

Fizika doktori iskola beszámoló

2016-2017 II.félév

Takácsné Farkas Anikó

Neptunkód: JURSLQ

Témavezető: Kiss Csaba

Bevezetés

A bolygócsírák belső szerkezetének tanulmányozásához kulcsfontosságú azok fizikai paramétereinek ismerete. Ezeket az ismereteket bővítettem az elmúlt félév során.

1.) A 2007 OR₁₀ holdjának és az Uránusz irreguláris holdjainak vizsgálatával. Az előbbi azért fontos a témám szempontjából, mert a fő fizikai tulajdonságok megismerése a kettős rendszerekben lehetséges, ugyanis ha ismerjük az adott égitestek átmérőit, akkor megbízható közelítést lehet adni az átlagos sűrűségre, amiből a kialakulásra, illetve a belső szerkezetre lehet következtetni.

2.) Az irreguláris holdak feltehetően befogott planetezimálok, amelyeket az anyabolygók a bolygókeletkezés utolsó fázisában foghattak be. Ezáltal fizikai és kémiai tulajdonságaiknak ismerete információval tud szolgálni az eredetükről és a fejlődésükről, a korai Naprendszerrel.

Kutatómunka

A 2007 OR₁₀ holdjának felfedezése

Kiss, Csaba, Marton, Gábor, **Farkas-Takács, Anikó**, et al.: Discovery of a Satellite of the Large Trans-Neptunian Object (225088) 2007 OR₁₀; 2017, ApJ 838, 1K

A 2007 OR₁₀ a ~ 1535 km-es átmérőjével jelenleg a harmadik legnagyobb ismert törpebolygó a Neptunuszon túli vidéken, és ezidáig az egyetlen amely átmérője nagyobb, mint 1000 km és még nem volt ismert holdja. Korábbi vizsgálatok [4] azt mutatták, hogy a 2007 OR₁₀ forgási periódusa 45 óra, ami lassúnak számít a külső Naprendszer égitestjei között, a lassú forgásra a legvalószínűbb magyarázat pedig egy viszonylag nagy tömegű hold jelenléte, amelynek árapályereje lelassíthatta a forgást. Ennek alapján kezdtük el keresni a holdat a Hubble-űrtávcső korábbi, 2009. novemberében és 2010. szeptemberében készült képein. A felvételek megfelelő feldolgozása után mindkét képen láthatóvá vált egy halvány forrás. Apertúra fotometriával meghatároztuk az anyaobjektum és feltételezett hold fotocenterét, ezáltal a relatív helyzetét is, az asztrometria alapján a másodlagos objektum mind a két mérési időpontban hibahatáron belül együtt mozgott a fő objektummal, ami alapján nagy valószínűséggel feltehető, hogy a 2007 OR₁₀ holdjáról van szó.

Bár a két mérési pont nem elegendő a pályaszámításhoz, közelítést tudunk adni a lehetséges pályákra. Ehhez felhasználtuk, hogy az adott időpontokban különböző fázisban láttuk a másodlagos forrást, illetve, hogy 315,95 nap telt el a mérések között, ami leszűkítette a lehetséges pályaperiódusok számát. Körpályát feltételezve és Kepler III. törvényét felhasználva a lehetséges

pályákra kiszámoltuk a rendszer tömegeket ($1,5 - 5,8 \cdot 10^{21}$ kg), amivel tovább szűkítettük a tartományt a 20-100 napos periódusú pályákra. A periódus idő tartományát tovább szűkítettük a legkisebb ellipszishez tartozó értékek eltávolításával, így végül a becsült periódusidő 35-100 nap közöttinek adódott.

