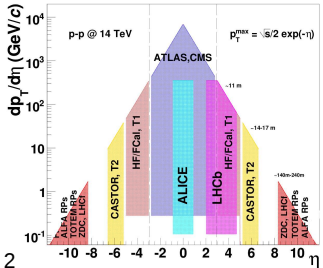
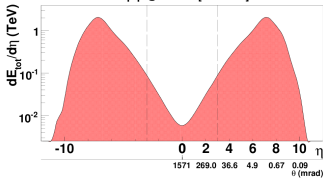
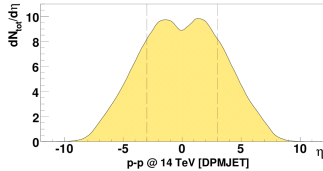


Fizyka do przodu w zderzeniach proton-proton

Leszek Adamczyk (KOiDC WFiS AGH)

Seminarium WFiS March 9, 2018

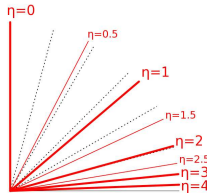
Fizyka do przodu w oddziaływaniach proton-proton



Fizyka do przodu:
procesy dla których obszar małych
kątów rozpraszania jest istotny

- $p_T = \sqrt{p_x^2 + p_y^2}$

- $y = \frac{1}{2} \ln\left(\frac{E+p_z}{E-p_z}\right) \approx \eta = -\ln[\text{tg}(\frac{\theta}{2})]$



Dla $\sqrt{s} = 2E_{\text{beam}} = 14$ TeV (200 GeV)

- $y_{\text{beam}} = 9.5(5.3)$

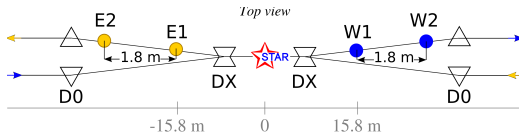
- Fizyka do przodu: $|\eta| > 3(1.5)$

- Dzisiejsze seminarium: $|\eta| > 8(4)$

Detektory cząstek rozproszonych po kątach ≈ 0

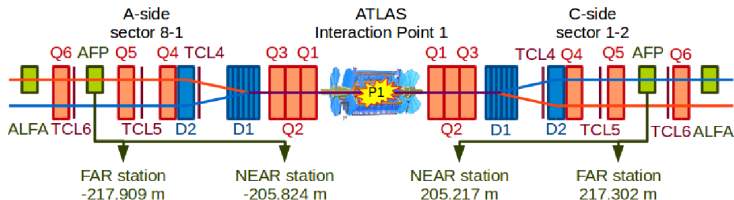
● STAR (RHIC)

- cząstki neutralne: $n, \gamma(\pi^0)$ - ZDC, RHICf
- protony : STAR RP (Roman Pots - garnki rzymksie (RP))

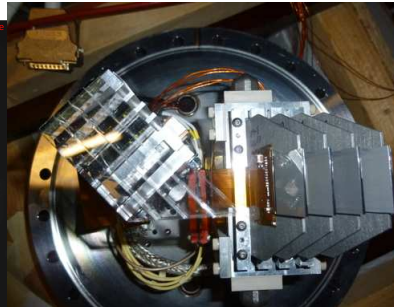
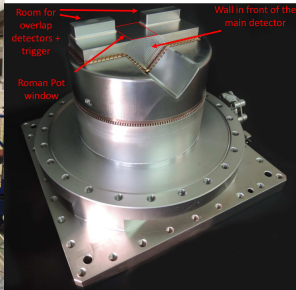
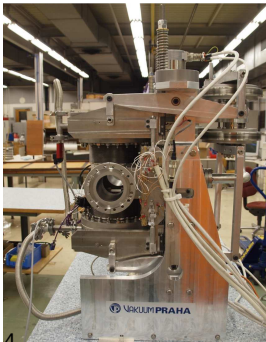
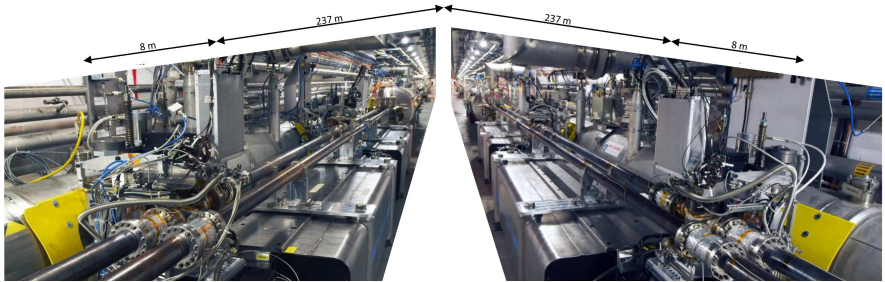


