

COSMOLOGÍA - 1er cuatrimestre 2019

Prof. Esteban Calzetta

Departamento de Física, FCEyN, UBA

Guía 5: Fluctuaciones en la materia y formación de estructuras

B - Evolución no lineal: simulaciones con GADGET

En esta guía utilizaremos el código GADGET2 (<https://wwwmpa.mpa-garching.mpg.de/gadget/>) aplicado a problemas sencillos de la evolución no lineal de ciertas estructuras en el marco del modelo cosmológico Λ CDM, o en simulaciones idealizadas sin considerar la expansión del Universo. Recomendamos leer la bibliografía correspondiente indicada en la página de GADGET y la “Guía del Usuario”. En la página de la materia se encuentra además un instructivo adicional para la instalación y corrida del código.

1. Formación de un cúmulo de galaxias

Simulamos la formación de un cúmulo de galaxias en un contexto cosmológico. Utilice las condiciones iniciales y el Makefile indicados en la Guía del Usuario para este ejemplo.

- (a) Corra la simulación y obtenga los snapshots correspondientes. Puede cambiar el parámetro *TimeBetSnapshot*, en el archivo de parámetros iniciales, que regula el tiempo transcurrido entre salidas y por lo tanto la cantidad de snapshots producidos.
- (b) Estudie la evolución de la distribución de materia, realizando los gráficos de la distribución de masa en función del tiempo.
- (c) Tome algún criterio para determinar el centro del cluster y calcule el perfil de masa (o densidad) en función del radio. Determine el tamaño del cluster a partir de la convención del radio virial, R_{200} .

2. Formación de estructura a gran escala

Simulamos la formación de estructuras en un volumen del Universo de $(50 h^{-1} \text{ Mpc})^3$, incluyendo materia oscura (Particle Type = 1) y gas (Particle Type = 0) en el marco de un modelo cosmológico dado. Utilice las condiciones iniciales y el Makefile indicados en la Guía del Usuario.

- (a) Corra la simulación y obtenga los snapshots correspondientes. En este caso, puede editar el archivo `outputs.lcdm_gas.txt` para incluir más salidas (note que los tiempos están expresados en términos del factor de expansión). En el set-up estándar, las salidas corresponden a $z = 5, 3, 2, 1$ y 0.
- (b) Realice gráficos de la secuencia temporal de la distribución de materia o masa, y observe cómo crece la estructura para cada tipo de partículas.
- (c) Estudie comparativamente las componentes de materia oscura y de gas. ¿Observa diferencias?, ¿por qué?
- (d) Una de las salidas del código es la energía interna, directamente relacionada con la temperatura. Analice la dependencia de la distribución de gas con la temperatura.

3. Colisión de galaxias

Simulamos la colisión de dos galaxias de disco, ignorando la componente gaseosa y la evolución cosmológica. Esto es, se considera un problema solo con interacciones gravitatorias en un Universo estático con partículas de materia oscura (Particle Type = 1) y estrellas (Particle Type = 2). Utilice las condiciones iniciales y el Makefile indicados en la Guía del Usuario.

- (a) Corra la simulación, obteniendo las salidas (o snapshots). Modifique el parámetro *Time-BetSnapshot* que regula el tiempo transcurrido entre salidas para generar mayor cantidad de snapshots (por ejemplo, puede usar un valor de 0.1 para empezar).
- (b) Observe lo que ocurre con las partículas a medida que las galaxias se acercan, interactúan y colisionan. Puede hacer una animación con las tres proyecciones de la distribución de materia, graficando un mapa de densidad de masa (o densidad de partículas). Analice la distribución de masa en las regiones internas de las galaxias que colisionan y de la galaxia remanente.
- (c) Piense qué comportamiento debería encontrar para la materia oscura. ¿Será similar al caso de las estrellas?, ¿por qué?. Compruébelo graficando los resultados para las partículas con Particle Type = 1.