

SuSy

Oltre il modello standard...

- Grande successo del modello standard
- Ma problemi concettuali
 - Gerarchia (scala EW \ll scala di Planck, perché?)
 - Divergenze
- E molte questioni aperte
 - Perché 3 famiglie?
 - Perché tanti parametri liberi?
 - Perché masse così diverse?
 - Conservazione dei numeri leptonico e barionico
 - Eccesso di materia nell'universo
 - Dark matter & dark energy: cosa sono?
 - Relazione con la gravità?
 - Perché la carica elettrica è quantizzata?

Parametri liberi

- Masse dei fermioni (9 +3)
- Matrici di Mixing (4 +4?)
- Costanti di accoppiamento (3)
- Parametri dell'Higgs (≥ 2)
- Strong CP violation (1)

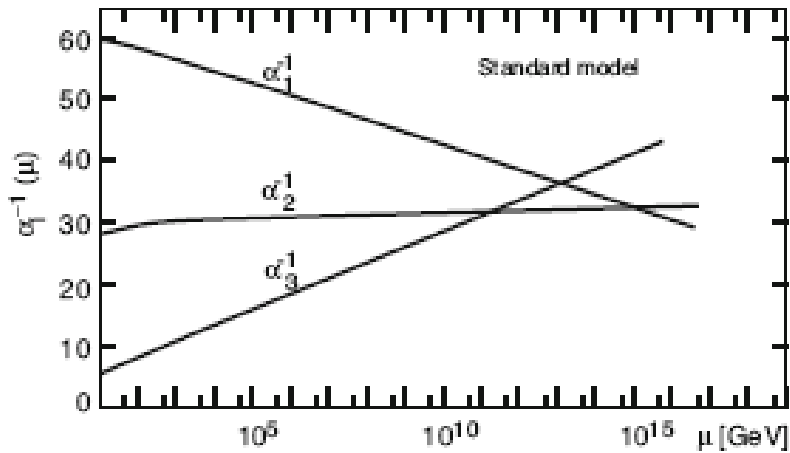
SuSy

- Ad ogni fermione si fa corrispondere un bosone e viceversa
- Lasciando inalterati tutti gli altri numeri quantici e gli accoppiamenti

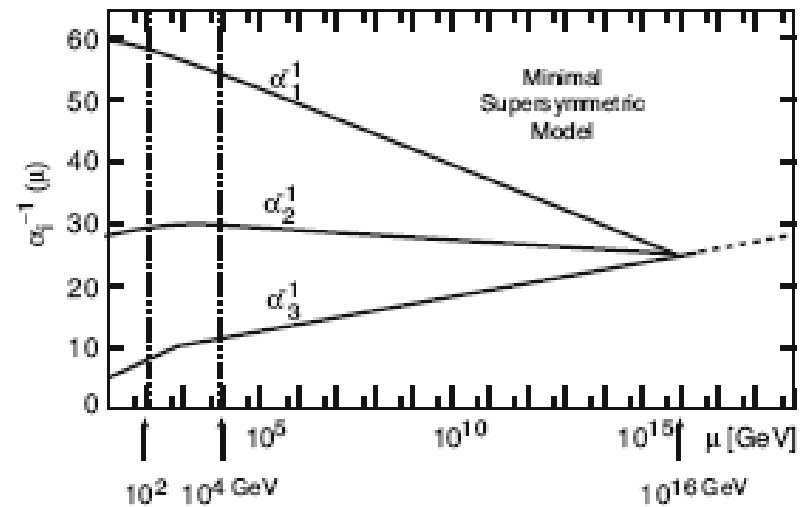
particella ordinaria	spin	particella super-simmetrica	spin
quark q	$1/2$	squark \tilde{q}	0
leptone carico ℓ^\pm	$1/2$	sleptone carico $\tilde{\ell}^\pm$	0
neutrino ν	$1/2$	sneutrino $\tilde{\nu}$	0
fotone γ	1	fotino $\tilde{\gamma}$	$1/2$
gluone g	1	gluino \tilde{g}	$1/2$
Z, W	1	Zino \tilde{Z} , Wino \tilde{W}	$1/2$
gravitone	2	gravitino	$3/2$
Higgs H	0	Higgsino \tilde{H}	$1/2$

