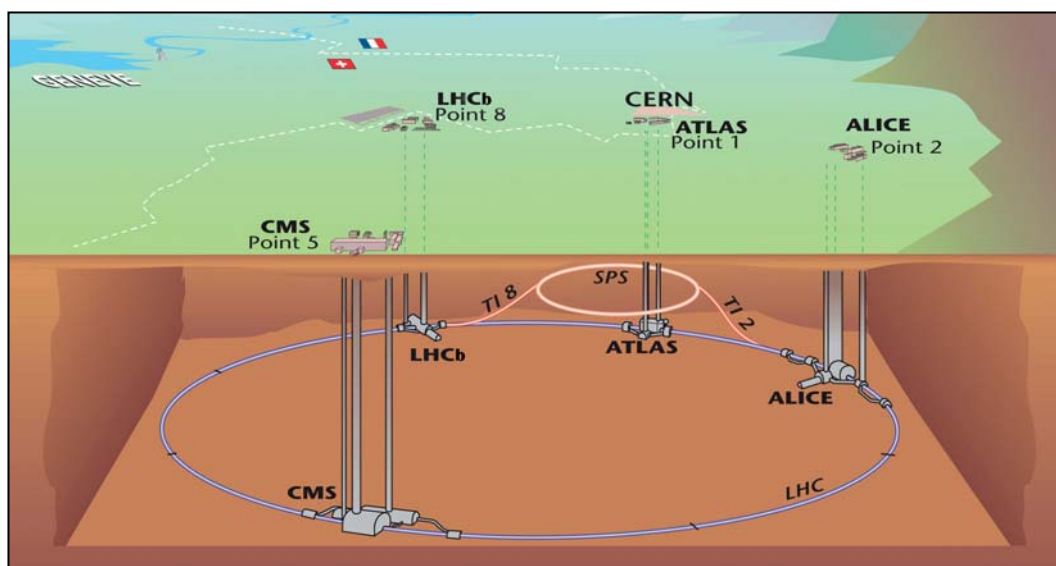
1 Začátky

Po částici se začalo pátrat v 80. letech minulého století v urychlovači částic poblíž amerického Chicaga, později pak v podobném zařízení v Evropské organizaci pro jaderný výzkum

Vědci používají dvě různé techniky při hledání Higgsova bosonu: přímou produkci Higgsových částic a přesné měření jiných částic a jejich interakcí, které by mohly být ovlivněny existencí Higgsova bosonu.

2 Velký hadronový urychlovač

Velký hadronový urychlovač (LHC – Large Hadron Collider) je největší urychlovač částic na světě. Je umístěn v kruhovém tunelu v podzemí mezi pohorím Jura ve Francii a Ženevským jezerem ve Švýcarsku. Je vybaven soustavou 9 600 velkých supermagnetů, které řídí a urychlují tok částic až téměř k rychlosti světla. Umožňuje provádět pokusy, které se přiblíží podmínkám, jaké existovaly během prvních okamžiků existence vesmíru. Zařízení bylo uvedeno do provozu