Megvizsgáltuk a rendszer termális emisszióját az előző beszámolóban már említett NEATM[1] model használatával. Ennek a lépésnek a célja az volt, hogy meghatározzuk, mennyivel járul hozzá a hold a rendszer teljes termális emissziójához, és ez mennyiben változtathatja meg a fő objektumra származtatott fizikai paramétereket. Ehhez a Herschel űrtávcső PACS műszerének 70, 100 és 160 μm -es méréseit használtuk fel. Eredményeink szerint, ha holdra nem extrém értékeket ($p_V = 2-3.5\%$, $\eta < 0.8$) tételezünk fel, akkor a 2007 OR₁₀ átmérőjére megmarad a korábbi a ~ 1500 km-es átmérő, az ehhez tartozó kb. 9%-os albedo. Az anyaobjektummal megegyező albedót feltételezve a hold átmérője ~ 237 km-nek adódott.

A fent bemutatott kutatásban a lehetséges pályaperiódusok meghatározásában és a becsült tömeg meghatározásában vettem részt.

Az Uránusz irreguláris holdjainak jellemzése a K2, Herschel és a Spitzer megfigyelések alapján

A. Farkas-Takács, Cs. Kiss, A. Pál et al.: Characteristics of Uranian irregular satellites from K2, Herschel and Spitzer observations; *Astronomical Journal*, beküldve

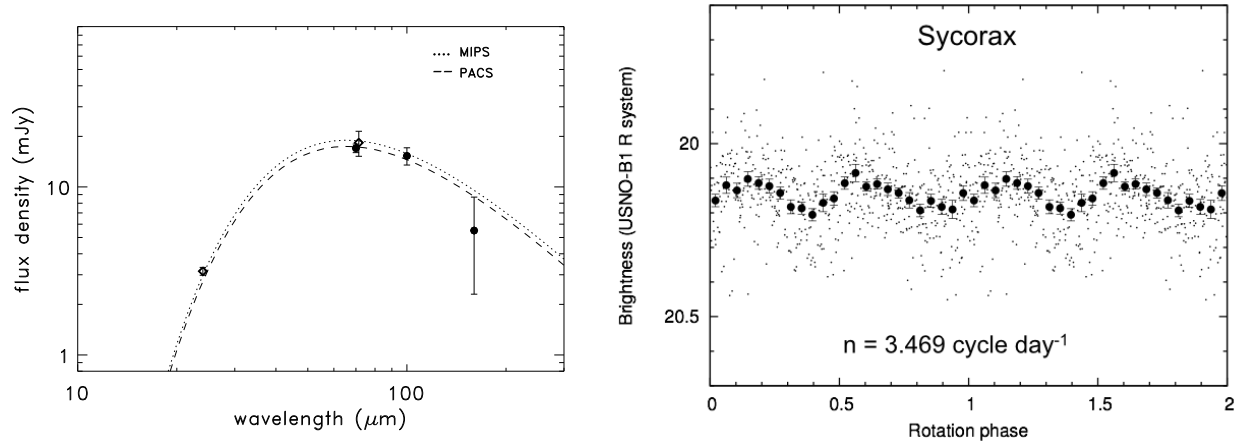
A Kepler űrtávcső K2 missziójának keretein belül 2016 január 4. és március 23. között készült felvételek alapján meghatároztuk az Uránusz irreguláris holdjainak – Sycorax, Caliban, Prospero, Ferdinand és Setebos – látható tartománybeli fénygörbéjét. A K2 adatokon felül felhasználtunk a Sycorax, Caliban, Trinculo és Ferdinand irreguláris holdakról készült archív infravörös méréseket is fizikai paramétereik meghatározására.

