

### 3. félévi beszámoló

**Császár Anna** (a.csaszar@astro.elte.hu)

Részecskefizika és Csillagászat PhD program

Témavezető: Sándor Zsolt

A dolgozat címe: Formation of planetary systems in  
time-evolving protoplanetary discs

**Bevezetés** A kutatásom egyik alappillére a fotoevaporáció vizsgálata, mely a korong gázkomponensének sűrűségét csökkenti azáltal, hogy az egyes gáz részecskék a nagyenergiás fotonok hatására átlépik a szökési sebességet.

A gáz akkrécióját és a fotoevaporációt tartalmazó modell egyenlete:

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

Az általam a fotoevaporációra ( $\dot{\Sigma}_w(r, t)$ -re) eddig használt formulát Owen et al. (2012) cikke alapján írtam a saját programomba.

**Az aktuális félévben elvégzett kutatások ismertetése:** Egy új cikk (Picogna et al., 2019) megjelenésével szükségessé vált a korábbi formula átdolgozása. A szerzők hidrodinamikai kódjuk eredményeiből határozták meg az 1D modellbe illeszthető képleteket. Az alábbi egyenletek segítségével lehet az új tömegvesztési profilokat megalkotni:

$$\dot{\Sigma}_w(r) = \ln(10) \left( \frac{6 * a * \ln(r)^5}{r * \ln(10)^6} + \frac{5 * b * \ln(r)^4}{r * \ln(10)^5} + \frac{4 * c * \ln(r)^3}{r * \ln(10)^4} + \frac{3 * d * \ln(r)^2}{r * \ln(10)^3} + \frac{2 * e * \ln(r)}{r * \ln(10)^2} + \frac{f}{r * \ln(10)} \right) \frac{\dot{M}_w(r)}{2\pi r} [M_\odot AU^{-2} yr^{-1}] \quad (2)$$

$$\dot{\Sigma}_{w,T}(r) = AB^x x^{C-1} [x \ln(B) + C] \frac{1, 12 \dot{M}(L_X)}{2\pi r} [M_\odot AU^2 yr^{-1}] \quad (3)$$

$$\dot{M}_w(r) = \dot{M}(L_X) \cdot 10^{a \log r^6 + b \log r^5 + c \log r^4 + d \log r^3 + e \log r^2 + f \log r + g} \quad (4)$$

$$\log(\dot{M}(L_X)) = A_L \cdot \exp \left( \frac{(\ln(\log(L_X)) - B_L)^2}{C_L} \right) + D_L \quad (5)$$

A (2)-es egyenlet a rés nélküli korongok felületi sűrűség időbeli csökkenését írja le a távolság és a teljes tömegvesztési ráta függvényében. Ez utóbbit írják le a (4)-es és a (5)-ös egyenletek. Előbbiben a helyfüggés, utóbbiban a röntgen luminozitástól való függés szerepel.

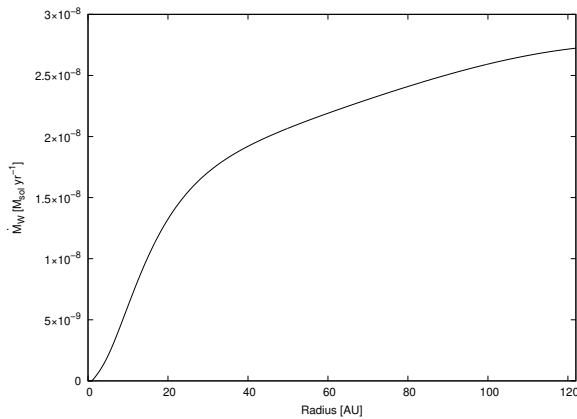
A (3)-as egyenlet a réssel rendelkező korongok fejlődését írja le, melyben  $x = r - r_{gap}$ , ahol  $r_{gap}$  a rés csillagtól vett távolsága. Az  $a, b, c, d, e, f, g$  és az  $A, B, C$ , illetve az  $A_L, B_L, C_L, D_L$  konstansok a Picogna et al. (2019) cikkben megtalálhatóak.

Az egyenletek programba illesztése nem volt problémamentes, mivel a fenti egyenletek következetlen jelölést tartalmaznak. Kipróbáltam a logaritmust tartalmazó kifejezéseket különböző módokon zárójellezni. Ez alapján arra a következtetésre jutottam, hogy feltehetőleg  $\ln(r)^n$  és  $\log r^n$  esetében is a logaritmus van hatványon az eltérő zárójelhasználat ellenére. Továbbá a (2)-es egyenlet nem a legegyszerűbb alakban van megadva.

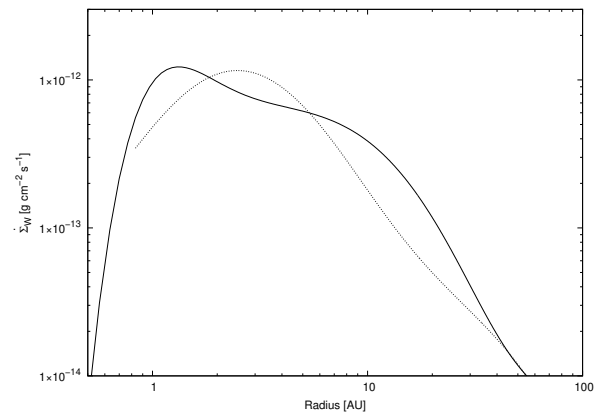
Ezekután összehasonlítottam a kapott eredményeket a cikkben közöltekkel ellenőrzés céljából. Az 1a. ábra teljesen megegyezik a szerzők ábrájával. A 1b. ábránál viszont a megadott formula segítségével hasonló alakú profilt kaptam, de az új formulát egy nagyságrenddel lefelé, a régit két nagyságrenddel felfelé kellett eltolnom. Illetve a lefutás során nem négy, hanem csak két nagyságrendbeli a csökkenés.

