

Correccions radiatives supersimètriques a la física del quark top i dels bosons de Higgs

En aquesta tesi hem investigat alguns efectes emergents en els observables del quark top dins del marc del Model Estàndard Supersimètric Minimal (MSSM).

El Model Estàndard (SM) de les interaccions Fortes (QCD) i Electrofebles (EW) ha tingut un gran èxit en la descripció de la natura a l'escala Electrofeble, i la seva validesa ha estat provada fins al nivell quàntic en els acceleradors de partícules passats i presents, com el LEP del CERN o Tevatron a Fermilab. El seu darrer gran èxit fou el descobriment el 1994 del darrer maó dels camps de matèria, el quark top, amb una massa de $m_t = 173.8 \pm 3.2 \pm 3.9 \text{ GeV}/c^2$. Tot i això el mecanisme pel qual totes les partícules de l'SM tenen massa encara espera confirmació, ja que encara no s'ha trobat cap partícula de Higgs. La força de la interacció entre els camps fermiònics i les partícules de Higgs és proporcional a la massa dels primers, per tant hom espera que les grans interaccions entre el top quark i la partícula de Higgs donin lloc a grans efectes de caràcter quàntic.

Hem centrat el nostre treball en l'MSSM. Aquest és una extensió de l'SM que incorpora Supersimetria (SUSY). La Supersimetria és una transformació que pot fer-se a l'acció de les Teories Quàntiques de Camps deixant-la invariant. La seva conseqüència fenomenològica més important és que per cada partícula de l'SM (p) existeix una altra partícula, que anomenem *spartícula* (\tilde{p}). Aquesta extensió de l'SM incorpora solucions elegants a alguns dels problemes teòrics de l'SM, com el *problema de les jerarquies*.

Hem calculat les correccions radiatives a alguns observables del quark top, utilitzant l'esquema de renormalització *on-shell*, i utilitzant una definició de $\tan\beta$ ben motivada físicament. $\tan\beta$ és el paràmetre més important de l'MSSM i governa la força de interacció entre els bosons de Higgs i els fermions (i els seus companys supersimètrics).

Hem calculat les correccions SUSY-EW a l'amplada de desintegració parcial no convencional del quark top en un quark bottom i un bosó de Higgs carregat $\Gamma(t \rightarrow H^+ b)$. Hem trobat que aquestes correccions són grans en el règim de $\tan\beta$ moderada i, especialment, de $\tan\beta$ gran. Aquestes poden fàcilment arribar a valors de $\delta_{EW}(t \rightarrow H^+ b) \simeq +30\%$ per μ negatiu i un espectre d'partícules "lleuger", i $\delta_{EW}(t \rightarrow H^+ b) \simeq +20\%$ per μ positiu i un espectre d'partícules "pesat". En ambdós casos ens hem cenyit a la restricció $\mu A_t < 0$, que és la condició preferida per les dades experimentals del decaïment de B-mesons ($b \rightarrow s\gamma$). Hem aïllat la contribució principal d'aquestes correccions, que és la contribució SUSY a la constant de renormalització de la massa del quark bottom $\delta m_b/m_b$. Aquesta és proporcional a $-\mu A_t$ i presenta un possible efecte de no-desacoblament. Les contribucions de les partícules de Higgs són molt petites, i poden ser obviades. A aquestes correccions hi hem afegit les correccions del sector fort (QCD) ja conegudes ($\delta_{QCD} \simeq -60\%$, $\delta_{SUSY-QCD} \simeq +80\%$ i $\delta_{SUSY-QCD} \simeq -40\%$), i hem investigat el seu impacte en la interpretació de les dades experimentals. L'anàlisi convencional (utilitzant només δ_{QCD}) implica que, si la massa del bosó carregat de Higgs és de $M_{H^\pm} = 110 \text{ GeV}$ la zona de $\tan\beta \geq 50$ està exclosa. Si suposem que aquest bosó de Higgs pertany a l'MSSM trobem que els valors exclosos són $\tan\beta \geq 35$ i $\tan\beta \geq 75$ pels dos escenaris presentats abans. Per tant no existeix un límit experimental independent de model a la massa del bosó de Higgs carregat.

