

Jedra, kvarki, leptoni

2. kolokvij, 21.januar 2021

1. (1.25 točke) Pri globokem neelastičnem sipanju elektronov z energijo 100 GeV na protonih in nevtronih bi radi izmerili partonske distribucijske funkcije pri $x = 0.5$. Merimo v globoko neelastičnem režimu, $Q^2 = 90 \text{ GeV}^2$. Pri katerem kotu ϑ_0 moramo meriti energijo elektrona? Kolikšna mora biti energija? Kakšna je invariantna masa neelastičnih produktov X (v reakciji $\gamma^* p \rightarrow X$)? Sedaj v tej točki izmerimo diferencialna sipalna preseka:

$$\frac{d\sigma^{ep \rightarrow eX}}{dE'}(\vartheta_0 - 0.2^\circ < \vartheta < \vartheta_0 + 0.2^\circ) = 3.8 \cdot 10^{-10} \text{ GeV}^{-3}$$
$$\frac{d\sigma^{en \rightarrow eX}}{dE'}(\vartheta_0 - 0.2^\circ < \vartheta < \vartheta_0 + 0.2^\circ) = 1.9 \cdot 10^{-10} \text{ GeV}^{-3}.$$

Zgornja preseka sta pointegrirana po majhnem kotnem intervalu okrog ϑ_0 . V izrazih integral aproksimiraj z diferencialom. Upoštevaj izospinsko simetrijo in določi razliko partonskih distribucijskih funkcij za valenčna kvarka v protonu $u_v(x) - d_v(x)$!

2. (1.5 točke) Izračunaj celotni sipalni presek za tvorbo para kvarkov $b, \bar{b}$ v procesu $e^+e^- \rightarrow b\bar{b}$. Sipanje poteka pri visoki energiji v bližini resonance Z , zato lahko upoštevaš le diagram s šibkim bozonom Z . Masa Z je 91.2 GeV, $m_b, m_e \ll m_Z$. Za propagator Z vzemi

$$\frac{-i(g^{\mu\nu} - q^\mu q^\nu / m_Z^2)}{q^2 - m_Z^2 + i\Gamma_Z m_Z},$$

kjer je upoštevana tudi razpadna širina $\Gamma_Z = 2.5 \text{ GeV}$. Težiščna energija e^+e^- je nastavljena točno na vrh resonance, $s = m_Z^2$. Za Weinbergov kot vzemi $\vartheta_W = 0.5$.

3. (1.25 točke) Opazujemo semileptonski razpad nevtralnih mezonov $D^0 = c\bar{u}$ v končno stanje $f = K^- e^+ \nu_e$. Konjugirano stanje $\bar{D}^0$ lahko razpada le v stanje $\bar{f}$. Zaradi mešanja mezonov se lahko mezon D^0 spremeni v $\bar{D}^0$, ki nato razpade v $\bar{f}$. Utemelji, zakaj prispevek tretje generacije kvarkov v mešalnem diagramu ni pomemben. Eksperimenti merijo časovno odvisno razpadno širino $d\Gamma/dt(D^0 \rightarrow f)$ in $d\Gamma/dt(D^0 \rightarrow \bar{D}^0 \rightarrow \bar{f})$. V teh izrazih smo imeli ob času $t = 0$ čisto stanje D^0 . Nato naredijo razmerje

$$R_M = \frac{\int_0^\infty d\Gamma/dt(D^0 \rightarrow \bar{D}^0 \rightarrow \bar{f})dt}{\int_0^\infty d\Gamma/dt(D^0 \rightarrow f)dt}.$$

Izrazi R_M v vodilnem redu v $x = \Delta m/\Gamma$ in $y = \Delta\Gamma/(2\Gamma)$ ($x, y \ll 1$). Zanemari kršitev CP v mešanju in upoštevaj, da sta razpadni amplitudi za $D^0 \rightarrow f$ in $\bar{D}^0 \rightarrow \bar{f}$ enaki.