conseguenze

UNIFICAZIONE DEGLI ACCOPPIAMENTI

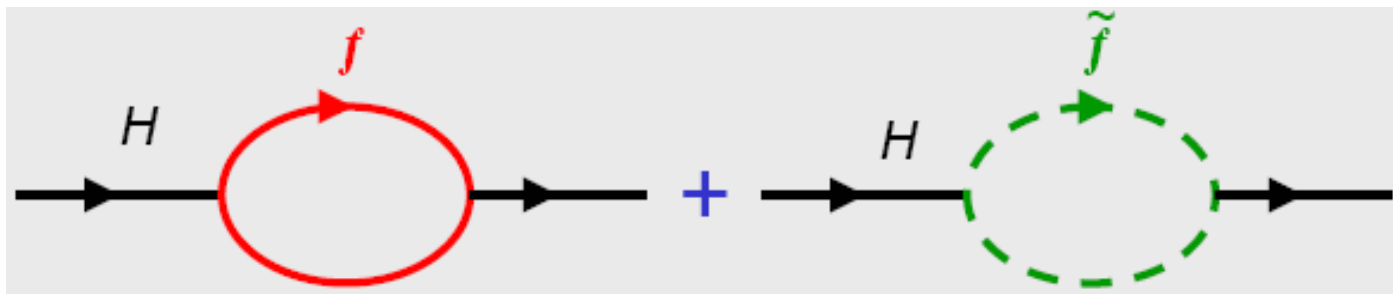


(a)



(b)

CANCELLAZIONE DELLE DIVERGENZE NELLE
CORREZIONI RADIATIVE ALLA MASSA DELL'HIGGS



Nota bene

- Se la supersimmetria fosse esatta i partner supersimmetrici dovrebbero avere la stessa massa delle compagne ordinarie: in tal caso dovremmo averli già osservati!
- Affinché il meccanismo dia risultati utili non possono avere masse superiori a $O(1\text{TeV})$
- Dal principio supersimmetrico derivano una moltitudine di modelli dipendenti da un gran numero di parametri

Qualcosa da conservare

- Legame tra simmetria e legge di conservazione
- In particolare si può introdurre il numero quantico moltiplicativo conservato
$$R=(-1)^{3(B+L)+2S}$$

Talvolta (B-L) è la stessa cosa!
- I leptoni ordinari hanno $k=3(B+L)+2S=4$ e $R=+1$, gli antileptoni hanno $k=-2$ e $R=+1$
- I quark ordinari hanno $k=2$ e $R=+1$, gli antiquark hanno $k=0$ e $R=+1$
- I bosoni vettori ordinari hanno $k=2$ e $R=+1$, l'Higgs ha $k=0$ e $R=+1$
- I loro partner supersimmetrici invece hanno un diverso valore di $2S$, l'esponente varia quindi di un'unità e $R=-1$
- **La materia ordinaria è composta di particelle, la conservazione di R implica che per le particelle supersimmetriche si abbia PRODUZIONE ASSOCIATA**
- NB: ci sono anche modelli nei quali l'R parità non è conservata

Conseguenze della conservazione di R

- I decadimenti delle particelle supersimmetriche non possono produrre solo stati ordinari
- Si realizza quindi una cascata di decadimenti che non può che condurre alla particella supersimmetrica più leggera (LSP)
- L'LSP deve essere stabile, neutra, debolmente interagente (non è mai stata osservata) => contributo alla Dark Matter?

Il settore Higgs nel MSSM

- Estensione dello SM con 2 doppietti $\begin{pmatrix} H_u^+ \\ H_d^0 \end{pmatrix}$ e $\begin{pmatrix} H_u^0 \\ H_d^- \end{pmatrix}$
- Gli stati fisici sono (8-3)
 - Due stati neutri scalari con CP pari, h e H
 - Uno scalare con CP dispari, A
 - Due stati carichi H^+ e H^-
- A tree level il settore Higgs dipende solo da 2 parametri liberi: $\tan(\beta)$, rapporto tra i valori di aspettazione sul vuoto dei campi H_d e H_u , e la massa di un bosone di Higgs, convenzionalmente m_A

$$m_{H^\pm}^2 = m_A^2 + M_W^2$$

$$m_{H,h}^2 = \frac{1}{2} \left[m_A^2 + M_Z^2 \pm \sqrt{(m_A^2 + M_Z^2)^2 - 4(M_Z m_A \cos 2\beta)^2} \right]$$

$$m_h^2 \simeq (M_Z \cos 2\beta)^2 \quad \text{and} \quad m_A \simeq m_H \simeq m_{H^\pm}$$

h si comporta come
l'Higgs standard

- Lo scalare più leggero h dovrebbe essere più leggero della Z (ma le correzioni radiative possono cambiare le cose)
- Disaccoppiamento nel limite di m_A grande

