

Zápočtová písemka (24.1.2006)

Při detekci neutrin se využívá jejich interakce s elektrony v látce. Rozptyl mionových (popř. τ) neutrin na elektronech je v nejnižším řádu poruchové teorie popsán výměnou Z bosonu. To umožňuje rozlišit tato neutrina od neutrin elektronových, do jejichž rozptylu na elektronech přispívá také výměna W bosonu.

Interakční vrcholy mezi Z bosonem a neutrinem, resp. elektronem mají následující podobu.

$$\begin{array}{cc}
 \begin{array}{c} \nu_\mu \\ \nearrow \\ \text{---} Z \text{---} \\ \searrow \end{array} & = \frac{ig}{4 \cos \theta_W} \gamma^\mu (1 - \gamma_5), & \begin{array}{c} e \\ \nearrow \\ \text{---} Z \text{---} \\ \searrow \end{array} & = \frac{ig}{4 \cos \theta_W} \gamma^\mu (a + b \gamma_5),
 \end{array}$$

kde $a = -1 + 4 \sin^2 \theta_W$ a $b = 1$.

Spočítejte úhlovou závislost nepolarizovaného diferenciálního účinného průřezu a celkový účinný průřez rozptylu mionového neutrina na elektronu v těžišťové soustavě. Předpokládejte, že energie srážky je tak velká, že lze hmoty částic zanedbat, ale současně mnohem menší než klidová hmota Z bosonu.

Návod: Podélná část propagátoru Z bosonu, tj. $k^\mu k^\nu / M_Z^2$, dává zanedbatelný příspěvek k amplitudě rozptylu – vysvětlete. Neutrina se vyskytují pouze v levotočivé variantě, pozor na tuto skutečnost při středování kvadrátu amplitudy rozptylu! Při úpravě kvadrátu invariantní amplitudy použijte formule

$$\begin{aligned}
 \text{Tr}(\gamma^\mu \not{p} \gamma^\nu \not{p}') \text{Tr}(\gamma_\mu \not{k} \gamma_\nu \not{k}') &= 32[(p \cdot k)(p' \cdot k') + (p \cdot k')(p' \cdot k)], \\
 \text{Tr}(\gamma^\mu \not{p} \gamma^\nu \not{p}' \gamma_5) \text{Tr}(\gamma_\mu \not{k} \gamma_\nu \not{k}' \gamma_5) &= 32[(p \cdot k)(p' \cdot k') - (p \cdot k')(p' \cdot k)], \\
 \text{Tr}(\gamma^\mu \not{p} \gamma^\nu \not{p}' \gamma_5) \text{Tr}(\gamma_\mu \not{k} \gamma_\nu \not{k}') &= 0.
 \end{aligned}$$