



Badanie oddziaływań ciężkich jonów



***Krzysztof Woźniak, IFJ PAN, Krakow
for the ATLAS Collaboration***

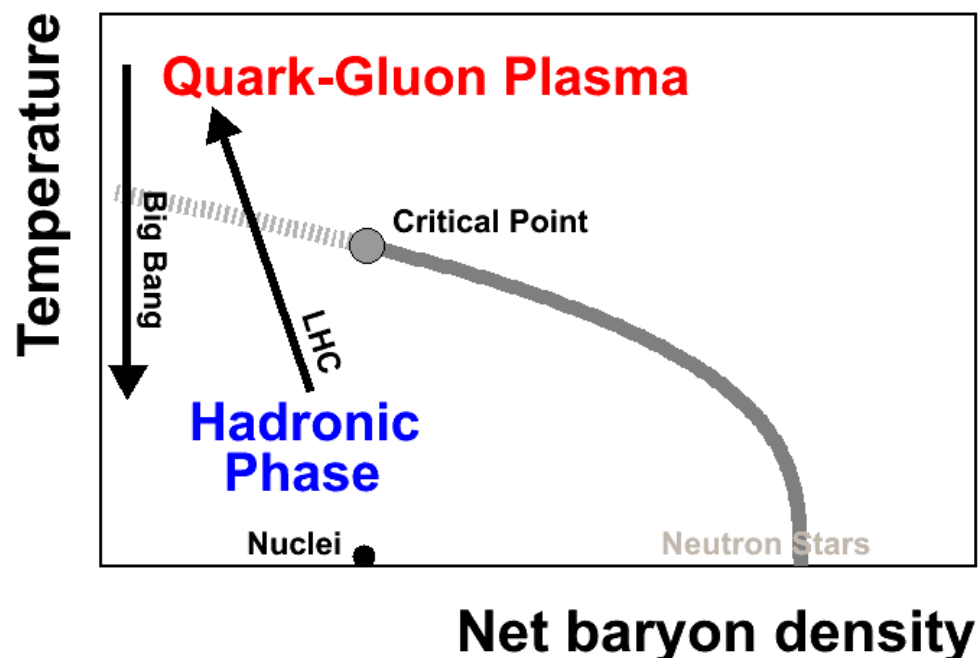
Zderzenia ciężkich jąder

Silnie oddziałująca plazma kwarkowo-gluonowa (sQGP - strongly interacting Quark-Gluon Plasma)

- Wyzwolona w zderzeniu energia jest skoncentrowana w małej objętości i wielokrotnie przekracza gęstość energii w hadronach:

