

Presentación final CD2201-16

Centro , Radios lagrangianos y Energía de un Cluster

M. González, M. Maturana, E. Reyes y C. Riquelme



Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Plan Común Ingeniería U

10 de diciembre de 2024

- 1 Introducción y Motivaciones
- 2 Objetivos
- 3 Metodología, Marco Teórico y Base de Datos
- 4 Resultados
- 5 Conclusiones

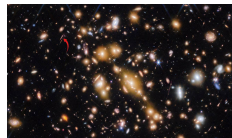
Introducción y Motivaciones

Definición

Clusters Estelares: Agrupaciones de estrellas que se formaron a partir de una misma nube molecular y, generalmente, comparten la misma composición química y edad.

Su estudio es fundamental en astronomía y astrofísica por varias razones clave como por ejemplo.

- Comprender la formación y evolución estelar.
- Dinámica y evolución de sistemas gravitacionales (Colisión y relajación).
- Catálisis de eventos extremos (Agujeros negros y estrellas de neutrones).



(a) Cluster



(b) Primera Imágen del James Webb

Figura 1: Imágenes del James Webb

Objetivos

Estudio de un cluster

Esta simulación buscaba estudiar la evolución de un cluster estelar y como afecta al mismo la evolución de sus miembros.

Trackeo centro del Cluster y Radios Lagrangianos

Buscamos analizar la trayectoria del centro del cluster \vec{r}_{cc} y definimos r_ξ como el radio (centrado en el \vec{r}_{cc}) al que se encuentra el $\xi\%$ de la masa total.

Trackeo de la Energía y Colisiones

Se busca estudiar la evolución el sistema mirando su energía potencial y cinética. Del mismo modo se analizó los tiempos de relajación y colisiones de una estrella en particular.

Nuestra base de datos de la simulación fue proporcionado por Boris Cuevas¹ la cual constaba de un dataset HDF5 que contenía los parámetros dinámicos principales del sistema.

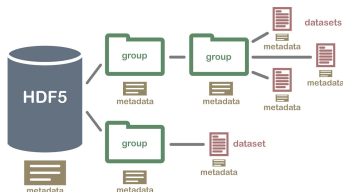


Figura 2: Modelo de HDF5

Las principales dificultades fueron:

1. Tamaño del archivo.
2. Formato y lectura.
3. Tiempos de cómputo.

¹ boris.cuevas@ug.uchile.cl

Métodos Computacionales utilizados:

- Multiprocessing para optimización.
- Amuse framework.
- Librerías Numpy y Matplotlib.

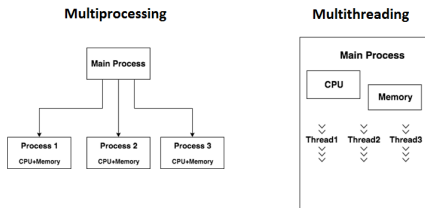


Figura 3: Diferencias entre multiprocessing y multithreading

El proyecto estuvo basado principalmente en la definición que da Makino & Sugimoto (1987) junto con el trabajo de Andrés Escala.²

Definición

Centro del Cluster:

$$\vec{r}_{cc} := \frac{\sum_{i=1}^N \frac{\vec{r}_i}{r_{6i}^3}}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{r_{6i}^3}}$$

Definición

Radio Lagrangiano:

$$r_{\xi} = \|\vec{r} - \vec{r}_{cc}\|$$

tal que \vec{r} es el radio al que se encuentra el $\xi\%$ de la masa.

Definición

Tiempo de relajación:

$$T_{relax} = \frac{N}{6 \ln N} t_{cr} \quad t_{cr} \equiv \frac{R}{v}$$

- 2.000 estrellas
- 25.817 tiempos distintos
- Energía
- Velocidades
- Posiciones
- Masas

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	datasets	RL 60%	RL 70%	RL 80%	MMx	MMy	MMz	Relax time
2	Stars_0	0.004685145449	0.005842143191	0.007403544889	-0.002410268636	-0.001644780824	-0.003781376537	6.34E+12
3	Stars_1	0.004677512222	0.005830360039	0.007400126153	-0.002546928591	0.003298739312	0.00171880446	2.61E+12
4	Stars_2	0.004580095138	0.005764582142	0.007390317037	-0.004670100503	-0.001656752813	0.003349928855	3.54E+12
5	Stars_3	0.004545274283	0.005740229513	0.00737074045	-0.004805805067	-0.003794133016	0.00130105469	3.12E+12
6	Stars_4	0.004512980945	0.00568483469	0.007369430256	0.00227215204	0.006658071648	0.002518233184	3.10E+12
7	Stars_5	0.00448212461	0.005651686436	0.007358853985	-0.0004632142715	0.001441666542	0.0001401985232	930736637819
8	Stars_6	0.004111768244	0.005362937199	0.007197269997	0.004605932939	-0.001555950223	-0.001213914055	1.60E+12
9	Stars_7	0.004097702294	0.005358198002	0.007199707058	-0.001614970005	-0.004474811615	0.001173381811	1.74E+12
10	Stars_8	0.004064644715	0.005344497051	0.007154022732	0.0001457460937	0.000171420042	0.0001074173665	241086633976

