

# Co se stane, když se na LHC nebo na RHIC srazí dva protony?

Š. Holub, Gymnázium Jihlava

F. Nedorost, Gymnázium Otokara Březiny, Telč

V. Veselý, Gymnázium Otokara Březiny, Telč

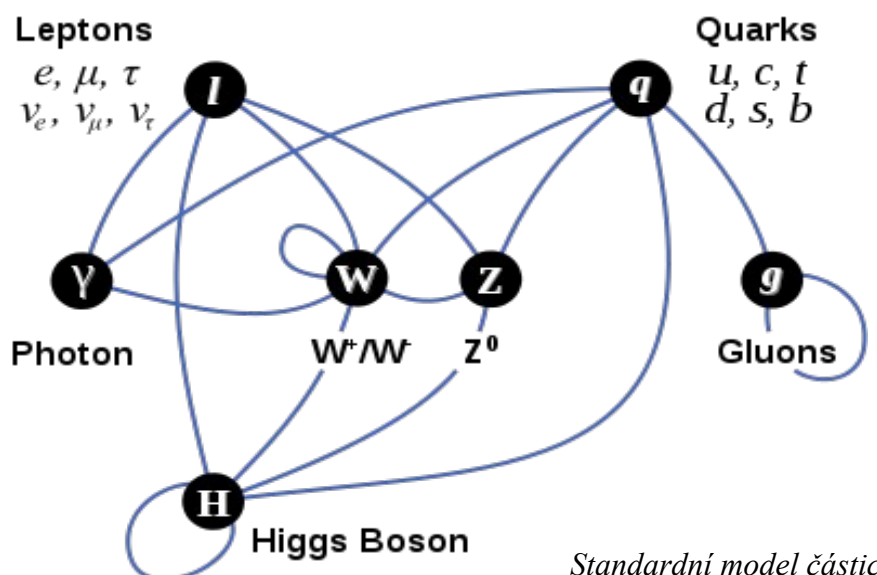
R. Tichý, Gymnázium Otokara Březiny, Telč  
(tichy.radim@seznam.cz)

## Abstrakt:

Cílem našeho miniprojektu bylo seznámení s dějem, který probíhá při srážce dvou protonů na urychlovačích LHC (Ženeva, Švýcarsko) nebo na RHIC (Brookhaven, USA). Naším úkolem bylo simulovat srážku dvou protonů pomocí počítačového programu Pythia a zrekonstruovat částice pomocí jejich rozpadových produktů.

## Úvod

Už od pradávna se lidé snažili zjistit podstatu a strukturu látek. Díky urychlovačům LHC a RHIC se nám tato problematika částečně daří objasnit. Zkoumáme zde strukturu a vlastnosti částic prostřednictvím jejich srážek. Částice, např. protony, jsou urychlovány magnetickým polem a dosahují rychlosti až  $0,9995 c$  ( $3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Při srážkách elementární částice tvořící protony, kvarky a gluony, interagují a vytvářejí další částice, které se následně mohou dále rozpadat.



Standardní model částic se skládá z kvarků, leptonů, intermediálních bosonů. Leptony jsou elektrony, miony, tauony, neutrina a jejich antičástice. Kvarky  $u, c, t, d, s, b$  mají neceločíselný násobek náboje elektronu. Intermediální bozony - foton,  $W^+, W^-, Z^0$  a gluony zodpovídají za interakce.

Vzhledem k faktu, že základní jednotky SI jsou pro potřeby subjaderné fyziky příliš velké, je jednodušší pracovat v tzv. soustavě přirozených jednotek, kde je Planckova konstanta  $\hbar = 1$ , stejně jako  $c = 1$ . Z relativistického vztahu  $E^2 = m^2c^4 + p^2c^2$  se zjednoduší na  $E^2 = m^2 + p^2$ . Odtud plyne, že energie  $E$ , hmotnost  $m$  a hybnost  $p$  mají stejný rozměr. Je zvykem označovat rozměr hybnosti a hmotnosti v jednotkách eV (popř. MeV, GeV).

