

Poza Modelem Standardowym

21.V.2008

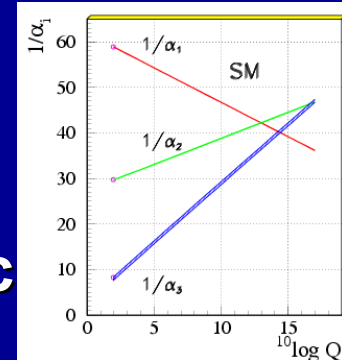
- Model Standardowy: symetria cechowania
 $SU(2) \times U(1) \times SU(3)_c$
EW: $SU(2) \times U(1) \rightarrow$ częściowa unifikacja sił słabych i e-m
- Wielka Unifikacja (Grand Unified Theory - GUT)
 \rightarrow łączenie oddziaływań EW i silnych. Symetria cechowania GUT widoczna przy energiach powyżej 10^{16} GeV. Zbliżanie się wartości stałych sprzężenia

- Największa skala energii w fizyce ?

W grawitacji – naturalną skalą jest skala Plancka
masa Plancka $M = (\sim c / G_N) = 1.2 \cdot 10^{19}$ GeV

G_N – stała Newtona

długość Plancka $1.6 \cdot 10^{-35}$ m



Model Standardowy AD 2008

- Znakomita zgodność z doświadczeniem, choć brak cząstki Higgsa
- Ale są problemy:
Poprawki pętlowe, różne skale energii – problem hierarchii
- Dużo parametrów (masy, stałe sprzężenia, kąty mieszania) ... masa neutrin..

Problems of SM

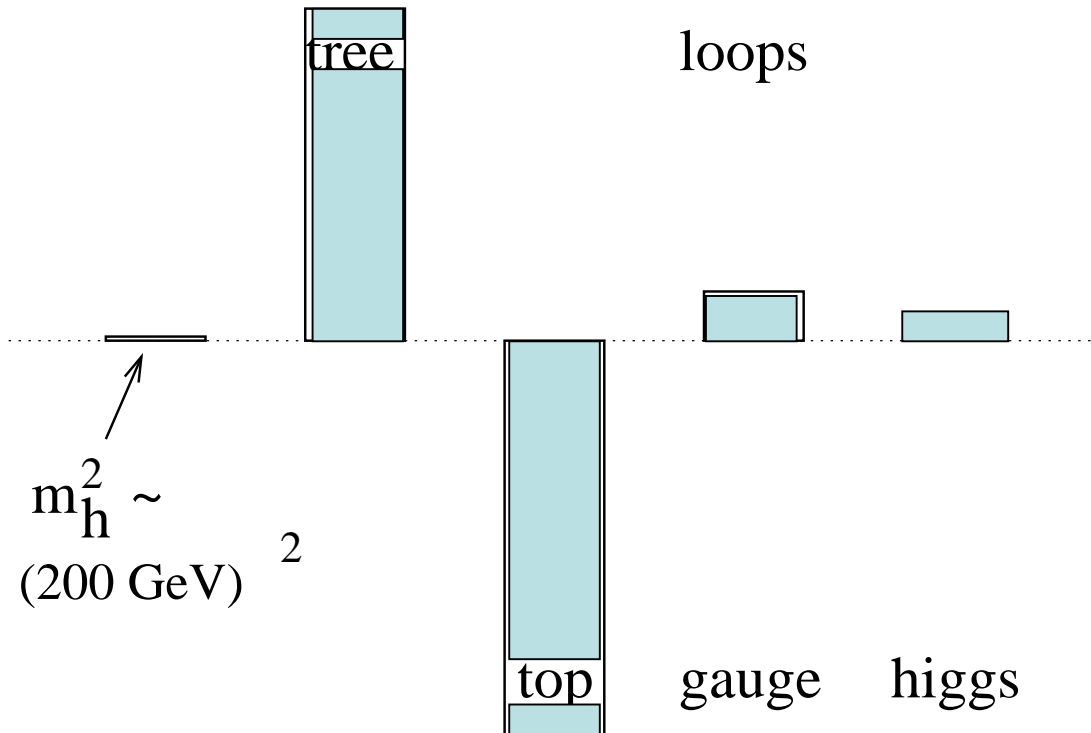
- A **hierarchy problem** $M_h \ll M_{Pl}$
quadratic divergencies occur in the radiative corrections to the M_h

$$M_h^2 = (M_h^2)^{tree} + \delta(t) + \delta(\text{gauge}) + \delta\{h\}$$

Using a cut-off $\Lambda = 10 \text{ TeV}$, ie. assuming that the SM is valid up to this scale \rightarrow **fine tuning**

