



Štúdium asymetrie v produkcii b a \bar{b} kvarkov na experimente ATLAS

Barbora Eckerová

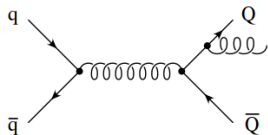
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky
Univerzita Komenského v Bratislave

24.5.2016

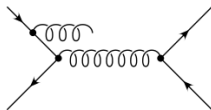
Asymetria pri protón-protónových zrážkach na LHC

- nábojová asymetria - rôzna pravdepodobnosť vzniku b kvarku v smere kvarku q alebo antikvarku \bar{q}
- na LHC - zrážky 2 protónov = nie sú bodové
- protón = prúd bodových častíc – partónov = kvarky a gluóny s rôznymi hybnosťami
- vznik $b\bar{b}$ páru:
 - $q + \bar{q} \rightarrow b + \bar{b}$ $q\bar{q}$ anihilácia
 - $g + g \rightarrow b + \bar{b}$ gluónová fúzia
 - $q + g \rightarrow b + \bar{b} + q$ kvark-gluónový rozptyl
- $q\bar{q}$ anihilácia - asymetrická vo vyšších rádoch poruchovej teórie
- gg fúzia - symetrická vo všetkých rádoch poruchovej QCD
- qg rozptyl - malý príspevok ku asymetrii

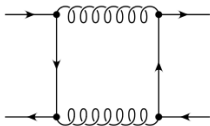
Pôvod asymetrie pri produkcii $b\bar{b}$ páru $q\bar{q}$ anihiláciou



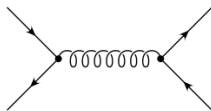
(a)



(b)



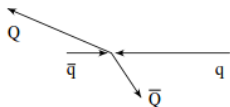
(c)



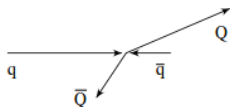
(d)

- interferenciou amplitúdy procesov s vyžiaréním gluónu v konečnom stave (a) a v počiatočnom stave (b), interferencia amplitúdy box diagramu (c) s amplitúdou Bornovho diagramu(d)

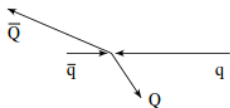
Možné priebehy vzniku Q a \bar{Q} pri $q\bar{q}$ anihilácii



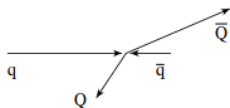
preferred (a)



preferred (c)



supressed (b)



supressed (d)

- Možné priebehy vzniku Q a \bar{Q} pri $q\bar{q}$ anihilácii: procesy (a),(c) sú uprednostňované, zatiaľ čo (b),(d) sú potlačené

Definícia nábojovej asymetrie

- $p\bar{p}$ zrážky (Tevatron)

$$\Delta y = y_b - y_{\bar{b}}$$

$$A_C = \frac{N(\Delta y > 0) - N(\Delta y < 0)}{N(\Delta y > 0) + N(\Delta y < 0)} \quad (1)$$

- pp zrážky (LHC)

$$\Delta|y| = |y_b| - |y_{\bar{b}}|$$

$$A_C = \frac{N(\Delta|y| > 0) - N(\Delta|y| < 0)}{N(\Delta|y| > 0) + N(\Delta|y| < 0)} \quad (2)$$

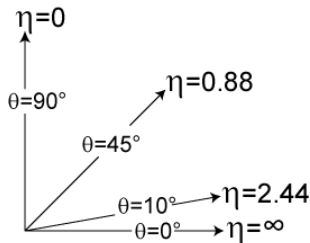
- kde y je rapidita: $y = \frac{1}{2} \ln \frac{E + p_z c}{E - p_z c}$

Simulácia zrážok na ATLASe

- generátory NLO Powheg+Pythia8
- zahrnuté $b\bar{b}$ eventy a nasimulovaná asymetria
- procesy na časticovej úrovni, energia zrážky $\sqrt{s} = 8$ TeV
- 3 vzorky:
 - $20 < p_T(\text{leading jet}) < 80$ GeV/c
 - $80 < p_T(\text{leading jet}) < 200$ GeV/c
 - $200 < p_T(\text{leading jet}) < 500$ GeV/c

Selekčné kritériá:

- $|\eta| < 2,5$
- $p_T > 20$ GeV/c
- $|\Delta\phi(\text{jet1}, \text{jet2})| > 2,0$ rad

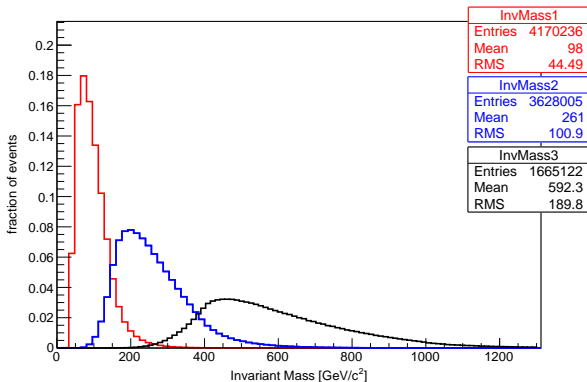


Počty $b\bar{b}$ párov pre jednotlivé vzorky

Po uplatnení selekčných kritérií a ďalších podmienok:

E_T [GeV]	počet eventov[%]	
	2 b jety	$b\bar{b}$ pár
$20 < E_T < 80$	65.63	59.07
$80 < E_T < 200$	76.45	68.81
$200 < E_T < 500$	84.51	75.99

