

Kniha: Částice na konci vesmíru - Kterak nás honba za Higgsovým bosonem dovedla až na práh nového světa

Autor: Sean Carrol

Objev Higgsova bosonu je podle mnoha komentátorů nejvýznamnějším průlomem v našem chápání vesmíru po rozbití atomu. Objeven byl **díky miliardovým investicím**, desetiletím snažení **a nakonec jsou důkazy pouze nepřímé ..→**

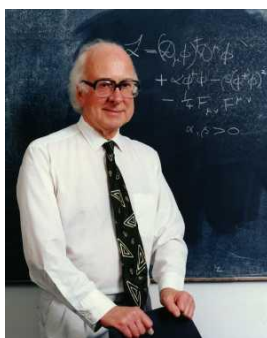
<http://www.livingfuture.cz/clanek.php?articleID=11541>

Popis / resumé

Autor poutavě líčí technické zázemí objevu učiněného v roce 2012 pomocí gigantického urychlovače LHC v evropské laboratoři CERN i velký teoretický význam Higgsova bosonu v mikrosvětě. Tato částice totiž hraje klíčovou roli ve **vysvětlení původu hmotnosti ostatních částic**, zejména rozdílu mezi nehmotným fotonem, kvantem elektromagnetického působení, a velmi těžkými bosony W a Z zodpovědnými za slabou interakci. Podle Carrola tento významný objev předznamenává novou fascinující éru fyziky 21. století. Publikace amerického fyzika a popularizátora vědy se věnuje objevu a významu Higgsova bosonu, který je důležitým prvkem současného fyzikálního modelu elementárních částic (detekován v roce 2012).

Popis nakladatele

Objev Higgsova bosonu je podle mnoha komentátorů **nejvýznamnějším průlomem v našem chápání vesmíru** po rozbití atomu. Objeven byl díky miliardovým investicím, desetiletím snažení a **úsilí tisíců vědců** pracujících u urychlovače LHC ve Švýcarsku a u jiných podobných zařízení ve světě. Co je na něm tak zvláštního, že se mu dokonce říká „božská částice“? Carroll vysvětluje, že **bez něj bychom nevěděli, odkud vlastně berou elementární částice svou hmotnost**. **Už nyní by mohl mít laik otázky : A to nejdříve byla-vznikla ve Vesmíru higg-částice H se svou nádobkou hmotnosti kterou začala rozdávat, a pak byly-vznikly všechny ostatní částice, kde každá postupně byla obdařena „svou“ jí přisouzenou velikostí hmotnosti ? Lítá ještě dodnes po vesmíru higg-boson H ? a...a zbyla mu ještě nějaká původní hmotnost ? kterou ještě nerozdal ? Tolik miliard do výzkumu...takže by fyzikové měli znát odpověď na mé dvě první otázky.** Nalezli jsme v něm poslední díl skládačky standardního modelu souboru elementárních částic. Existenci této částice předpověděl teoreticky Peter Higgs už v roce 1964, ale teprve v roce 2012 byla tato částice detekována. Peter Higgs za předpověď existence „Higgsova bosonu“ obdržel spolu s Françoisem Englertem roce 2013 Nobelovu cenu za fyziku. (kterak nás honba za Higgsovým bosonem dovedla až na práh nového světa)



$$\infty \cdot 0 = 1 \cdot 1$$

Obr.4) Objevitel Higgsova procesu a autor předpovědi existence Higgsova bosonu
skotský fyzik Peter Higgs

Při hledání společného popisu elektromagnetické a slabé interakce bylo třeba vysvětlit obrovský rozdíl v dosahu elektromagnetické a slabé interakce. Elektromagnetická interakce má nekonečný dosah $L = \infty$, což je v souladu s tím, že je zprostředkována fotonem s nulovou klidovou hmotností $m_0 \rightarrow 0$. Velmi krátký dosah $L = 0$ slabé interakce lze vysvětlit tím, že je zprostředkována částicemi s velmi velkou klidovou hmotností $m_0 \rightarrow \infty$. Jak už bylo zmíněno dříve, umožňuje kvantová fyzika porušení zákona zachování energie, kde zákon zachování energie lze napsat zápisem Pythagorovy věty o energii :

$$E^2 = p^2 \cdot c^2 + m_0^2 \cdot c^4$$

A ono „porušení“ tohoto zákona se napíše takto :

$$E^2 = p^2 \cdot c^2 + m_0^2 \cdot c^4 + \Delta t^2 / t^2 \quad 01^*$$

(vysvětlení je na http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/f/f_008.pdf)

