

PERTURBER

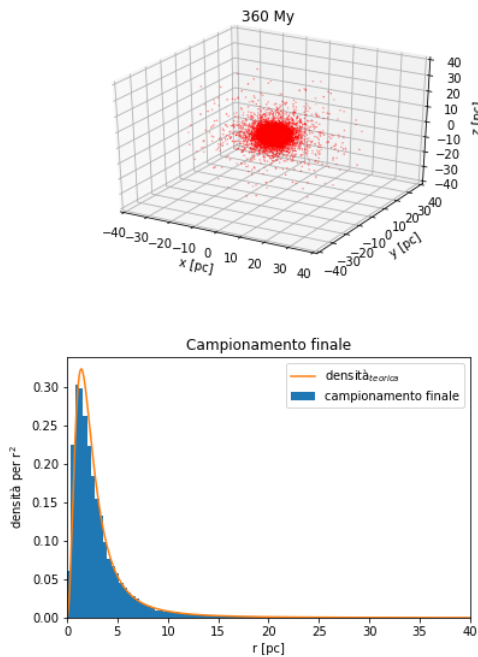
ESERCIZIO 5. Dicembre 2019

Paolo Stumpo, 790358

L'esercizio richiede di studiare il comportamento di una massa posta in una sfera di Plummer. Come parametri iniziali ho preso una sfera di Plummer di raggio $R=40$ pc con raggio scala $a=1$ pc, massa pari ad una massa solare; la massa dei due perturbatori pari a 0.01 e 0.03 masse solari, posti al raggio di metà massa della sfera.

Condizioni iniziali

Per prima cosa bisogna creare una distribuzione dei corpi della sfera di Plummer, come nell'esercizio 3. Mostro brevemente la mia situazione iniziale e verifico che nel tempo sia stabile (esattamente come nell'esercizio 3)



Perturber

Devo inserire il perturbatore a R di metà massa. Scelgo che l'orbita stia nel piano (x,y): ciò vuol dire che la coordinata z del perturbatore è pari a 0 e la velocità iniziale del perturbatore giace nel piano ($v_z = 0$). La velocità radiale nel pericentro e nell'apocentro è pari a 0, per cui scelgo di posizionare il corpo alla massima distanza dal centro di rotazione in modo da avere solo la componente tangenziale, data dal potenziale generato dalla sfera di Plummer, e la imposto per mia scelta lungo l'asse positivo delle y . In sintesi, il perturbatore avrà coordinate $(R(\text{metà massa}), 0, 0)$ e velocità $(0, v_{\text{tangenziale}}, 0)$. La velocità tangenziale trovata per avere un'ellitticità dello 0.5, l'ho calcolata seguendo il potenziale di Plummer e trovo: $v = 0.018 \text{ km/s}$

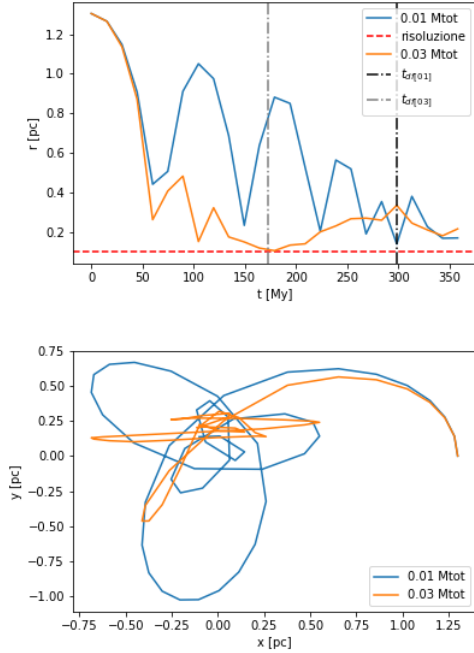
Evoluzione temporale

Ho lanciato il codice treecode tenendo un fattore di softening, eps , calcolato come la distanza media tra i corpi nella zona centrale; t_{stop} l'ho calcolato come circa 8 volte il tempo dinamico di una particella sul raggio scala.

