

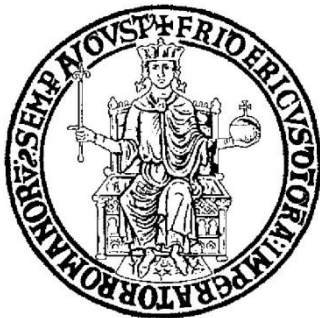
Validità di teorie unificate supersimmetriche nell'era di LHC

Marco Chianese

Università degli studi di Napoli Federico II - INFN

IFAE 2015
9 Aprile 2015

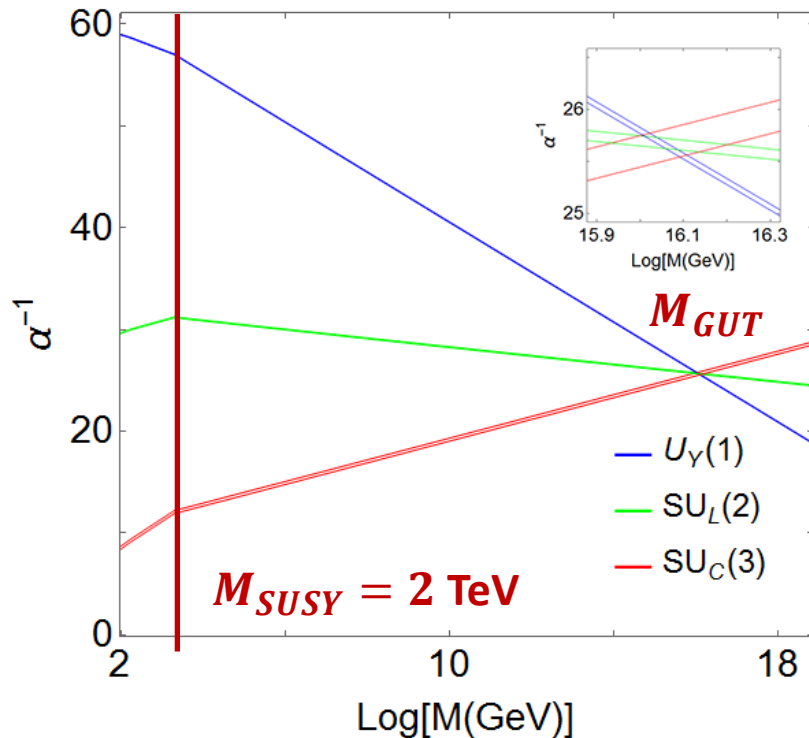
in collaborazione con Z. Berezhiani, G. Miele e S. Morisi



Oltre il Modello Standard

- Alcuni fenomeni e problemi aperti suggeriscono la presenza di nuova fisica oltre il Modello Standard (SM):
 - indizio dell'unificazione delle tre interazioni fondamentali;
 - particolare struttura delle masse fermioniche;
 - problema della gerarchia;
 - bariogenesi.
- Le Teorie Unificate Supersimmetriche (SUSY-GUT) riescono a risolvere alcuni di questi problemi.
- Dopo la prima fase di LHC (8 TeV), è importante:
 - rianalizzare la validità dei modelli SUSY-GUT;
 - stimare il massimo dell'energia M_{NF} sotto la quale si deve osservare nuova fisica.

Presupposti per l'analisi



- Considerando uno schema generico di SUSY-GUT, *ispirato a SU(5)*, sono state richieste alcune caratteristiche:
 - unificazione di gauge ad una singola scala energetica M_{GUT} ;
 - unificazione degli Yukawa b- τ ;
 - accordo con il limite sperimentale sul decadimento del protone;
 - assenza di particolari *fine-tuning* tra i parametri del modello.

- Abbiamo considerato la possibilità di uno spettro di massa non degenerare per le particelle supersimmetriche (*SUSY thresholds*) ed effetti di soglia alla scala di unificazione (*GUT threshold*).
- L'analisi viene fatta risolvendo le equazioni del gruppo di rinormalizzazione fino a 2-loop, e studiando gli effetti di soglia ad 1-loop.

