

Informe parcial de Tesis de licenciatura

October 4, 2018

1 Datos personales

Nombre: Martín Carusso
e-mail: martincarusso@gmail.com
Fecha de inscripción en la materia: Abril de 2018
Lugar de trabajo del alumno: Departamento de física, FCEN

Tema del plan de tesis: *Estudio de la distribución de gas en el Grupo Local*
Directora: Cecilia Scannapieco
e-mail: cscannapieco@df.uba.ar
Codirector: Sebastián Nuza
e-mail: snuza@iafe.uba.ar

2 Materias correlativas pendientes

El alumno tiene aprobadas con final las materias correlativas necesarias: Laboratorios 6 y 7 y Físicas teóricas 1, 2 y 3.
Fecha tentativa de finalización: marzo de 2019.

3 Estado de avance

El uso de simulaciones numéricas de formación galáctica en un marco cosmológico es de suma relevancia para el estudio de la componente gaseosa del denominado *Grupo local*, el cual integran la Vía Láctea (nuestra galaxia), y su vecina M31 (Andrómeda). Estas simulaciones del Grupo Local permiten identificar estructuras en la distribución del gas y poder estudiar su origen y evolución. En aras de guiar e interpretar mejor las observaciones, su comparación con las simulaciones es fundamental. Esta comparación no es trivial; se debe tener en cuenta qué resultados se obtienen de las observaciones, y cómo pueden ser contruados a partir de las simulaciones.

En particular, los *outputs* de las simulaciones consisten en un estado o *snapshot* de las partículas de gas (unidades dentro de la descripción lagrangiana de fluido utilizada por el código), para cada tiempo de registro. Este estado contiene, para cada una de las partículas: un identificador único (*ID*), la posición y velocidad, las propiedades termodinámicas tales como energía interna, temperatura y densidad; y las masas de los distintos elementos químicos dentro de la partícula. A partir de estas masas se puede calcular la *metalicidad* (fracción de la masa en elementos posteriores a H y He con respecto a la masa total) correspondiente a la partícula. Por otro lado, en las observaciones, se cuentan con espectros de absorción, tomados para una serie de direcciones en el cielo (*líneas de la visual*).

El objetivo principal de la presente tesis es la creación de una muestra sintética de espectros de absorción en distintas líneas de la visual, a partir de simulaciones cosmológicas del grupo local. Para la síntesis de espectros y líneas de absorción, es importante un modelado de los procesos físicos relevantes y su posterior implementación dentro del código. La realización del objetivo tiene asociada los siguientes pasos:

- Lectura de los *outputs* de las simulaciones y almacenamiento dentro de una estructura de datos conveniente para el acceso y trabajo con los mismos.
- Identificación de los objetos galácticos dentro de las simulaciones. En particular, identificar y aislar a las partículas que pertenecen a cada objeto, facilitando su posterior seguimiento.
- Familiarización y prueba de módulos ya desarrollados (YT, TRIDENT) para la síntesis de espectros en base a las simulaciones.
- Emplear estos módulos para la generación sistemática de espectros sintéticos, y posterior comparación con las observaciones.

Los primeros tres puntos están ya completos, se está trabajando sobre el último. Detallamos los adelantos realizados en estos puntos.

Para la lectura de los datos, empleamos y adaptamos un módulo ya desarrollado en Python, *iccpy*¹. Este contiene rutinas que reciben los archivos de *snapshot* e introducen sus datos dentro de un objeto, facilitando el acceso individualizado a cada una de las propiedades de las partículas.

A la par de las simulaciones, se corre también un algoritmo denominado SUBFIND, que permite la identificación de objetos galácticos, denominados *subhalos*. Para acceder a los resultados de este algoritmo, se empleó el mismo módulo *iccpy* que permite la lectura de sus *outputs*. De esa forma, se tiene disponible una lista con los subhalos y las partículas que integran a cada uno; esto nos permitió identificarlas unívocamente para su seguimiento a lo largo de las instancias temporales. En el caso de las simulaciones del grupo local, los dos principales subhalos corresponden a candidatos para la Vía Láctea y M31; pudimos obtener las posiciones de sus centros como mínimos locales del potencial.

