## Como correr el ejemplo de Modelo Estándar + Escalar en MicrOmegas Elaborada por: A. Carrillo-Monteverde

## **FEYNRULES:**

- 1. Descargar el paquete del siguiente sitio web: <u>http://feynrules.irmp.ucl.ac.be/</u>
- 2. Colocar la carpeta en el lugar deseado y descomprimir.
- 3. Escribir el o los archivos de nuestro modelo (todos los modelos tienen la terminación .fr). Incluyo el archivo para el modelo mas simple (Scalar.fr, y SM.fr corresponde la Modelo Estándar)

Además, hay una base de datos de modelos ya implementados que pueden servir de ejemplo o base para desarrollar el modelo que nos interese. El link es: <u>http://feynrules.irmp.ucl.ac.be/wiki/</u><u>ModelDatabaseMainPage</u>

- 4. Para correr Feynrules y generar los archivos necesarios, en un notebook de Mathematica escribimos las siguientes instrucciones (ver Ejemplo.nb):
  - \$FeynRulesPath=SetDirectory[Directorio donde está FeynRules]
  - <<FeynRules'</li>
  - SetDirectory[Directorio donde se encuentra tu modelo .fr]
  - LoadModel["Modelos.fr"] (\*en nuestro caso LoadModel["SM.fr","Scalar.fr"]\*)
  - CheckHermiticity[Lagrangianos] (\*las siguientes instrucciones checan que el modelo no tenga problemas\*)
  - ChechDiagonalMassTerms[Lagrangianos]
  - CheckDiagonalQuadraticTerms[Lagrangianos]
  - CheckMassSpectrum[Lagrangianos] (\*en nuestro caso, Lagrangianos=LSM+Lax\*)
  - FeynmanGauge=True;
  - WriteCHOutput[Lagrangiano] (\*genera los archivos que necesita CalcHEP y micromegas para correr nuestro modelo\*)
- 5. Después de correr esto, se generará una carpeta en el mismo lugar donde está localizado el modelo con terminación XXX-CH. Esta carpeta contiene 5 archivos con terminación .mdl (extlib1, func1, lgrng1,prtcls1 y vars1).

**NOTA:** Los archivos para que nuestro modelo sea leído por MicrOmegas pueden ser generados también con otro software como SARAH y LanHEP.

## **MICROMEGAS:**

- 1. Una vez que tenemos los archivos del modelo para ser corridos en CalcHEP, instalamos MicrOmegas. El archivo de descarga se obtiene en el siguiente sitio web: <u>https://lapth.cnrs.fr/micromegas/</u>
- 2. Nuevamente, colocar la carpeta en el lugar deseado y descomprimir.
- En terminal, ingresamos a la carpeta que lo contiene (dentro de la carpeta de MicrOmegas) y lo instalamos mediante make (o gmake, según sea el caso).
  Algunos paquetes que necesitan tener instalados son la paqueteria X11 (libx11-dev o libx11-devel) y los compiladores de C++ y Fortran.
- 4. Para implementar nuestro modelo en MicrOmegas, creamos nuestro proyecto mediante ./newProject <project name>
- 5. Ingresar a la carpeta <project name> y dentro encontrarás varios archivos, entre ellos el archivo principal main.c (main.cpp)

- 6. Para cargar nuestro archivo generado en Feynrules, debemos copiar/reemplazar los 5 archivos .mdl en la carpeta work/models por los nuestros.
- 7. Una vez hecho esto, determinamos los valores de los parámetros libres que queremos ingresar en nuestra corrida, para ellos, vaciamos esta información en el archivo data.par (que se encuentra en donde está el archivo main). Por ejemplo, en nuestro caso, podemos variar la masa de la materia oscura y el acoplamiento \lambda con el bosón de Higgs ingresando las siguientes lineas en el archivo mencionado:
  - $\circ$  mSx 5000.000000
  - lambda 0.001000
- 8. Ahora vamos a correr el modelo (para esto nos ubicamos en la carpeta donde esta le archivo main y data.par):
  - make main=main.c
  - ./main data.par
- 9. Esto mostrará en pantalla la corrida para nuestro modelo. Entre la información desplegada vemos el valor de \Omega h<sup>2</sup>, las secciones eficaces para la interacción de DM con protones y neutrones y los cálculos de algunos flujos de detección indirecta.
- 10. Toda esta información es posible extraerla haciendo las modificaciones pertinentes en el archivo main.c y los valores en data.par pueden barrerse mediante scripts o sencillos programas que modifiquen el archivo en cada corrida.