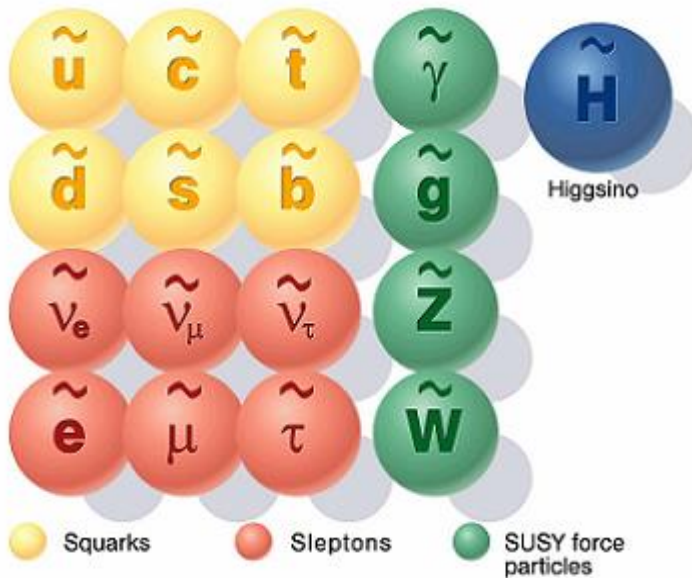
Parametri di input e di output

- L'insieme dei parametri di input, che definisce un modello, è

$$\{\tilde{m}_H, \tilde{m}_g, \tilde{m}_{sq}, \chi, \tan \beta\}$$

SUSY thresholds

SUSY particles



$\tilde{m}_H \equiv$ extra Higgs

$\tilde{m}_g \equiv$ gluini

$\tilde{m}_{sq} \equiv$ squarks

- Le rimanenti due masse dipendono dalle altre.

$$\text{SU}(5) \xrightarrow{a M_{GUT}} \frac{\tilde{m}_g}{\tilde{m}_W} = 1 \quad \frac{\tilde{m}_{sq}}{\tilde{m}_{sl}} = \frac{\tilde{m}_{10}}{\tilde{m}_5}$$

$$\text{IRR: } \bar{5} + 10$$

Parametri di input e di output

- L'insieme dei parametri di input, che definisce un modello, è

$$\{\tilde{m}_H, \tilde{m}_g, \tilde{m}_{sq}, \chi, \tan \beta\}$$



GUT threshold

- L'Higgs Σ , responsabile della rottura spontanea di simmetria di SU(5), può avere massa M_Σ più piccola di M_{GUT} .

$$V_\Sigma = \frac{M_\Sigma}{2} \Sigma^2 + \frac{\lambda_\Sigma}{2} \Sigma^3$$



$$\lambda_\Sigma = \frac{\sqrt{2\pi\alpha_{GUT}}}{\chi}$$

$$\chi = \frac{M_{GUT}}{M_\Sigma}$$

Parametri di input e di output

- L'insieme dei parametri di input, che definisce un modello, è

$$\{\tilde{m}_H, \tilde{m}_g, \tilde{m}_{sq}, \chi, \tan \beta\}$$



condizioni di raccordo per Yukawa

- Nella transizione dal SM alla sua estensione supersimmetrica minimale, bisogna imporre

$$m_t = y_t v \sin \beta$$

$$m_b = y_b v \cos \beta$$

$$m_\tau = y_\tau v \cos \beta$$

$$v_u = \langle H_u^0 \rangle$$

$$v_d = \langle H_d^0 \rangle$$

$$\tan \beta = \frac{v_u}{v_d}$$



Parametri di input e di output

- L'insieme dei parametri di input, che definisce un modello, è

$$\{\tilde{m}_H, \tilde{m}_g, \tilde{m}_{sq}, \chi, \tan \beta\}$$

- I parametri di output sono

$$\{\alpha_3(M_Z), M_{GUT}, \alpha_{GUT}, y_t(M_{GUT}), y_b(M_{GUT}), y_\tau(M_{GUT})\}$$

