

Hledání Higgsova bosonu na urychlovači LHC

A. Krpenský¹, D. Ryšánek², J. Štorek¹

¹ Gymnázium Praha 9

² SPŠE Praha 10

tonda.krpensky@gmail.com

Abstrakt

V naší práci se budeme zabývat popisem standardního modelu částic, dále se úzce zaměříme na bosony. V praktické části práce budeme detekovat Higgsov boson na simulaci detektoru ATLAS v CERN.

1 Standardní model částic

Standardní model částic je systém rozdělení elementárních částic (částic, které se již dále nedělí). Základními kategoriemi jsou fermiony a bosony. Fermiony se dále dělí na leptony a kvarky.

Mezi leptony patří elektron, mion, tauon a jejich neutrino. Kromě neutrin, jež mají náboj 0, nesou leptony náboj -1.

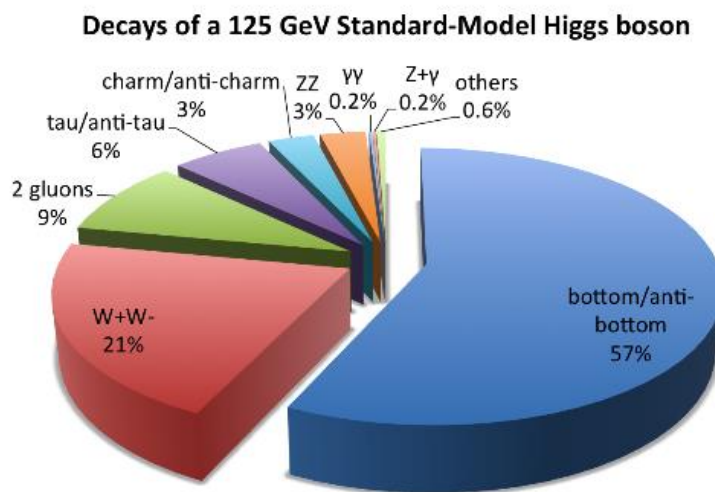
Kvarky jsou označovány symbolickými slovy, v praxi se ale používají zkratky u, d, c, s, t, b. Běžně se kvarky nevyskytují samy, ale v určitém seskupení (například proton - uud, nebo neutron - udd). Z kvarků se dále skládají další složitější částice.

Bosony

Bosony zprostředkovávají interakce mezi částicemi.

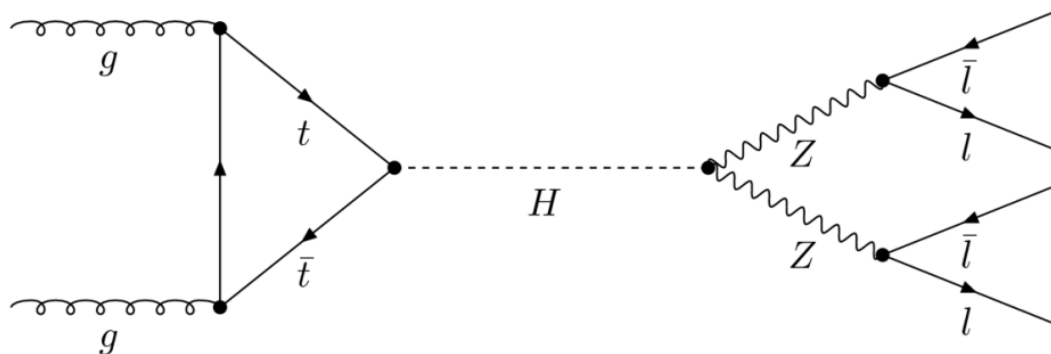
- foton – elektromagnetická
- gluon – silná
- W^+ , W^- , Z^0 – slabá

Higgsov boson byl předpovězen z důvodu platnosti symetrie ve standardním modelu. Higgsov boson se rozpadá několika způsoby (obr. 1)