A protože rovnice 01* je trojúhelník s vrcholem na Thaletově kružnici, lze psát případ kdy „dvě odvěsny se rovnají“ :

$$m \cdot v = m_0 \cdot c \quad ; \text{ úpravou podle f/f_008 bude}$$

$$m \cdot w \cdot x_c = m_0 \cdot c^2 \cdot t_c \cdot t_w \quad t_c / t_w$$

$$\Delta p \cdot \Delta x_c = \Delta E \cdot \Delta t_c \quad (\text{od 1 až k 0})$$

což je Heisenbergův princip neurčitosti opravený činitelem $t_c / t_w = t_{HV} / t_c$ na určitost ale jen na velmi krátkou dobu. Sice nevím jak bych to zapsal, ale ta velmi krátká doba vyplyne z činitele $\Delta t / t$ respektive $t / \Delta t$.

Tento stručný výklad by určitě potřeboval širší vysvětlení-popis.

Poznámka č.2 : ((Já myslel, že porušení zákona zachování „umožňuje“ Vesmír sám sobě. A tu je vidět, že Vesmír musí poslouchat pány fyziky, tedy poslouchat tu kvantovou mechaniku, která tomu Vesmíru poručí = umožní...a on.Vesmír pak poruší na chvíli zákon zachování)) A to tím kratší, čím je větší toto porušení. Co je větší porušení a co menší porušení ? Jestliže má tedy zprostředkující částice velkou klidovou hmotnost, byla by potřeba k jejímu vzniku velká energie a může existovat ve virtuální podobě jen velmi krátce. Takto zprostředkovaná interakce může dosáhnout jen do krátkých vzdáleností dostupných nejvýše rychlostí světla v době povolené Heisenbergovým principem neurčitosti. Čili výklad znázorním takto

$$: L \rightarrow 0 ; m \rightarrow \text{nekonečno} ; ; ; ; \quad ; ; ; L \rightarrow \text{nekonečno} ; m \rightarrow 0 ; t \rightarrow 0$$

Steven Weinberg, Abdulas Salam a Sheldon Lee Glashow zjistili, že v případě popisu slabé interakce se před chvílí zmíněná **lokální kalibrační symetrie narušuje**.symetrie „čeho“ se narušuje ? hmotnosti ? Jak už dříve zjistil Peter Higgs, **tento jev** nazývaný *spontánním narušením symetrie* **symetrie** **čeho** ? zákonitě **vede ke vzniku nového pole i nové neutrální částice** se spinem 0, která byla podle něho nazvána **Higgsovým bosonem**. Důsledkem existence **Higgsova pole** je navíc to, že některé z částic zprostředkujících elektroslabé interakce, které měly **původně nulové klidové hmotnosti**, velmi výrazně **ztěžknou** což plyne z „narušení zákona zachování“ **což prý vede k „novému poli“** ((čili to jsou ty dvě odvěsny rovnoramenného trojúhelníka co se rovnají **pouze v jednom bodě**, v ostatních se nerovnají, tedy je tam porušen zákon zachování...který v podstatě platí ve Vesmíru jen „náááhodou“ protože ať vyříznete ve Vesmíru kdekoliv jakoukoliv krychli, **tak v ní nenajdete zákon zachování**

http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/f/f_042.pdf ; http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/f/f_039.pdf ; http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/d/d_012.pdf ...je tam ještě „malá“ chyba)) a jimi způsobovaná interakce má tak požadovaný velmi krátký dosah. **Higgsův proces**, „**přeměna plochého čp na křivé stavy čp**“ ať už je to gravitační pole, elm.pole, higgsovo pole a další pole, je „proces“ **křivení dimenzí čp (!)** který je za toto "ztěžknutí" některých částic zodpovědný, **si můžeme představit v následující analogii** s pohybem elektronů v krystalové mříži. Tam dochází k tomu, že elektrické pole, které vytváří kladně nabitá krystalová mříž, ztěžuje pohyb elektronů a jejich efektivní hmotnost je tak mnohem větší než v prostředí bez elektrického pole. Stejně tak **ztěžuje Higgsovo pole pohyb některých částic tak, že jejich "efektivní" hmotnost velmi vzroste**. Existence zmíněných částic způsobujících slabou interakci a nazvaných **W^+ , W^- a Z** , které Weinberg, Glashow a Salam ve své teorii spojující slabou a elektromagnetickou interakci předpověděli, byla potvrzena na urychlovači SPS v CERNu a jejich klidové hmotnosti určeny na 80,4 a 91,2 GeV/c². **Higgsovo pole však není příčinou hmotnosti pouze intermediálních bosonů slabé interakce, ale stojí i za všemi hmotnostmi všech částic hmoty.**