A 2. ábrán a korongszél eltolás nélküli profiljával vett időfejlődést is megnéztem. Először 100 AU környékén nyílik rés, aminek az oka lehet a profil nem megfelelő meredeksége.

Az Owen et al. (2012) cikkben nem szerepelt a 1b. ábrának megfelelő kép, ezért azt korábban nem tudtam leellenőrizni ebben a formában. A profilok rendezéséhez a szerzőkkel való kapcsolatfelvétel szükséges, mely folyamatban van.



(a) Tömegvesztési ráta a távolság függvényében.

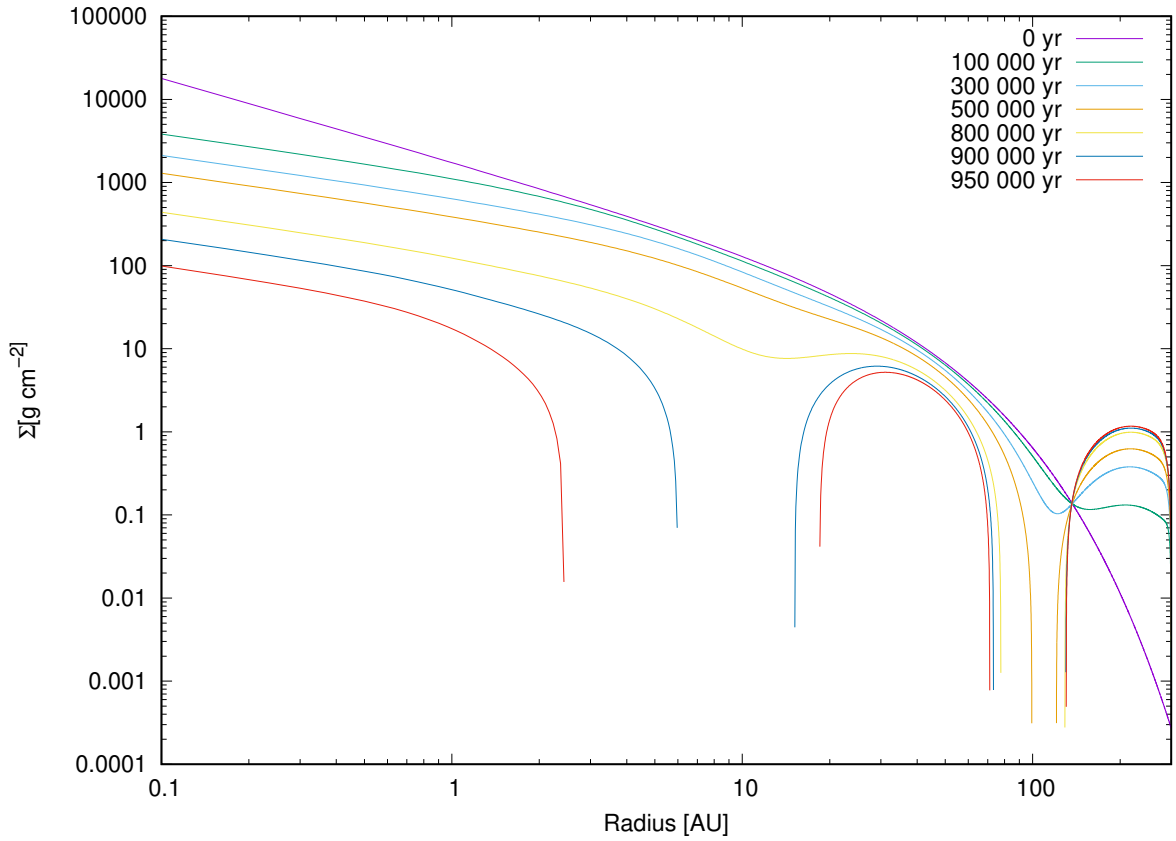


(b) A korongszél profilja a régi formulával (szaggatott vonal) és az új formulával (folytonos vonal).

1. ábra

## Tanulmányi tevékenység

- Kompakt csillagok szerkezete EA
- Bolygókeletkezés EA



2. ábra. A felületi sűrűség időfejlődése a következő paraméterekkel:  $M_{\text{csillag}} = 1M_{\odot}$ ,  $M_{\text{korong}} = 0,03M_{\odot}$ ,  $L_X = 2 \cdot 10^{30}$  erg/s. A korong 999 012 év után tűnt el teljesen.

## Hivatkozások

James E. Owen, Cathie J. Clarke, and Barbara Ercolano. On the theory of disc photoevaporation. *mnras*, 422(3):1880–1901, May 2012. doi: 10.1111/j.1365-2966.2011.20337.x.

Giovanni Picogna, Barbara Ercolano, James E. Owen, and Michael L. Weber. The dispersal of protoplanetary discs - I. A new generation of X-ray photoevaporation models. *mnras*, 487 (1):691–701, July 2019. doi: 10.1093/mnras/stz1166.