obr. 1

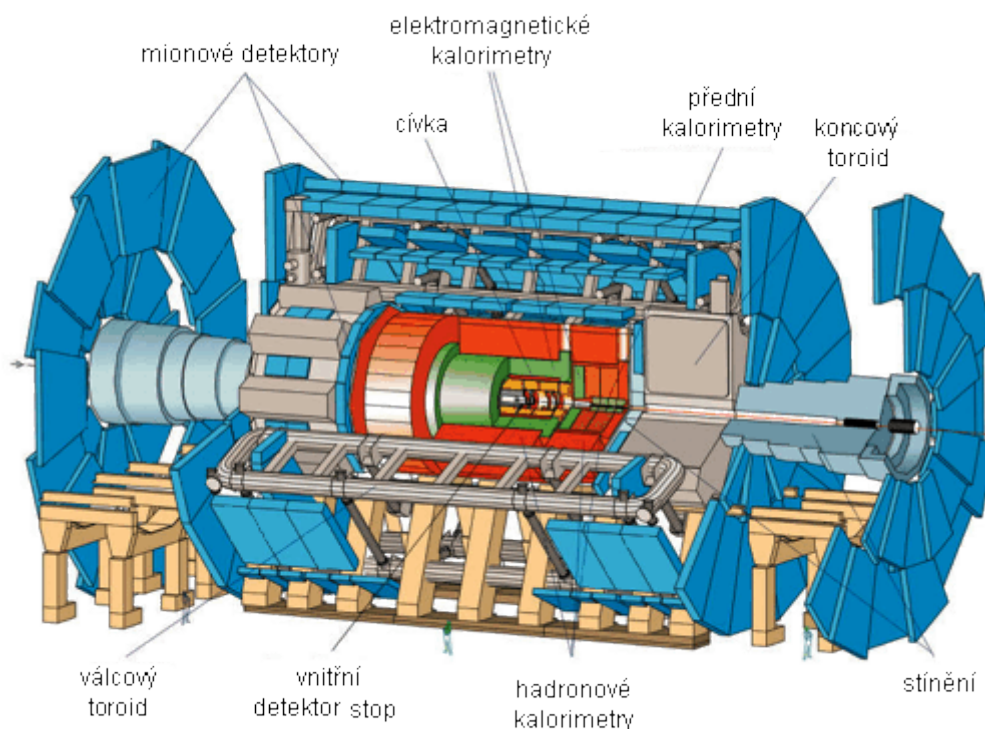
K našim účelům jsme využili pouze rozpadu na dva Z bosony (v grafu 3%) kvůli snadné detekci vzniklých částic z rozpadu Z bosonů. Z boson se totiž rozpadá na dva leptony (obr. 2), které lze jednoduše detekovat, přičemž musí platit zachování nulového elektrického náboje (elektron + pozitron).



obr. 2

2 Detektor ATLAS

Detektor slouží k zaznamenání energie částic vzniklých ze srážky. Je složen z několika vrstev odlišných kalorimetrů, které různě ovlivňují různé částice. Jeho rozměry jsou obrovské: je dlouhý 45 metrů a vysoký 25 metrů. Celý detektor je navíc v elektrickém a magnetickém poli.



Jednotlivé kalorimetry jsou schopny zabrzdit jednotlivé částice a následně změřit energii, kterou částice měla. Ze zakřivení částice v magnetickém poli lze určit, zda se jedná o částici s kladným nebo záporným nábojem a také umíme dopočítat její hybnost podle následujícího vzorce:

$$p = B \cdot q \cdot r,$$

kde B je magnetická indukce pole, q je náboj částice a r je poloměr zakřivení částice. Ze znalosti hybnosti a energie částice již určíme hmotnost částice podle vzorce:

$$m_0 = \frac{\sqrt{E^2 - (\vec{p} \cdot c)^2}}{c^2},$$

kde E je energie částice, p je hybnost částice a c je rychlost světla. Jakmile zjistíme hmotnost částice, jsme schopni ji identifikovat. Hmotnost Z bosonu, který se rozpadl na pár elektron-pozitron, lze vypočítat podle rovnice:

$$m_0^{(Z)} = \sqrt{\left(\frac{(E_{e^-} + E_{e^+})}{c^2}\right)^2 - \left(\frac{\vec{p}_{e^-} + \vec{p}_{e^+}}{c}\right)^2}$$

3 Zpracování dat

Data se analyzují ve speciálním programu HYPATIA (HYbrid Pupil's Analysis Tool for Interaction in ATLAS) k tomu určenému.

Tento program zpracovává data z detektoru (v našem případě předpřipravená data s elektrony) a zobrazuje je i v grafickém rozhraní.

Program data rozdělil podle pravděpodobného místa vzniku. Tyto segmenty obsahovaly 3-7 elektronů. Náplní naší práce bylo určit, zda-li se v některé z těchto skupin vyskytuje dvojice elektronů, která by po výpočtu hybností rovnice odpovídala rozpadu bosonu. Vybírali jsme vždy jeden nebo dva páry elektron-pozitron, které mohly pocházet ze společného rozpadu.

4 Výsledky

Při experimentu jsme detekovali několik částic, které se svou hmotností blížily klidové hmotnosti bosonu Z , která činí 91,1876 GeV. Jejich průměrná hmotnost byla 90,7 GeV se střední kvadratickou odchylkou 0,9 GeV. Při těchto pokusech jsme při počítání s dvěma páry elektron-pozitron narazili na částici s hmotností 122 GeV, což by mohlo znamenat výskyt Higgsova bosonu, jehož klidová hmotnost je 125 GeV.

5 Shrnutí

V průběhu našeho miniprojektu jsme se dozvěděli základy elementární fyziky a vyzkoušeli jsme si práci experimentálního částicového fyzika. Teoretická část práce byla velmi zajímavá, ale část analýzy dat nás tolik nezaujala.

Poděkování

Děkujeme slečně Janě Fodorové za vedení celého projektu, příjemnou komunikaci a vstřícnost. Dále děkujeme Ing. Vojtěchu Svobodovi za celkovou organizaci Týdne vědy, bez kterého by naše práce nebyla vůbec možná.

Reference:

- [1] http://atlas.physicsmasterclasses.org/cz/zpath_hbason.htm
- [2] http://atlas.physicsmasterclasses.org/zpath_files/img/highslide/feynman/Higgs4I.png