Bohužel nám **teorie samotná není schopna** předpovědět klidovou hmotnost Higgsova bosonu. Odhady, které dává, se velmi liší a závisí na její variantě. Nejjednodušší z nich dávají odhad hmotnosti v rozmezí jednonásobku a dvojnásobku klidové hmotnosti **Z a W** částic. Přesnější limity pro hmotnost lze určit z měřených hmotností a dob života těžkých částic (**Z , W , kvarku t**). Spodní hranici klidové hmotnosti lze například ocenit z doby života **Z** bosonu, k jehož rozpadu by měl Higgsův boson přispívat v míře nepřímo úměrné jeho hmotnosti. Doba života je velmi krátká a díky Heisenbergovu principu neurčitosti vede k rozmazání hodnoty klidové hmotnosti (energie). Čili : **$t \rightarrow 0$; $m \rightarrow$ roste** Experimenty na urychlovači LEP změřily velmi přesně **šířku** co to je ? ta šířka má rozměr „v metrech“ tedy je **vymezena jako interval na „délce“** ? tohoto rozmazání (***) **klidové energie** bosonu **Z** na 2,4952(23) GeV. **A proč je energie změřena veličinou délkovou** ? Odtud můžeme **dostat** „z délky = šířky rozmazání na dimenzi délkové můžete **“dostat“** **hmotnost ???** dolní limitu na hmotnosti Higgsovy částice. Podobně lze získat limity na hmotnosti Higgsova bosonu z porovnání hmotností **W** částice a **t** kvarku. Obecně je určení horní limity daleko komplikovanější a zároveň je více závislé na použitém modelu. Máme vytýčenou oblast hmotností, kde lze hledanou částici očekávat, můžeme se vypravit na lov.

Souboj evropských a amerických hochů

"Ptáte se, zdali mi šlo především o zisk? Myslím, že ne. Šlo mi o to porazit ostatní hochy."

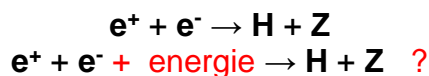
T. A. Edison

Jak je vidět, byl by objev Higgsova bosonu opravdu velice cenná trofej, která by pravděpodobně šťastnému lovcovi přinesla i Nobelovu cenu. Není tedy divu, že si na něj brousí zuby řada částicových fyziků, celých týmů i laboratoří. Také při lovu Higgse je možno pozorovat rivalitu mezi Amerikou a Evropou. Situaci lze docela dobře vystihnout uvedeným citátem T. A. Edisona.

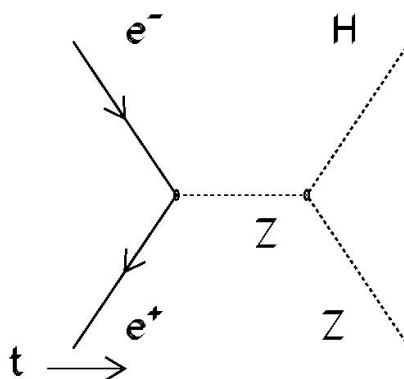
Higgsovův boson na LEP v evropské laboratoři CERN

Jen krůček od polapení Higgsova bosonu byl pravděpodobně urychlovač LEP v evropské mezinárodní laboratoři CERN nedaleko Ženevy. Tento urychlovač srážející vstříčné svazky elektronů a pozitronů umožňoval dosáhnout v těžišťové soustavě a v daném případě i v laboratoři energii od 189 GeV až do hodnoty 209 GeV. Postupně se totiž vylepšovaly parametry urychlovače, přidávaly se nové výkonnější magnety a energie srážejících se elektronů a pozitronů se zvyšovala.

