

## 2. félévi beszámoló

**Kálmán Szilárd** (xilard1@gothard.hu)

Csillagászat és űrfizika PhD program

Témavezető: Dr. Szabó M. Gyula

A dolgozat címe: Exobolygó-rendszerek fotometriai vizsgálata

## Bevezetés

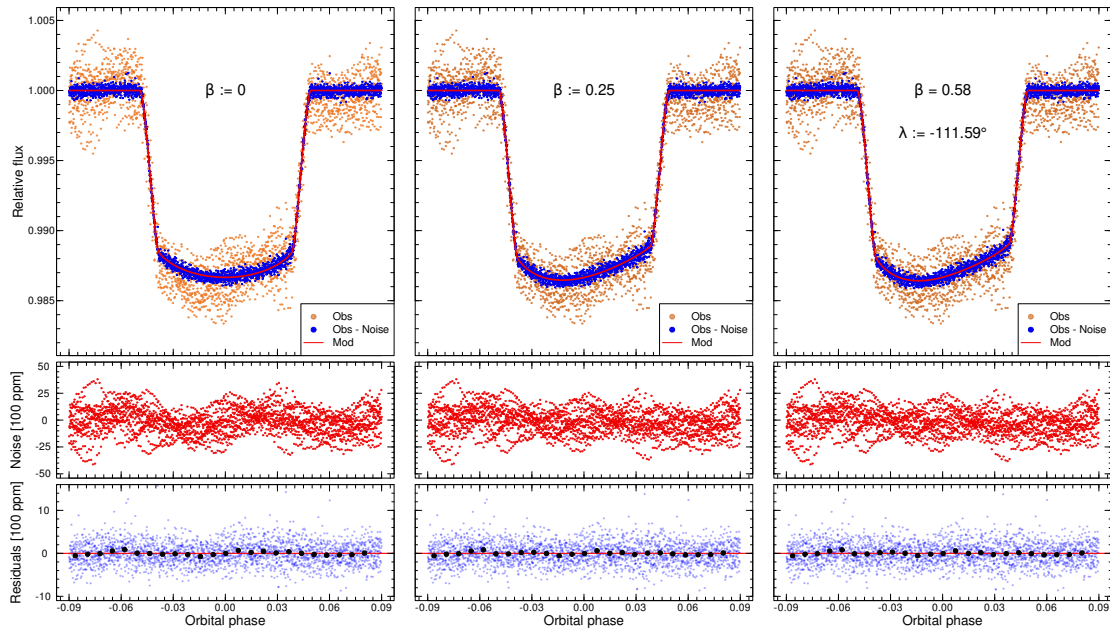
A más naprendszerekhez tartozó-, avagy extraszoláris bolygók (röviden exobolygók) vizsgálata az első fősorozati csillag körül keringő exobolygó 2019-es fizikai Nobel-díjjal elismert detektálása (Mayor M. & Queloz D., 1995, *Natur*, 378, 355) után a csillagászat egyik húzóágazatává vált. Az exobolygók vizsgálatának tekintetében az elmúlt évtizedek egyértelműen igazolták, hogy az űrtávcsövek, pontosabban az nagyon precíz űrfotometriai mérések jelentik a tudományág jövőjének legfontosabb szempontját. Ennek megfelelően nagy hangsúlyt kell fektetni a jövő űrteleszkópjainak fejlesztésére. A kutatómunkám során én az Európai Űrügynökség Ariel és PLATO küldetéseiben veszek részt, algoritmikus fejlesztésekkel, tesztelésekkel és tudományos programok javaslatával, az NVKDP ösztöndíjam programjának megfelelően.

## Elvégzett kutatások

A második félévben a fő kutatási tevékenységet három kiválasztott tranzitos exobolygó (LTT 9779 b, TOI-674 b és WASP-156 b) fénygörbéjének elemzése képezte. Először kielemeztem a bolygókról elérhető adatokat, amelyek a TESS űrtávcsővel készültek. Ezt követően (a kinyert tranzitparaméterekkel, azaz pl. a relatív bolygósugárral, relatív félnagy tengellyel, keringési periódussal, stb.) fénygörbék szimulációjára került sor a PLATO és az Ariel űrszondák e három rendszer kapcsán nyújtott újdonságainak feltérképezésének érdekében.