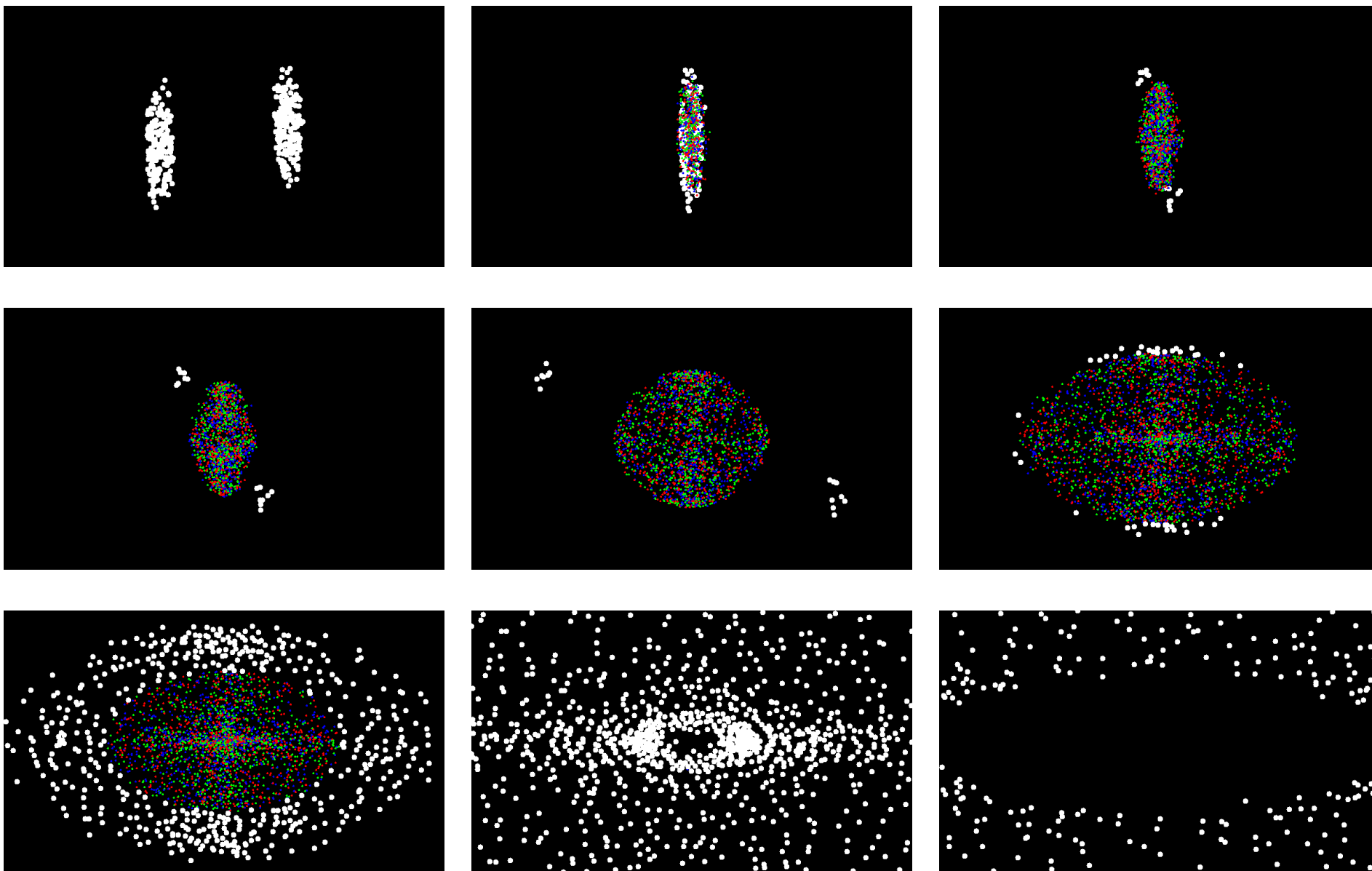
- $\sim 0.15 \text{ GeV/fm}^3$ w jądrze atomowym
- $\sim 0.5 \text{ GeV/fm}^3$ w protonie
- $\sim 5 \text{ GeV/fm}^3$ dla centralnych zderzeń Au+Au w RHIC
- $\sim 15 \text{ GeV/fm}^3$ dla centralnych zderzeń Pb+Pb w LHC

- Temperatura $\sim 100\,000$ razy większa niż w środku Słońca
- Obserwowane jest pochłanianie partonów o wysokich pędach poprzecznych
- Obserwowane są efekty kolektywne, wskazujące na silne oddziaływania w wytworzonym systemie

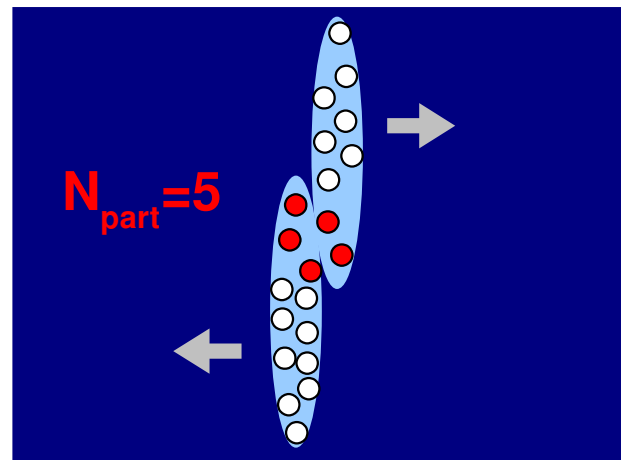
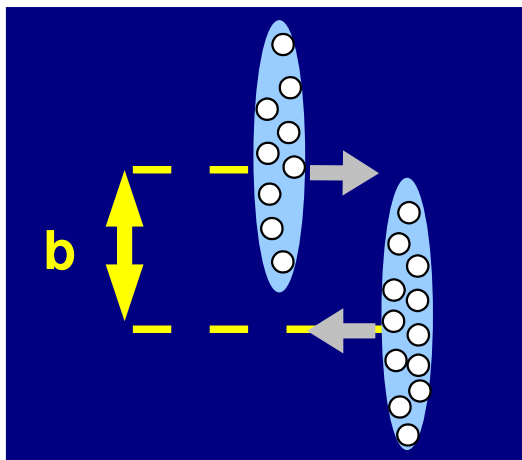


