

## Zadania dodatkowe

1. Protony rozpraszane są na tarczy wodorowej, wskutek czego produkowane są piony. Naładowany pion rozpada się następnie w procesie:  $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$ . Średni czas życia (własny) naładowanego pionu wynosi  $\tau_\pi = 2.6 \cdot 10^{-8}$  s. Jeśli prędkość pionu wynosi  $2.8 \cdot 10^8$  m/s, to jaki jest jego czas życia w detektorze? Jaką średnio drogę przebędą te piony?
2. Prawdopodobieństwo przejścia ze stanu początkowego do końcowego opisywane jest przez pewien element macierzowy.
  - a) Zapisz stan cząstki w postaci fali płaskiej.
  - b) Wykonaj obliczenia przekroju czynnego dla rozpraszania bezspinowej cząstki na potencjale Yukawy:  $V(r) = \frac{g}{4\pi} \frac{e^{-mr}}{r}$ .
  - c) W uzyskanym wyniku zapisz  $m \rightarrow 0$  i zinterpretuj wynik.
3. Rozpatrujemy silne oddziaływania w rozpraszaniu pionów na protonach:  $\pi + N \rightarrow \pi + N$ .
  - a) Proszę wypisać możliwe stany izospinowe w tych procesach. Matematyka izospinu jest taka sama, jak spinu, tzn. wiedząc, że piony mają izospin  $I = 0$  i trzy możliwe wartości  $I_3 = -1, 0, +1$ , a nukleony  $I = \frac{1}{2}$  i  $I_3 = -\frac{1}{2}, +\frac{1}{2}$ , używając współczynników Clebsha-Gordana dodajemy izospiny analogicznie jak spiny.
  - b) Przekrój czynny proporcjonalny jest do kwadratu elementu macierzowego  $\langle \psi_f | \hat{H} | \psi_i \rangle$ , w którym  $\hat{H}$  zależy tylko od izospinu. Rozpatrzmy trzy konkretne procesy:

$$\pi^+ + p \rightarrow \pi^+ + p$$

$$\pi^- + p \rightarrow \pi^0 + n$$

$$\pi^- + p \rightarrow \pi^- + p$$

Proszę wyznaczyć odpowiednie amplitudy rozpraszania, pamiętając, że izospin w oddziaływaniach silnych jest zachowany.

4. Narysować diagramy kwarkowe dla poniższych rozpadów słabych. Co można powiedzieć o częstości występowania różnych rozpadów tych samych cząstek?

$$D^+ \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+$$

$$\Xi^0 \rightarrow \Lambda \pi^0$$

$$\Lambda \rightarrow n \pi^0$$

$$D^+ \rightarrow \bar{K}^0 \pi^+ \pi^0$$

$$\Xi^- \rightarrow \Lambda \pi^-$$

$$\Lambda \rightarrow p \pi^-$$

$$D^+ \rightarrow K^+ \pi^- \pi^+$$

$$\Xi^- \rightarrow \pi^- n$$

$$\Lambda \rightarrow p e \bar{\nu}_e$$