

1. félévi beszámoló
Császár Anna (csaszaranna92@gmail.com)
Részecskefizika és Csillagászat PhD program
Témavezető: Sándor Zsolt
A dolgozat címe: Formation of planetary systems in
time-evolving protoplanetary discs

Bevezetés Az eddig ismert exobolygórendszerek alapján a bolygórendszerek jelentősen eltérhetnek a Naprendszerben megismertektől. Ennek egyik lehetséges magyarázata a bolygók és a protoplanetáris korong közötti kölcsönhatás. Tudjuk, hogy a korong gázkomponense az 1-es és 2-es típusú migráción keresztül jelentősen befolyásolja a bolygók pályaelemeit.

Mivel ezek a korongok nem stacionáriusak, hanem folyamatos fejlődésben vannak maguk is, így a bolygókra gyakorolt hatásuk is idővel változik. A korongok gázkomponensű anyagmennyisége folyamatosan csökken, ami több folyamat együttes eredménye. Fontos szerepet játszik a csillagra történő akkréció és a csillagból érkező sugárzás hatására létrejövő fotoevaporáció. Egy idő után olyannyira lecsökken a gáz mennyisége, hogy már nem lesz képes a migrációhoz szükséges erőket kifejteni.

A korong azonban nem csak a bolygók pályaelemeit tudja módosítani, hanem ún. bolygócsapdák létrehozásával a bolygók keletkezési helyét is befolyásolja. Ezeken a helyeken a migrációt okozó erők zérussá válnak, mely a bolygók kialakulásához szükséges anyag felhalmozódásához vezet. Bolygócsapdák létrehozásában a korong sűrűségeloszlása is szerepet játszhat.

Az aktuális félévben elvégzett kutatások ismertetése: A bolygórendszerek kialakulásának vizsgálatához mindenképp a protoplanetáris korong fejlődésének ismerete szükséges. Ehhez az akkréciót és a fotoevaporációt vettem figyelembe egy általam C nyelven írt kódban, mely egy 1D modellben írja le a gáz felületi sűrűségének időfejlődését.

A modellhez tartozó egyenlet:

$$\frac{\partial \Sigma}{\partial t} = \frac{3}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[\sqrt{r} \frac{\partial}{\partial r} (\nu \Sigma \sqrt{r}) \right] - \dot{\Sigma}_w(r, t), \quad (1)$$

ahol Σ a felületi sűrűség, ν a kinematikai viszkozitás és $\dot{\Sigma}_w$ a fotoevaporációs tag.

A fotoevaporációhoz szükséges $\dot{\Sigma}_w$ tagot Owen et al. (2010) alapján adtam meg, akik hidrodinamikai szimulációk során kapott eredményekből származó adatokra illesztették az alábbi formulákat. Két különböző esetet is figyelembe vettem. Az egyik az elsődleges korong esete, melyben a nincs üreg a korongban. Az üreg akkor jön létre, amikor a rés által kettéosztott korongban a csillaghoz közelebb eső rész lényegében eltűnik. Az elsődleges korong eseténben a 2-es és 3-as egyenlet segítségével számoltam a fotoevaporációs tagot úgy, hogy $\dot{\Sigma}_w = 0$ ha $x < 0,7$. Az eredmény az 1. ábrán lila színnel van ábrázolva. A másik az átmeneti korong esete, amikor a korongban már van üreg, ekkor a 4-es és 5-ös egyenleteket használtam úgy, hogy $\dot{\Sigma}_w = 0$ ha $y < 0$. Az 1. ábrán zöld, kék

és narancssárga színekkel vannak jelölve a kapott értékek, rendre 5, 10 és 20 CsE nagyságú üregek esetében.

$$x = 0,85 \frac{r}{AU} \left(\frac{M_*}{M_\odot} \right)^{-1}. \quad (2)$$

$$\dot{\Sigma}(x) = dex[a_1 \log_{10}(x)^6 + b_1 \log_{10}(x)^5 + c_1 \log_{10}(x)^4] + d_1 \log_{10}(x)^3 + e_1 \log_{10}(x)^2 + f_1 \log_{10}(x) + g_1] \cdot \left[\frac{6a_1 \log(x)^5}{x^2 \log(10)^7} + \frac{5b_1 \log(x)^4}{x^2 \log(10)^6} + \frac{4c_1 \log(x)^3}{x^2 \log(10)^5} + \frac{3d_1 \log(x)^2}{x^2 \log(10)^4} + \frac{2e_1 \log(x)}{x^2 \log(10)^3} + \frac{f_1}{x^2 \log(10)^2} \right] \cdot \exp \left[- \left(\frac{x}{100} \right)^{10} \right] \quad (3)$$