Zderzenia ciężkich jąder

Widok z boku



Zderzenia ciężkich jąder

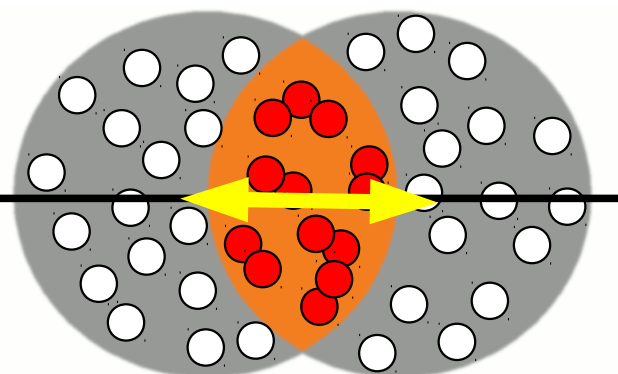


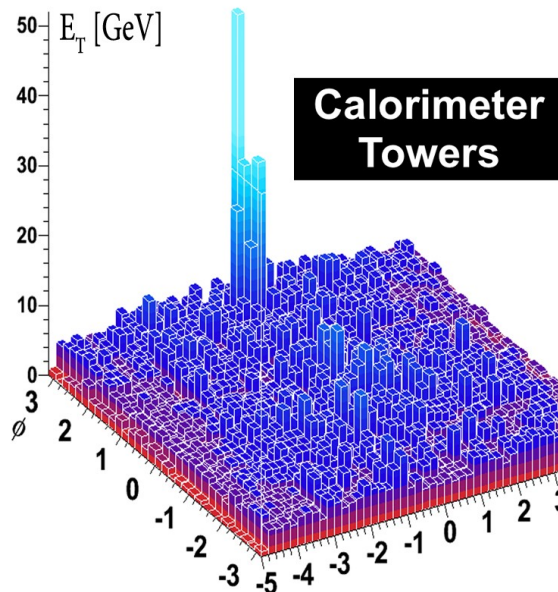
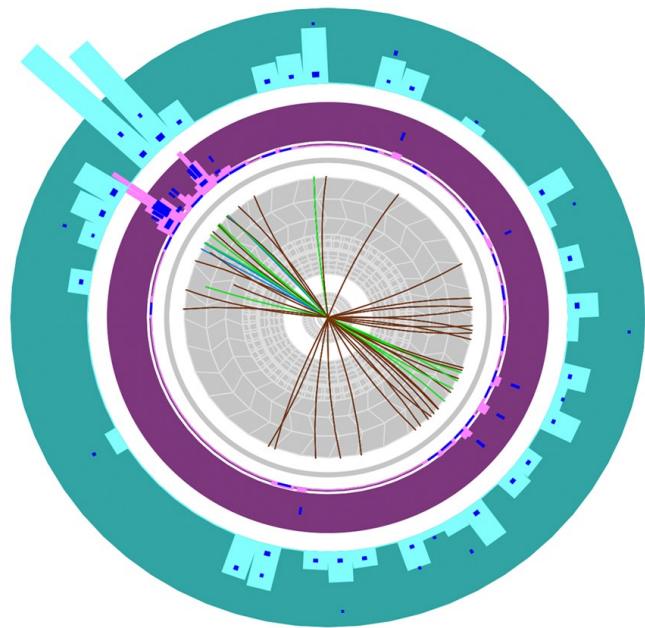
Widok z boku

