

2. félévi beszámoló

Kalup Csilla

kalup.csilla@csfk.org

ELTE CSILLAGÁSZAT ÉS ŰRFIZIKA DOKTORI PROGRAM

Témavezető: Dr. Molnár László

Dolgozat címe: *Gömbhalmazok vizsgálata nagy égboltfelmérések segítségével*

Bevezetés

A doktori kutatási programom jelenlegi célja a *Kepler* űrtávcső K2 missziója során észlelt, de eddig még fel nem dolgozott gömbhalmazok pulzációt és oszcillációt mutató csillagainak analízise. Gömbhalmazok csillagainak fotometriája speciális eljárásokat igényel, mivel egy-egy csillag célzott fotometriáját igen sűrű csillagmezőkön kell elvégezni. A munkámat a C15 kampány során mért NGC 5897 halmazzal kezdtem. A benne található RR Lyrae csillagokkal az előző félév során foglalkoztam, a tavaszi szemeszter során a halmaz vörös óriáscsillagaira fókuszáltam. A vizsgálataim motivációját az a kérdés táplálja, hogy lehetőség van-e kimutatni tömegvesztést a halmaz RGB és AGB csillagai között. A Gaia DR3 adatbázis segítségével olyan precíz szín-fényesség diagram rajzolható fel, mellyen egyértelműen elkülönülnek az AGB és RGB csillagok. Bár szeizmológiájukat tekintve asztroszeizmológiai paraméterek alapján nem mutatható ki különbség, az M4 esetében Madeline Howell és munkatársai már demonstrálták, hogy a belőlük és más fizikai paraméterekből számolt tömegek alapján az átlag tömegekben eltérés mutatkozik, melyet mivel a halmaz csillagainak kezdeti tömege gyakorlatilag azonosnak tekinthető, csak az RGB és az AGB fázis között elszenvedett tömegvesztés okozhatja (Howell és mtsai, 2022).

Forrás: Howell és mtsai, MNRAS, 515, 3, 3184-3198, 2022

Az aktuális félévben végzett kutatások ismertetése

Egy hónapos vendégkutatói látogatás az Európai Űrügynökség központi bázisán

A tavaszi félév első hónapját Hollandiában, az Európa Űrügynökség (ESA) legnagyobb bázisán, az ESTEC-ben töltöttem, mint vendégkutató. A kinn tartózkodásom során Dr. Oliver Hall ESA Research Fellow-al dolgoztam együtt, akitől első kézből sajátíthattam el a vörös óriáscsillagok asztroszeizmológiát. Az első két hetem során egy 19 elemű, a TESS űrtávcső által lemért, válogatott bárium csillag minta asztroszeizmológiai paramétereinek (ν_{max} és $\Delta\nu$) meghatározását végeztem el. Ezen relatíve fényes és jól szeparált célpontok analízise során elsajátítottam azokat a numerikus készségeket (LIGHTKURVE és PBJAM python package-ek, valamint self-flat field korrekciók és háttérillesztéses modellek használata), hogy a lehető legjobb minőségű spektrumokat nyerjem ki a fénygörbékből. Ezután

a *Kepler* K2 misszió során mért M4 gömbhalmaz vörösóriásaival foglalkoztam, melyhez a fénygörbékét még előző félévben legyártottam. Ezen csillagok halványabbak és sokkal sűrűbben is helyezkednek el, így nagyobb kihívást jelentettek. Mivel az M4 az egyetlen gömbhalmaz, melyre eddig hasonló vizsgálatokat végeztek, így az eredményeket össze tudtam hasonlítani szakirodalmi értékekkel. A konklúzió az lett, hogy a továbbiakban tovább kell növelni a spektrumok jel/zaj arányát.