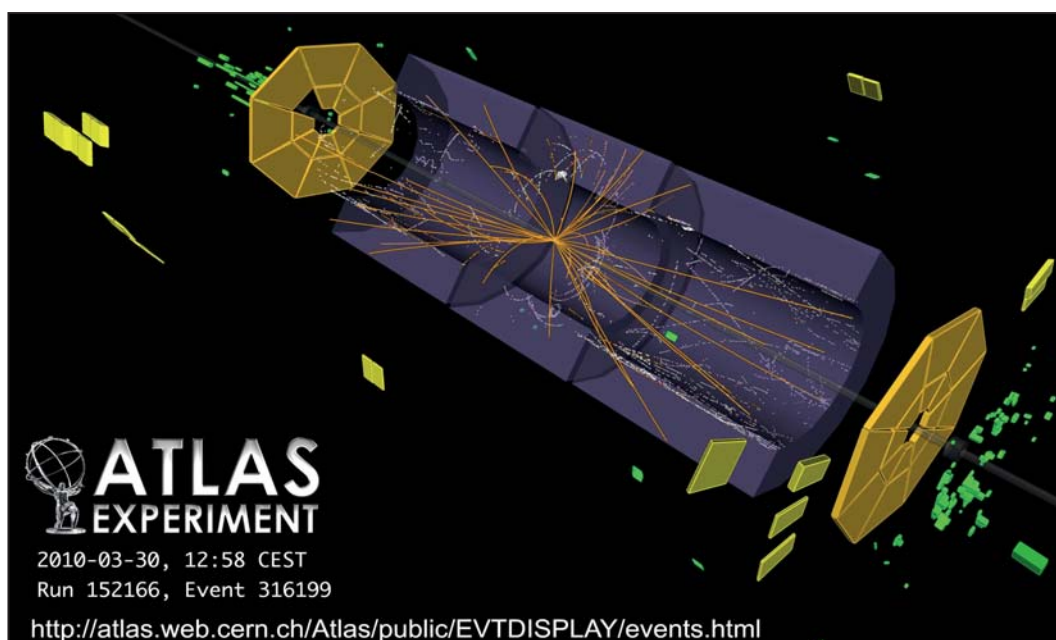
▲ Komplex LHC

počátkem září 2008, brzy se však porouchalo. Na budování LHC trvajícím téměř 13 let se podílelo více než 10 000 fyziků a na 500 výzkumných institucí a firem z celého světa, včetně českých.

3 Výsledky experimentů

14. března 2013 vědci z evropské organizace pro jaderný výzkum (CERN) představili nové výsledky jejich experimentů s protony urychlenými až k rychlosti světla. Ty potvrzují závěry, podle kterých se vědcům podařilo najít Higgsův boson – částici, která má být zodpovědná za hmotnost veškeré hmoty ve vesmíru.

Učebnicový Higgsův boson by měl mít nulový spin, což podle čerstvých prohlášení týmů LHC předpokládaný Higgsův boson opravdu má. Podle všeho má částice ulovená na LHC i kladnou paritu, opět v souladu se standardním modelem. Pokud jde o rozpad tohoto kandidáta Higgsova bosonu na další částice, doposud byl pozorován rozpad na dvojici fotonů a také na W a Z bosony, v podstatě podle očekávání, i když rozpad na fotony byl podle předběžných výsledků o něco intenzivnější, než by měl být. V tomto směru ještě zbývá ověřit rozpad studované částice na spodní kvarky a na tau leptony, což prozatím v CERNu nepozorovali.



▲ Jeden z prvních experimentů (srážka dvou protonů)

Závěr

Toto téma absolvenské práce jsme si vybrali proto, abychom s ním seznámili sebe i čtenáře. Psaní bylo velice obtížné, protože jsme se museli naučit mnoho nových pojmů, které se nedaly jednoduše pochopit. Také bylo obtížné rozeznat pravost zdrojů, které si mnohdy odporovaly. Doufáme, že jste pochopili význam objevení Higgsova bosonu pro moderní fyziku a astronomii.

Resumé

This is the work about Higgs boson. Higgs boson was “invented” by Peter Higgs. It's the missing particle in the standard model theory of microworld. The standart model theory says that all matter in the space is comopossed of six quarks and six leptons. All phenomena can be explained by four interactions. Higgs boson gives mass to other particles.

Zdroje

<http://www.osel.cz/index.php?clanek=3457>

<http://ojs.ujf.cas.cz/~wagner/popclan/higgs/higgs.html>

<http://aldebaran.cz/astrofyzika/interakce/particles.html#Inter>

<http://www.aldebaran.cz/astrofyzika/interakce/weak.html>

<http://www-hep2.fzu.cz/adventure/weak.html>

<http://www.aldebaran.cz/astrofyzika/interakce/strong.html>

<http://fyzweb.cz/materialy/sily/obecne/inter.php>

<http://www.scienceworld.cz/neziva-priroda/pribeh-higgsova-bosonu-2285/>

<http://www.youtube.com/watch?v=T38TEDybycY>

<http://galaktis.cz/clanek/jaderne-sily/>

<http://www.national-geographic.cz/detail/vedci-zrejme-nasli-chybejici-clanek-v-teorii-o-vzniku-vesmiru-bozskou-castici-neboli-higgsuv-boson-23925/>

Felix R. Paturi – Poslední záhady vědy