Parametry opisujące centralność zderzenia:

- b - geometryczny parametr zderzenia
- N_{part} - liczba nukleonów uczestniczących w zderzeniu
- N_{coll} - liczba zderzeń nukleon-nukleon

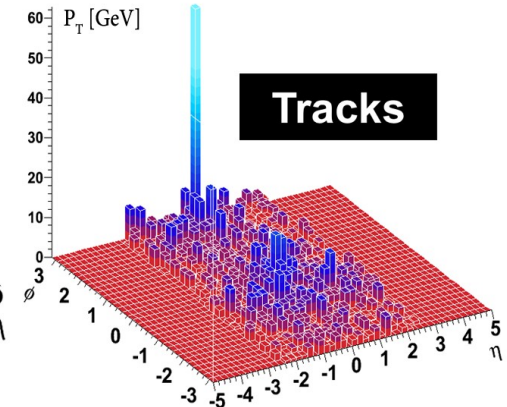
Płaszczyzna zderzenia





ATLAS

Run: 169045
Event: 1914004
Date: 2010-11-12
Time: 04:11:44 CET



Już w pierwszych pomiarach zaobserwowane zostało pochłanianie jednego z dwu dżetów powstających w twardych oddziaływaniach partonów (tj. kwarków lub gluonów z nukleonów)

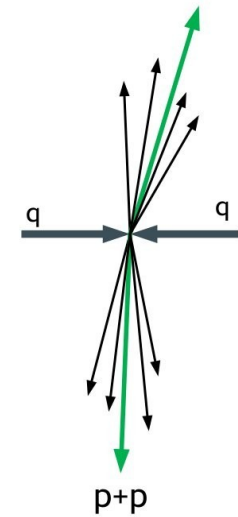
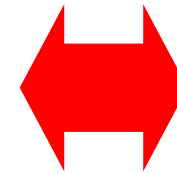
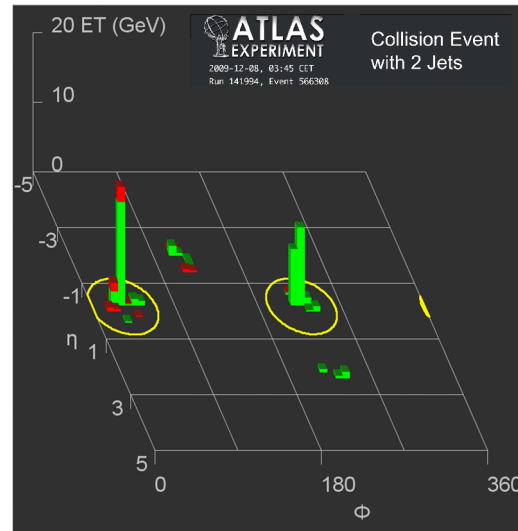
♦ asymetria pary dżetów