- No dark matter candidate
- No prediction for
fundamental constants
number of generations
pattern of fermion masses,
non-zero mass of the neutrino
- no unification

Fine tuning



M. Schmaltz

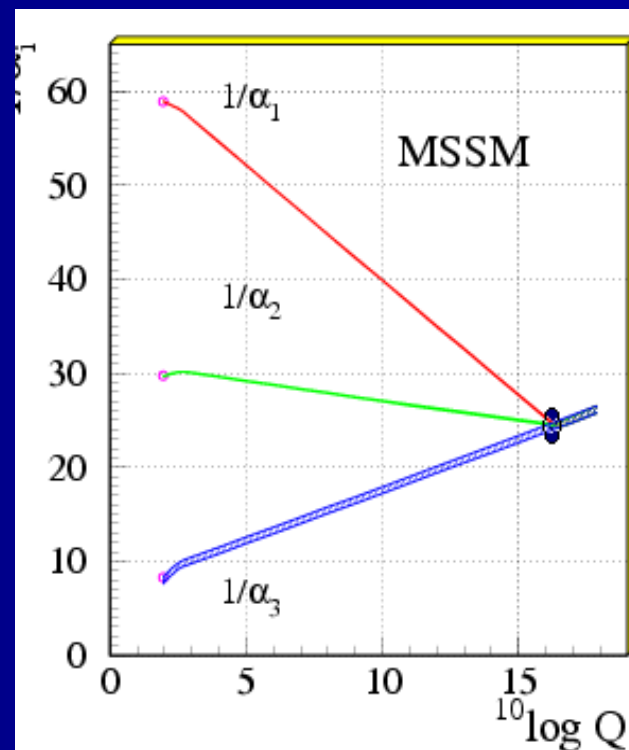
Supersymetria

- Symetria: fermiony – bozony; założenie że wszystkie znane cząstki fund. mają swoich supersymetrycznych partnerów
- Cząstki SUSY → muszą być b. masywne bo ich nie obserwujemy. Więc ta symetria musi być łamana
- Oczekiwane masy cząstek SUSY – 1 TeV
- Nowa liczba kwantowa R – i oczekiwanie, że najlżejsza cząstka SUSY jest trwała
- Problem hierarchii usunięty – kasowanie się wkładów od fermionów i bozonów
- Unifikacja oddziaływań: lepsze „zbieganie” stałych

Cząstki SUSY

kwark q	$\frac{1}{2}$	skwark $\sim q$	0
lepton l	$\frac{1}{2}$	slepton $\sim l$	0
foton γ	1	photino $\tilde{\gamma}$	$\frac{1}{2}$
gluon g	1	gluino $\sim g$	$\frac{1}{2}$
W^\pm Z^0	1	wino $\sim W^\pm$ zino $\sim Z^0$	$\frac{1}{2}$