## Simulace srážek na LHC

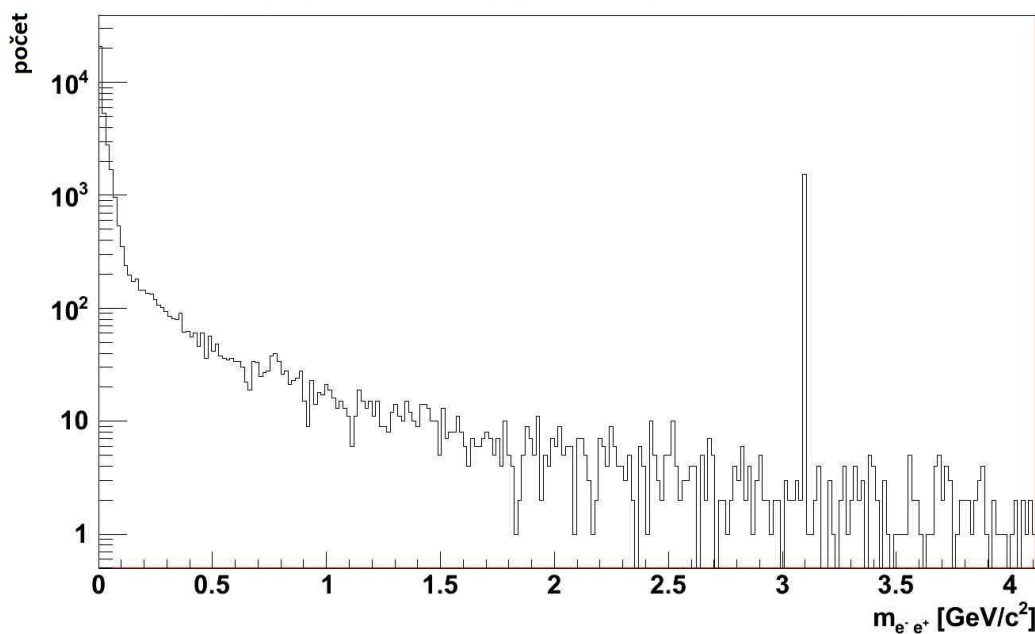
Podstatou naší práce byla simulace srážek dvou protonů (pomocí programů Root a Pythia), kdy jsme pomocí výsledných produktů rekonstruovali částice, které vznikají při srážce a prakticky hned poté zanikají.



zdroj: [www.scienceblogs.com](http://www.scienceblogs.com)

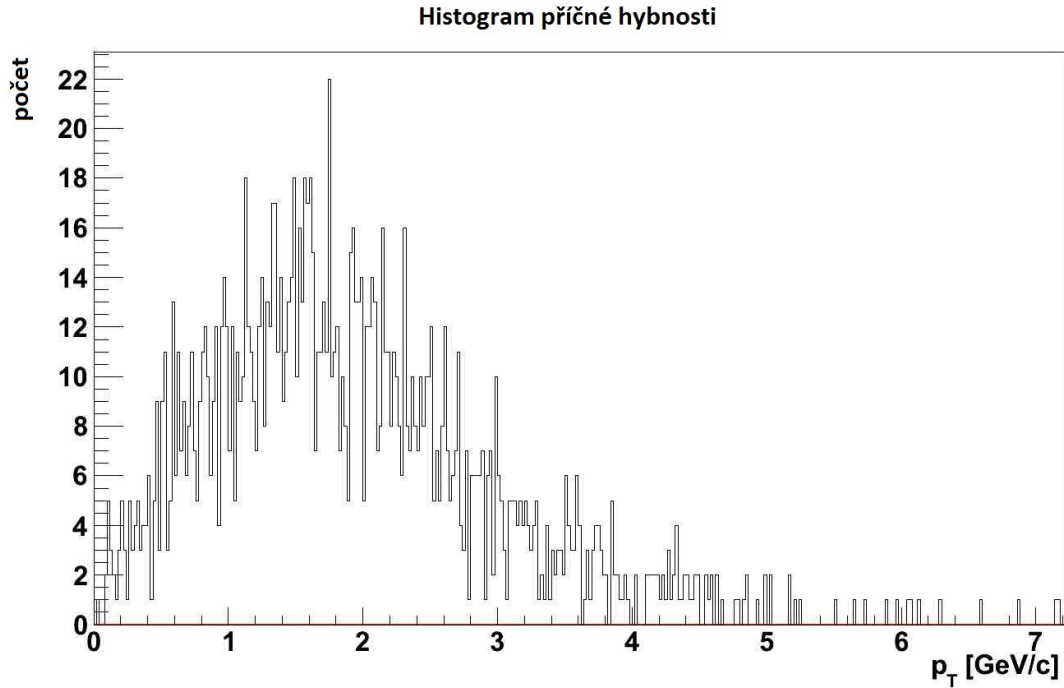
- Podmínky srážky:
- energie protonu (hmotnost) 900 GeV
  - rekonstrukce:  $e^-e^+ \rightarrow J/\psi$
  - $\pi^+\pi^- \rightarrow \rho$

