

Running coupling constants

- QCD ではクォーク間にグルーオンが走るが、クォーク・グルーオン結合の他にグルーオンの自己相互作用が加わる。 これらも入れると

$$\alpha_3(q^2) = \frac{12\pi}{(33 - 2n_f) \ln(q^2/\Lambda^2)}$$

ここで n_f は quark flavor の数で top まで含めても 6 であり、従って高エネルギーになるほど QCD 結合力は弱くなるのがわかる。

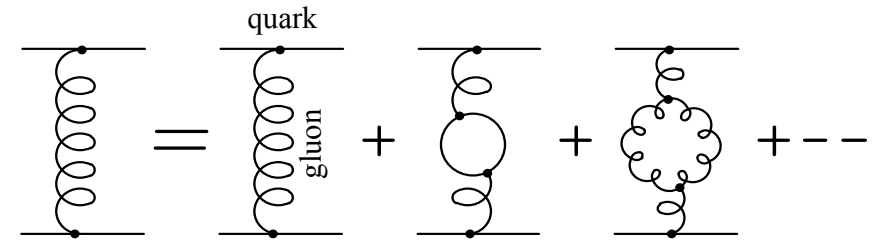
標準モデル $U(1)_Y \times SU(2)_L \times SU(3)_C$ の結合定数は $q^2 = m_Z^2$ で以下の値を持つ(データは1991年当時のもの):

$$\alpha_1 \equiv \frac{5 g_1^2}{3 \cdot 4\pi} = \frac{5\alpha}{3 \cos^2 \theta_W} = 0.016887 \pm 0.0018$$

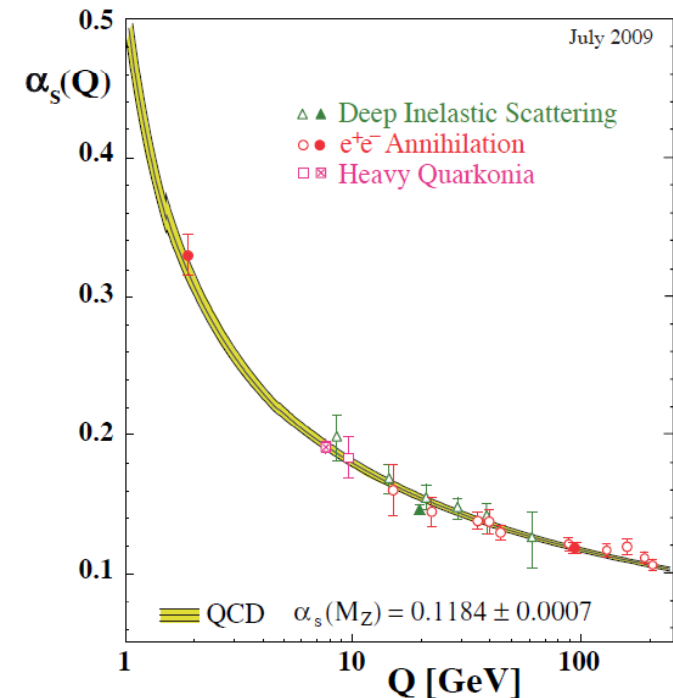
$$\alpha_2 \equiv \frac{g_2^2}{4\pi} = \frac{\alpha}{\sin^2 \theta_W} = 0.03322 \pm 0.00025$$

$$\alpha_3 \equiv \frac{g_s^2}{4\pi} = 0.0108 \pm 0.005$$

(α_1 の係数 5/3 は大統一理論の関係から来る。)



QCD における高次ダイアグラムによる輻射補正



QCD の結合定数 α_3 のエネルギー変化

S. Bethke, Eur.Phys.J.C64(2009)689, arXiv:hep-ph0908.1135v2