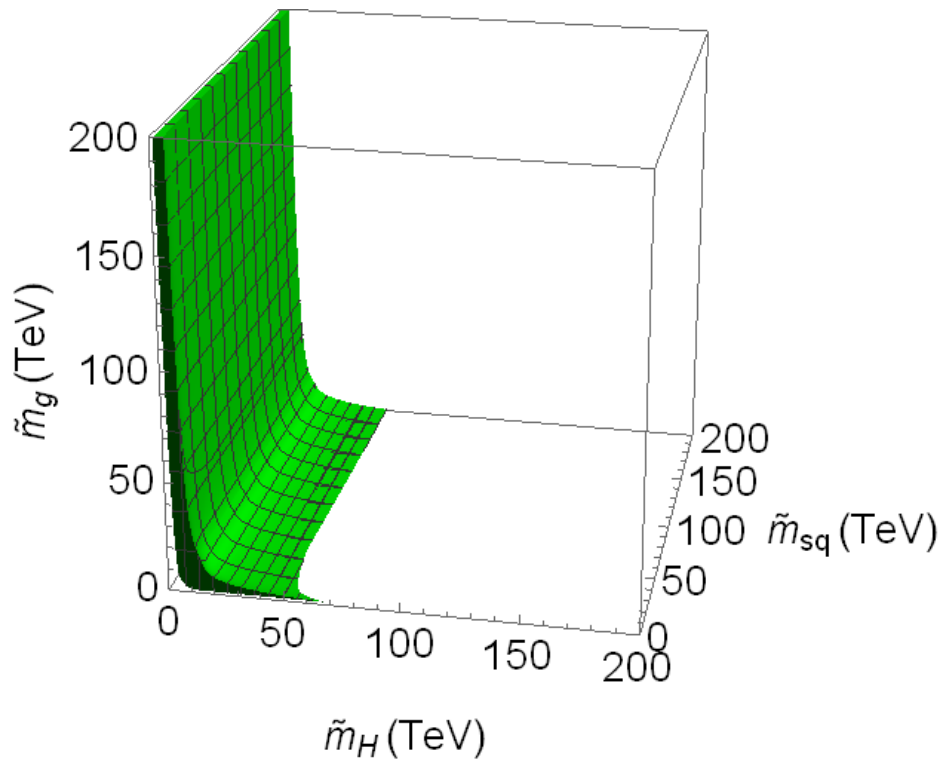
- I valori sottolineati devono essere compatibili con le misure sperimentali.

$$\alpha_3^{\text{exp}}(M_Z) = 0.1184 \pm 0.0007 \qquad M_{GUT} \geq 0.6 \cdot 10^{16} \text{ GeV}$$