A mért fénygörbéknek elemi részét képezik a tranzitok jelén túl megjelenő időben korrelált (vörös) és időben korrelálatlan (fehér) zajok, melyek kezelése az elemzések során elengedhetetlen. A PLATO esetén létezik konkrét zajszimulátor (PLATO Solar-like Light-curve Simulator, PLSL, Samadi et al., 2019, *A&A*, 624, 117) amit használhattunk a kutatás során. Az Ariel űrtávcsőhöz viszont csak fehér zajt szimuláló szoftver áll rendelkezésre (ArielRad, Mugnai et al., 2020, *ExA*, 50, 303), ez azonban túlságosan leegyszerűsíti az elemzéseket, valótlanná téve azokat (lásd pl. Kálmán et al., 2022, *A&A*, közlésre beküldve). A korrelált zaj forrásai lehetnek műszerek és asztrofizikai eredetűek is, így konkrét, Kepler-űrtávcsővel készült idősorok alapján állítottam elő a három kiszemelt célpont esetén várható zajmodelleket. Ezzel elkerülhető a fénygörbéből meghatározható paraméterek pontosságának túlbecslése. Végezetül elemeztem a kapott fénygörbéket a TLCM nevű szoftverrel (Csizmadia, 2020, *MNRAS*, 496, 4442). Legfontosabb eredményként azt találtuk (Kálmán et al., 2022, előkészítés alatt), hogy a bolygók paramétereit a korábbinál nagyobb pontossággal tudjuk majd előállítani a jövőbeni űrtávcsövekkel, még ezen konzervatív zajmodellezés esetén is. Ezeket az eredményeket az Ariel Consortium Workshop Orsay nevű konferencián is bemutattam.

A félév során befejeztem továbbá az előző szemeszterben vizsgált exobolygó, a WASP-33 b analízisét is. A rendszer különlegessége, hogy egy  $\delta$  Scuti típusú, nagyon gyorsan forgó csillag körül kering egy 1, 2 napos periódusú óriásbolygó. A gyors forgás következtében fellépő ún. gravitációs sötétedés (a csillag pólusai jelentősen forróbbak az egyenlítőjénél) lehetővé teszi, hogy a fénygörbéből meghatározzuk a csillag forgástengelyének látóirányhoz viszonyított hajlásszögét és a bolygópálya térbeli elhelyezkedését is, a bolygópálya egyéb paramétereit mellett



**1. ábra.** A WASP-33 *b* fázisba tekerített fénygörbéje a három vizsgált esetben, azaz amikor a csillag gyors forgása során fellépő ún. gravitációs sötétedés elhanyagolható (bal oszlop), amikor a gravitációs sötétedés kitevője az elméleti 0.25-ös értéken van rögzítve (középső oszlop), valamint amikor a bolygópálya térbeli helyzete ( $\lambda$ ) van rögzítve (jobb oszlop). A mért fénygörbe narancssárga színnel a felső paneleken, a csillagpulzáció a középső paneleken, az illesztések reziduáljai pedig az alsó paneleken láthatóak. Forrás: Kálmán et al. (2022, A&A, 660L, 2)

(Kálmán et al., 2022, A&A, 660L, 2). Továbbá, statisztikai módszerekkel sikerült alátámasztani, hogy a csillag pulzációját az árapályerőkön keresztül befolyásolja a bolygó jelenléte, azaz az ún. árapály-perturbált pulzáció jelensége lép fel. Míg ez a jelenség ismert volt kettőscsillagok esetén, a WASP-33 rendszer jelenti az első olyan csillag-bolygó párost, ahol ilyen típusú csillag-bolygó kölcsönhatás lép fel.

## Publikációk

A félév során megjelent publikáció:

- **Kálmán Sz.** et al.: Gravity darkening and tidally perturbed stellar pulsation in the misaligned exoplanet system WASP-33, (2022), A&A, 660L, 2

A további végzett kutatómunkát az alábbi publikációkban szeretném bemutatni:

- **Kálmán Sz., Szabó Gy. M., Csizmadia Sz.:** The power of wavelets in analysis of transit and phase curves in presence of stellar variability and instrumental noise III. Accuracy of transit parameters, (2022), A&A, bírálat alatt.
- **Kálmán Sz., Szabó Gy. M. et al:** Understanding the sub-Jovian savanna of exoplanets: observations and prospects with TESS, PLATO and Ariel – a megfelelő tudományos kontextusba történő beillesztés szükséges csak a beküldés előtt

## Tanulmányi tevékenység

- Radio Astronomy II. c. kurzus teljesítése

- Asztrofizika 2. c. kurzus teljesítése vendéghallgatóként (SZTE Fizika Doktori Iskola, FDIT10uj)
- Űrcsillagászati műszertechnika c. kurzus teljesítése vendéghallgatóként (SZTE Fizika Doktori Iskola, FDIT104uj)

### **Konferenciák, szemináriumok az adott félévben**

- Ariel Consortium Workshop, 2022. jún. 14–15., Orsay; társelőadó, előadás címe: Understanding the sub-Jovian savanna of exoplanets
- Intézeti szeminárium, Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet, 2022. április 28., társelőadó, az előadás címe: Planet-to-star interactions

### **Tudománynépszerűsítő tevékenység**

- A bolygók világa, 2022. 03. 28., nagyelőadás, Csillagászati és űrtudományi szabadegyetem (MEC\_N 140972)
- Árapály-perturbáció pulzáció csillag-bolygó rendszerben, ELTE TTK Podcast

### **Elismerések**

- NVKDP-2021, 43 hónap