A Sycorax esetében rendelkezésre álltak Spitzer-űrtávcső MIPS műszerének 24, és 71 μm -es mérései, valamint a Herschel-űrtávcső PACS műszerének 70, 100 és 160 μm -es hullámhossztartományon végzett megfigyelései, amely a "TNOs are Cool!" nyitott kulcsprogram keretein belül készültek. Az így kapott fluxusok felhasználásával és a NEATM modellel meghatároztuk a Sycorax méretét, albedóját és a felszíni tulajdonságokat leíró ún. infravörös nyalábparaméterét, figyelembe véve a két mérési időpont különböző megfigyelési geometriáját. Így az átmérőre $D = 165 \pm 13$ km, az albedora $p_V = 0.065_{-0.011}^{+0.015}$ és nyalábparaméterre pedig $\eta = 1.20_{-0.20}^{+0.25}$ adódott (lásd 1. ábrán). A legjobban illeszkedő η érték közel van a Kentaurok és a Neptunuszon túli égitestek η -jának mediánjához.

Ugyanezekkel az adatokkal termofizikai modellszámításokat (TPM, [3]) is futtattunk a Sycoraxra, amihez felhasználtuk a látható tartománybeli (K2+Piszkéstető) mérésekből megállapított $P = 6,9162$ órás forgási periódust is. Így a legjobb becslés a méretre $D = 157_{-15}^{+23}$ km illetve az albedora $p_V = 0.07_{-0.01}^{+0.02}$.

A Sycorax esetében a Kepler mérések mellett készültek felvételek a Piszkéstetői 1-m Ritchey-Cretien Coude távcsővel Sloan r' szűrőn keresztül. Ezeket kombinálva a fénygörbéből, ami dupla csúcsú, tovább lehetett pontosítani a Sycorax forgási periódusát, ami így $P = 6,9162$ órának adódott (lásd 1. ábrán).

A Calibanra, Trinculora és a Ferdinandra egyedi infravörös mérés nem történt egyik műszerrel sem, azonban az Uránusz környezetéről 70 és 160 μm -es szűrőkkel készült felvételeken megtaláltuk őket két mérési időpontra. A Caliban esetében a fluxus 70 μm -en 1.4 ± 0.8 mJy volt, illetve 160 μm -en 3 mJy felső korlátot tudunk megadni. A Trinculo és a Ferdinand esetében nem volt sikeres



1. ábra. A bal oldali ábrán a Sycorax termális modelje látható, a jobboldali ábrán pedig az optikai fénygörbéje.

detektálás sem a 70 sem pedig a 160 μm -en, így ezekre csak egy felső korlátot lehetett meghatározni: 70 μm -en < 0.8 és 60 μm -en < 3 mJy, mindkét hold esetében. A modellezés során a nyaláb paraméter értékét 0,6-1,6 közöttinek vettük a geometriai albedot pedig 0,01-0,3 közöttinek. A Caliban esetében az illesztés eredménye: $D = 42_{-12}^{+20}$ km és $P_V = 0.22_{-0.12}^{+0.20}$, ez jóval magasabb, mint a korábban feltételezett, nagyon sötét felszíné ($p_V \approx 0.04$), és szokatlanul magas a korábban ismert irreguláris holdak között.