Invariantná hmotnosť dijetového páru

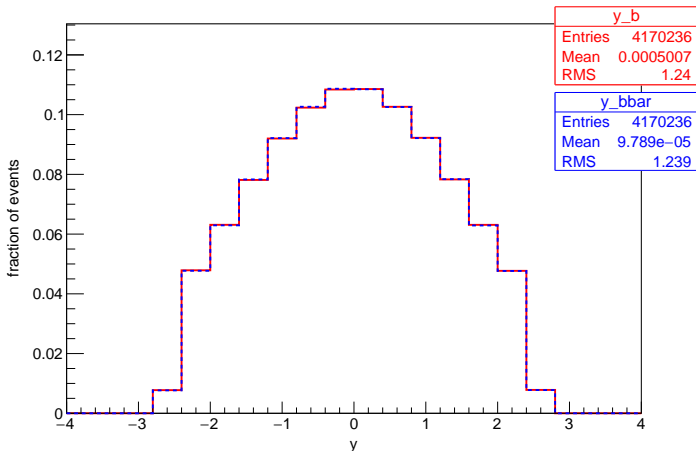


- predpoklad: nárast počtu $q\bar{q}$ anihilácie s invariantnou hmotnosťou
- definícia invariantnej hmotnosti:

$$M = \sqrt{(E_1 + E_2)^2 - |\vec{p}_1 + \vec{p}_2|^2} \quad (3)$$

Rapidita b a \bar{b} jetu

pre 1.vzorku: $20 < p_T < 80$ GeV/c



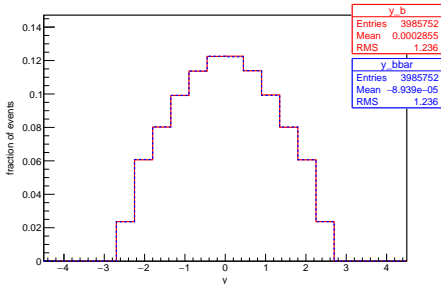
Mean = 0.0005 ± 0.0006

Mean = 0.0001 ± 0.0006

Rapidita b a \bar{b} jetu

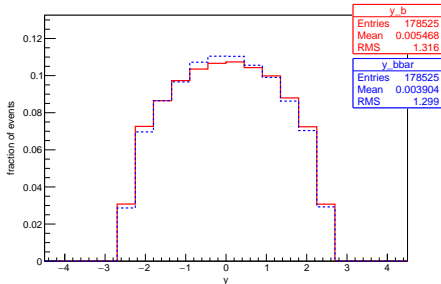
pre 1.vzorku: $20 < p_T < 80$ GeV/c

gluónová fúzia



Mean = 0.0003 ± 0.0006
Mean = -0.00009 ± 0.0006

$q\bar{q}$ anihilácia



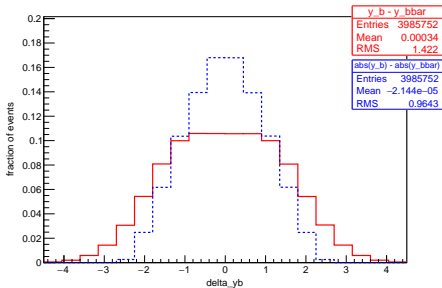
Mean = 0.005 ± 0.003
Mean = 0.004 ± 0.003

Rozdiel rapidít b a \bar{b} jetu

pre 1.vzorku: $20 < p_T < 80$ GeV/c

$$\text{—} \Delta y = y_b - y_{\bar{b}}$$
$$\text{—} \Delta|y| = |y_b| - |y_{\bar{b}}|$$

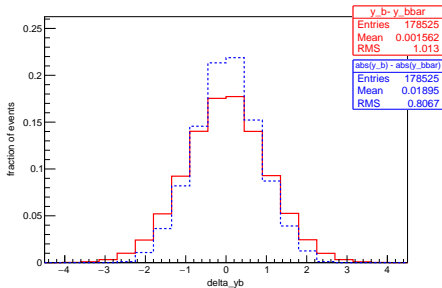
gluónová fúzia



Mean = 0.0003 ± 0.0007

Mean = -0.00002 ± 0.0005

q \bar{q} anihilácia



Mean = 0.0016 ± 0.0024

Mean = 0.0190 ± 0.0019

Výsledky

Nábojová asymetria:

$$A_C = \frac{N(\Delta|y| > 0) - N(\Delta|y| < 0)}{N(\Delta|y| > 0) + N(\Delta|y| < 0)} 100 [\%] \quad (4)$$

E_T [GeV]	počet eventov[%]		
	$q\bar{q}$	celá vzorka	$N_{q\bar{q}}/N_C$ [%]
$20 < E_T < 80$	$2,18 \pm 0,24$	$0,09 \pm 0,05$	4,3
$80 < E_T < 200$	$2,07 \pm 0,17$	$0,26 \pm 0,05$	9,1
$200 < E_T < 500$	$2,12 \pm 0,17$	$0,46 \pm 0,08$	21,3

Záver

Potvrdili sme

- existenciu asymetrie pri produkcii $b\bar{b}$ kvarkov
 - pre $q\bar{q}$ anihiláciu zhruba 2%
 - pre celú vzorku najväčšia hodnota 0.5%
- nárast asymetrie so zvyšujúcou sa invariantnou hmotnosťou
- nárast $q\bar{q}$ anihilácie so zvyšujúcou sa invariantnou hmotnosťou