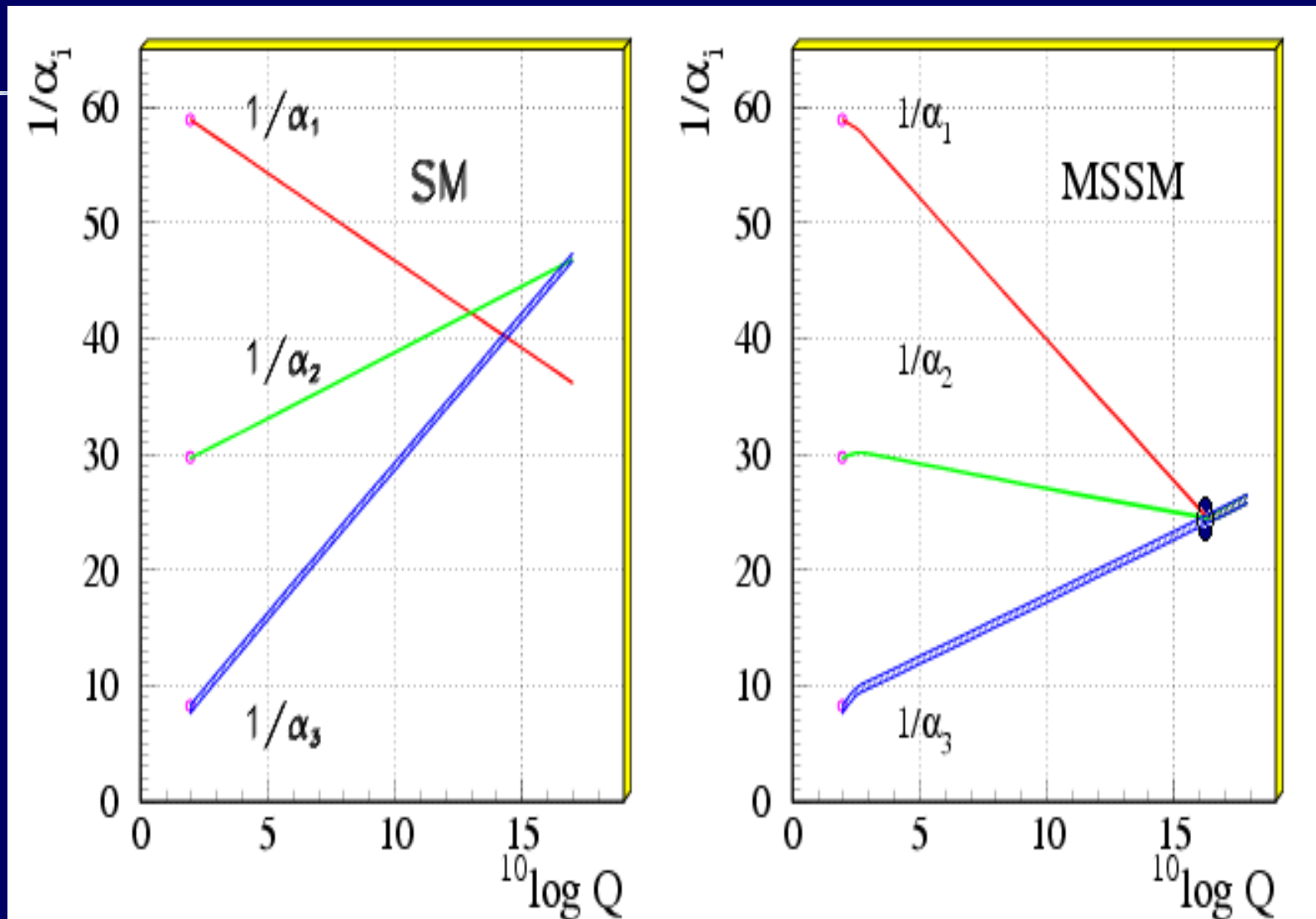
Unifikacja z SUSY



Minimalny Standardowy Model Supersymetryczny MSSM - sektor Higgsa

- Dwa dublety pól skalarnych (zespolonych) → aby nadać masy. Przewidywane cząstki fizyczne: 5 cząstek Higgsa h, H, A i H^\pm (spin 0) (h jak w SM) higgsina o spinie $\frac{1}{2}$
- Gejdżina mieszają się z higgsinami → 4 fizyczne cząstki neutralina i 4 czardżina

Unifikacja sił



Teoria Wielkiej Unifikacji:

