

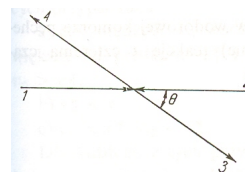
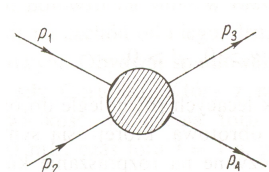
Zestaw 5 / Szczególna Teoria Względności

1. Cząstka o masie m poruszająca się z prędkością v rozpada się na trzy fotony, z których jeden porusza się w kierunku do przodu, a dwa pozostałe pod kątami $2\pi/3$ względem pierwszego (w układzie laboratoryjnym). Ile wynoszą energie tych trzech fotonów?
2. Cząstka o masie m poruszająca się w kierunku północnwschodnim z prędkością $u_1 = 4c/5$ zderza się z fotonem poruszającym się w kierunku południowwschodnim. W wyniku zderzenia powstaje jedna cząstka o masie M poruszająca się w kierunku wschodnim. Znajdź energię fotonu, masę M oraz prędkość masy M .
3. W fizyce cząstek elementarnych do opisu reakcji typu $1 + 2 \rightarrow 3 + 4$ przedstawionej na rysunku (lewy rysunek poniżej), stosuje się następujące niezmienniki relatywistyczne (p_1, p_2, p_3, p_4 to czteropędy cząstek):

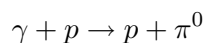
$$s = (p_1 + p_2)^2 \quad t = (p_1 - p_3)^2 \quad u = (p_1 - p_4)^2$$

Tylko dwie spośród tych zmiennych są niezależne. (a) Pokaż, że $s + t + u = m_1^2 + m_2^2 + m_3^2 + m_4^2$. (b) Pokaż, że powyższe definicje są równoważne następującym definicjom:

$$s = (p_3 + p_4)^2 \quad t = (p_2 - p_4)^2 \quad u = (p_2 - p_3)^2$$



4. Wyraż przez niezmiennik s następujące wielkości: (a) energię całkowitą cząstek 1 i 2 w układzie środka masy (CMS), (b) energię i pęd cząstki 1 w układzie spoczynkowym cząstki 2, (c) prędkość cząstki 1 w tym układzie, (d) pęd i energię cząstek 1 i 2 w układzie CMS.
5. Rysunek (prawy rysunek powyżej) przedstawia reakcję $1 + 2 \rightarrow 3 + 4$ w układzie środka masy. (a) Wyraż kąt rozproszenia θ przez niezmienniki s i t . (b) Znajdź ograniczenie na zmienną t w przypadku gdy zderzenie jest elastyczne.
6. Jaki związek muszą spełniać energie kinetyczne w układzie laboratoryjnym (LAB) dwu zderzających się cząstek, aby układ LAB był jednocześnie układem CMS?
7. Rozważmy następującą reakcję:



Masa protonu $m_p = 938$ MeV, masa pionu $m_\pi = 135$ MeV. (a) Zakładając, że początkowy proton znajduje się w spoczynku w LAB, znajdź energię progową fotonu przy której powyższa reakcja może zajść. (b) Kosmiczne promieniowanie mikrofalowe składa się z fotonów o średniej energii około $E_\gamma = 10^{-3}$ eV. Znajdź minimalną energię protonów która jest konieczna aby powyższa reakcja fotoprodukcji pionów mogła zachodzić.