Při srážce elektronu a pozitronu na LEP by se měl Higgsovův boson **H** produkovat hlavně ve dvojici se **Z** bosonem v procesu, který lze napsat ve tvaru:



Další malý příspěvek **čeho ?** by měl pocházet od sloučení dvojice **Z** bosonů nebo **W⁺**, **W⁻** bosonu, které při takové srážce elektronu a pozitronu mohou také vzniknout. V dalším vysvětlování se omezíme na hlavní příspěvek do produkce Higgsových bosonů. Při vzniku dvojice **H** a **Z** bosonů máme na produkci Higgsova bosonu maximálně 118 GeV. Dojde k tomu ve chvíli, kdy se veškerá **kinetická** energie 209 GeV přemění **na klidovou** energii (hmotnost) **(**)** dvojice částic. **Klidová hmotnost znamená, že částice jsou stacionární = nehybní v soustavě Pozorovatele ?**

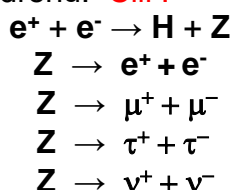


Obr.5) Feynmanův diagram zobrazující nejčastější způsob produkce Higgsova bosonu v rozptylu elektronu a pozitronu. Při rozptylu vznikne virtuální boson **Z** a ten

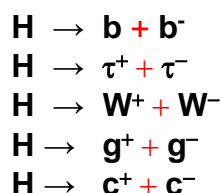
vytvoří dvojici reálných **Z** a **H** bosonů. **Jak** jedna virtuální částice sama bez kouzelníka „vytvoří“ dvě reálné částice ? a jakou hmotnost má „virtuální“ částice ? A jak se pozorují „virtuální“ věcičky ?

Jaké částice budeme v konečném důsledku pozorovat a jak komplikovaná bude identifikace vzniku Higgsova bosonu, závisí na tom, jak se rozpadá Higgsův boson a **Z** boson.

Z boson se rozpadá na dvojici leptonů (e^+e^- , $\mu^+\mu^-$, $\tau^+\tau^-$). Na každou z této trojice dvojic připadá téměř 3,4 % případů. Ve 20 % případů se rozpadá na nepozorovatelné částice (dvojice **neutrino** s **antineutrinem**) a mluvíme pak o neviditelném kanálu rozpadu. Zbývajících 70 % případů připadá na rozpady ve formě kvarků a v konečném důsledku hadronů. **Čili :**



Pro rozpad Higgsova bosonu **H** předpovídá standardní model v případě jeho klidové energie dosažitelné v experimentech na urychlovači LEP hlavně možnost rozpadu na dvojici kvarku a antikvarku **b b⁻** (74 %). Zbytek pak tvoří rozpady na dvojici leptonů $\tau^+\tau^-$, bosonů **W⁺W⁻**, gluonů **gg** (každý z těchto rozpadů přispívá sedmi procenty) a rozpad na dvojici kvarku a antikvarku **c c⁻**, který by měl tvořit 4 % případů.

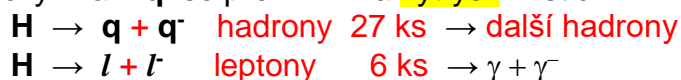


Při hledání vzniku a rozpadu Higgsova bosonu na urychlovači LEP se tak analyzovaly příslušné kombinace částic pocházejících z rozpadu. Kandidáty můžeme rozdělit do několika skupin:

1. Konečný stav se čtyřmi výtrysky - rozpad (**H** → **b anti-b**) (**Z** → **q anti-q**)
2. Případ s „chybějící energií“ (**H** → **b anti-b**) (**Z** → **v anti-v**)
3. Leptonový rozpad (**H** → **b anti-b**) (**Z** → l^+l^-), kde l označuje elektron nebo mion
4. Tauonový rozpad (**H** → **b anti-b**) (**Z** → $\tau^+\tau^-$) nebo (**H** → $\tau^+\tau^-$) (**Z** → **q anti-q**)

To musí být pěkný guláš (****) částic (?). A když se zvedne srážková energie, bude to stejná „sestava“ guláše částic ? anebo jiná ? Na každou dvojici v tom guláši je zapotřebí „vstupní energie“ 209 GeV ??, tak se to tu výše píše (**)