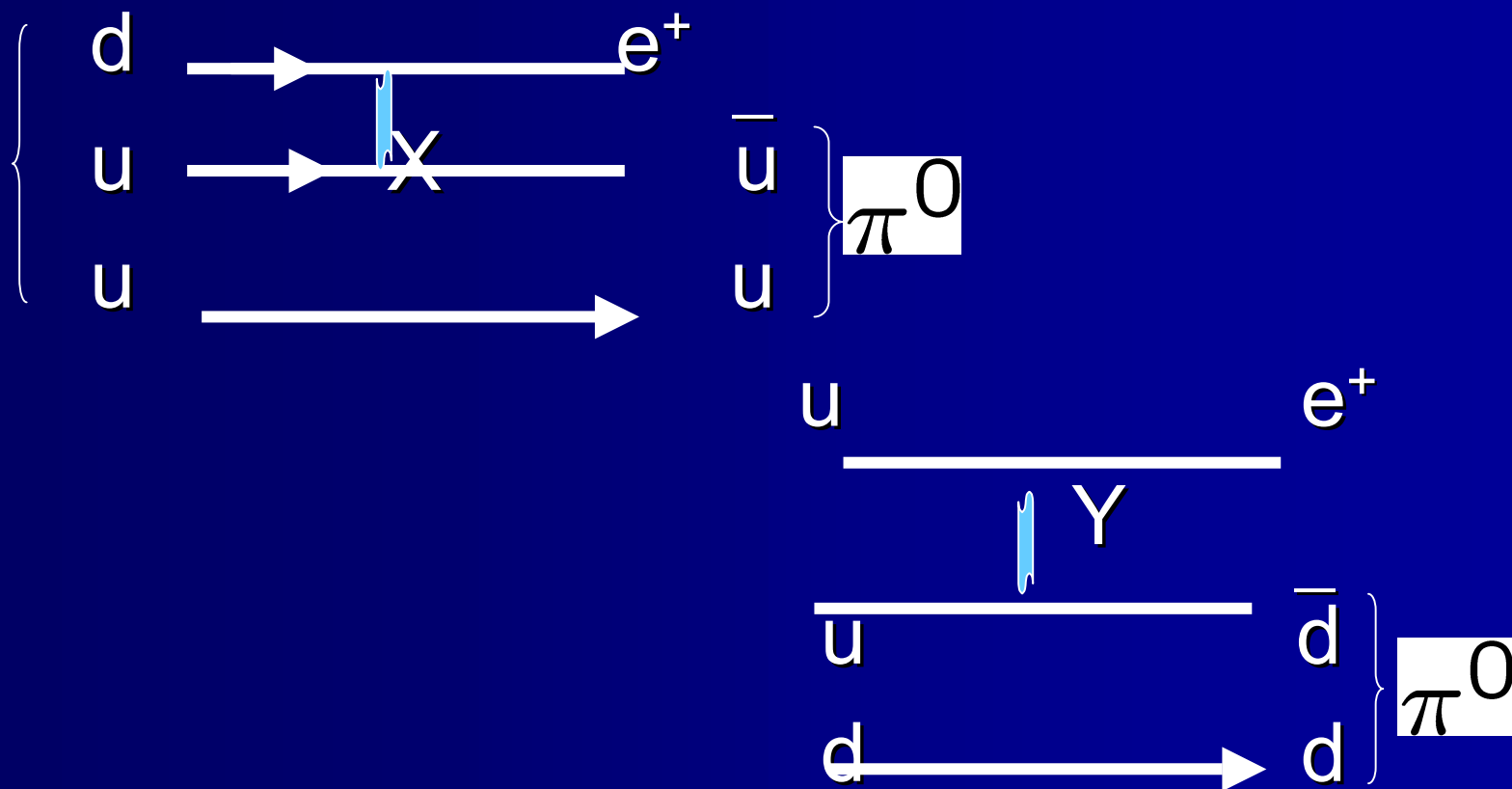
SU(5)

- Symetria cechowania SU(5) (zawiera SU(2)xU(1)xSU(3) jako podgrupę)
zapropozowano w 1974
- W multipletach zarówno kwarki jak i leptony -
możliwość zamiany kwarków w leptony i odwrotnie
- 12 kolorowych bozonów cechowania:
X (ład. el. $-1/3 e$) i Y ($-4/3 e$)
plus gluony, foton, $W^{\pm}, Z = 24$ bozony cechowania
- 3 generacje fermionów (15 stanów) np.
 $u_c, u_z, u_n, d_c, d_z, d_n, e^-, \nu_e$ w różnych stanach spinowych;
również leptokwarki występują X, Y
- Zalety: skwantowanie ładunku el.; ład. el. $e = -$ ład. el. p
- Wada: proton się rozpada w wyniku wymiany
bozonów X i Y za szybko: czas życia $10^{30} \text{ s} \approx 10^1$ lat

Rozpad protonu $p \rightarrow e^+ \pi^0$

- Przykłady procesów z wymianą X i Y

proton



Superstruny

- Teoria Wszystkiego (Theory of Everything) połączenie oddziaływań wraz z grawitacją.
W kwantowej grawitacji – oddziaływania punktowe -> osobliwości
- Zastępujemy cząstki punktowe – strunami o skończonej długości
- W grawitacji – skala Plancka
 $l_P = 1.6 \cdot 10^{-35} \text{ m}$, $M_P = 1.2 \cdot 10^{19} \text{ GeV}$
- Cząstki – zamknięte pętle i różne wzbudzenia strun → różne cząstki fundamentalne.
- Teoria renormalizowalna w przestrzeni o wymiarach 10 lub więcej, początkowo teoria dla oddz. silnych ale tu grawiton (bezmasowa cząstka o spinie 2) się pojawia w wersji supersymetrycznej
- Parametr opisujący struny α' -..Brak przewidywań

Czekając na LHC (ILC..)

Veltman..

this book is about a physics, and this implies that the theoretical ideas discussed must be supported by experimental facts. Neither supersymmetry nor string theory satisfy this criterion. They are figments of the theoretical mind.

To quote Pauli: „They are not even wrong.”

They have no place here.