

Exkluzivní produkce dileptonů při 13 TeV měřená pomocí detektoru ATLAS

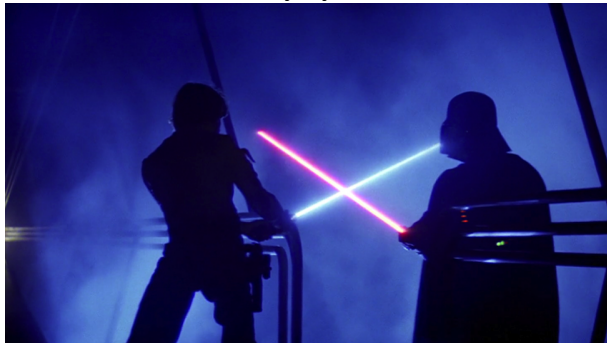
Prezentace pro ČSSVK7

F. Nechanský, Supervisor Mgr. O. Kepka, Ph.D. (FZU),
M. Dyndal, S. Martin-Haugh, E. Sauvan, L. Schoeffel

24. 5. 2016

Foton - fotonové interakce

- ▶ Věčná otázka - odrážely by se světelné meče, či by sebou procházely?

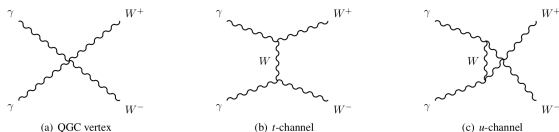


- ▶ Prakticky se ptáme na interakci světla se světlem, v klasické fyzice se s ní nesetkáváme
- ▶ Může z fotonů vzniknout hmotná částice?

... standartní model obojí umožňuje

Produkce slabých bosonů

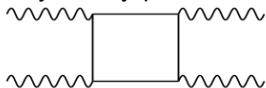
- ▶ Zajímavé hlavně kvůli anomálnímu kvadratickému vertexu



- ▶ Měřeno na experimentech ATLAS a CMS

Rozptyl světla na světle

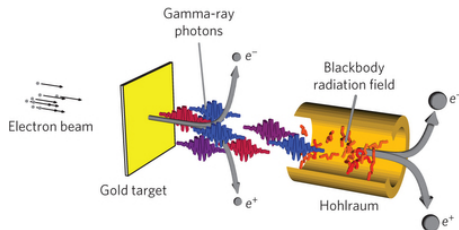
- ▶ Malý účinný průřez, zatím jen horní odhady účinného průřezu



- ▶ Chystá se měření na experimentu ATLAS

Jak měřit fotonové interakce

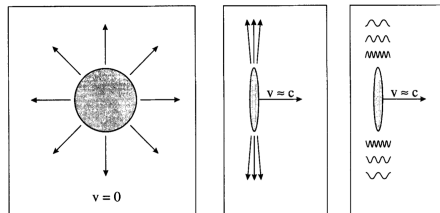
- ▶ Malý účinný průřez, roste s energií kolize
- ▶ Přímé měření pomocí vysokoenergetických fotonů - zatím žádné, je potřeba vysokých intenzit a energií
- ▶ Objevují se různé návrhy:
 - ▶ Lasery (ELI?), dva svazky vysoké intenzity a energie $\approx MeV$ [2]
 - ▶ Vysokoenergetické fotony brzdného záření ($\approx GeV$) a radiace černého tělesa (velký příspěvek párové produkce)[1]



Aproximace ekvivalentním fotonem

- ▶ První verze - E. Fermi[3]
- ▶ Kolmá komponenta EM pole ultrarelativistických protonů (nabitých částic) je ekvivalentní kvazi-reálným fotonům
- ▶ Fotonové interakce lze pozorovat ve srážkách protonů

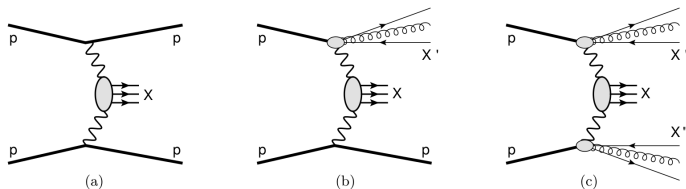
$$\sigma_{A_1 A_2 \rightarrow A_1 A_2 l^+ l^-}^{EPA} = \int \int P(x_1) P(x_2) \sigma_{\gamma\gamma \rightarrow l^+ l^-}(m_{l^+ l^-}) dx_1 dx_2$$



