

Srážky světla na LHC

Jana Drnková¹, Jitka Mrázková², David Dobáš³

¹Základní škola a gymnázium Vítkov, ²Gymnázium Karla Čapka,
Dobříš, ³Gymnázium Christiana Dopplera, Praha

¹jdrnkova@email.cz, ²jitkam7@seznam.cz, ³daviddobas@seznam.cz

Abstrakt:

Cílem naší práce bylo zanalyzovat data z urychlovače částic LHC a sledovat vznik mezonu J/Ψ . Poté jsme porovnávali náš experimentální účinný průřez s teoretickým účinným průřezem a odvodili existenci gluonového stínění.

1 Úvod

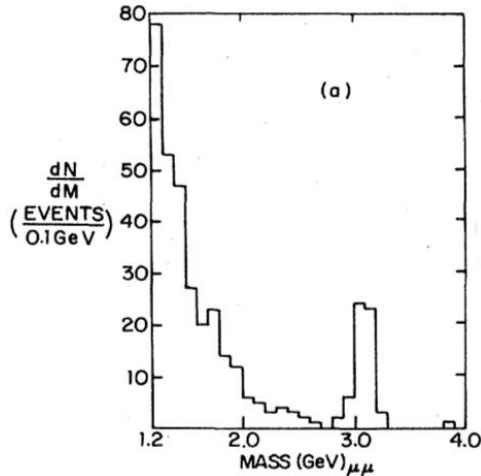
Urychlovač částic LHC nám umožňuje pozorovat srážky různých částic a následně detekovat ty nově vzniklé. My jsme pozorovali ultra-periferální srážky, ve kterých nedochází k přímému kontaktu částic, ale pouze jejich elektromagnetických polí. Díky tomu pak interaguje foton s fotonem nebo foton s částicí a množství nově vzniklých částic je minimální. My jsme se zaměřili na vznik částice J/Ψ při ultra-periferálních srážkách olova.

Princip

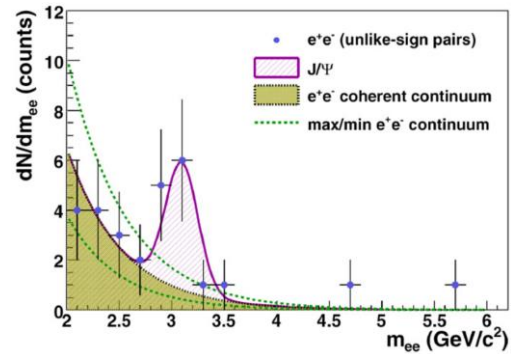
Při přímých srážkách těžkých iontů dochází ke vzniku tzv. kvark-gluonového plazmatu. To obsahuje obrovské množství částic, které je těžké rozpoznat. Proto jsme využili tzv. ultra-periferálních srážek, ve kterých interagují částice pomocí svých elektromagnetických polí (fotonů). V těchto srážkách dochází ke vzniku mezonu. My jsme se zaměřili na mezon J/Ψ , který je vázaným stavem kvarku a antikvarku c (charm). J/Ψ má velmi krátkou životnost a rozpadá se mj. na pár elektron-pozitron nebo mion-antimion. Ty jsou pak zpozorovány detektory a z jejich vlastností můžeme odvodit vlastnosti samotného J/Ψ . To má hmotnost právě $3,097 \text{ GeV}/c^2$, a proto ho budeme hledat ve spektru invariantní hmoty právě na okolí této hodnoty.

Historie

Částice J/Ψ byla pozorována již v minulosti. Poprvé byla zpozorována roku 1976 při srážkách pozitronu a elektronu a díky tomuto výzkumu byly poprvé objeveny kvarky c (charm). Na následujících grafech je jasně viditelný nárůst hmoty okolo $3,1 \text{ GeV}$, což je znakem vzniklých J/Ψ .



1978 – srážky protonů a beryllia na SLAC

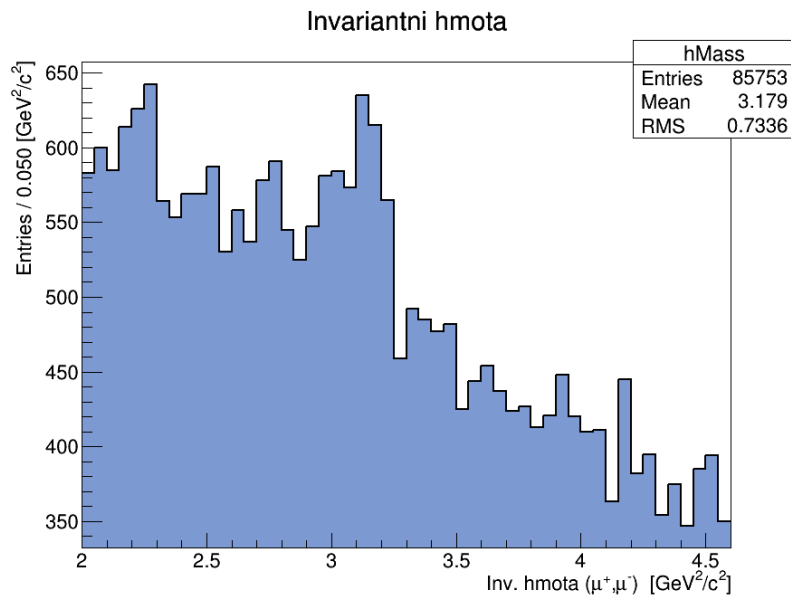


2006 – srážky iontů zlata na RHIC

My jsme využívali data z ultra-periferálních srážek iontů olova na experimentu ALICE z roku 2011.