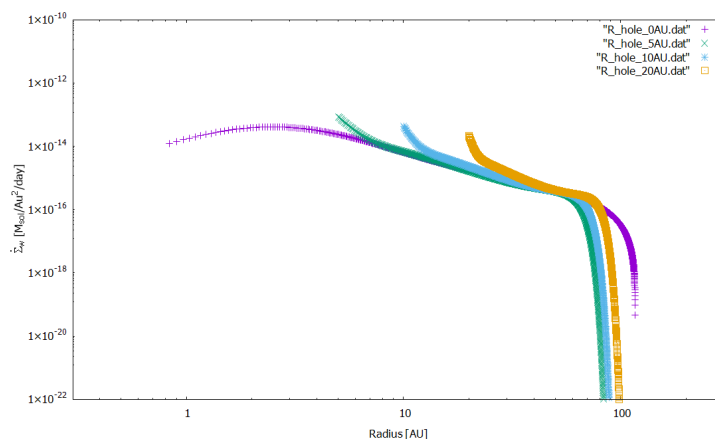
$$y = 0,95 (r - R_{hole}) \left(\frac{M_*}{1M_\odot} \right), \quad (4)$$

$$\dot{\Sigma}(y) = \left[\frac{a_2 b_2 \exp(b_2 y)}{r} + \frac{c_2 d_2 \exp(d_2 y)}{r} + e_2 f_2 \exp(f_2 y) \right] \times \exp \left[- \left(\frac{y}{57} \right)^{10} \right] \quad (5)$$

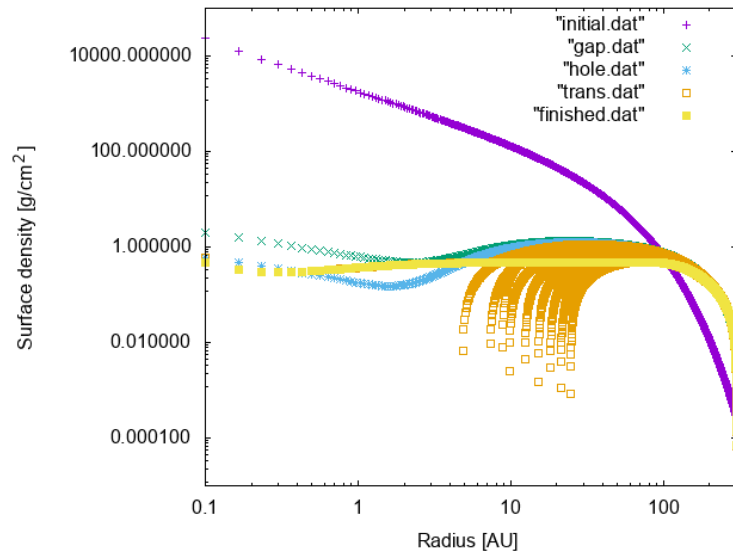
A második eset használata a többszörösére növeli a futási időt, mivel minden időlépésben új normát kell számolni. Emellett $\dot{\Sigma}_w$ függ az üreg méretétől, így annak változásával a fotoevaporációs tagot is újra kell kalkulálni. A gáz felületi sűrűségének időbeli változása a 2. ábrán látható, az alábbi paraméterek mellett: $\alpha = 0,01$, $M_* = 1M_\odot$, $L_X = 10^{30} \text{ erg/s}$, $\Sigma_{crit} = 0,47 \text{ g/cm}^2$.

A fentiekben leírt folyamatokat konstans α viszkozitás, és a távolsággal lineárisan növekvő skálamagasság ($H = hr$) mellett vettem figyelembe. Figyelembe vehetjük azonban azt is, hogy α értéke helyfüggő lehet. Ehhez C nyelven írtam egy függvényt, mely a helyfüggést hiperbolikus tangens alakban adja meg (3.ábra). Az α helyfüggésével természetesen a kinematikai viszkozitás is változni fog a 4. ábrán látható módon. Ez a későbbiekben a korongokban található akkrációs inaktív tartományok modellezéséhez lesz használható, mivel ezeken a területeken a kinematikai viszkozitás drasztikusan lecsökken.