Particelle, $R = +1$			Sparticelle, $R = -1$		
Particelle	Spin	Carica	Sparticelle	Spin	S-nome
e	1/2	-1	\tilde{e}	0	selectron
μ	1/2	-1	$\tilde{\mu}$	0	smu
τ	1/2	-1	$\tilde{\tau}$	0	stau
ν	1/2	0	$\tilde{\nu}$	0	sneutrino
q	1/2	2/3, -1/3	\tilde{q}	0	squark
g	1	0	\tilde{g}	1/2	gluino
γ	1	0	$\tilde{\gamma}$	1/2	photino
Z^0	1	0	\tilde{Z}	1/2	zino
H_u^0, H_d^0	0	0	$\tilde{H}_u^0, \tilde{H}_d^0$	1/2	neutral higgsino
H_u^+, H_d^-	0	± 1	$\tilde{H}_u^+, \tilde{H}_d^-$	1/2	charged higgsino
W^\pm	1	± 1	\tilde{W}	1/2	wino
G	2	0	\tilde{G}	3/2	gravitino

<u>Quark</u>			<u>Squark</u>		
(spin 1/2)	$\begin{pmatrix} u \\ d \end{pmatrix}_L$	$u_R \ d_R$	(spin 0)	$\begin{pmatrix} \tilde{u} \\ \tilde{d} \end{pmatrix}_L$	$\tilde{u}_R \ \tilde{d}_R$
	$\begin{pmatrix} c \\ s \end{pmatrix}_L$	$c_R \ s_R$		$\begin{pmatrix} \tilde{c} \\ \tilde{s} \end{pmatrix}_L$	$\tilde{c}_R \ \tilde{s}_R$
	$\begin{pmatrix} t \\ b \end{pmatrix}_L$	$t_R \ b_R$		$\begin{pmatrix} \tilde{t} \\ \tilde{b} \end{pmatrix}_L$	$\tilde{t}_R \ \tilde{b}_R \longrightarrow \tilde{t}_{1,2}, \tilde{b}_{1,2}$
<u>Leptoni</u>			<u>Sleptoni</u>		
(spin 1/2)	$\begin{pmatrix} \nu_e \\ e \end{pmatrix}_L$	e_R	(spin 0)	$\begin{pmatrix} \tilde{\nu}_e \\ \tilde{e} \end{pmatrix}_L$	\tilde{e}_R
	$\begin{pmatrix} \nu_\mu \\ \mu \end{pmatrix}_L$	μ_R		$\begin{pmatrix} \tilde{\nu}_\mu \\ \tilde{\mu} \end{pmatrix}_L$	$\tilde{\mu}_R$
	$\begin{pmatrix} \nu_\tau \\ \tau \end{pmatrix}_L$	τ_R		$\begin{pmatrix} \tilde{\nu}_\tau \\ \tilde{\tau} \end{pmatrix}_L$	$\tilde{\tau}_R \longrightarrow \tilde{\tau}_{1,2}$
<u>Bosoni di gauge</u>			<u>Gaugini</u>		
(spin 1)	g		(spin 1/2)	\tilde{g}	
	γ			$\tilde{\gamma}$	Neutralini
	Z			\tilde{Z}	$\longrightarrow \chi_{1,2,3,4}^0$
	W^\pm			\tilde{W}^\pm	$\{\tilde{\gamma}, \tilde{Z}, \tilde{H}_u^0, \tilde{H}_d^0\}$
<u>Bosoni di Higgs</u>			<u>Higgsini</u>		
(spin 0)	h^0, H^0, A^0		(spin 1/2)	$\tilde{H}_u^0, \tilde{H}_d^0$	$\longrightarrow \chi_{1,2}^\pm$
	H^+, H^-			$\tilde{H}_u^\pm, \tilde{H}_d^\pm$	$\{\tilde{W}^\pm, \tilde{H}^\pm\}$