Každý vzniklý vysokoenergetický kvark **q** se přeměnil na **výtrysk** částic



interagujících *silnou interakcí* - hadronů, (to jsou mezony 18 ks a baryony 9ks i rezonance 4 ks, plus jejich antičástice) které můžeme zachytit. Také nabitě leptony (těch je 6 ks a jejich antičástice) můžeme díky *elektromagnetické interakci* zachytit. Pouze neutrální leptony (neutrino) nedokážeme zaregistrovat a dozvíme se o nich jen podle nezachycené - „chybějící“ - energie. **Jak může vzniklá stacionární částice s**

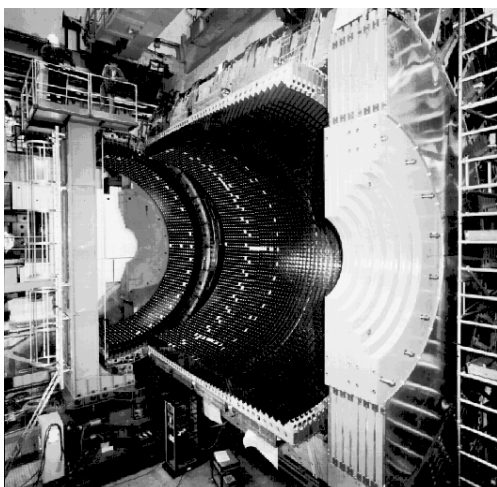
„klidovou hmotností“ se opět rozletět, bez dodání energie na výtrysky 37 elementárních částic, viz výpis výše. ??? jak ?

Jestliže změříme energii a hybnost původních částic vzniklých v rozpadu, jak se měří energie v rozpadu ? také na „rozmazané úsečce“ ? (***) můžeme určit klidovou hmotnost rozpadající se částice. I když však zachytíme předpokládané částice a spočtené hmotnosti budou odpovídat hmotnosti Z bosonu a předpokládané hmotnosti Higgse H, nemusí se pořád ještě jednat o důkaz existence Higgsovy částice. Podobná kombinace se může náhodně objevit i při vzniku a rozpadu dvojice Z bosonů nebo i v jiném případě. Tak vzniká nežádoucí pozadí. Nemůžeme zjistit, zda konkrétní případ patří do pozadí, nebo je to reálný případ vzniku Higgsovy částice. Čili pohádka o čertech a Pekle Pozadí však vzniká při vzniku a rozpadech známých částic a jeho velikost dokážeme předpovědět a spočítat. Zjistíme pak, zda počet případů s charakteristikami vzniku Higgsova bosonu přesahuje předpokládané pozadí.

Potřebujeme zachytit co nejvíce částic vznikajících při srážce, proto se staví velmi složitý a velký systém detektorů obklopujících místo srážky. Hlavním úkolem je zachytit vznikající částice s velmi vysokou energií. Jak plyne z předchozího, jsou tyto částice dvou typů. Jednak se jedná o leptony a potom o hadrony ve výtryscích. Každý z těchto typů částic interaguje při průchodu hmotou detektoru jiným způsobem. V dalším popisu předpokládáme primární částice s velmi vysokou (relativistickou) energií.

Leptony interagují pouze pomocí elektromagnetické interakce. Při pohybu hmotou jsou bržděny v elektrickém poli atomových jader a produkují fotony takzvaného brzdného záření. Jestliže tyto fotony mají vysokou energii, mohou v elektromagnetickém poli atomového jádra produkovat páry elektronu a pozitronu, případně i mionu a antimionu. Ty pak zase produkují brzdné záření. Vzniká tak směs velkého množství leptonů a fotonů, čili guláš (****) které se pohybují ve směru původní částice - elektromagnetická sprška. Elektromagnetická sprška je užší a proniká mnohem dále než hadrony.

Hadrony interagují hlavně silnou interakcí. Při průchodu hmotou tříští jádra a v průběhu těchto hadron-jaderných reakcí vzniká velké množství dalších hadronů, které se pohybují ve směru původní částice ale ve stále více se rozšiřujícím kuželu. Vzniká hadronová sprška, ta je široká a neproniká tak daleko jako elektromagnetická sprška.