Az NGC 5897 gömbhalmaz vörös óriáscsillagainak asztroszeizmológiája

A tavaszi félév második felében, az ESTEC-ben tanultak felhasználásával, áttértem az NGC 5897 gömbhalmaz vörös óriásainak vizsgálatára. Ehhez a halmaz Gaia DR3 szín-fényesség diagramja alapján kiválogattam egy vörös óriás mintát, majd ezekről a csillagokról aztán differenciális apertúra fotometria segítségével fénygörbékét nyertem ki a K2 Target Pixel File-okból. Ezután a célom az instrumentális effektusok lehető legjobb kiküszöbélése volt. Ehhez három különböző megközelítést alkalmaztam és teszteltem. Először a K2SC program segítségével számoltam korrigált görbéket, melyeken aztán hosszú távú (szintén instrumentális eredetű) trendlevonást végeztem. Másodszor a LIGHTKURVE beépített Self-Flat Field Correction (SFFC) parancsának paramétereit teszteltem. Végül egy 2014-es Vanderburg cikk alapján saját magam is leprogramoztam egy SFFC kódot (Vanderburg & Asher, 2014). Az így kapott három hasonló elven alapuló, de különbözőképp működő kóddal elvégeztem a mintám asztroszeizmológiai analízisét. A következő hónapok során ennek a kiértékelése fog zajlani.

Hivatkozás: Vanderburg és Asher, PASP, 126, 944, 948, 2014

Doktori disszertáción felüli kutatási tevékenység: kisbolygó gyűrűk modellezése

A 2022/23 ÚNKP pályázatomban keretében a Haumea kisbolygó körül található gyűrűrendszer modellezésével is foglalkoztam. Ennek során a RADMC 3D radiatív transzfer kód segítségével különböző anyagi összetételű és fizikai paraméterekkel rendelkező modelleket készítettem annak érdekében, hogy ezeket össze lehessen vetni észlelési adatokkal, ezáltal megkötést adva a gyűrű anyagi minőségére.

Publikációk

Január végén a NASA James Webb űrtávcsövéhez adtuk be Kiss Csaba vezetésével észlelési „proposal”-t, melyhez előzetes észlelési szimulációk futtatásával járultam hozzá. Sajnos a rekordot is döntő túljelentkezés miatt (1600 pályázat érkezett be) a miénk csak a harmadik kvantilisbe került be (a legjobbak az első kvantilisbe kerülnek).

Csaba Kiss, Thomas Müller, Estela Fernandez-Valenzuela, Csilla Kalup:

DETECTION OF HAUMEA’S DUST RING AND NEAR-INFRARED CHARACTERISATION OF HAUMEA’S SATELLITES WITH JWST/NIRCAM

Ezen kívül június során a NASA Nancy Grace Roman űrtávcsövéhez küldtünk be egy „white paper”-t, melynek célja a misszió tudományos célpontjainak bővítése a tudományos közösség ajánlása által:

László Molnár, Csilla Kalup and Meridith Joyce:

ASTEROSEISMIC SOUNDING OF BULGE GLOBULAR CLUSTERS WITH THE ROMAN SPACE TELESCOPE

<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2023arXiv230612459M/abstract>

Konferenciák az aktuális félévben

Április 17-21. között Budapesten megrendezett **IAU Symposium 376** konferencián első szerzős poszterrel vettem részt az én és témavezetőm gömbhalmazokkal kapcsolatos kutatási eredményeink összefoglalásából.

Konferencia neve: AT THE CROSS-ROADS OF ASTROPHYSICS AND COSMOLOGY: PERIOD–LUMINOSITY RELATIONS IN THE 2020S

Poszterem címe: *Combined Gaia and K2 Studies of Globular Cluster Variables*

Július 17-21. között Honolulu-ban (Hawaii, USA) megrendezésre kerülő **TASC7/KASC14** konferencián fogok részt venni, ahol a doktori kutatásom eddigi eredményeiből egy előadást fogok majd tartani.

Konferencia neve: TESS/KEPLER ASTEROSEISMIC SCIENCE CONSORTIUM WORKSHOP

Előadásom címe: *Seismic analysis of the upper giant branch and the horizontal branch of NGC5897 with K2*

Tanulmányi tevékenység az aktuális félévben

A félév során két kurzuson (egy magyar és egy angol nyelvűn) vettem részt és tettem sikeres, jeles értékelésű vizsgát:

- A NAPRENDSZER PEREMÉN 2 (Forgácsné Dajka Emese, Kiss Csaba)
- RÁDIÓCSILLAGÁSZAT II. (Gabányi Krisztina, Frey Sándor)

