

**Zadanie 1.**

Wyprowadzić wzory na transformację Lorenzta  $(x, t) \rightarrow (x', t')$  przekształcając wzory na obrót hiperboliczny o kąt  $\psi$ . Porównać rachunek ze zwykłym płaskim obrotem w przestrzeni euklidesowej.

*Wskazówka:*

$$\operatorname{tgh} \psi = \frac{v}{c}, \quad \cosh^2 \psi - \sinh^2 \psi = 1.$$

**Zadanie 2.**

Z rakiety poruszającej się względem pewnego układu A z prędkością  $c/3$  wystrzelono drugą, poruszającą się względem niej z prędkością  $c/3$ , a z tej drugiej pocisk również z prędkością  $c/3$ . Jaka jest prędkość pocisku względem układu A.

**Zadanie 3.**

Znaleźć energię (zerowa składowa czteropędu) fotonu poruszającego się w kierunku osi  $y$  oraz fotonu poruszającego się w kierunku  $x$  w układzie poruszającym się z prędkością  $v$  w kierunku osi  $x$ . Osie  $x$  i  $y$  są prostopadłe.

**Zadanie 4.**

Składamy 10-krotnie prędkość  $v = c/10$ . Jaka jest prędkość wypadkowa? Podać wartość numeryczną.

**Zadanie 5.**

Jeden proton spoczywa, a drugi zbliża się do niego z nieskończoności z energią początkową  $E_0$ . Protony zbliżają się i po osiągnięciu odległości najmniejszego zbliżenia oddalają się od siebie. Znaleźć kąt względny pomiędzy kierunkami prędkości protonów gdy oddalą się one do nieskończoności. Rozważyć osobno opis nierelatywistyczny i relatywistyczny.