

# Hledání Higgsova bosonu

A. Hlinčíková<sup>1</sup>, J. Kukla<sup>2</sup>, K. Rosická<sup>3</sup>  
G Česká Třebová<sup>1</sup>, G F. M. Pelcla<sup>2</sup>, G J. Ortена Kutná Hora<sup>3</sup>  
kacka.rosicka@gmail.com

## Abstrakt

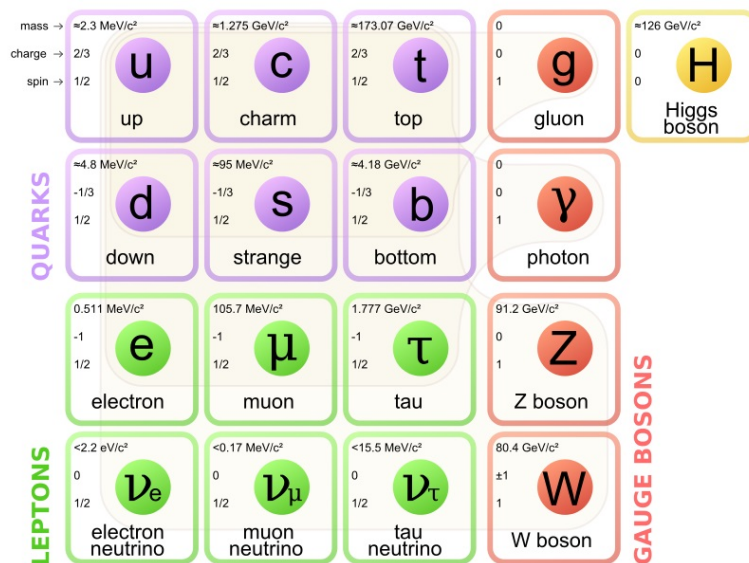
Práce obsahuje hledání Higgsova bosonu v datech získaných na urychlovači LHC v CERNu. Higgsův boson je jednou z částic standardního modelu. Skrze něj elementární částice interagují s Higgsovým polem a získávají tak hmotnost. Experiment na tomto urychlovači probíhá pomocí srážení protisměrně urychlených protonů, přičemž se sledují vylétávající částice. Naše měření probíhalo pomocí rozpadového kanálu na  $W^+$  a  $W^-$  bosony.

## 1 Úvod

Zatím nejúplnější teorií částicové fyziky je Standardní model, který popisuje elementární částice a tři ze čtyř základních interakcí. Částice standardního modelu se dělí na dvě základní skupiny, fermiony, které mají poločíselný spin a tvoří veškerou hmotu kolem nás, a bosony, částice s celočíselným spinem, které zajišťují interakce mezi elementárními částicemi. Fermiony se vyznačují tím, že musí splňovat Pauliho vylučovací princip, tedy se nemohou vyskytovat na stejném místě ve stejném stavu. Fermiony se dále dělí na leptony, které interagují skrze elektromagnetickou a slabou interakci a mezi něž patří elektron, mion, tauon a jim příslušející neutrinakvarky. Dalšími fermiony jsou kvarky, které kromě předešlých interagují ještě skrze silnou jadernou interakci, která váže kvarky v nukleonech (proton, neutron) a zbytková silná jaderná interakce je pak zodpovědná za vazbu nukleonů v jádře. Bosony jsou částice zprostředkovávající interakce mezi částicemi, konkrétně foton zprostředkovává elektromagnetickou interakci, bosony  $W^+$ ,  $W^-$  a  $Z^0$  zprostředkovávají slabou jadernou interakci a gluony, existující v osmi barevných variantách, zprostředkovávají silnou jadernou interakci. Částice nabývají své hmotnosti interakcí s Higgsovým polem, která je zprostředkována Higgsovým bosonem.