● ATLAS (LHC)

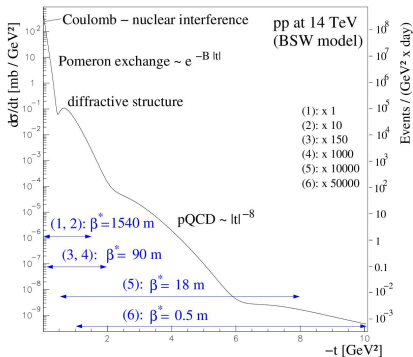
- cząstki neutralne: $n, \gamma(\pi^0)$ - ZDC, LHCf
- protony : ATLAS RP
 - ALFA (Absolute Luminosity for ATLAS)
 - AFP (ATLAS Forward Proton)



Garnki rzymskie



Rozpraszanie elastyczne



$$-t = (E_{beam}\theta)^2$$

$$p + p \rightarrow p + p$$

$$\bullet \sigma_X \cdot \sigma_{\theta_X} = const.$$

$$\bullet \sigma_X / \sigma_{\theta_X} = \beta^*$$

$$\sigma_{\theta_X} \ll \theta, \quad L \propto 1/\sigma_X^2$$

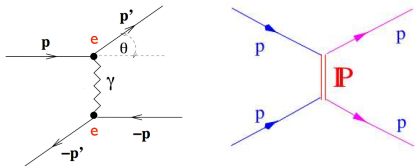
Twierdzenie optyczne:

$$\sigma_{tot} = 4\pi \operatorname{Im}(f_{el})|_{t \rightarrow 0}$$

$$\sigma_{tot}^2 = \frac{1}{L} \frac{16\pi}{1 + \rho^2} \frac{dN_{el}}{dt} \Big|_{t \rightarrow 0}$$

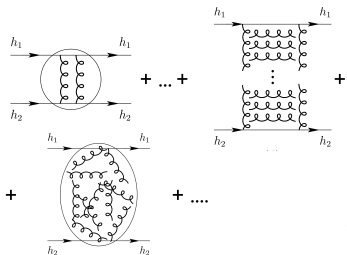
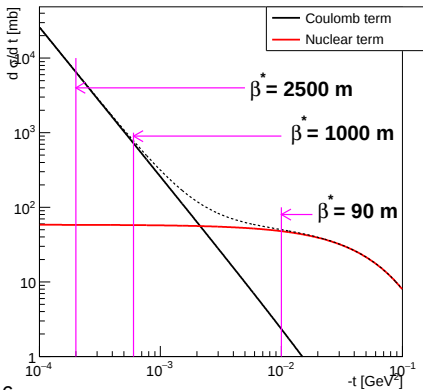
$$\text{gdzie } \rho = \frac{\operatorname{Re}(f_{el})}{\operatorname{Im}(f_{el})} \Big|_{t \rightarrow 0}$$

Rozpraszanie elastyczne: Pomeron

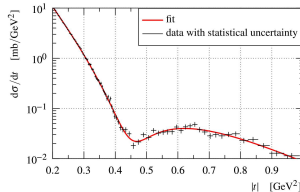
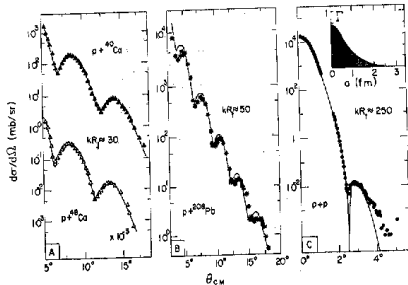