Histogram invariantní hmoty elektron-pozitronového páru



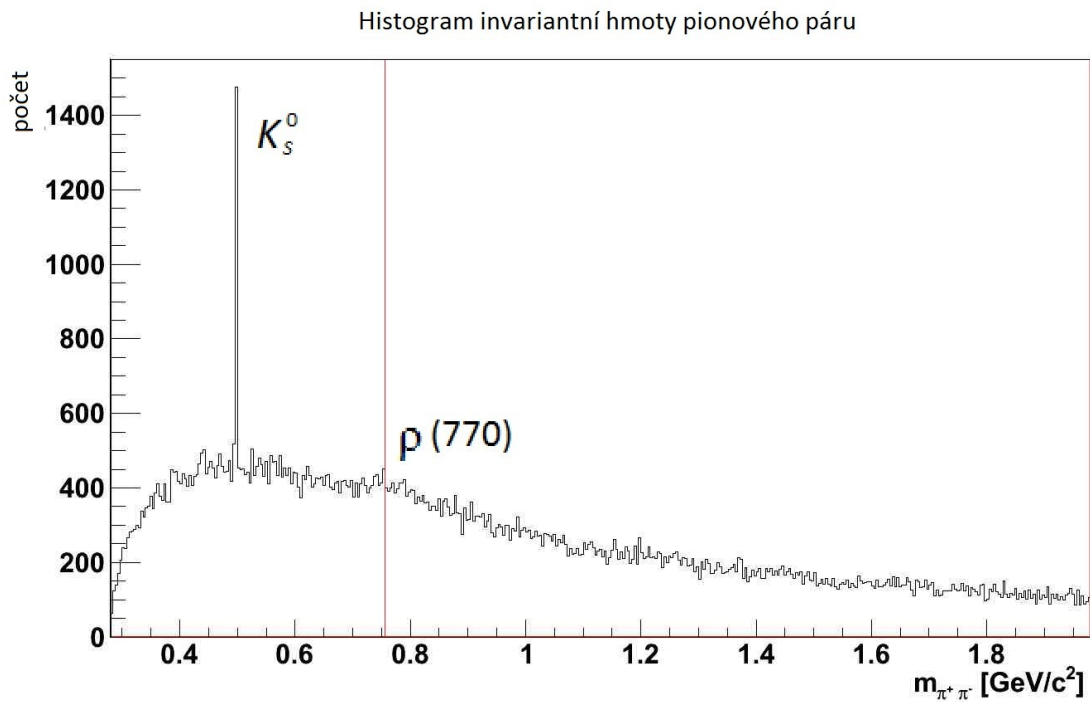
Obrázek 1

Na obrázku 1 je vidět peak u hmotnosti  $3,095 \text{ GeV}\cdot\text{c}^{-2}$ , což je hmotnost  $J/\psi$ . Ze 100 000 srážek vzniklo právě 1 100  $e^-e^+$ , které mají požadovanou hmotnost. Elektron-pozitronových páru s jinou hmotností, tzn. tvořících pozadí, vzniklo mnohem méně.  $J/\psi$  se v 5,9 % rozpadne právě na elektron-pozitronový pár.



Obrázek 2

Na obrázku 2 je znázorněna příčná hybnost elektron-pozitronových páru v intervalu hmotnosti 3,0 – 3,1  $\text{GeV}\cdot c^{-2}$ .



Obrázek 3

Na obrázku 3 pozorujeme závislost počtu pionových páru na jejich hmotnosti. Simulaci jsme uskutečnili s cílem zjistit počet  $\rho(770)$  částic o hmotnosti  $0,769 \text{ GeV}\cdot c^{-2}$ . Kromě částice  $\rho(770)$  jsme zpozorovali pionové páry s hmotností  $0,498 \text{ GeV}\cdot c^{-2}$  připadající částici  $K_S^0$ .

## Shrnutí

Podařilo se nám zrekonstruovat  $J/\psi$  pomocí elektron-pozitronového páru. Dále jsme zrekonstruovali  $K_S^0$  a  $\rho$  pomocí páru  $\pi\pi^+$ .

## Poděkování

Chtěli bychom poděkovat našemu supervizorovi Ing. Michalu Vajzerovi za trpělivost a obětavost, s jakou se nám věnoval, celému organizačnímu týmu Týdne vědy na Jaderce 2011 za možnost účastnit se badatelské práce, dále Nadačnímu fondu teoretické fyziky a Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské Českého vysokého učení technického v Praze.

## Reference

- [1] [HTTP://CS.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/STANDARDN%C3%AD\\_MODEL](http://cs.wikipedia.org/wiki/Standardn%C3%AD_model)
- [2] ŽÁČEK, J.: *ÚVOD DO FYZIKY ELEMENTÁRNÍCH ČÁSTIC*, KAROLINUM, 2005
- [3] K. NAKAMURA et al. (PARTICLE DATA GROUP), J. PHYS. G 37, 075021 (2010)
- [4] T. SJÖSTRAND, S. MRENNAN AND P. SKANDS, arXiv:0710.3820.