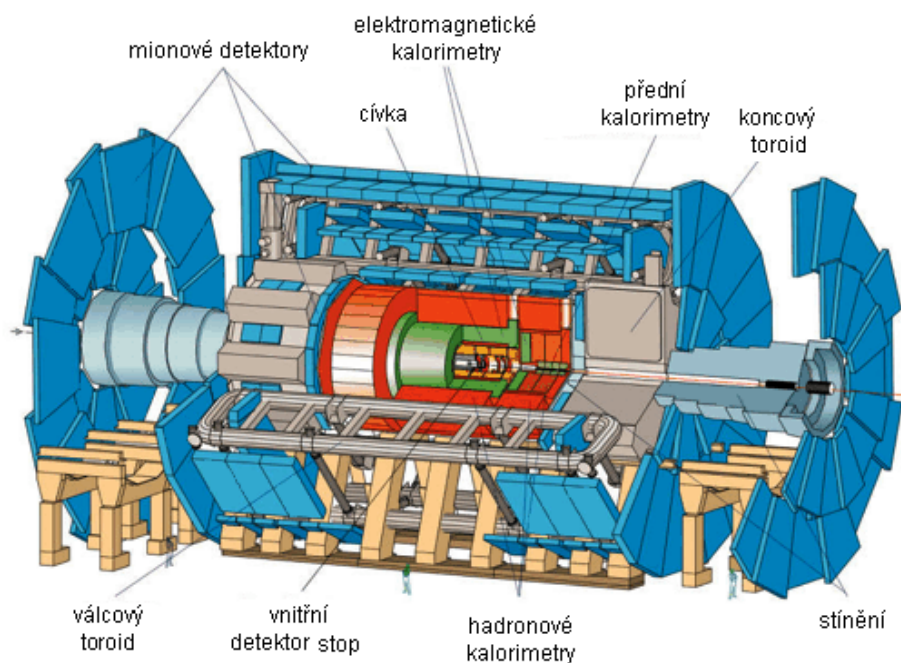
## 2 Měření

- Data byla naměřena pomocí urychlovače LHC (Large Hadron Collider), který je umístěn v CERNu na hranicích Švýcarska a Francie poblíž Ženevy. Urychlovač se nachází v podzemním kruhovém tunelu o obvodu 27 km. Částice jsou v něm urychlovány elektrickým polem a usměřovány magnetickým polem. Na urychlovači se nacházejí čtyři experimenty, ATLAS, ALICE, CMS a LHCb. Naše data pocházela z detektoru ATLAS. Tento detektor se skládá ze čtyř vrstev:
  - Nejblíže k místu srážky se nachází dráhový detektor, který určuje přesnou dráhu nabitých částic.



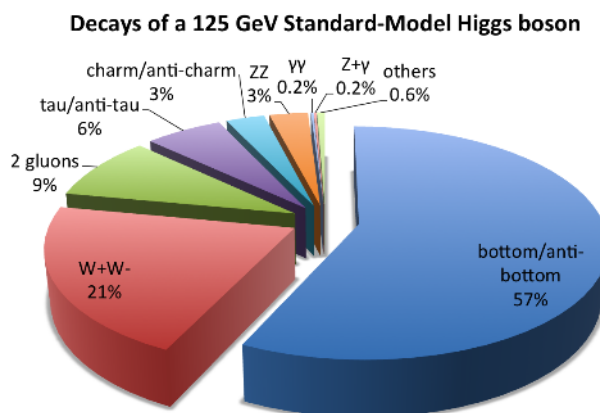
Obrázek 1: Částice Standardního modelu, Zdroj: [4]

- Další vrstvou je elektromagnetický kalorimetr, který slouží především k měření energie elektronů, pozitronů a fotonů.
- Poté se v experimentu nachází hadronový kalorimetr, který slouží k zachycení hadronů.
- Poslední vrstvou detektoru jsou mionové komory, které měří trajektorii a hybnost mionů. Tyto komory jsou nejdál od místa srážek, protože miony díky své hmotnosti proletí celou předchozí aparaturou, aniž by se v ní interakcí uložila veškerá jejich energie.



Obrázek 2: Detektor ATLAS na urychlovači LHC, Zdroj:[1]

K detekci Higgsova bosonu jsme použili rozpadový kanál na bosony  $W^+$  a  $W^-$ , které se dále rozpadají na lepton a příslušné antineutrino nebo na antilepton a příslušné neutrino.



Obrázek 3: Rozpadové kanály Higgsova bosonu, Zdroj: [2]

- Naše práce spočívala ve vyhodnocování srážek a hledání částic vzniklých rozpadem  $W^+$  a  $W^-$  bosonů. Celkem jsme analyzovali 700 srážek, s těmito výsledky:

$e^+$	$e^-$	$\mu^+$	$\mu^-$	$W^+$	$W^-$	Pozadí
103	71	100	91	54		282

Tabulka 1: Četnost jednotlivých rozpadů bosonů W

U kombinace  $W^+$  a  $W^-$  jsme rovněž měřili úhel mezivylétávajícími leptony a získali jsme graf závislost počtu událostí, ve kterých byl vytvořen pár  $W^+$   $W^-$  bosonů v závislosti na úhlu mezi leptony vzniklými při jejich rozpadech.