Figura 4: CSV

Código 1: Código esencial en \vec{r}_{cc} y r_ξ

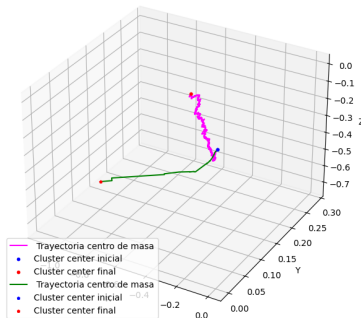
```
1 #Función para poder encontrar las 6 estrellas más cercanas
2 def closest_neighbours(x1,y1,z1,x,y,z):
3     #centramos
4     #trasladamos el origen
5     xcenter = x.value_in(units.pc) -x1.value_in(units.pc)
6     ycenter = y.value_in(units.pc)-y1.value_in(units.pc)
7     zcenter = z.value_in(units.pc)-z1.value_in(units.pc)
8     #distancia
9     r = np.sqrt(xcenter**2 + ycenter**2 + zcenter**2)
10    #ordenaos
11    r.sort()
12    return r[6]
```

Código 2: Código esencial en \vec{r}_{cc} y r_ξ

```
1 #Ordenar distancias
2 r = np.sqrt(distancia_x + distancia_y + distancia_z)
3 indices=np.argsort(r,kind='quicksort')
4 r_ordenado=r[indices]
5 massordenado=mass[indices]
6 acumulated_mass=np.cumsum(mass_ordenado)
7 acumulated_mass_porcentaje=acumulated_mass/totalmass
8
9 indice_i=np.where(acumulated_mass_porcentaje>=0.i)[0][0]
10 radio_i= r_ordenado[indice_i]
```

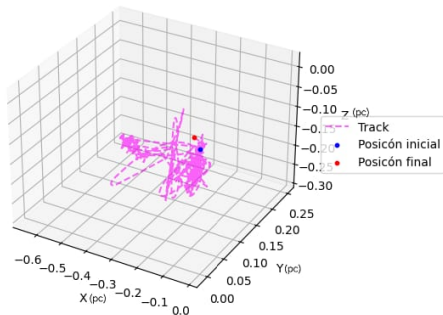
Resultados

Trayectoria del centro del cluster y centro de masa



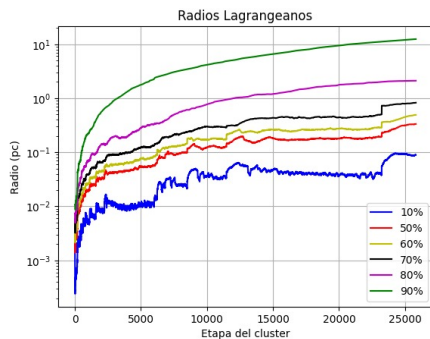
(a) Trayectoria

Most massive track

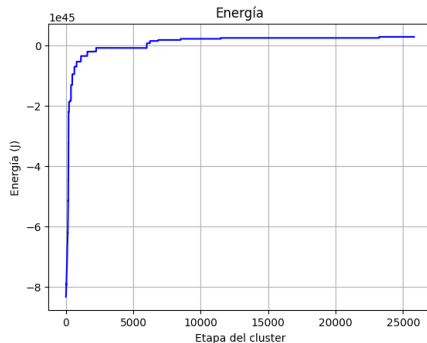


(b) Trayectoria

Resultados



(a) Radios lagrangeanos



(b) Energía

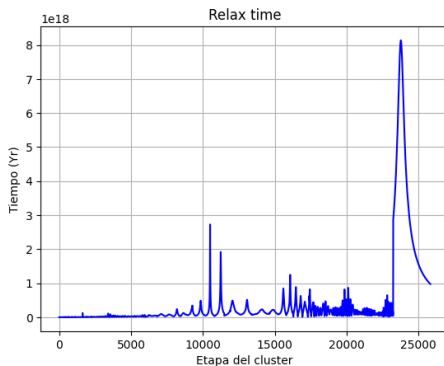


Figura 7: Tiempo de relajación

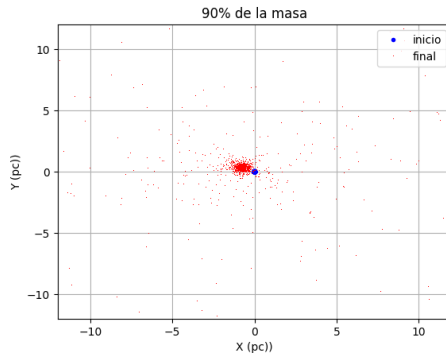


Figura 8: Comparación momento inicial y final

Conclusiones

Comportamiento del centro

Como pudimos apreciar en los gráficos la simulación es consecuente con la física ya que el objeto más masivo se mantiene cerca del centro, y en efecto el centro es el centro del cluster.

Radios lagrangianos y energía

Podemos interpretar ambos datos como medidas de la separación del cluster los cuales se complementan entre si.

Tiempos de relajación

El cluster en un inicio es muy compacto y caótico mientras que al final se acerca al equilibrio.

Etapa final e inicial del cluster

Tal como habíamos predicho gracias a los gráficos de energía y radios lagrangianos.



Esto fue profeta galáctico