Oktatási és szakmai közéleti tevékenység

- I). **ÜGYELETES CSILLAGÁSZAT:** A Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont Mát-rában található Pizskéstetői Megfigyelőállomásán látok el ügyeletes csillagász teendőket. A tavaszi félévben 4 hetet voltam ügyeletben, a nyár során pedig még egy hetet leszek az őszi félévig.
- II). **LABORGYAKORLAT VEZETÉS:** A ELTE Fizika MSc hallgatói *Nuclear and Particle Physics, Astrophysics* nevű haladó szintű laborgyakorlatának Pizskéstetői Megfigyelőállomásán két csoport gyakorlatát is vezettem április 21-23. és május 19-21. között.
- III). **DIÁKOLIMPIAI FELKÉSZÍTŐ SZAKKÖR VEZETÉSE:** Az Athletica Galactica Kárpát-medencei középiskolai csillagászati és asztrofizikai verseny döntőjére (mely a Nemzetközi Csillagászati és Asztrofizikai Diákolimpia magyar keretének válogatója is) felkészítő olimpiai szakkört vezetek. A tavaszi félév során, az őszi 6 alkalom után még 5

további szakkört tartottunk meg szombatonként 09:00-14:00 között az alábbi témakörökben: statisztika és számítógépes adatfeldolgozás, égboltismeret és távcsövezés (CSFK Csillagászati Intézet), szférikus csillagászat II., matematikai módszerek a csillagászati feladatmegoldásban, planetáriumi gyakorlat (ELTE planetárium) és szituációs tréning (gyakorló versenyfeladatsor összeállítása és megíratása). A koordináció és a szituációs tréning egyes részeinek összeállítása mellett a távcsöves gyakorlatot, valamint a szférikus és planetáriumi foglalkozásokat tartottam meg én magam.

<https://www.athleticagalactica.hu/budapesti-olimpiai-szakkor>

<https://www.athleticagalactica.hu/felkeszitok>

- IV). A NEMZETKÖZI CSILLAGÁSZATI ÉS ASZTROFIZIKAI DIÁKOLIMPIA MAGYAR KERETÉNEK OLIMPIAI FELKÉSZÍTÉSE: A keretfelkészítés során a diákok három felkészítő hétvégén, egy miniolimpián és egy edzőtáborban vesznek részt. Ezen alkalmak közül én a budapesti hétvégén (április 14-16.) és pizskéstetői hétvégén (május 12-14.) tartottam nekik észlelési, műszertechnikai és szférikus csillagászati foglalkozásokat, valamint az idei három országos miniolimpia elméleti és adatfeldolgozási feladatsoarának megírását felügyeltem, a megoldásokat pedig javítottam és pontoztam. Július elején pedig az edzőtáborban fogok tartani még szférikus és észlelési foglalkozásokat, valamint versenyfeladatsort összeállítani.
- V). TÁRSTÉMAVEZETÉSEK: Két elsőéves fizika alapszakos hallgató kutató munkájának vagyok társtémavezetője. Meridith Joyce-al közösen Simon-Zsók Anett gömbhalmaz szín-fényesség diagramok megfigyelési és izokrón illesztési munkájához járulok hozzá, valamint Kiss Csabával közösen Kinyó András python alapú NEATM modellkódjának elkészültéhez.
- VI). PÁLYÁZATÍRÁSOK A KÖVETKEZŐ TANÉVRE: A félév vége során megírtam és beadtam a 2023/24 tanévre egy új ÚNKP pályázatot, melynek címe *Kisbolygó gyűrűk nyomában: a Chariklo és Quaoar rendszerek modellezése*. Emellett Simon-Zsók Anett diákkal megírtunk egy másodéves ÚNKP pályázatot, valamint egy leendő elsőéves fizika alapszakos diákkal írtunk egy másikat.

Díjak, elismerések

A 2023. március 4. és április 2. közötti vendégkutatói látogatásom (ESA ESTEC, Hollandia) egy sikeres **Erasmus+ ösztöndíj** pályázat finanszírozásával valósult meg.

A 2021. évi Csillagász kari TDK-n a *Porral takarva: dudor vidéki gömbhalmazok szín-fényesség diagramjai* c. pályamunkám a **2023. évi OTDK-n az Asztrofizika Tagozatban 1. helyezést** ért el.

Elnyertem az **Amerikai Magyar Akadémikusok Társaságának fiatal kutatói díját**, melynek célja magyar doktoranduszok és posztdoktori kutatók amerikai konferencia részvételének támogatása. Ezen ösztöndíj támogatással lehetőségem nyílik részt venni a 2023. október 1-6. között San Antonio-ban (Texas, USA) megrendezésre kerülő DPS-EPSC Joint Meeting-en (55th annual meeting of the Division for Planetary Sciences joint with the Europlanet Science Congress).