Wymiana Pomeronu = Wymiana obiektu o liczbach kwantowych próżni

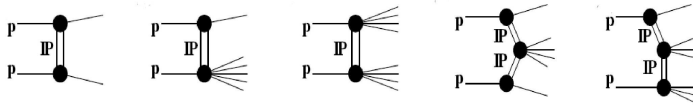
QCD:



Oddziaływania dyfrakcyjne hadronów



Wymiana Pomeronu = Oddziaływanie dyfrakcyjne hadronów



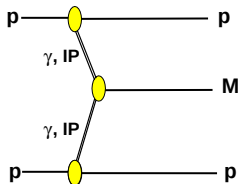
Pomiar protonów do przodu:

$$\xi = (E_{beam} - E')/E_{beam}$$

• jednoznaczna identyfikacja dyfrakcji (pojedynczej (**SD**) i centralnej (**CD**))

• **SD** : $M_X^2 = \xi \cdot s$ **CD** : $M_X^2 = \xi_1 \xi_2 \cdot s$ $y_X = \log(\xi_1/\xi_2)$

Ekskluzywna centralna produkcja



Central Exclusive Production (CEP):

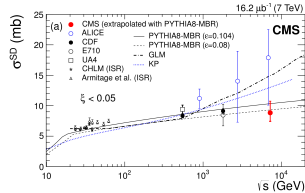
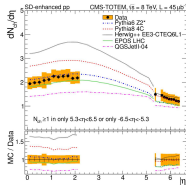
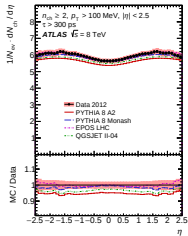
$$p + p \rightarrow p \text{ gap } M \text{ gap } p$$

- $IPIP \rightarrow$ hadrony
- $\gamma\gamma \rightarrow I^+I^-, \gamma\gamma, W^+W^-$
- $\gamma IP \rightarrow$ mezony wektorowe

Pomiar protonów do przodu:

- Zapewnia najlepszą z możliwych selekcję przypadków ekskluzywnych.
- Pomiar przekrojów czynnych w funkcji zmiennych kinemtycznych protonu, korelacji kątowych.

Inkluzywna dyfrakcja: SD i CD

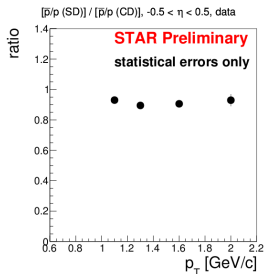
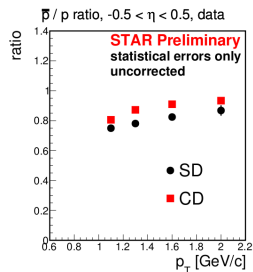
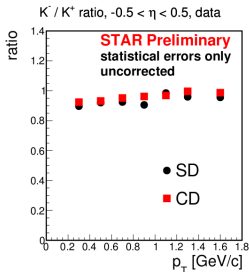
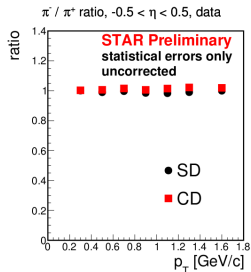


Biegające analizy w STAR i ATLAS dotyczące ogólnej charakterystyki procesów dyfrakcyjnych:

- pomiar różniczkowych przekroji czynnych w funkcji $-\ln t, \xi$
- krotności cząstek naładowanych ich rozkładów η i p_T
- rozkładów η i p_T cząstek identyfikowanych: $\pi^+, \pi^-, K^+, K^-, p, \bar{p}$
- rozkładów η i p_T neutralnych cząstek dziwnych: $K_0, \Lambda, \bar{\Lambda}$

