

Topological Grand Unification

Y. K., arXiv :
0810.1358,
0811.4661 [hep-ph]

信州大学理学部
川村嘉春
@理化学研究所
2008年12月20日

Topological Grand Unification

Scenario

信州大学理学部

川村嘉春

@理化学研究所

2008年12月20日

Y. K., arXiv : 0810.1358, 0811.4661 [hep-ph]

〈我々が知りたいこと〉

☆クォーク, レプトン, ヒッグス粒子? の起源

☆相互作用 (強い力, 電磁力, 弱い力) の起源

☆時空 (4次元ミンコフスキー空間 × 余剰次元?) の起源

〈アプローチ〉

時空(4次元ミンコフスキー空間
× 余剰空間)上の大統一理論

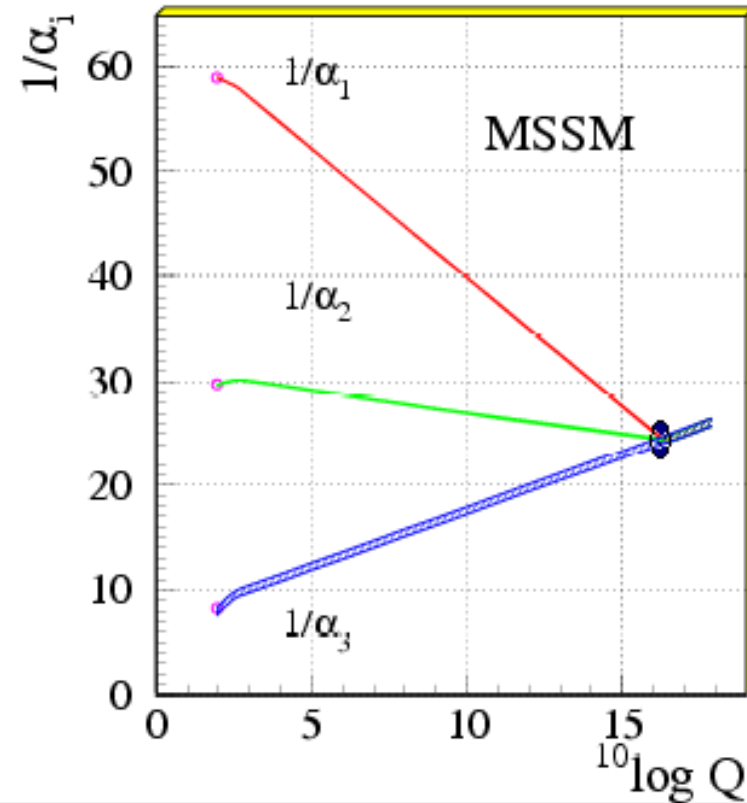
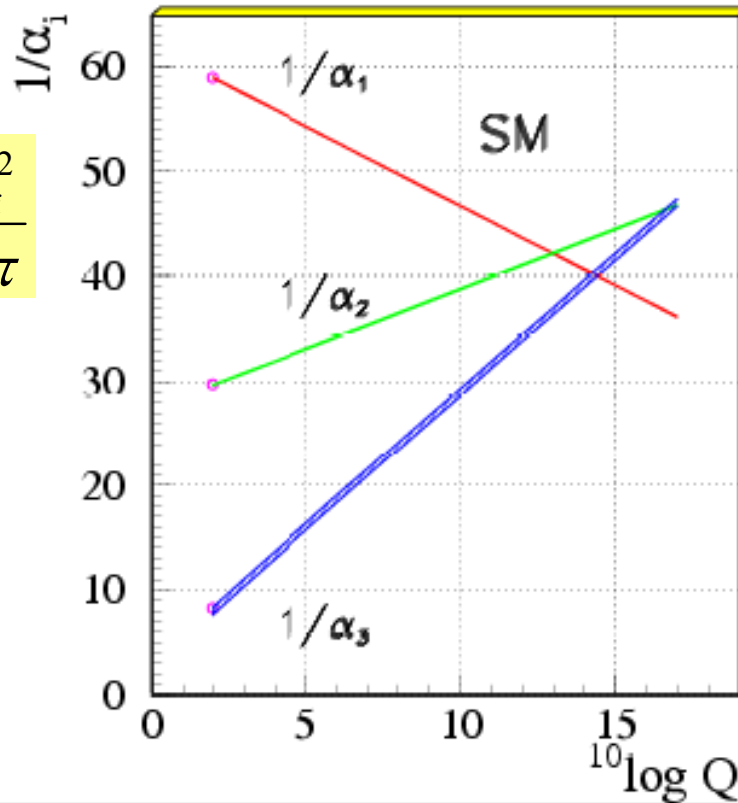