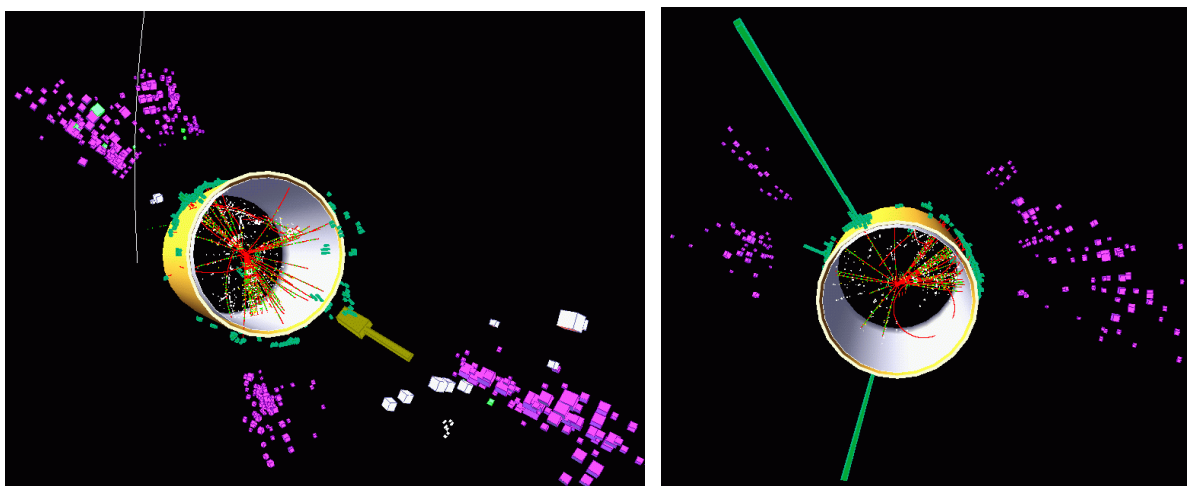
Obr.6) Příklady kalorimetrů: vlevo je hadronový kalorimetr experimentu L3, vpravo pak elektromagnetický kalorimetr experimentu OPAL. (Zdroje laboratoře CERN)

Je velmi důležité zjistit celkovou energii původní částice a tedy zachytit celou spršku. Zařízení, které zachycuje veškerou energii produkovanou daným jevem, se nazývá **kalorimetr**. Protože charakter elektromagnetických a hadronových spršek je velmi odlišný, musí se pro zachycování každé z nich stavět jiný typ kalorimetru. V hadronové spršce jsou těžké částice interagující silnou interakcí. Přesto je při velmi vysoké energii původních částic potřeba velké množství materiálu **pro její úplné zastavení**. V elektromagnetické spršce jsou lehké částice interagující pouze elektromagneticky. Proto jsou pro její zastavení potřeba atomy s velmi vysokým protonovým číslem a velkou hustotou (třeba olovo). Jedněmi z nejdůležitějších a nejmohutnějších součástí sestavy pro lov Higgsova bosonu jsou tedy obrovský vnitřní elektromagnetický kalorimetr a ještě větší vnější hadronový kalorimetr, jejichž hmotnost bývá mnoho tun.



Obr.7) Základy konstrukce experimentu L3 a tým tohoto experimentu. (Zdroje laboratoře CERN)

Kromě složitého systému detektorů jsou nejdůležitější parametry urychlovače. Jestliže je energie potřebná k produkci hledané částice velmi blízká hranici, kterou lze na příslušném urychlovači dosáhnout, je velmi malá pravděpodobnost její produkce. V takovém případě je nutné mít co největší množství srážek (co největší intenzitu svazku částic urychlovače) a experiment provádět co nejdéle. V CERNu se data, ve kterých se hledala Higgsova částice kumulovala téměř čtyři roky, i když samotný LEP pracoval téměř jedenáct let. V první etapě měl urychlovač nižší energii, která nestačila pro produkci této částice.



Obr.8) Případy, které by mohly být způsobeny rozpadem H a Z částic, pozorované experimentem OPAL. Vlevo rozpad ($H \rightarrow bb$) ($Z \rightarrow qq$) končící vytvořením čtyř výtrysků (čtyři široké hadronové spršky vyznačené fialovou barvou), vpravo případ ($H \rightarrow bb$) ($Z \rightarrow \tau\tau$) končící dvěma hadronovými sprškami a dvěma úzkými elektromagnetickými sprškami (vyznačeny zelenou barvou). (Zdroje experimentu OPAL v CERNu)