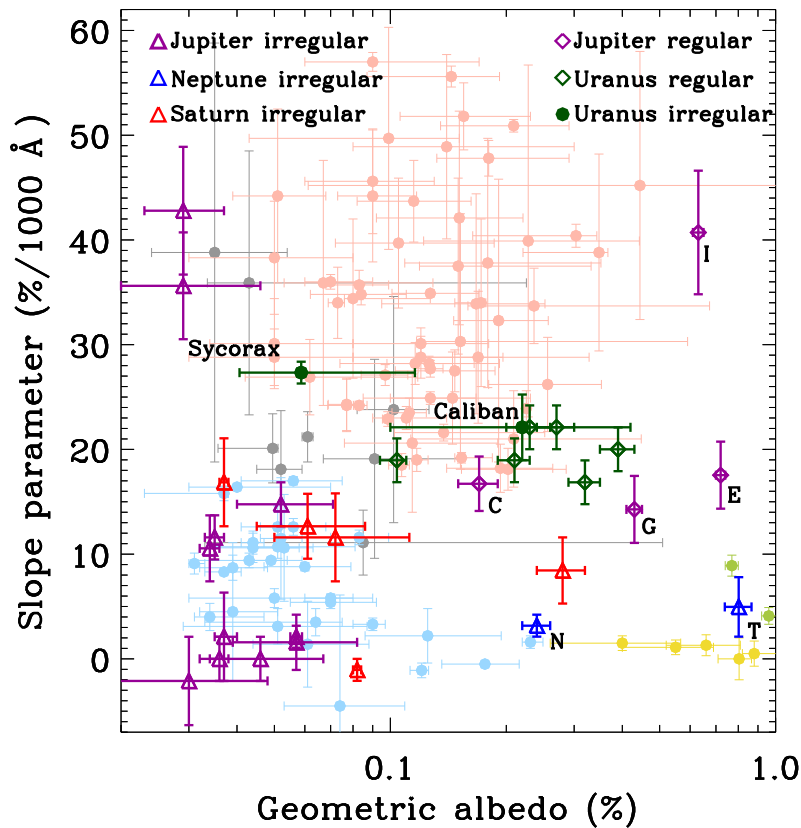
Összehasonlítottuk az óriásbolygók irreguláris holdjainak forgási tulajdonságait, valamint felszínük jellemzőit (albedok és színek)

1.) Az albedo-szín diagramon[2] a Jupiter irreguláris holdjai a Centaurokkal megegyező sötét neutrális (DN) régióban találhatóak meg (lásd 2. ábrán). Két hold azonban extrém vörös és extrém sötét felszínű a többitől eltérően. A Szaturnusz irreguláris holdjai szintén a DN csoportban találhatóak. A Neptunusz esetében a Nereida a DN régióhoz tartozik, a Tritont pedig szintén kékes szín jellemzi, de albedója lényegesen magasabb. Az Uránusz irreguláris holdjai, a Sycorax és a Caliban a reguláris holdakkal együtt a fényes vörös (BR) régióban találhatóak, ami különleges jellemző a többi óriásbolygó irreguláris holdjaihoz képest, és valószínűleg keletkezésbeli eltérésre utal.

2.) Megvizsgáltuk az óriásbolygók irreguláris holdjainak forgási periódusait, és az Uránusz rendszerében a forgási frekvenciák átlagosan lényegesen nagyobbak, mint a többi óriásbolygó rendszerében, ez egy a többitől eltérő ütközési fejlődést feltételez.

Tanulmányi tevékenység

- FIZ/2/102E Törpebolygók a Naprendszerben
- FIZ/2/033E:2 Csillagaktivitás - aktív csillagok I.
- FIZ/2/100E Fejezetek a többes csillag-és bolygórendszerek elméleti és megfigyelési kérdéseiből II.



2. ábra. Az ábrán az albedo-szín diagramm látható. A halvány kékkel jelölt objektumok a DN csoport részei, míg a halvány pirosak a BR csoport képviselői. Az óriásbolygók holdjai is jelölve vannak.

Szakmai tevékenység, publikációk

- Kiss, Csaba; Marton, Gábor; **Farkas-Takács, Anikó**; ..., Discovery of a Satellite of the Large Trans-Neptunian Object (225088) 2007 OR_{10} : 2017, ApJ 838, 1K
- SBNAF meeting (2017.05.03-06), Poznan
- **A. Farkas-Takács**, Cs. Kiss, A. Pál et al.: Characteristics of irregular Uranian satellites from K2, Herschel and Spitzer observations, *Astronomical Journal*, beküldve

Hivatkozások

- [1] Harris, 1998, *Icar*, 131, 291
- [2] Lacerda, P., Fornasier, S., Lellouch, E., et al., 2014, *ApJL*, 793, L2
- [3] Müller, T. G. & Lagerros, J. S. V., 2002, *A&A*, 381, 324
- [4] Pál A., Kiss Cs., Müller T. G., 2016, *AJ*, 151, 117