☆相互作用（強い力，電磁気力，
弱い力）の導出

☆クォーク，レプトン，ヒッグス
粒子の導出

なぜ、大統一理論なのか？

$$\alpha_i \equiv \frac{g_i^2}{4\pi}$$



PDGのHPより

「大砂漠の存在」を仮定。

The MSSM $\rightarrow M_{GUT} = 2.1 \times 10^{16}$ GeV

なぜ、余剰空間なのか？

**4次元ミンコフスキー空間
上の(超対称性)大統一理論
には、解決が困難な問題が
含まれているから。**

(超対称性)大統一理論の問題点

☆ 陽子崩壊

$X_\mu, Y_\mu, \tilde{h}_C$ が関与

☆ 微調整の問題

h_W の質量 $\lllll h_C$ の質量

【従来の考え方】 余計な粒子は重くて、相互作用が弱ければよい。

様々な制約や微調整の問題がある。

→ 複雑な模型の構築

(超対称性)大統一理論の問題点

☆ 陽子崩壊

$X_\mu, Y_\mu, \tilde{h}_C$ が関与

☆ 微調整の問題

h_W の質量 $\lllll h_C$ の質量

そもそも X_μ, Y_μ, h_C たちがもたらす物理的な効果は必要なのか？

(超対称性)大統一理論の問題点

☆ 陽子崩壊

$X_\mu, Y_\mu, \tilde{h}_C$ が関与

☆ 微調整の問題

h_W の質量 \llllll h_C の質量

【関連問題】 バリオン生成？

そもそも X_μ, Y_μ, h_C たちがもたらす物理的な効果は必要なのか？

(超対称性)大統一理論の問題点

☆ 陽子崩壊

$X_\mu, Y_\mu, \tilde{h}_C$ が関与

☆ 微調整の問題

h_W の質量 $\lllll h_C$ の質量

【関連問題】 バリオン生成？

余計な粒子が非物理的である
可能性はないか？

**余計な粒子が非物理的である
可能性はないか？**

**ここで、非物理的な粒子とは、
ゲージ場の縦波成分のように局
所的な変換で取り除ける自由度
のこと。**

【予想】 余剰空間の局所的な領域(我々の4次元時空)以外は高いゲージ対称性のためにからっぽの世界?!

【期待】 高い対称性の中に大統一の対称性が存在し、
支配的 → ゲージ結合定数の統一

【予想】 余剰空間の局所的な領域(我々の4次元時空)以外は高いゲージ対称性のためにはからっぽの世界?!

【イメージ】

我々の4次元時空
(超対称性)標準模型



高次元時空
非物理的な粒子に基づく大統一理論

【キーワード】

余剰なグラスマン奇の座標

興味のある方は、以下の論文
を参照してください。

Y. K., arXiv : 0810.1358, 0811.4661 [hep-ph]

以上です。

【問題】

と言うより
これもイメージに近い

$$\int_B L_{\text{GUT}} = \int_B dL = \int_{\partial B \supset M^4} L \Rightarrow \int_{M^4} L_{\text{SM}}$$

B : 高次元時空 ?

M^4 : 4次元時空 ~ B の境界(の一部)

L_{GUT} : 大統一理論のラグランジアン密度 ?