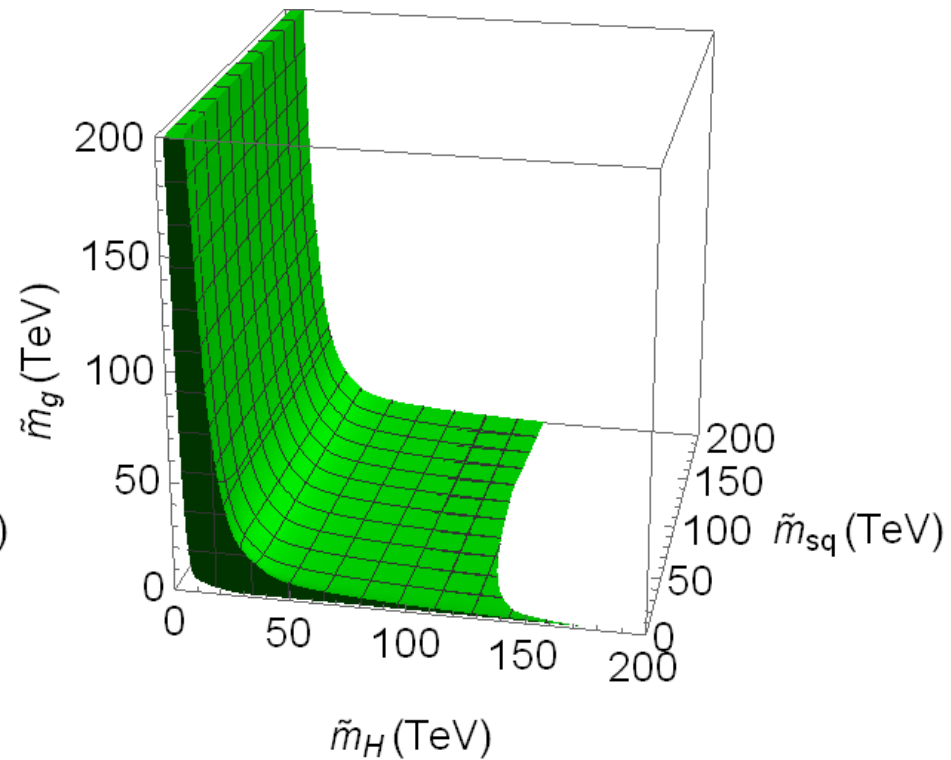
modello valido

Spettro di massa SUSY

$$\chi = 1$$

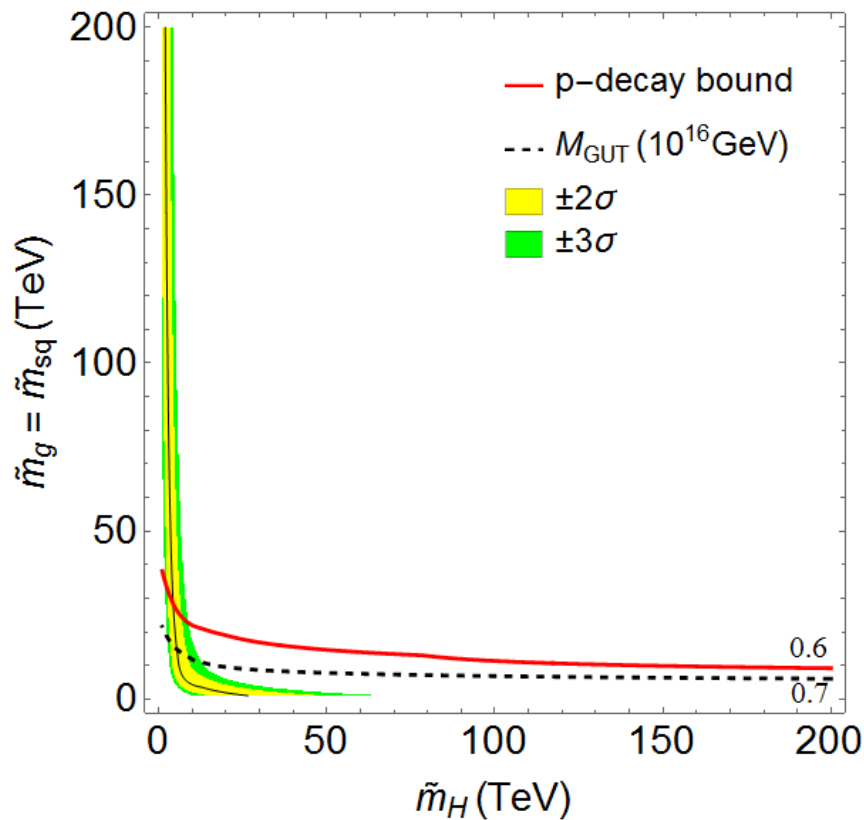


$$\chi = 10$$

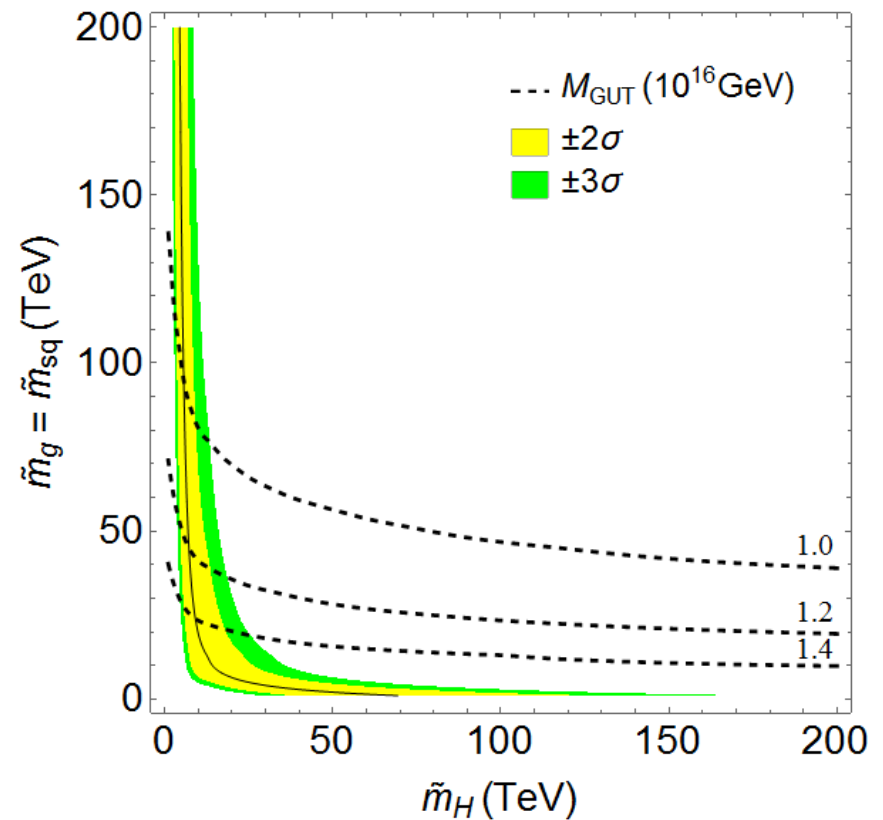


Sezione per $\tilde{m}_g = \tilde{m}_{sq}$

$\chi = 1$

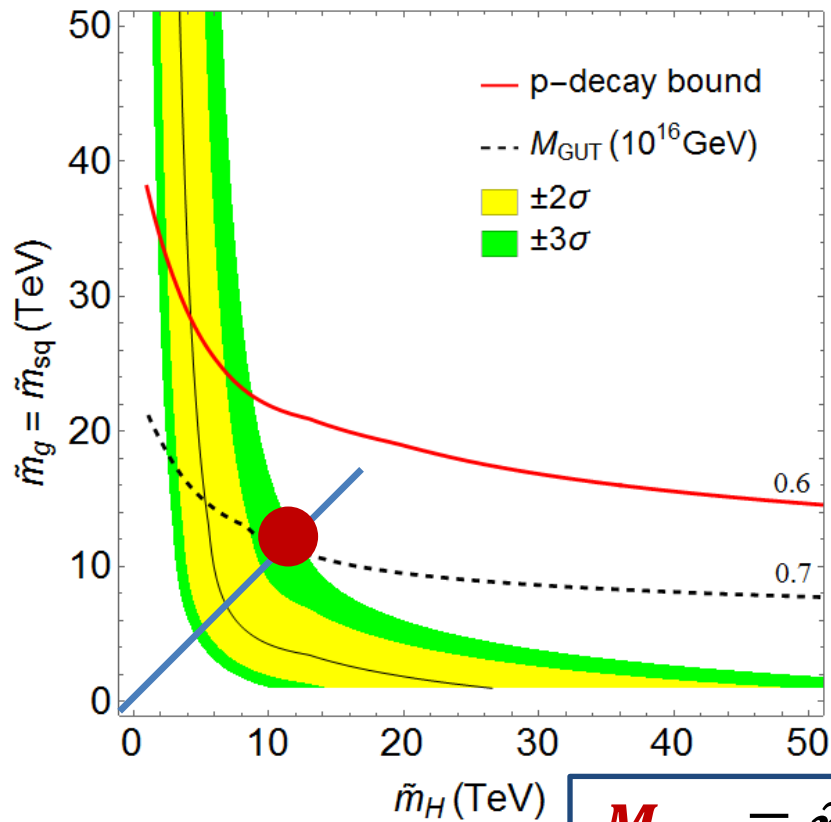


$\chi = 10$

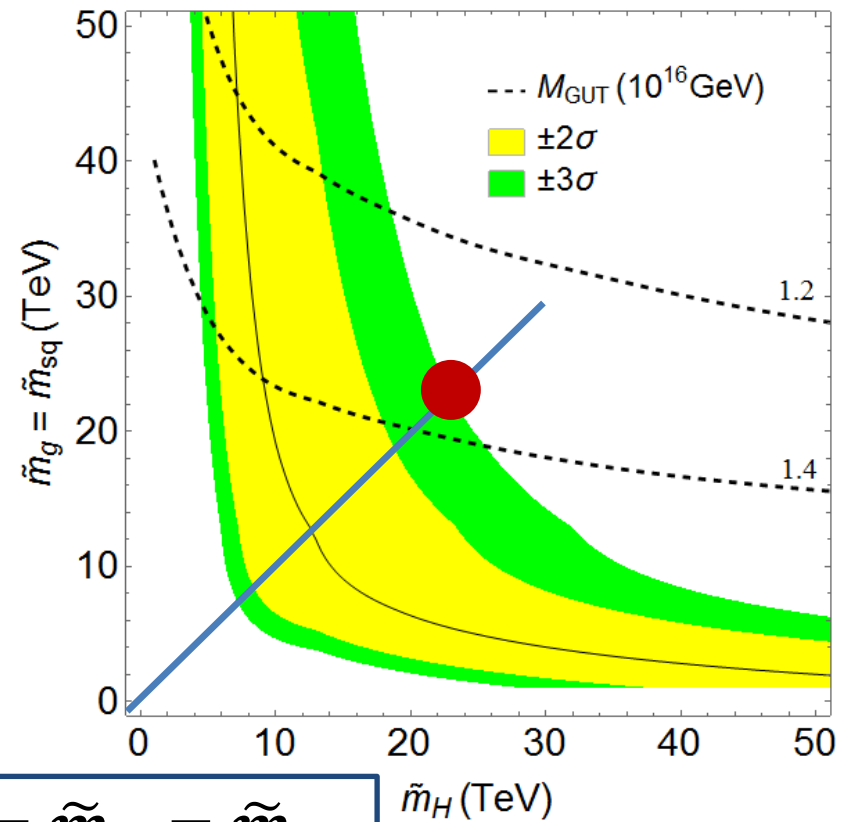


Sezione per $\tilde{m}_g = \tilde{m}_{sq}$

$\chi = 1$

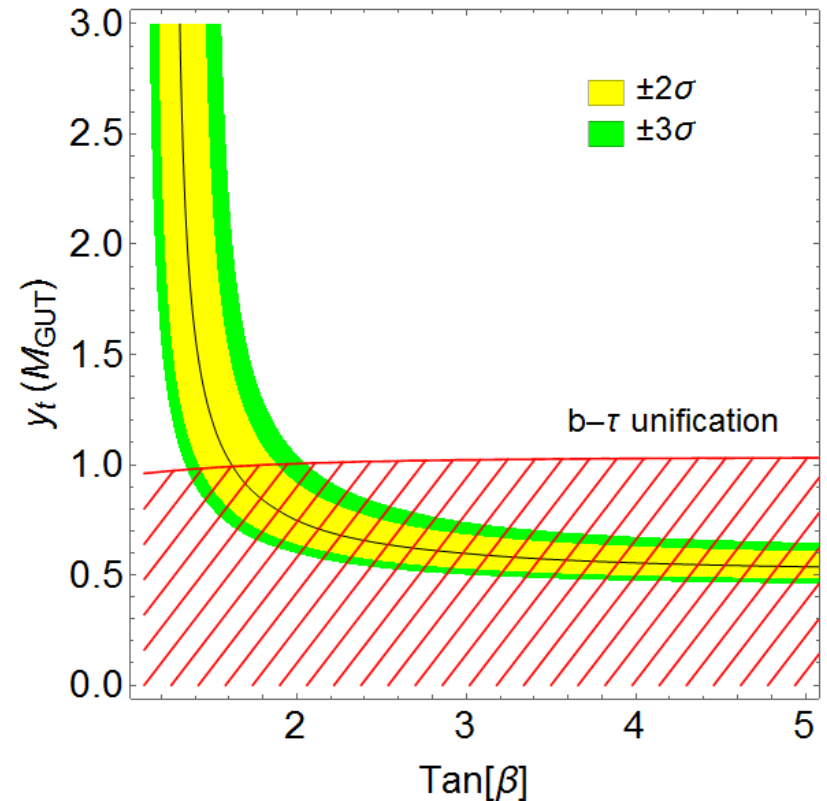
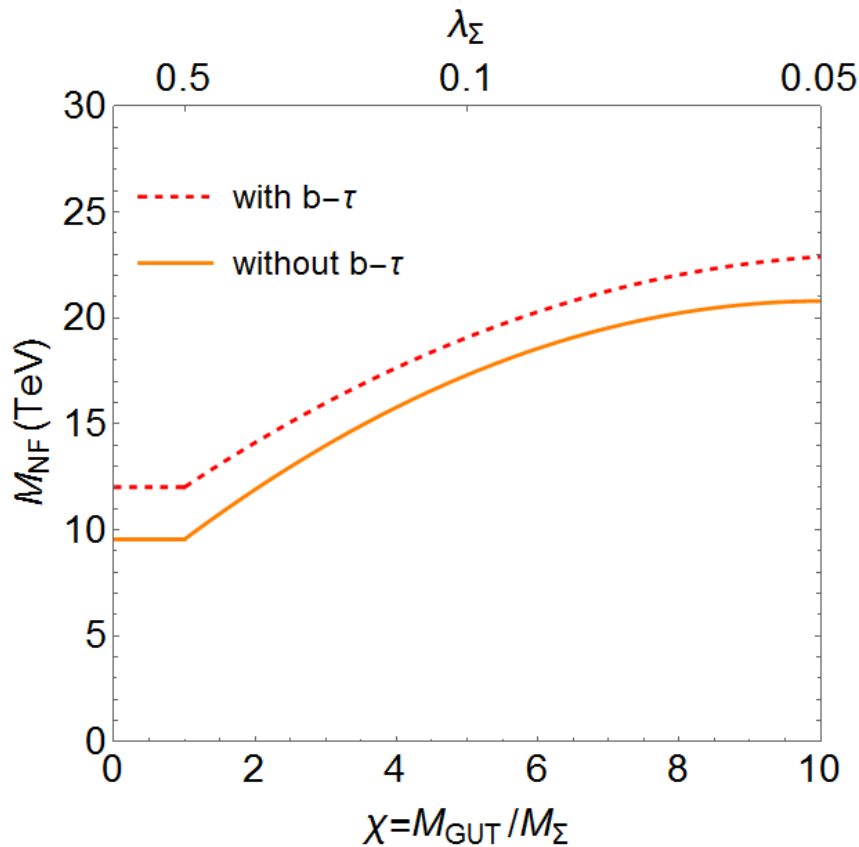


$\chi = 10$