$$A_J = \frac{E_{T1} - E_{T2}}{E_{T1} + E_{T2}}$$

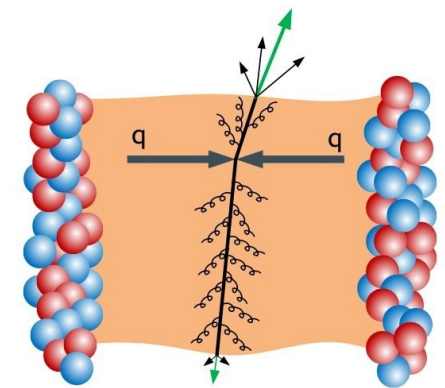
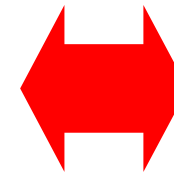
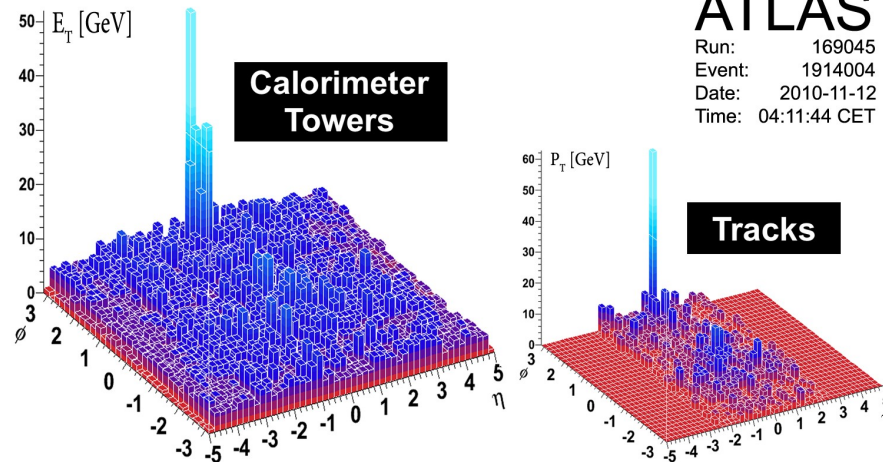
Phys.Rev.Lett. 105 (2010) 252303.
ATLAS-CONF-2011-075.

Pochłanianie dżetów

p+p



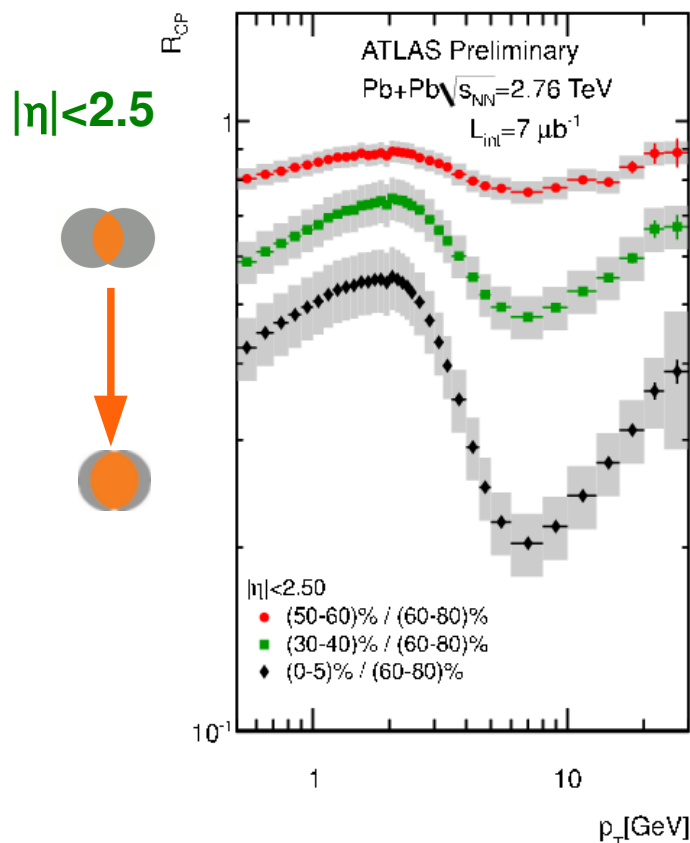
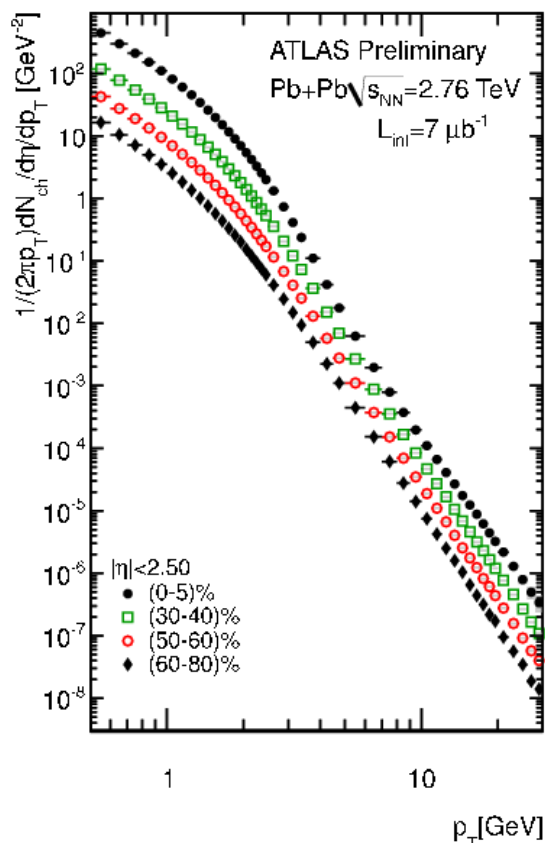
Pb+Pb