- $\text{eps} = 0.05$
- $\text{dt}_{\text{time}} = 0.03$
- $t_{\text{stop}} = 24$
- $\text{dt}_{\text{out}} = 0.5$
- $\theta = 1$

Verifica andamento temporale

Voglio vedere qual è la differente evoluzione temporale dei perturbatori con massa differente:



Vedo subito come il perturber piú massivo subisce una frizione dinamica maggiore raggiungendo il centro in un minor tempo. Osservo anche come il corpo meno massivo segue molto bene l'orbita con ellitticitá 0.5. Posso stimare il t_{df} interpolando dal grafico: é il tempo in cui il perturber raggiunge la risoluzione (dettata da eps,parametro di softening) al di sotto della quale il treecode non può risolvere il sistema. Quindi calcolo, per i due perturber:

- $t_{df[0.01]} \simeq 298 My$
- $t_{df[0.03]} \simeq 173 My$

Superati i rispettivi t_{df} , i corpi sostano nella zona centrale della sfera di Plummer seguendo delle orbite quasi circolari (dovrei aumentare il tempo della simulazione, ma avrei un costo troppo elevato. Osservo comunque che il trend del perturber piú massivo può essere compatibile con un'orbita circolare).

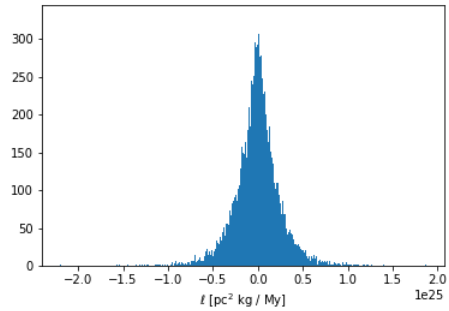
Rotatore isotropo

Voglio fare la stessa simulazione ma con la sfera di plummer che ruota in modo isotropo. Per farlo,devo cosiderare il momento angolare l_z dei corpi, e voglio che sia tutto positivo: in questo modo avrò

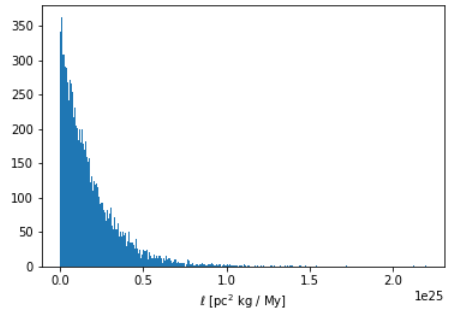
una rotazione in senso antiorario. Il mio sistema diventa cosí corotante al perturber (per come ho definito la velocitá.

Rotazione

Valuto quindi il momento angolare dei miei corpi: mi aspetto che sia una gaussiana piccata in 0

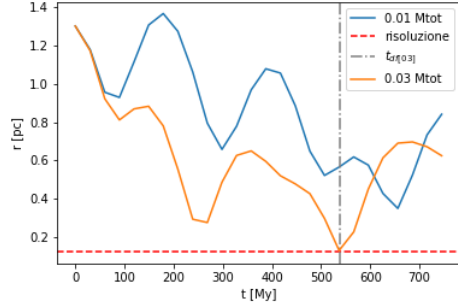


I valori negativi li trasformo in positivi cambiando di segno alle velocità:



Evoluzione temporale

Come prima, valuto il raggio del perturber in funzione del tempo per andare ad investigare cosa cambia nella traiettoria del pertruber e se cambia il t_{df} . Ipotizzo sia maggiore. Graficando,ottengo:



Dal grafico vedo quanto mi immaginavo. Posso ipotizzare che ciò sia simile alla situazione che si avrebbe con un corpo che ruota immerso in un fluido corotante. Ipotizzo che "diminuisca l'attrito dinamico", ovvero i perturber cedono meno energia alle particelle (queste ultime non si trovano più in moto randomico) e perciò scivolano verso il centro più lentamente. Ottengo un $t_{df[03]} \simeq 538 My$ per il perturber di 0.03 masse solari, mentre quello di 0.01 masse solari ha un t_{df} che va al di là del tempo della mia simulazione (aumentando t_{stop} , ottengo un tempo di calcolo troppo elevato). Posso interpolarlo dal trend delle orbite: $t_{df[01]} \simeq 800 - 900 My$. Noto anche come, malgrado la mia impostazione iniziale fosse quella per ottenere una ellisse con $e=0.5$ (ben verificata dalla prima simulazione), sia ora diventata un'orbita $e \simeq 0.18$. Ipotizzo sia anche questo un effetto dato della rotazione.