2 Postup a výsledky

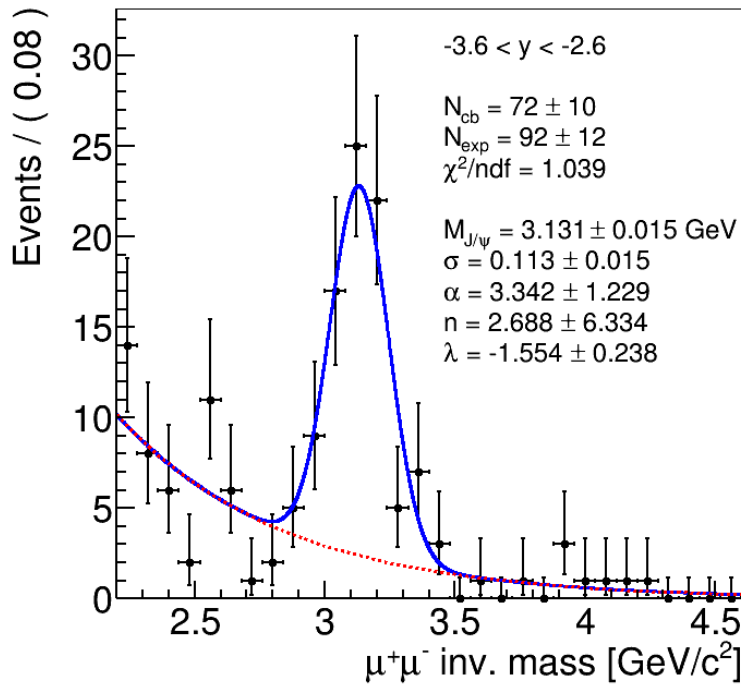
Na *obr. 1* vidíme data z detektoru. Tato data je třeba vyčistit tak, že budeme postupně uplatňovat pravidla pro jejich výběr.



Obr. 1

Nejdříve jsme pracovali s 85 753 vstupy. Následně jsme kritéria upravili tak, aby byl využit jen přední detektor mionů a počet vstupů se zmenšil na 50035. Poté jsme omezili i rapiditu (relativistická rychlost částice) od -3,6 do -2,6 a získali 9905 vstupů. Omezením příčné hybnosti do 187 MeV/c jsme již získali 286 vstupů. Nakonec jsme ještě vyloučili všechny příliš velké i malé hmotnosti a výsledkem bylo 167 vybraných vstupů.

Tato data jsme proložili funkcí Crystal Ball a exponenciální funkcí (*obr. 2*) a díky rozdílu integrálů těchto funkcí jsme získali počet nalezených J/Ψ .



Obr. 2

Abychom mohli náš výsledek porovnat s teoretickým výsledkem, potřebovali jsme spočítat účinný průřez naší reakce. K tomu slouží následující vzorec:

$$\frac{d\sigma}{dy} = \frac{N_{J/\psi}^{coh}}{\epsilon * \epsilon_{trig} * \beta * \mathcal{L} * \Delta y}$$

kde $N_{J/\psi}^{coh}$ je počet koherentních částic J/Ψ (těch, které vznikly koherentní srážkou fotonu s olovem) ϵ odpovídá detekční účinnosti, ϵ_{trig} odpovídá účinnosti záznamu srážky, β je pravděpodobnost rozpadu J/Ψ na miony, \mathcal{L} je luminozita svazků, která udává intenzitu jader olova ve svazku a Δy je šířka intervalu, ve kterém jsme měřili.

Naše vypočítaná hodnota experimentálního účinného průřezu byla $d\sigma_{exp}/dy = (1,064 \pm 0,20)$ mb. Výběr dat byl tedy velmi přesný, neboť k našemu výsledku přibližně dospěli i výzkumníci v CERNu.

Nyní už jen zbývalo vypočítat teoretický účinný průřez. Ten jsme zjistili pomocí modelu STARlight a je $d\sigma_{theo}/dy = 1,829$ mb. Tím jsme tedy dokázali, že musí existovat faktor, který účinný průřez zmenšuje. Říkáme mu gluonové stínění.

3 Shrnutí

Zanalyzovali jsme velké množství dat a postupným zužováním kritérií jsme vybrali ta nejvhodnější pro identifikaci J/Ψ . Spočítali jsme účinný průřez srážek a porovnali jej s tím teoretickým. Vzhledem k tomu, že náš výsledek byl značně menší, předpokládáme existenci tzv. gluonového stínění.

Poděkování

Poděkování patří především našemu garantovi Ing. Romanu Lavičkovi, který nás velmi dobře seznámil s problematikou ultra-periferálních srážek, ale i s částicovou fyzikou obecně a s tím, jak funguje výzkum v CERNu. Dále bychom chtěli poděkovat FJFI ČVUT za zázemí a za to, že jsme se mohli účastnit Týdne vědy, který nám umožnil se tímto miniprojektem zabývat.

Reference:

- [1] LAVIČKA, R., *Srážky světla na LHC*, prezentace, 2016
- [2] ALICE COLLABORATION, Phys. Lett. B718, (2013), 1273-1283