Para la generación de espectros, fue necesario familiarizarse con los módulos de Python YT² y TRIDENT³. El primero nos permite transformar los datos en términos de partículas de fluido lagrangianas a una deposición de las mismas sobre una grilla. Esto resulta útil para visualizar proyecciones espaciales de las propiedades del sistema, tales como la densidad y temperatura, como vemos en la Figura 1. El segundo módulo utiliza esta deposición sobre una grilla para calcular los espectros sintéticos. Sobre esta grilla, se definen los campos de densidad, temperatura y otras propiedades en base a un suavizado de las propiedades localizadas espacialmente en las partículas.

Para tomar un espectro sintético, debemos definir una dirección como *línea de la visual* y una lista de elementos para los cuales calcular las líneas de absorción. En base a la densidad, temperatura y metalicidad sobre las celdas de la grilla interceptadas por esta línea, el programa calcula las abundancias relativas de estos elementos y posteriormente sus líneas de absorción utilizando un modelo de equilibrio iónico; dando un resultado

¹[Ver https://github.com/Lowingbn/iccpy](https://github.com/Lowingbn/iccpy) y <https://github.com/martincss/iccpy>

²<https://yt-project.org/>

³<http://trident-project.org/>

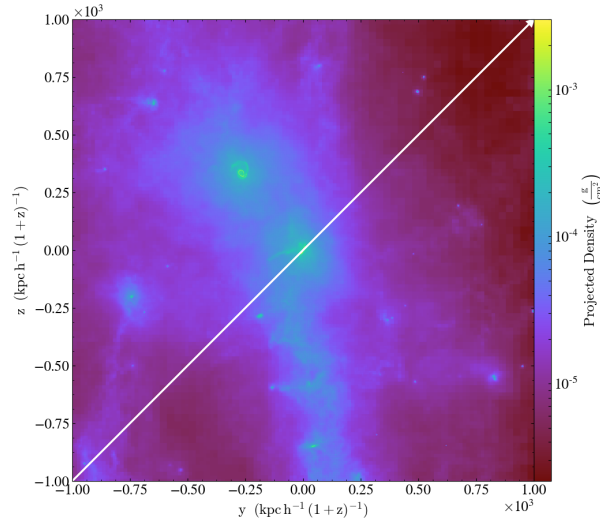


Figure 1: Proyección bidimensional de la densidad, junto con la *línea de la visual* sobre la cual se toma el espectro de absorción.

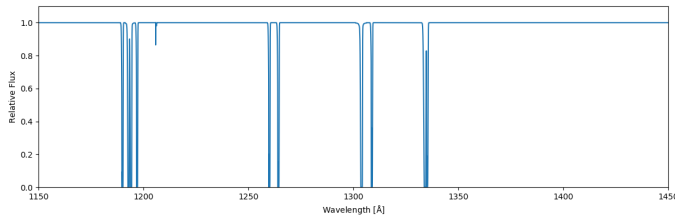


Figure 2: Espectro de absorbancia relativa con las líneas de absorción para los elementos C y Si.

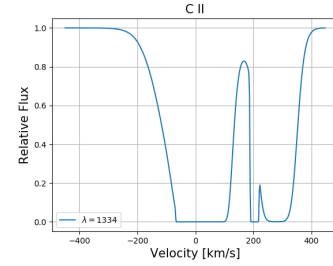


Figure 3: Detalle del espectro para una línea de absorción del C, en función de la velocidad del gas.

como se ve en la Figura 2.

Una de las principales dificultades hasta el momento fue la necesidad de adaptar las *snapshots* al formato necesario para la interacción con estos módulos. Esto requirió varias pruebas, entendimiento de los detalles de funcionamiento de estos módulos y una inspección rigurosa a su código fuente.

Por último, deseamos tomar una muestra de espectros sintéticos para una variedad de líneas de la visual, siendo éste el trabajo actualmente en curso. En base a esa muestra, podemos analizar propiedades estadísticas de los espectros y realizar una comparación directa con las observaciones de esta misma naturaleza. De ese modo, podremos caracterizar las propiedades generales del gas en el halo de las galaxias y el medio circundante. En la Figura 3 podemos ver el detalle de una línea de absorción, graficada en función de la velocidad del gas; como se encuentra en la literatura.