

階層性問題 (hierarchy problem)

・ヒッグス粒子の質量は $\langle v \rangle \sim 246 \text{ GeV}$ 付近である。
ところがヒッグス粒子の質量は右図のような高次ダイアグラムによる二次発散の質量補正を受ける:

$$\delta m_H^2 = \frac{\Lambda_{\text{cutoff}}^2}{16\pi^2} \left\{ C_W g^2 - \sum_f C_f y_f^2 + C_H \lambda \right\} + a \ln(\Lambda_{\text{cutoff}}^2 / \dots)$$

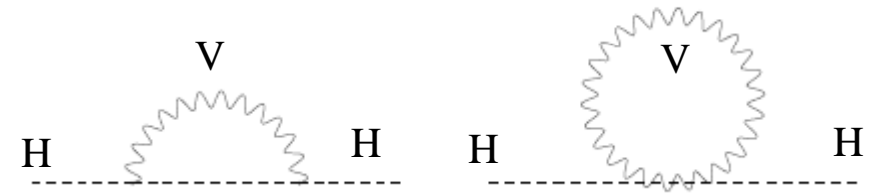
ここで Λ_{cutoff} は新しい物理が出てくるエネルギースケール。最も大きい補正はトップクォークのループによるもので $\lambda_f \sim 1$ である。クォークなどのフェルミ粒子の対する質量補正は $\sim \ln(\Lambda_{\text{cutoff}})$ で問題ない。

・Plank Scale ($M_p = (8\pi G_{\text{Newton}})^{1/2} = 2.4 \times 10^{18} \text{ GeV}$) まで新しい物理が存在しないとすると

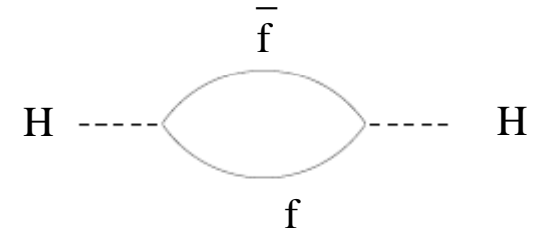
$$\delta m_H \approx 1,000,000,000,000,000,000 \text{ GeV}$$

$$m_H \approx 100 \text{ GeV}$$

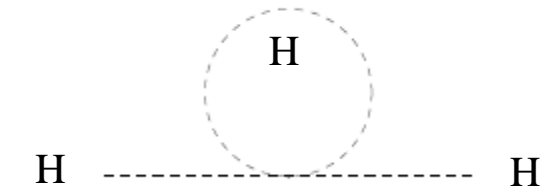
質量の量子補正が質量自身よりはるかに大きくなってしまふ !!! → **階層性問題** (微調整問題) と呼ばれる。



ゲージ相互作用によるループ



湯川型相互作用によるループ



スカラーの自己相互作用によるループ

階層性問題が指摘されたのは1980年代の初期で
E. Witten, Nucl. Phys. B188(1981)513
S. Dimopoulos and H. Georgi, Nucl. Phys. B193(1981)150
N. Sakai, Z. Phys. C11(1981)153 ←私の同級生!
R.K. Kaul, Phys. Lett. B109B(1982)19
などが頻繁に引用されている。