

Experimentelle Elementarteilchenphysik 1: Hausaufgaben

Humboldt-Universität zu Berlin, Sommersemester 2017

Prof. Dr. H. Lacker

Übungsblatt 7 (Besprechung: 21.06.2017)

Aufgabe 1: Yukawa-Kopplungen

- Bestimmen Sie den Wert des Higgsfeld-Vakuumerwartungswertes im Standardmodell ($v \approx 246$ GeV) mit Hilfe der gemessenen Myonlebensdauer.
- Welche Yukawa-Kopplung hätte dann ein Topquark, ein Elektron und ein Neutrino der Masse 50 meV?

Aufgabe 2: Masse und Selbstkopplung von Higgsbosonen

Betrachten Sie das Potential für den Higgsfeld-Sektor und berechnen Sie es nach der spontanen Symmetriebrechung.

- Zeigen Sie damit, dass im Standardmodell die Higgsmasse gegeben wird durch $m_h^2 = 2v^2\lambda$ und damit a-priori nicht festgelegt ist.
- Berechnen Sie damit die Stärke der Kopplung von drei bzw. vier Higgsbosonen aneinander. Welche numerischen Werte erhält man, nachdem nun bekannt ist, dass die Higgsbosonmasse 125 GeV beträgt?

Aufgabe 3: α_s -Bestimmung Re-loaded

- Zeigen Sie, dass $\alpha_s(q^2) = \frac{\alpha_s(\mu^2)}{w} \left[1 - \frac{\beta_1}{\beta_0} \frac{\alpha_s(\mu^2)}{w} \ln w \right]$ mit $w = 1 - \beta_0 \alpha_s(\mu^2) \ln\left(\frac{\mu^2}{q^2}\right)$ und $\beta_0 = \frac{33-2n_f}{12\pi}$, $\beta_1 = \frac{153-19n_f}{24\pi^2}$ eine Lösung (2. Ordnung in α_s) der Renormierungsgruppen- Gleichung $q^2 \frac{\partial \alpha_s(q^2)}{\partial q^2} = -\beta_0 \alpha_s^2(q^2) - \beta_1 \alpha_s^3(q^2) + \mathcal{O}(\alpha_s^4(q^2))$ ist. (n_f ist die Zahl der aktiven Quarkflavours.)
- In 2. Ordnung Störungsrechnung lässt sich die Thrust-Verteilung schreiben als:
$$\frac{1}{\sigma_0} (1-T) \frac{d\sigma}{dT} = \frac{\alpha_s(\mu^2)}{2\pi} A(T) + \left(\frac{\alpha_s(\mu^2)}{2\pi} \right)^2 \left[A(T) 2\pi \beta_0 \ln\left(\frac{\mu^2}{s}\right) + B(T) \right].$$
 Der totale Wirkungsquerschnitt ist dabei $\sigma_{tot} = \sigma_0 \left(1 + \frac{\alpha_s}{\pi} + \dots \right)$.
Zeigen Sie, dass diese Beziehung bis zur berechneten Ordnung unabhängig von der Wahl der Renormierungsskala μ^2 ist.
- Bei LEP ($\sqrt{s} = 91$ GeV, $n_f = 5$) wurde für $T = 0,75$ gemessen: $\frac{1}{\sigma_{tot}} \frac{d\sigma}{dT} = 0,388 \pm 0,020$. Die QCD-Berechnung ergibt $A(0,75) = 2,294$, $B(0,75) = 85,7$. Berechnen Sie $\alpha_s(s)$ unter der Voraussetzung $\mu^2 = s$ bzw. unter Verwendung von $\mu^2 = 25$ GeV² und anschließende Übersetzung gemäß Aufgabenteil a). Vergleichen Sie die experimentellen Fehler mit der Unsicherheit der Wahl der Skala μ^2 . Welche weiteren theoretischen Unsicherheiten würden Sie (qualitativ) erwarten?

Abgabe: 19.06.2017 up to 11:00 in box in front of room 1'415