Rozpad intermediálního bosonu Z

Uvažujme reálné vektorové pole A^μ o hmotnosti M, jehož interakce s Diracovým fermionem ψ o hmotnosti m je popsána interakčním lagrangiánem

$$\mathcal{L}_I = \bar{\psi}\gamma_\mu(a + b\gamma_5)\psi A^\mu.$$

(i) Spočtěte v nejnižším řádu poruchové teorie rozpadovou šířku nepolarizovaného vektorového bosonu. Mělo by vám vyjít

$$\Gamma = \frac{1}{12\pi}\sqrt{M^2 - 4m^2}\left[(a^2 + b^2) + \frac{2m^2}{M^2}(a^2 - 2b^2)\right].$$

(ii) Interakce intermediálního vektorového bosonu Z ve standardním modelu jsou námi uvažovaného typu. Odpovídající parametry plynou z lagrangiánu standardního modelu a nabývají hodnot

$$\begin{array}{lll}
a = \dfrac{g}{4\cos\theta_W} & b = -\dfrac{g}{4\cos\theta_W} & \text{pro neutrina } \nu_e, \nu_\mu, \nu_\tau, \\
a = \dfrac{g}{4\cos\theta_W}(-1 + 4\sin^2\theta_W) & b = +\dfrac{g}{4\cos\theta_W} & \text{pro nabité leptony } e, \mu, \tau, \\
a = \dfrac{g}{4\cos\theta_W}\left(1 - \frac{8}{3}\sin^2\theta_W\right) & b = -\dfrac{g}{4\cos\theta_W} & \text{pro horní kvarky } u, c, t, \\
a = \dfrac{g}{4\cos\theta_W}\left(-1 + \frac{4}{3}\sin^2\theta_W\right) & b = +\dfrac{g}{4\cos\theta_W} & \text{pro dolní kvarky } d, s, b.
\end{array}$$

Zde $g \doteq 0.65$ je vazbová konstanta slabé interakce, velikost Weinbergova úhlu θ_W je určena vztahem $\sin^2\theta_W \doteq 0.231$. Spočtěte celkovou rozpadovou šířku Z bosonu, víte-li, že jeho hmotnost je $M_Z \doteq 91.2\,\mathrm{GeV}$.

Návod: Nezapomeňte, že t kvark je těžší než Z boson. Hmoty ostatních fermionů standardního modelu jsou tak malé, že je lze v prvním přiblížení zanedbat. Každý z kvarků se vyskytuje ve třech barevných kopiích r, g, b, jejichž slabé interakce jsou identické. Rozpadová šířka by vám měla vyjít blízko experimentální hodnotě $\Gamma_Z \doteq 2.5\,\mathrm{GeV}$.