

DISS. ETH NO. 16296

**ASPECTS OF SUPERSYMMETRY BREAKING
IN STRING THEORY**

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH

for the degree of
Doctor of Natural Sciences

presented by

MARC TUCKMANTEL

Dipl. Phys. ETH Zürich

born 03.09.1976

citizen of

Meyrin, Geneva

accepted on the recommendation of

Prof. Jürg Fröhlich, examiner
Prof. Ignatios Antoniadis, co-examiner

2005

Abstract

In this thesis, we study phenomenological aspects of supersymmetry breaking in string theory. After a somewhat detailed review of string theory basics, we discuss the computation of string scattering amplitudes, the topological expansion and the derivation of vertex operators for massless open and closed string modes. On the way, we discuss the necessary conformal field theory tools. Then we introduce the non-linear realization of supersymmetry in the context of spontaneous supersymmetry breaking and use it to classify all lower dimensional operators, describing effective interactions of the Goldstino with standard model fields. Besides a universal coupling to the energy momentum tensor of dimension eight, there are additional model dependent operators whose strength is not determined by non-linear supersymmetry, within the effective field theory. Their dimensionality can be lower than eight, starting with dimension six, leading in general to dominant effects at low energies. In a second step, we compute their coefficients in string models with D-branes at angles. We find that the Goldstino decay constant is given by the total brane tension, while the various dimensionless couplings are independent from the values of the intersection angles. Motivated by these stringy considerations, we study the phenomenology of a dimension six operator that couples the Goldstino to a lepton doublet and a Higgs doublet. These interactions preserve total lepton number if the left-handed goldstino transforms as an antilepton. We discuss the resulting phenomenology, in the simple limit where the new couplings involve only one lepton family, thus conserving also lepton flavour. Both the Z boson and the Higgs boson can decay into a neutrino and a goldstino: the present limits from the invisible Z width and from other observables leave room for the striking possibility of a Higgs boson decaying dominantly, or at least with a sizable branching ratio, via such an invisible mode. The final part part of the thesis contains our conclusions.

Résumé

Dans la présente thèse, nous étudions des aspects phénoménologiques de la brisure de supersymétrie en théorie des cordes. Après une introduction quelque peu détaillée des notions de base de la théorie des cordes, nous discutons le calcul d'amplitudes de cordes, l'expansion topologique et la dérivation des opérateurs de vertex pour les modes de zéro masse des cordes ouvertes et fermées. Nous introduisons les outils nécessaires issus de la théorie conforme. Puis nous discutons la réalisation non-linéaire dans le contexte de la brisure spontanée de la supersymétrie et nous l'utilisons pour classifier tous les opérateurs de dimension inférieure à huit qui décrivent les interactions du Goldstino avec les champs du modèle standard. En plus du couplage universel au tenseur énergie-impulsion de dimension huit, il existe des opérateurs indépendants du modèle dont les coefficients ne sont pas déterminés par la réalisation non-linéaire. Leur dimension peut être inférieure à huit, les effets dominants provenant d'opérateurs de dimension six. Dans une deuxième étape, nous calculons ces coefficients dans la théorie des cordes avec des D -branes à intersection. Nous montrons que la constante de désintégration du Goldstino est donnée par la tension totale des branes, tandis que les coefficients des différents couplages sont indépendants des angles d'intersection. Motivés par ces considérations issues de la physique des cordes, nous étudions ensuite la phénoménologie d'un opérateur de dimension six qui couple le Goldstino à un doublet de leptons et au doublet de Higgs. Cette interaction préserve le nombre leptonique, pour autant que le Goldstino transforme comme un anti-lepton. Nous discutons la phénoménologie résultante, dans la limite où ce couplage n'implique qu'une seule famille de leptons, de telle sorte qu'il préserve aussi la saveur leptonique. Le boson Z et le boson de Higgs peuvent se désintégrer en un neutrino et un Goldstino: les limites actuelles provenant des désintégrations invisibles du Z ainsi que d'autres observables permettent que le Higgs se désintègre de façon dominante, ou du moins avec un branching ratio important, par un tel canal invisible. La partie finale de cette thèse contient nos conclusions.