A+A

Pochłanianie cząstek o wysokich pędach

Rozkład p_T cząstek

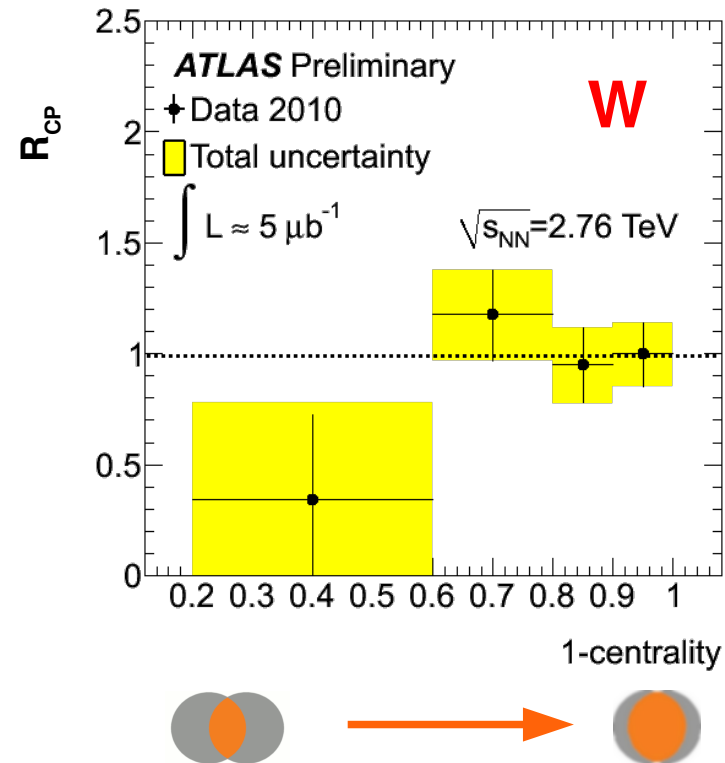
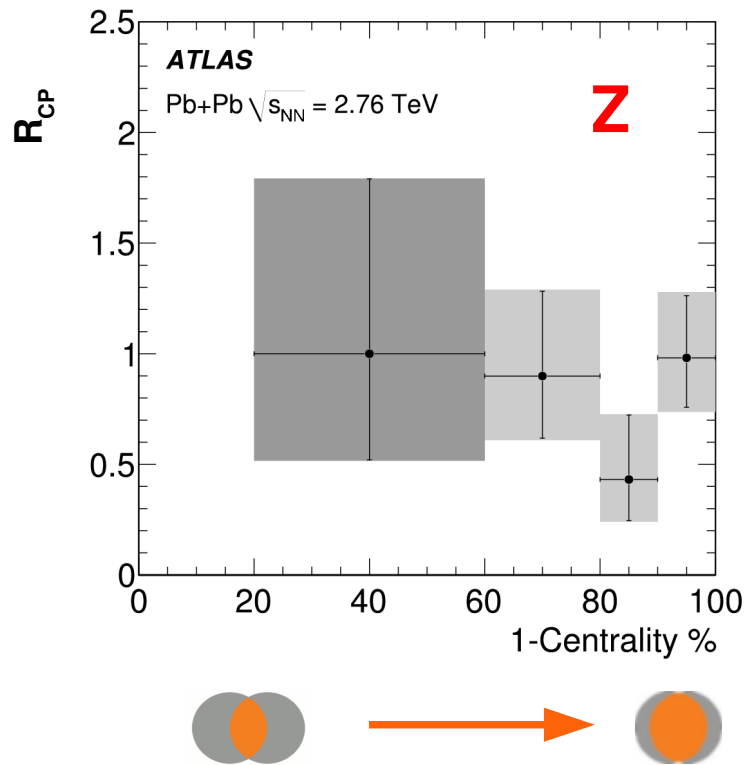


