

# Wstęp do fizyki cząstek

zestaw 9 i 10

13.04.2016. środa, godz. 16:00 (punktualnie!)

sala F-2-04

1. Dla przypadku zderzenia elastycznego dwóch identycznych cząstek wyrazić zmienne Mandelstamma  $s$ ,  $t$  i  $u$  przez moduł pędu w środku masy i kąt rozproszenia.
2. Dla cząstki poruszającej się z prędkościami relatywistycznymi wyrazić pęd cząstki  $\vec{p}$  i jej energię  $E$  przez masę i prędkość. Udowodnić wzór z wykładu:

$$\frac{\vec{p}}{E} = \frac{\vec{v}}{c^2}.$$

3. W eksperymentach, w których zderzamy cząstki nadlatujące z przeciwnych kierunków (np. LHC), wygodnie jest wprowadzić zmienne odzwierciedlające geometrię zderzenia. Wybieramy jako oś  $z$ , oś skierowaną wzdłuż kierunku pędu przeciwbieżnych wiązek. Dla cząstek wyprodukowanych w wyniku zderzenia rozkładamy pęd na pęd podłużny równoległy do osi  $z$  i pęd poprzeczny  $p_{\perp} = \sqrt{p_x^2 + p_y^2}$ . Często zamiast pędu podłużnego wprowadza pośpieszność (rapidity)  $y$  zdefiniowaną jako

$$y = \ln \frac{E + p_z}{E - p_z}.$$

Jak zmienia się  $y$  w wyniku transformacji Lorentza (boost) wzdłuż osi  $z$ ?

4. Aby obliczyć pośpieszność cząstki ze znajomości jej pędu potrzebna jest znajomość masy. Jednak w wielu przypadkach obserwuje się cząstki niezidentyfikowane (znamy tylko ich ładunek). W takim przypadku definiuje się zmienną zwaną pseudorapidity  $\eta$ :

$$\eta = -\ln \left( \tan \frac{\theta}{2} \right),$$

gdzie  $\theta$  jest kątem między pędem cząstki a osią  $z$ . Pokazać, że w granicy wysokich energii, kiedy można zaniedbać masy  $y \simeq \eta$ . Dla przypadku kiedy nie można zaniedbać masy cząstki, wyprowadzić związek między rapidity a pseudorapidity  $y = f(\eta, p_{\perp})$ . Jak widać związek ten zależy od pędu poprzecznego cząstki.

Doświadczalnie bardzo często mierzymy rozkłady kątowe  $dN/d\eta$  (tj. liczbę cząstek  $N$  o określonym pseudorapidity  $\eta$ ). Jednak z teorii często wyprowadzamy wzory na analogiczne rozkłady w rapidity  $y$ . Związek pomiędzy tymi rozkładami ma postać:

$$\frac{dN}{d\eta} = \frac{dy}{d\eta} \frac{dN}{dy}.$$

Obliczyć Jacobian  $h(\eta) = dy/d\eta$ . Wykreślić  $h(\eta)$  dla cząstki  $\pi$  i dla protonu dla kilku wybranych wartości pędu poprzecznego: 100 MeV/c, 1 GeV/c oraz 10 GeV/c. Uwaga, przy robieniu wykresów należy zadbać o poprawne jednostki.

[http://th-www.if.uj.edu.pl/~michal/wfc\\_2016/](http://th-www.if.uj.edu.pl/~michal/wfc_2016/)