

# Ćwiczenia I

# Fizyka cząstek elementarnych

## Jednostki

energia relatywistycznej cząstki  $E = \sqrt{m^2 c^4 + \mathbf{p}^2 c^2}$

prędkość światła  $c = 3 \cdot 10^{10}$  cm/s

jednostki naturalne  $c = 1$

energii, masy i pędy wrażamy w jednostkach energii eV, keV, MeV, GeV, TeV

długości wyrażamy w femtometrach  $\text{fm} = 10^{-13}$  cm

czas wyrażamy w fm/c tzn. w odcinkach czasu, w których światło pokonuje 1 fm

## Podstawowe wielkości

masa elektronu: 0.5 MeV

masa pionu: 140 MeV

masa protonu: 1 GeV

średnica protonu: 1 fm

## Kinematyka relatywistyczna

cztero-pęd cząstki:  $p^\mu = (E = \sqrt{m^2 + \mathbf{p}^2}, \mathbf{p})$ ,  $p_\mu = (E = \sqrt{m^2 + \mathbf{p}^2}, -\mathbf{p})$

kwadrat cztero-pędu cząstki:  $p^\mu p_\mu = E^2 - \mathbf{p}^2 = m^2$  niezmiennik relatywistyczny

prędkość cząstki:  $\beta \equiv \frac{|\mathbf{p}|}{E} \leq 1$

czynnik gamma:  $\gamma \equiv \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} = \frac{E}{m} \geq 1$

## Ćwiczenia I cd.

## Fizyka cząstek elementarnych

$$E' = \gamma(E - \beta p_L)$$

transformacja Lorentza:  $p_L' = \gamma(p_L - \beta E)$

$$p_T' = p_T$$

kwadrat całkowitej energii w środku masy cząstek o czteropędach  $p_1$  i  $p_2$

$$s \equiv (p_1 + p_2)^2 = (p_1^\mu + p_2^\mu)(p_{1\mu} + p_{2\mu}) = (E_1 + E_2)^2 / c^2 - (\mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2)^2$$

### Zadanie 1

Wykazać, że  $p'^2 \equiv E'^2 - p_L'^2 - p_T'^2 = p^2 \equiv E^2 - p_L^2 - p_T^2$ .

### Zadanie 2

Obliczyć prędkości i energie elektronu, pionu i protonu o pędzie 1 GeV, przyjmując, że masy elektronu, pionu i protonu wynoszą, odpowiednio, 0.5 MeV, 140 MeV i 1 GeV.