

## Wstęp do Modelu Standardowego – zadania

1. Wyprowadź zależności transformujące prędkość ciała w dwóch układach inercjalnych poruszających się względem siebie z prędkością  $\vec{V} = (V, 0, 0)$ . Następnie użyj ich do rozwiązania zadania:

Rakieta poruszająca się względem Ziemi z prędkością  $0.8c$  wystrzeliwuje w kierunku swego ruchu:

- i) pocisk z prędkością  $0.6c$ ,
- ii) wiązkę światła laserowego z prędkością  $c$  względem rakiety.

Jaka jest prędkość pocisku i wiązki światła lasera względem Ziemi?

2. Proszę zrobić transformację Lorentza czterowektora  $X$  do układu poruszającego się z prędkością  $\vec{V} = (V, 0, 0)$  i policzyć iloczyn skalarny dwóch czterowektorów  $X$  i  $Y$  w obu układach. W ten sposób pokazać, że iloczyn skalarny jest niezmiennikiem transformacji Lorentza.
3. W jaki sposób transformują się pochodne czterowektorów  $\partial_\mu \equiv \frac{\partial}{\partial x^\mu} = \left( \frac{\partial}{\partial x^0}, \frac{\partial}{\partial x} \right)$  oraz  $\partial^\mu \equiv \frac{\partial}{\partial x_\mu} = \left( \frac{\partial}{\partial x_0}, -\frac{\partial}{\partial x} \right)$ , jako wektory ko- czy kontrawariantne?
4. Policzyć  $\det(\Lambda^T \Lambda)$ , gdzie  $\Lambda$  to macierz transformacji Lorentza.
5. Naładowany pion rozpada się na mion i neutrino mionowe. Korzystając z czeropędów, policz energię i pęd produktów rozpadu. Jakiej mają energie kinetyczne?
6. Tensor pola elektromagnetycznego zdefiniowany jest jako:  $F^{\mu\nu} = \partial^\mu A^\nu - \partial^\nu A^\mu$ . Proszę napisać macierz z elementami tego tensora.