V CERNu se na urychlovači LEP věnovaly hledání Higgsovy částice všechny čtyři experimenty: ALEPH, DELPHI, L3 a OPAL. Každý z nich zaznamenal několik případů, které by mohly dokazovat vznik Higgsovy částice. Ovšem počet takových případů byl u všech experimentů blízký počtu předpokládaném pro pozadí. Dva experimenty byly slabě nad pozadím a jeden pod. Navíc byly kandidáti zaznamenáni hlavně v posledních měsících běhu experimentu, kdy dosahoval urychlovač LEP po vylepšeníh nejvyšších energií. Při počtu několika málo kandidátů, kteří byly v průběhu měření zachyceni, je pak těžké rozhodnout, zda přebytek jednoho nebo dvou případů nad pozadím je způsoben opravdu existencí Higgsovy částice, nebo jde jen o hru statistiky. Ke slovu přichází složité statistické a pravděpodobnostní analýzy. Komplexní rozbor společné analýzy všech čtyř experimentů na urychlovači LEP lze najít například v práci CERN-EP/2003-011 přístupné na WWW stránkách CERNu. Velmi zjednodušeně lze hlavní závěry shrnout do dvou vět. Hmotnost Higgsovy částice je větší než 114 GeV. Hypotéza, že data odpovídají existenci Higgsova bosonu s hmotností 115 GeV a pozadí je o chloupek pravděpodobnější než hypotéza odpovídající čistému pozadí. To pochopitelně nemůže být přijato jako důkaz existence Higgsova bosonu. Z velmi přesného měření hmotnosti, doby života a dalších vlastností těžkých částic Z , W a kvarku t se tak "pouze" podařilo velice přesně ohraničit možné vlastnosti Higgsova bosonu.

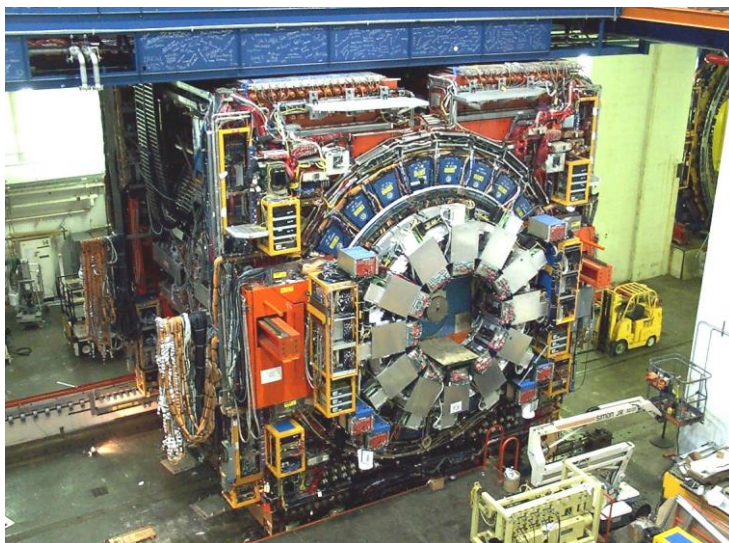
Pro získání statistiky dostatečné k rozřešení, zda je přebytek Higgsů nad pozadím reálný, by bylo třeba provozovat urychlovač LEP ještě nejméně rok. Po velmi bouřlivé a dlouhé diskusi se vedení laboratoře CERN rozhodlo, že přece jen urychlovač LEP v roce 2000 uzavře, aby se v jeho tunelu mohl co nejrychleji postavit nový výkonnější urychlovač LHC (Large Hadron Collider).

Tady se trochu opakuje situace při lovu top kvarku, nejtěžšího z kvarků standardního modelu. Také v tomto případě se podařilo v CERNu velice přesně vymezit možné hmotnosti a vlastnosti kvarku t . Ovšem "jeho přímého" polapení už

evropští fyzikové nedosáhli. Jejich výsledky pak pomohly americkým vědcům, kteří na urychlovači TEVATRON ve Fermilabu kvark t vyprodukovali a mohli se těšit z Nobelovy ceny. Takže i u Higgsova bosonu je teď na řadě Fermilab ve Spojených státech.