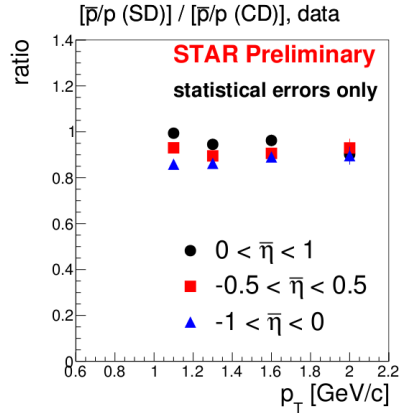
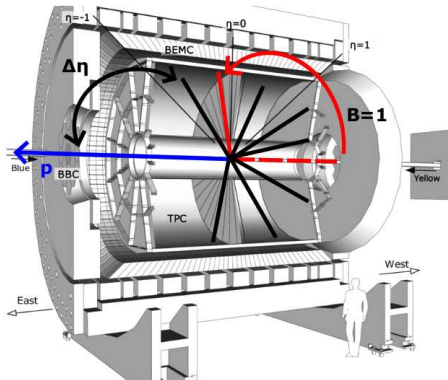
Wyniki można będzie wykorzystać do justowania generatorów MC wykorzystywanych przy analizach zderzeń przy dużych świetlnościach, interpretacji astrofizycznych kaskad atmosferycznych.

Inkluzywna dyfrakcja: SD i CD



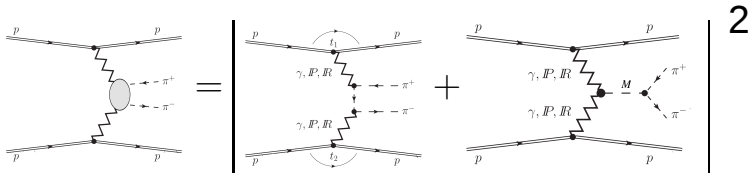
- SD: $IP + p \rightarrow X$
- CD: $IP + IP \rightarrow X$

Transfer liczby barionowej



Centralna ekskluzywna produkcja par $\pi^+\pi^-$, K^+K^- , $\rho\bar{\rho}$, $\rho_0\rho_0$

$$p + p \rightarrow p + \pi^+ + \pi^- + p$$

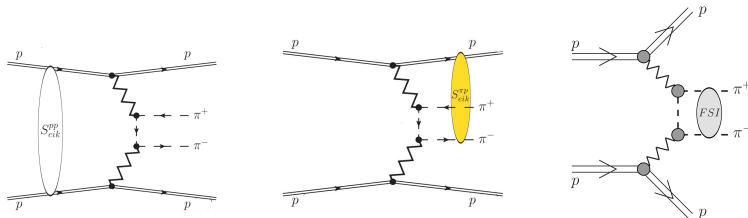


$M = f_0(500), \rho, f_0(980), f_2(1270), f_0(1500), \dots$

- Protony mierzone w detektorach do przodu ($-t \gg 0$): **stłumiona fotoprodukcja**
- Proces **zdominowany przez podwójną wymianę Pomeronu** (DPE)
- Proces umożliwia poszukiwanie między innymi **glueball'i** (stanów związanych gluonów)
 - Kandydaci na glueball'a : obserwowane rezonanse $f_0(1500, 1700)$
 - Potrzebne pomiary prawdopodobieństw rozpadów na różne stany końcowe:
 $\pi^+\pi^-, K^+, K^-, \rho\rho$

Centralna ekskluzywna produkcja par $\pi^+\pi^-$, K^+K^- , $p\bar{p}$, $\rho_0\rho_0$

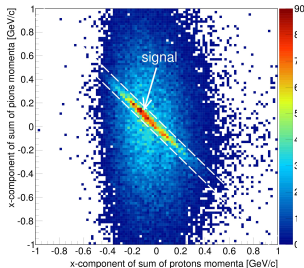
Przewidywania dodatkowo zaburzone ze względu na efekty absorpcyjne:



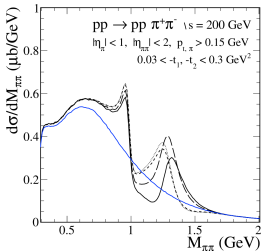
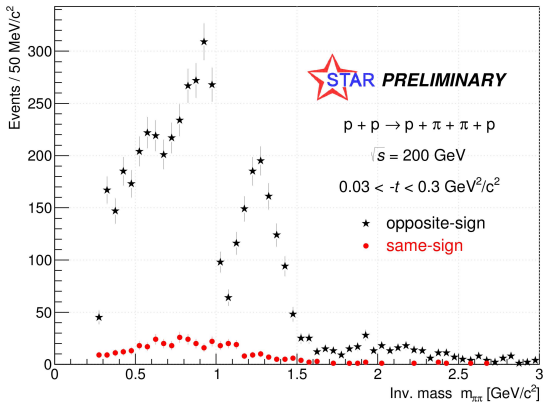
Biegające analizy STAR i ATLAS:

- pomiary szeregu różniczkowych przekroi czynnych w celu:
 - testowanie natury Pomeronu i jego sprzężeń z hadronami
 - lepsze zrozumienie efektów absorpcyjnych (istotne dla zrozumienia absorpcji w bardziej złożonych procesach)
- Analiza szeregu stanów końcowych

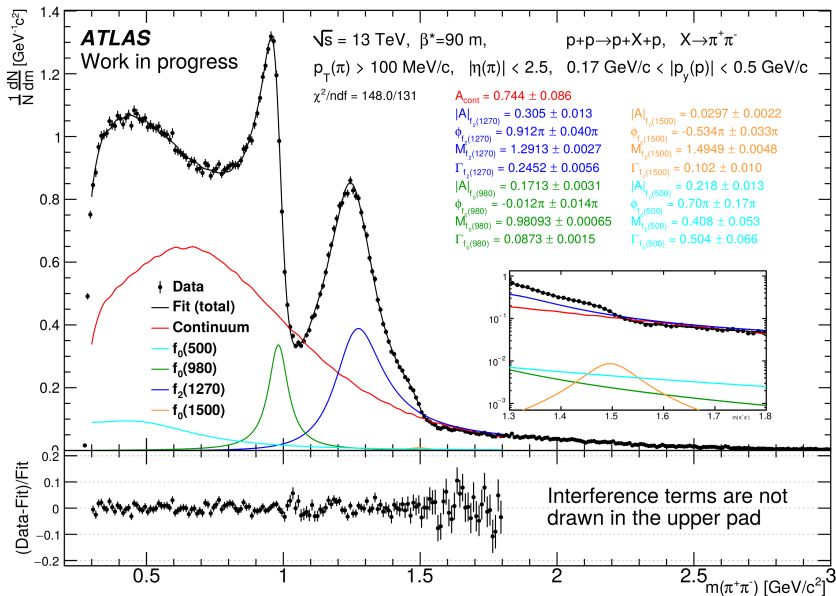
Centralna ekskluzywna produkcja par $\pi^+\pi^-$: STAR



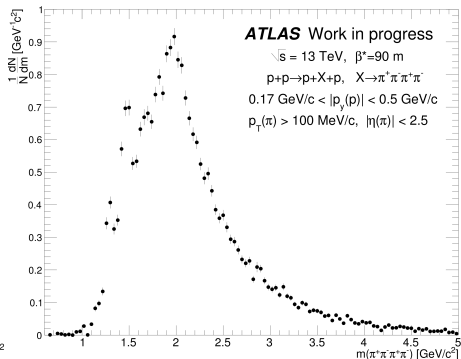
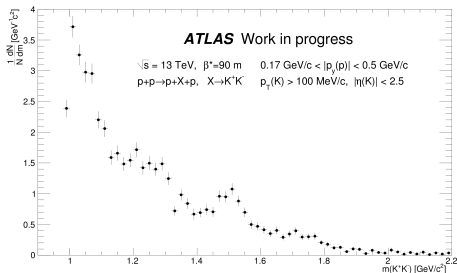
Invariant mass of $\pi\pi$, $p_T^{\text{miss}} < 0.1$ GeV/c, not acceptance-corrected, statistical errors only



Centralna ekskluzywna produkcja par $\pi^+\pi^-$: ATLAS



Centralna ekskluzywna produkcja par K^+K^- , $\pi^+\pi^-\pi^+\pi^-$: ATLAS



- Planujemy w tym roku opublikować wyniki:
 - dwóch analiz w eksperymencie STAR
 - dwóch analiz w eksperymencie ATLAS
- Chcemy skierować kolejne dwie publikacje do akceptacji eksperymentu ATLAS
- Dane zebrane w eksperymencie STAR przy energii $\sqrt{s} = 500$ GeV czekają na rekonstrukcję i będą analizowane po zakończeniu bieżących analiz.
- Planujemy zbieranie nowych danych w tym roku z detektorem ALFA w specjalnych warunkach $\beta^* = 90$ m
- Na bieżąco zbieramy i analizujemy dane z detektora AFP.