- ▶ $P(x)$ ekvivalentní fotonové spektrum protonu
- ▶ Závisí na impaktním parameteru

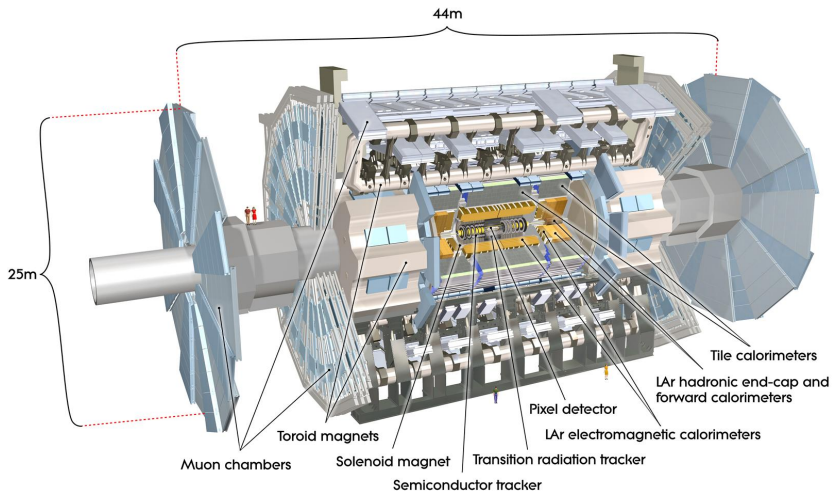
Faktor přežití (survival factor - SF)

- ▶ Může docházet k dalším interakcím mezi protony
- ▶ Proton může kvůli fotonové interakci disociovat
- ▶ Potlačení účinného průřezu: $\sigma^{mer.} = R \cdot \sigma^{EPA}$, R faktor přežití
- ▶ Jak něco takového měřit? Potřebná přesná teoretická předpověď, lehká identifikace
- ▶ Dileptonová produkce vše splňuje



- ▶ Pouze dva leptony ve finálním stavu, malý úhel mezi nimi
- ▶ Taková měření provedena na experimentech ATLAS a CMS pro $\sqrt{s} = 7$ TeV[4]

Měření na experimentu ATLAS pro $\sqrt{s} = 13$ TeV



Převzato z [5]

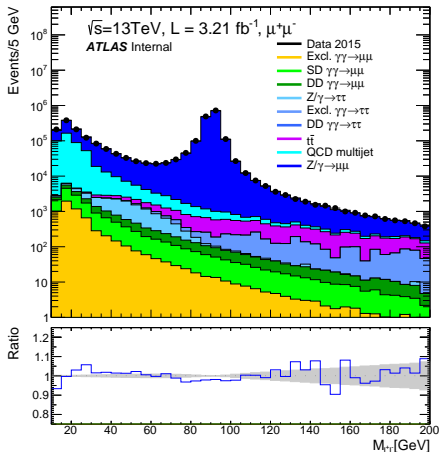
Detaily měření

Miony

- ▶ Kombinované dráhy z vnitřního detektoru a mionového spektrometru
- ▶ $p_T > 6$ GeV (akceptance triggerů)
- ▶ $|d0_{sig}| < 3$, $z_0 \sin \theta < 0.5$ mm (blízkost k dimion. vertexu.)

Preselekcce

- ▶ Dva miony s opačným nábojem, mionové triggerery
- ▶ Výrazně dominované Drell-Yanem ($Z/\gamma \rightarrow \mu\mu$)



Exkluzivní selekce

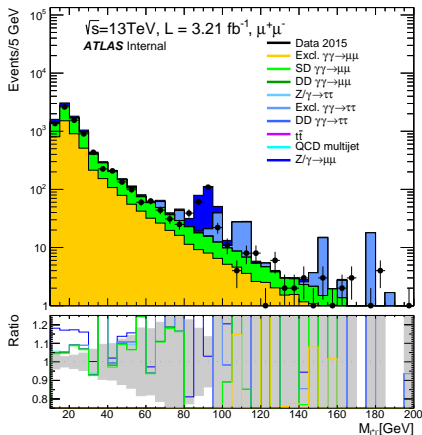
Izolace mionového páru

- ▶ Pouze dva miony ve finálním stavu \times ale v události srážky další protonů
- ▶ Řeší se požadavkem na žádné nabitě částice v 1mm okolí dimionového vertexu