L_{SM} : 標準模型のラグランジアン密度

(例) $(y_1, y_2) \in R/Z_2 \times R/Z_2$, $w_k = y_k + \bar{\theta}_k \theta_k$

$$(\theta_k)^2 = (\bar{\theta}_k)^2 = 0, \quad \int d\theta_k = \int d\bar{\theta}_k = 0, \quad \int d\theta_k \theta_l = \int d\bar{\theta}_k \bar{\theta}_l = \delta_{kl}$$

$$L_{\text{GUT}} = L_{\text{GUT}}(x_\mu, w_k = y_k + \bar{\theta}_k \theta_k)$$

$$= L_{\text{GUT}}(x_\mu, y_k) + \bar{\theta}_1 \theta_1 \bar{\theta}_2 \theta_2 \frac{\partial^2}{\partial y_1 \partial y_2} L_{\text{GUT}}(x_\mu, y_k)$$

$$\begin{aligned} & \int d^4 x \int_0^\infty dy_1 \int_0^\infty dy_2 \int d^4 \theta L_{\text{GUT}}(x_\mu, w_k = y_k + \bar{\theta}_k \theta_k) \\ &= \int d^4 x \int_0^\infty dy_1 \int_0^\infty dy_2 \frac{\partial^2}{\partial y_1 \partial y_2} L_{\text{GUT}}(x_\mu, y_k) \\ &= \int d^4 x L_{\text{GUT}}(x^\mu, 0) \stackrel{?}{=} \int d^4 x L_{\text{SM}}(x^\mu) \end{aligned}$$

$$\Phi_{\text{SM}}(x^\mu, 0) \neq 0, \quad \Phi_{\text{extra}}(x^\mu, 0) = 0$$

$$\Leftrightarrow Z_2 \text{ parity on } R/Z_2 \times R/Z_2$$

Z_2 parity on $R/Z_2 \times R/Z_2$

$$A_\mu(x, -w_1, w_2) = P_1 A_\mu(x, w_1, w_2) P_1^{-1},$$

$$A_5(x, -w_1, w_2) = -P_1 A_5(x, w_1, w_2) P_1^{-1},$$

$$A_6(x, -w_1, w_2) = P_1 A_6(x, w_1, w_2) P_1^{-1},$$

$$h(x, -w_1, w_2) = \eta_h P_1 h(x, w_1, w_2),$$

$$A_\mu(x, w_1, -w_2) = P_2 A_\mu(x, w_1, w_2) P_2^{-1},$$

$$A_5(x, w_1, -w_2) = P_2 A_5(x, w_1, w_2) P_2^{-1},$$

$$A_6(x, w_1, -w_2) = -P_2 A_6(x, w_1, w_2) P_2^{-1},$$

$$h(x, w_1, -w_2) = \eta'_h P_2 h(x, w_1, w_2),$$

Z_2 parity on $R/Z_2 \times R/Z_2$

$$P_1 = P_2 = \text{diag}(-1, -1, -1, +1, +1)$$

Fields	Quantum numbers	parity
A_μ^a	$(8,1)_0 + (1,3)_0 + (1,1)_0$	$(+,+)$
$A_\mu^{\hat{a}}$	$(3,2)_{-5/6} + (\bar{3},2)_{5/6}$	$(-,-)$
A_5^a	$(8,1)_0 + (1,3)_0 + (1,1)_0$	$(-,+)$
$A_5^{\hat{a}}$	$(3,2)_{-5/6} + (\bar{3},2)_{5/6}$	$(+,-)$
A_6^a	$(8,1)_0 + (1,3)_0 + (1,1)_0$	$(+,-)$
$A_6^{\hat{a}}$	$(3,2)_{-5/6} + (\bar{3},2)_{5/6}$	$(-,+)$
h_C	$(3,1)_{-1/3}$	$(-,-)$
h_W	$(1,2)_{1/2}$	$(+,+)$