Na řadě je Fermilab v Americe

V této laboratoři byl v roce 1987 postaven urychlovač **TEVATRON, který sráží protony a antiprotony.** V takovém případě může Higgsův boson vzniknout ve srážkách jednotlivých kvarků, které protony a antiprotony tvoří. Energie urychlených protonů a antiprotonů je 1000 GeV. Ovšem tuto energii nese celý proton. Na jednotlivý kvark, který by měl ve srážce produkovat Higgsovu částici, připadá jen menší část této energie. Kvarky tvořící proton jsou tři a navíc značná část energie připadá na **virtuální gluony ??** a páry kvarku a antikvarku. Navíc je díky komplikované struktuře protonu daleko větší pozadí a komplikovanější analýza jednotlivých případů. Takže i když je energie vyšší než u urychlovače LEP, není situace na TEVATRONu o tolik výhodnější. **Hledání Higgsova bosonu** se věnují dva z experimentů postavených na svazku TEVATRONu: CDF a DØ. Dopracovaly se k výsledkům srovnatelným s těmi, získanými na urychlovači LEP a předchozí hodnoty velice dobře potvrzují.



Obr.9) Experiment CDF ve Fermilabu (z archívu Fermilabu)

Doposud byly na TEVATRONu problémy se získáním potřebné vysoké intenzity svazku při co nejvyšší možné energii. Situace se však postupně zlepšuje. V poslední čtvrtině roku byly experimenty pozastaveny a urychlovač procházel intenzivní kontrolou a vylepšováním. Nyní už zase běží a **je naděje, že se mu podaří Higgse ulovit nebo alespoň upřesnit limity pro jeho hmotnost a další vlastnosti.**

A zase Evropa - LHC v CERNu

Pokud TEVATRON ve Fermilabu neuspěje, budeme si muset na objev Higgsova bosonu počkat až někdy do roku 2007, kdy by se měl rozběhnout urychlovač LHC budovaný v laboratoři CERN a štafetového kolíku se opět chopí "evropští hoši". Urychlovač LHC bude srážet protony s energií 7000 GeV. To je sedmkrát více než u TEVATRONu. Urychlovač LHC by se měl stát přímo továrnou na výrobu Higgsů. Studovat je budou hlavně experimenty ATLAS, CMS a LHCb. Experiment ALICE bude primárně zaměřen na studium kvark-gluonového plazmatu, ale i tam se budou pochopitelně Higgsovy částice produkovat.

Také čeští vědci se účastní stavby experimentů na urychlovači LHC. Kolegové z Fyzikálního ústavu AVČR a MFF UK jsou zapojeni do budování experimentu ATLAS. Na stejném projektu pracují i naši spolupracovníci z ÚTEF ČVUT, se kterými máme společný projekt věnovaný výchově doktorandů a diplomantů. Zdalipak je mezi nimi i mistr Tomáš Bílý Vývojář počítačových simulací kooperujících buněk Jeden ze skupiny našich studentů provádí počítačové simulace stínění pro ATLAS a i díky němu získaly poměrně lukrativní zakázky na toto stínění české firmy. Naše skupina z ÚJF AVČR je zapojena do přípravy zařízení ALICE a i tam se možná o Higgsovy bosony zakopne. Pochopitelně, že se těchto projektů v CERNu účastní i kolegové ze Slovenska, takže dnešní i budoucí studenti českých i slovenských vysokých škol fyzikálního a technického směru se mohou plně do honby za Higgsovými částicemi v barvách Evropy zapojit.

Je vidět, že se lov Higgsovy částice stává přesně podle Edisonových slov citovaných v záhlaví článku dlouhodobější, náročnější a pracnější záležitostí, než se mohlo zpočátku zdát. A to jsme ještě nehovořili o tom, že některé teorie předpovídají větší počet různých Higgsových částic. Tak to už je na mě silný kafe ... přesto se to nevylučuje s mou HDV kdy částice jsou sbalené-zabalené-smotané dimenze veličin kde jejich vlastnosti (mezi něž patří i hmotnost) jsou projevem „konfiguračního provedení“ každého balíčku. Přesto lze očekávat, že nejpozději krátce po startu urychlovače LHC je budeme mít v hrsti. A prý byl objeven 2014 | když ještě daleko zajímavější by mohlo být, kdyby se ani na LHC Higgsovy bosony neobjevily. To by mohlo velice radikálně změnit naše představy o světě hmoty a interakci.

V Řeži, únor 2004

Přeložil od autora Sean Carrola Vladimír Wagner

Ústav jaderné fyziky AVČR Řež

E_mail: wagner@ujf.cas.cz

WWW: hp.ujf.cas.cz/~wagner/