$$M_{NF} \equiv \tilde{m}_g = \tilde{m}_H = \tilde{m}_{sq}$$

Energia di nuova fisica e unificazione b- τ



- Valori più grandi di χ non possono essere accettati perchè
 - il principio di naturalezza richiede $\lambda_{\Sigma} \sim O(1)$;
 - M_{GUT} tende velocemente a M_{Plack} .



$M_{NF} \sim 23 \text{ TeV}$

Conclusioni

- Dopo la prima fase di LHC (8 TeV), al fine di progettare nuovi esperimenti, è importante
 - rianalizzare la validità dei modelli SUSY-GUT;
 - stimare il massimo dell'energia M_{NF} sotto la quale si deve osservare nuova fisica.
- Con una analisi, non dipendente dalla particolare scelta del modello SUSY-GUT, è stato possibile determinare il valore di M_{NF} .
- Considerando particelle supersimmetriche con differenti masse e effetti di soglia alla scala di unificazione, si è osservato che M_{NF} dipende dal valore di χ , ottenendo nel caso più conservativo

$$M_{NF} \sim 23 \text{ TeV}$$

Conclusioni

- Dopo la prima fase di LHC (8 TeV), al fine di progettare nuovi esperimenti, è importante
 - rianalizzare la validità dei modelli SUSY-GUT;
 - stimare il massimo dell'energia M_{NF} sotto la quale si deve osservare nuova fisica.
- Con una analisi, non dipendente dalla particolare scelta del modello SUSY-GUT, è stato possibile determinare il valore di M_{NF} .
- Considerando particelle supersimmetriche con differenti masse e effetti di soglia alla scala di unificazione, si è osservato che M_{NF} dipende dal valore di χ , ottenendo nel caso più conservativo

$$M_{NF} \sim 23 \text{ TeV}$$

Grazie per la vostra attenzione