Hem investigat la possibilitat que el quark top decaigui en un bosó de Higgs neutre i un quark charm, mitjançant Corrents Neutres de Canvi de Flavour (FCNC). Hem calculat les contribucions del sector EW i del sector QCD utilitzant un model de masses motivat per Teories de Gran Unificació (GUT), però sense restringir-nos a cap d'específica. Hem inclòs totes les interaccions existents en aquest model. Hem trobat que els límits teòrics superiors a aquesta raó d'embranchament són $BR^{\text{SUSY-EW}}(t \rightarrow ch) \lesssim \text{alguns} \times 10^{-6}$ i $BR^{\text{SUSY-QCD}}(t \rightarrow ch) \lesssim \text{alguns} \times 10^{-4}$, i que els valors típics estan al voltant de 10^{-8} i $10^{-5} - 10^{-4}$ per les contribucions SUSY-EW i SUSY-QCD respectivament. Les contribucions del sector de Higgs i del sector purament SUSY al decaïment electrofeble són del mateix ordre, i poden tenir signes iguals o oposats. Donat que la contribució SUSY-QCD és almenys dos ordres de magnitud més gran que la contribució EW, no cal calcular els termes de interferència entre les dues contribucions. El valor per

aquest observable és massa petit per poder ser mesurat a Tevatron o al Next Linear Collider (LC), però hi ha la possibilitat que pugui ser mesurat en el futur Large Hadron Collider (LHC).

Si els squarks-bottom (els companys SUSY dels quarks bottom) són prou pesats podran desintegrar-se en un quark top i un chargino (el company SUSY dels bosons de gauge i dels bosons de Higgs): $\tilde{b} \rightarrow t\chi^-$. Aquest procés podria ser una font inesperada de quarks top als acceleradors de partícules. Hem calculat les correccions radiatives del sector QCD, i les principals contribucions del sector EW. Les correccions QCD són les dominants, són negatives en la majoria de l'espai de paràmetres, i poden ser de l'ordre de $\delta_{QCD}(\tilde{b}_1 \rightarrow t\chi_1^-) \simeq -60\%$, $\delta_{QCD}(\tilde{b}_2 \rightarrow t\chi_1^-) \simeq -20\%$ per un ampli ventall dels paràmetres. Les correccions EW poden tenir ambdós signes. Hem calculat aquestes correccions dins l'aproximació *higgsino*, la qual hom suposa que sigui la principal contribució del sector EW. L'esquema de renormalització que hem triat ens imposa uns límits bastant restrictius en els valors que poden prendre els diferents paràmetres. Dins aquests límits les correccions típiques poden prendre valors de $\delta_{EW}(\tilde{b}_1 \rightarrow t\chi_1^-) \simeq +25\%$ a -15% $\delta_{EW}(\tilde{b}_2 \rightarrow t\chi_1^-) \simeq +5\%$ a -5% . De tota manera els esmentats límits són força qualitatius. En les vores d'aquestes regions excloses es donen els valors més grans de les correccions. Hem d'emfatitzar que en aquest cas no és possible de trobar un terme senzill que doni la contribució principal.

La conclusió general és que les correccions supersimètriques fortes i electrofebles poden ser molt importants en el super-sector top/bottom-Higgs de l'MSSM. Per tant és necessari d'incloure aquestes correccions en els càlculs teòrics dels observables de la física d'altres energies, si no informació molt important sobre la potencial dinàmica SUSY es pot perdre. Això és cert, no només pels futurs experiments (LC i LHC) si no també per les dades experimentals actuals (i les futures) de l'accelerador Tevatron a Fermilab.