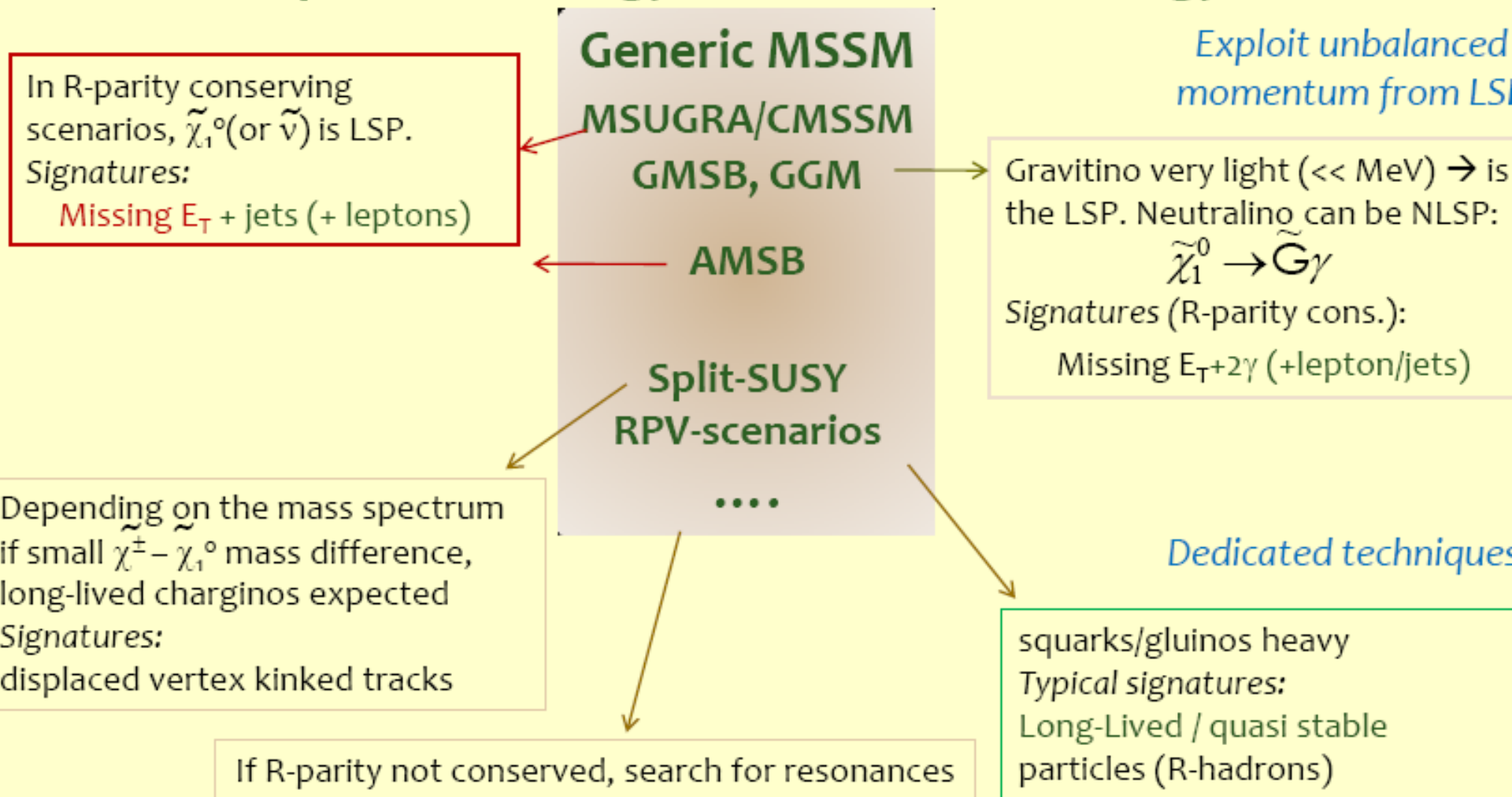
Tabella 13.2. Particelle fondamentali normali e partner supersimmetrici; sono incluse le particelle destrorse. Sono anche indicati gli autostati di massa che risultano dai mescolamenti fra particelle.

fenomenologia

- I parametri liberi ora sono 124...(nella versione più semplice)
- Uno spazio a 124 dimensioni in cui ciascun punto rappresenta uno scenario
- La fenomenologia dipende dai valori dei parametri ed in particolare da $\tan(\beta)$ e della gerarchia delle masse supersimmetriche

SUSY phenomenology

Breaking mechanism and R-parity determines
phenomenology and the **search strategy**



SUSY Topologies

- In R-parity conserving scenarios, sensitivity depends on
 - Cross section of colored sparticles
 - Mass hierarchy, i.e. dependence on $\Delta M = M(\tilde{g}/\tilde{q}) - M(\text{LSP})$