Další selekce

- ▶ Malý úhel mezi miony - požadavek na $p_{T,||}$, nebo na $1 - |\Delta\phi|/\pi$
- ▶ Zbývá pík kolem hmotnosti Z bozonu, odstranění událostí s $70 < m_{||} < 105$ GeV

Po požadavku na izolaci a $p_{T,||}$



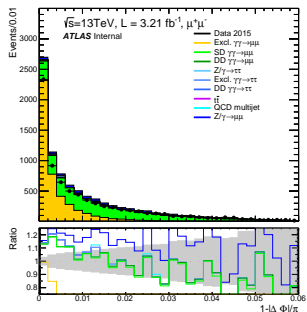
Extrakce faktoru přežití

Redukce pozadí:

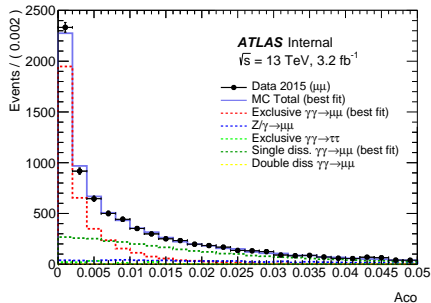
Selection	Data	Signal	S-diss.	D-diss.	$Z\gamma/\rightarrow\mu^+\mu^-$
Preselection	2355390	5956	8684	4408	1985540
1 mm veto	14555	4625	6851	184	3978
Z mass removed	12455	4533	6602	174	2127
$p_{t,\parallel} < 1.5$ GeV	7756	4470	3709	38	733

- ▶ Pořád výrazný podíl S-diss. složky, produkty disociace mimo kinematický rozsah detektoru, nedá se odlišit
- ▶ SD také potlačeno SF - určení pomocí fitu metodou maximální věrohodnosti about komponent na data

Výsledky



Před fitem



Fit

- ▶ Výsledky kompatibilní s předběžnou teoretickou hodnotou:

$$S^{\text{measured}} = 0.8404 + 0.0191 - 0.0189 \text{ (stat.)}, S^{\text{theory}} = 0.87 \pm 0.02 \text{ (theory)}$$

- ▶ Očekáváme zlepšení po aplikaci poslední korekce (tzv. trigger scale factor)






- ▶ Fotonové interakce - lze měřit ve srážkách ultrarelativistických nabitých částic
- ▶ Účinný průřez potlačen dalšími interakcemi a rozpadem protonů - faktor přežití
- ▶ Dá se měřit v produkci dileptonů
- ▶ První měření na 13 TeV, cesta k WW produkci, foton-fotonový rozptyl
- ▶ SF se určí fitem exkluzivní a single-disociační složky na data:

$$S^{measured} = 0.8404 + 0.0191 - 0.0189 \text{ (stat.)}$$

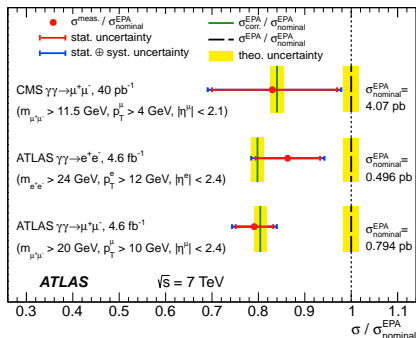
$$S^{theory} = 0.87 \pm 0.02 \text{ (theory)}$$

Děkuji za pozornost!