$$R_{CP} = \frac{\frac{1}{N_{coll}^{centr}} \frac{1}{N_{ev}^{centr}} \frac{d^2 N^{centr}}{d\eta dp_T}}{\frac{1}{N_{coll}^{60-80\%}} \frac{1}{N_{ev}^{60-80\%}} \frac{d^2 N^{60-80\%}}{d\eta dp_T}}$$

Liczba cząstek w zderzeniach Pb+Pb na znormalizowana na jedno zderzenie i

- dla $p_T = 7$ GeV jest 5 razy mniejsza w zderzeniach centralnych niż w peryferycznych
- różnica ta maleje dla większych p_T , ale jedynie do czynnika 2

Brak pochłaniania bozonów oddziałujących słabo

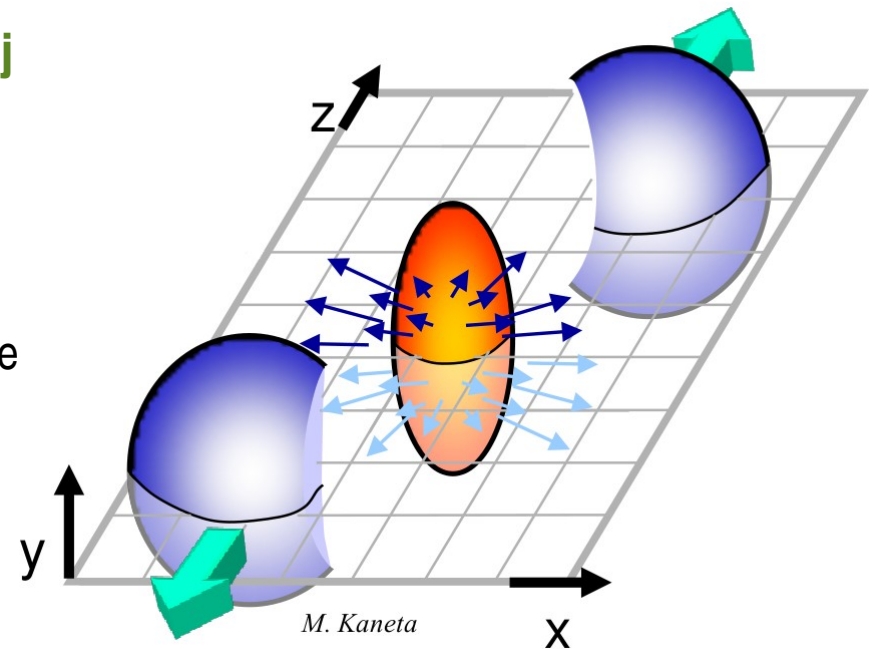


➤ Dla bozonów Z i W nie widać efektów pochłaniania

Efekty kolektywne

Obszar przekrywania się jąder w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku ich lotu ma zazwyczaj kształt migdała, co powoduje, że:

- gradient ciśnienia między środkiem obszaru a jego brzegiem jest większy na krótszej odległości (czyli w płaszczyźnie zderzenia)
- powstające cząstki uzyskują większy pęd w płaszczyźnie zderzenia, niż w kierunku prostopadłym
- **więcej cząstek jest więc obserwowanych w płaszczyźnie zderzenia**



O efektach zwanych wplywem eliptycznym można mówić jedynie wtedy, gdy słuszne jest opisywanie materii powstałej w zderzeniu jąder w kategoriach termodynamicznych i hydrodynamicznych.

Materia jest silnie oddziałująca i przypomina ciecz, o najniższej obserwowanej w przyrodzie lepkości

Obszar przekrywania się jąder może mieć bardziej skomplikowany kształt, opisywany jako złożenie:

- ♦ elipsy
- ♦ trójkąta
- ♦ kwadratu
- ♦ ...