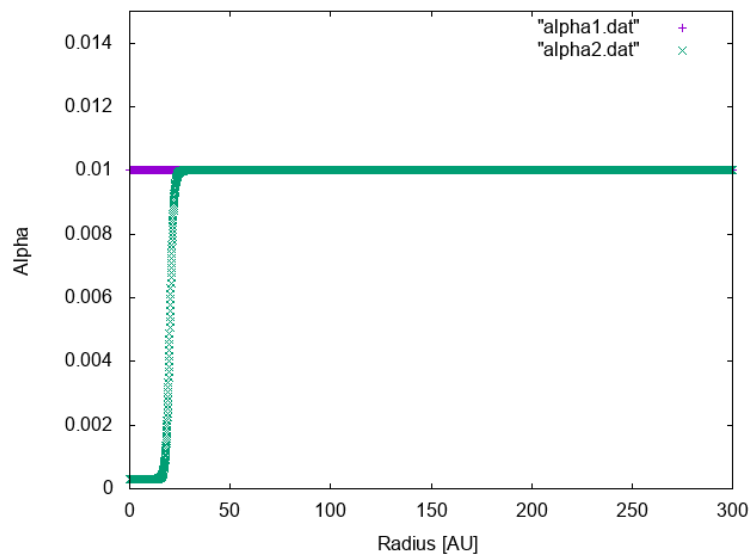
Ebben a félévben elkezdtem a hőmérséklet és az opacitás közötti összefüggésekkel is foglalkozni.



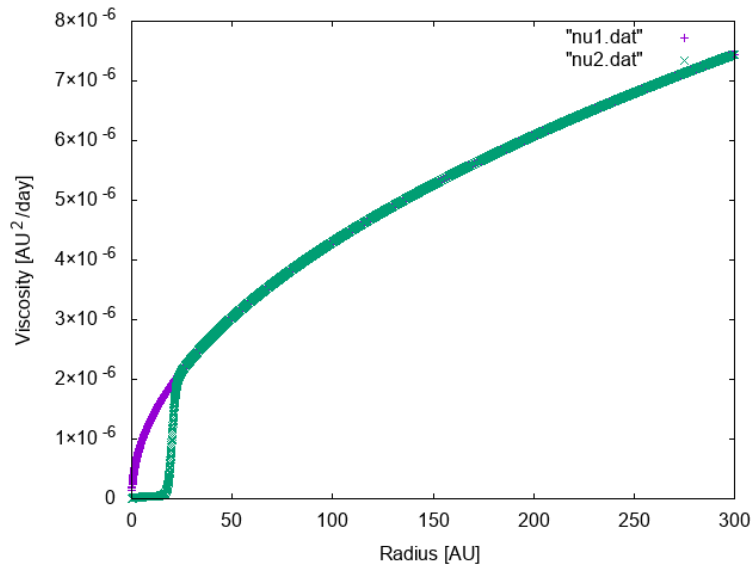
1. ábra. A korongszél profilja különböző üreg méretek esetén.



2. ábra. A gáz felületi sűrűségének időbeli változása. Először kialakul egy rés, majd üreg jön létre, végezetül pedig a fennmaradó átmeneti korong fejlődését láthatjuk.



3. ábra



4. ábra

Tanulmányi tevékenység

- Nyári Iskola - Basics of Astrobiology, Bécs
- Fejezetek a többes csillag-és bolygórendszerek elméleti és megfigyelési kérdéseiből I.
- Haladó informatika a csillagászatban I. EA

Oktatási tevékenység

- Gyakorlat - Csillagászati észlelési gyakorlatok 3. - hetente 3 tanóra

Hivatkozások

J. E. Owen, B. Ercolano, C. J. Clarke, and R. D. Alexander. Radiation-hydrodynamic models of X-ray and EUV photoevaporating protoplanetary discs. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 401:1415–1428, January 2010. doi: 10.1111/j.1365-2966.2009.15771.x.