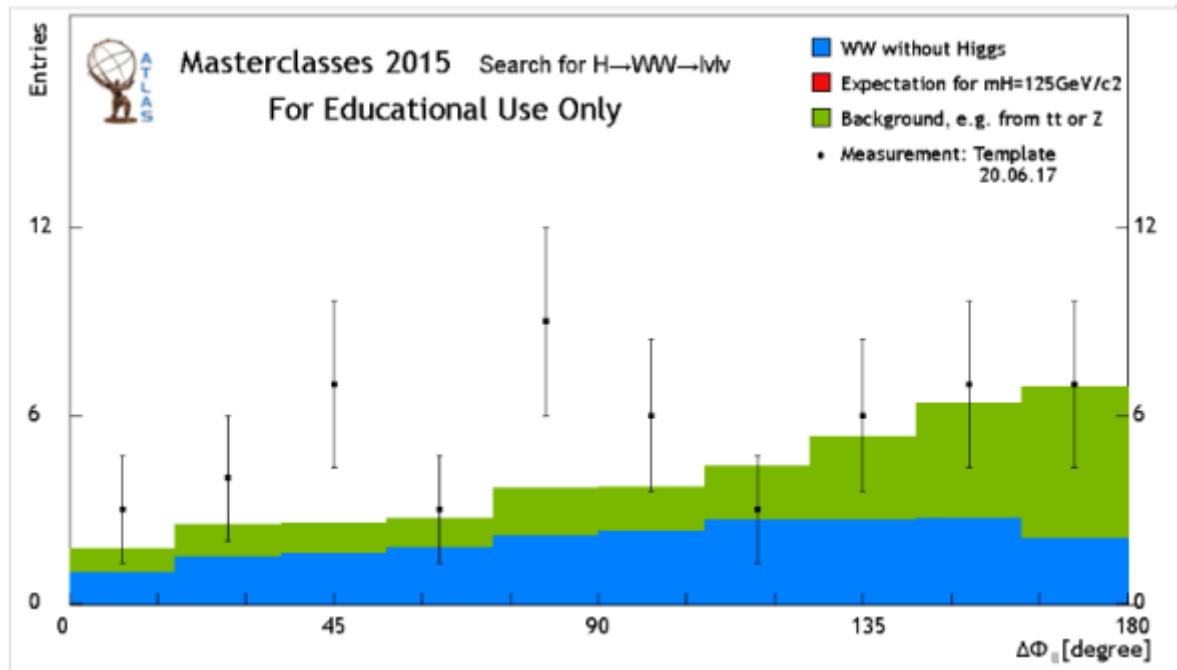
- Z grafu lze vyčíst, že mezi úhly  $45^\circ$  a  $90^\circ$  je zaznamenaných událostí mnohem více, než by mohlo být v pozadí. Události s tímto úhlem mezi vylétávajícími leptony představují nejpravděpodobnější události, ve kterých byl vyprodukován Higgsův boson, který se následně rozpadl na pár bosonů. Tyto procesy však obecně odpovídají úhlu větším než  $90^\circ$  mezi vylétávajícími leptony.

### 3 Shrnutí

Během našeho miniprojektu jsme seznámili se základními informacemi o Standardním modelu a částicích, které jej tvoří. Poté jsme analyzovali data získané z detektoru ATLAS. Pozorovali jsme možný výskyt Higgsova bosonu, ale pro přesnější důkazy bychom museli analyzovat mnohem větší objem dat.

### Poděkování

Za vedení našeho projektu děkujeme slečně Dagmar Bendové a také děkujeme celému týmu, který připravuje Týden vědy na Jaderce, za umožnění tohoto miniprojektu.



Obrázek 4: Závislost počtu událostí  $W^+ W^-$  na úhlu vylétávajících leptonů, Zdroj:[2]

## Reference

- [1] Centre de physique du particule Marseille *ATLAS experiment*.  
<http://atlas.cppm.in2p3.fr/>
- [2] Kolaborace ATLAS. *International Masterclasses, Hands on Particle Physics*.  
<http://kjende.web.cern.ch/kjende/en/>
- [3] Miroslav Havránek. *Experiment ATLAS - Výzva pro nové technologie*.  
[http://www.aldebaran.cz/bulletin/2006\\_25\\_atl.php](http://www.aldebaran.cz/bulletin/2006_25_atl.php). 2006.
- [4] www.osel.cz. *Standard model of elementary particles*.  
<http://www.osel.cz/popisek.php?popisek=17124&img=2standard-model-of-elementary-particles.jpeg>