

# Cząstki elementarne i oddziaływania

## I. Źródła cząstek wysokich energii

1. Zapisz znane Ci z innych wykładów procesy opisujące elementarne oddziaływania i wyjaśnij występujące w nich zasady zachowania.
2. Przelicz masę elektronu ( $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$ ) i protonu ( $m_p = 1.7 \cdot 10^{-27} \text{kg}$ ) na jednostki naturalne.
3. Ile wynosi w jednostkach SI masa 100 GeV?
4. Czas życia mionu (w spoczynku) wynosi  $2 \cdot 10^{-6} \text{ s}$ , a jego masa 100 MeV.
  - a) Jaką energię powinien mieć mion, który powstał w górnych warstwach atmosfery (10 km), aby dotarł na powierzchnię Ziemi?
  - b) Jaką minimalną energię powinien mieć mion, aby okrążyć Ziemię dookoła, zakładając, że pole magnetyczne Ziemi może zakrzywić jego tor? Jakie musiałyby być pole magnetyczne, aby taka sytuacja była możliwa?
5. Proton o wysokiej energii zderza się z jonami wodoru. Jaka musi być minimalna energia, aby powstały antyprotony?
6. Jaka jest energia i pęd produktów rozpadu pionu (w spoczynku) w procesie:  $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$ .
7. Oblicz średni czas życia mezonu  $K_S^0$ , jeżeli w detektorze obserwuje się, że odległość od miejsca produkcji do rozpadu na dwa naładowane piony wynosi 3.7 cm, a jego pęd wynosi 700 MeV.
8. Relatywistyczna cząstka o masie  $m$  i pędzie  $\vec{p}$  skierowanym wzdłuż osi z zderza się ze spoczywającą cząstką o masie  $M$ . Obliczyć energię i pędy obu cząstek w ich układzie środka masy. Jaką energię musi mieć proton zderzający się z tarczą wodorową, aby w układzie środka masy zderzeń proton-proton energia wynosiła 1 TeV.
9. Jakie powinny być energie wiązek elektronów, aby możliwa była produkcja:
  - a) jednego bozonu neutralnego o masie  $M_Z = 90 \text{ GeV}$ ,
  - b) dwóch bozonów naładowanych o masie  $M_W = 80 \text{ GeV}$  każdy.
  - c) bozonu Higgsa o masie 125 GeV.

Jaki akcelerator umożliwi przeprowadzenie ww doświadczeń?

10. Światłość LHC planowana była jako:  $\mathcal{L} = 2 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  a przekrój czynny na produkcję bozonu Higgsa szacowany jest na 50 fb. Ile trzeba było czekać na pojawienie się pierwszej takiej cząstki?
11. Przy światłości eksperymentu LHCb  $\mathcal{L} = 2 \times 10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  zaobserwowano 20 tysięcy przypadków pewnego procesu w ciągu roku zbierania danych ( $10^7 \text{ s}$ ). Jaki jest przekrój czynny na ten proces? Ile wynosi tzw. scałkowana światłość za rok zbierania danych (wyrażona w  $\text{fb}^{-1}$ )?