Reference

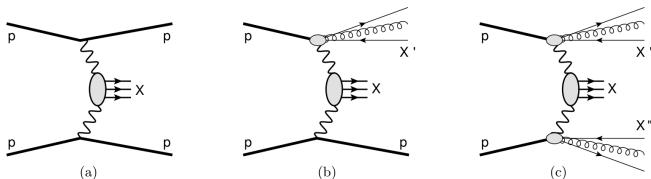
-  O. J. Pike, F. Mackenroth, E. G. Hill and S. J. Rose, “A photon–photon collider in a vacuum hohlraum,” *Nature Photon.* **8** (2014) 434–436. doi:10.1038/nphoton.2014.95
-  X. Ribeyre, M. Lobet, E. D’Humières, S. Jequier, V. T. Tikhonchuk and O. Jansen, “Pair creation in collision of γ -ray beams produced with high-intensity lasers,” *Phys. Rev. E* **93** (2016) no.1, 013201 doi:10.1103/PhysRevE.93.013201 [arXiv:1504.07868 [physics.ins-det]].
-  E. Fermi, “On the theory of collisions between atoms and electrically charged particles,” *Nuovo Cim.* **2** (1925) 143 doi:10.1007/BF02961914 [hep-th/0205086].
-  ATLAS Collaboration, Measurement of exclusive $\gamma\gamma \rightarrow l^+l^-$ production in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=7$ TeV with the ATLAS detector, *Phys.Lett. B* **749** (2015) 242-261
-  G. Aad *et al.* [ATLAS Collaboration], “Studies of the performance of the ATLAS detector using cosmic-ray muons,” *Eur. Phys. J. C* **71** (2011) 1593 [arXiv:1011.6665 [physics.ins-det]].

Výsledky ze 7 TeV



- ▶ Stejné měření pro 7 TeV na experimentech ATLAS a CMS
- ▶ ATLAS také e^+e^- měření
- ▶ Výsledky kompatibilní vzájemně a s teorií

- ▶ Disociace protonů - soft QCD, single and double disociační komponenta:



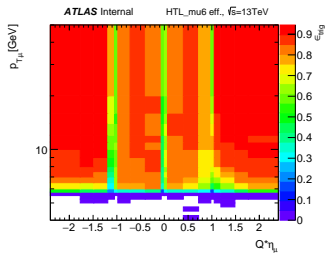
- ▶ Dis. komponenta dominuje dileptonovou produkci, je redukována selekcí
- ▶ Monte Carlo simulace (v tuto chvíli pouze pro $\mu^+\mu^-$):
 - ▶ Exclusive - Herwig++ (signal)
 - ▶ SDiss - LPair, významný pozadí (po exkluzivní selekci)
 - ▶ DDiss - Pythia 8 (obsahuje absorbativní efekty)
- ▶ Další pozadí:
 - ▶ Drell-Yan ($Z/\gamma \rightarrow \mu^+\mu^-$), významný pozadí (po preselekci)
 - ▶ Drell-Yan ($Z/\gamma \rightarrow \tau^+\tau^-$)
 - ▶ $t\bar{t} \rightarrow \mu^+\mu^-$
 - ▶ QCD Multijet (mis-identifikace $b\bar{b}$, $c\bar{c}$ jetů)

Data and triggerry

- ▶ 3.21 fb^{-1} dat (celý rok 2015) ve srovnání s 4.6 fb při 7 TeV
- ▶ HLT_2mu10 - základní dimionový trigger s vysokým p_T cutem
- ▶ Účinný průřez se zvyšuje s nižší $m_{ll} \implies$ dimionové triggerry s nízkým p_T cutem:
 - ▶ HLT_mu6_loose_mu6_11invm24_noos
 - ▶ HLT_mu6_loose_mu6_24invm60_noos
 - ▶ HLT_2mu6_10invm30_pt2_z10 - unrescaled
- ▶ Zvýšená statistika v regionu malých hmot v porovnání se 7 TeV
- ▶ Uvažujeme
 - ▶ HLT_2mu6_10invm30_pt2_z10 pro $12 < m < 30 \text{ GeV}$
 - ▶ HLT_2mu10 pro $m > 30 \text{ GeV}$

- ▶ RootCore framework
- ▶ AnalysisBase 2.4.5:
 - ▶ InDetTrackSelectionTool, TrackVertexAssociationTool, InDetTrackSmearingTool
 - ▶ Pileup reweighting tool
 - ▶ Muon efficiency correction, momentum scale/resolution correction
 - ▶ Muon isolation correction
 - ▶ Muon trigger efficiency correction (only for high-pt triggers)
- ▶ RooFit na Fitting
- ▶ Kobayashi Tool na určení Trigger efficiency

Efektivita triggeru



- ▶ Rozdíl mezi efektivitou triggeru v MC a datech
- ▶ Korekce (scale factor), nebyla dostupná pro low p_T triggeru
- ▶ Tag and Probe metoda - používá se rozp. produktů J/Ψ pro nízké p_T a Υ pro vysoké
- ▶ Nástroj od Dai Kobayashi, více informací: [here](#)
- ▶ SF ještě není aplikován

