

4. félévi beszámoló

Fockter Zoltán Péter (fockter.zoltan@csfk.org)

Csillagászat és Űrfizika PhD program

Témavezető: Dr. Ábrahám Péter, Tudományos Tanácsadó

A dolgozat címe: Accretion processes in star formation

Bevezetés:

A magnetoszférikus akkréció jelenségének kitüntetett jelentősége van a csillagkeletkezés különböző hullámhossztartományokban végzett csillagászati megfigyeléseinek értelmezésében. A jelenség röviden úgy foglalható össze, hogy a fiatal csillag mágneses terének erővonalai mentén anyag hullik a központi objektum felszínére a körülötte lévő akkréciós korongból. Ennek a folyamatnak nagy jelentősége van a fiatal, születőben lévő csillagrendszerek gyakori fényességváltozásainak magyarázatában is (Lee Hartmann et al.: Accretion onto Pre-Main-Sequence Stars).

Kutatásom során a 190 parszek távolságban lévő Chamaeleon I csillagkeletkezési területen elhelyezkedő nyolc fiatal T Tauri-típusú csillag (CR Cha, CT Cha, Glass I, VW Cha, VZ Cha, WW Cha, WX Cha és XX Cha) fotometriai változékonyságát vizsgálom több hullámhosszon az optikai tartománytól a távoli-infravörösig. Ehhez több obszervatórium (köztük űrobzervatóriumok) adatait használom fel (INAF/REM, SMARTS, NASA Spitzer Űrtávcső, ESA Herschel Űrobzervatórium). A rövidebb (optikai és közeli-infravörös) hullámhossztartományok a központi objektumról, illetve annak fényességváltozásairól szolgáltatnak információt, míg a közép- és távoli-infravörös hullámhosszakon a korong a csillagtól távolabb eső tartományainak viselkedését tanulmányozhatjuk. Célom, hogy a rendelkezésre álló adatokból a vizsgált csillagok és a körülöttük lévő protoplanetáris korongok fizikai tulajdonságairól, geometriájáról, valamint az ottani akkréciós folyamatok fizikájáról nyerjek információt és tisztább képet. A vizsgált nyolc objektum mindegyike tipikus fiatal csillagnak tekinthető, ugyanakkor a csillagkörüli korongjaik tulajdonságai és geometriája jelentős eltéréseket mutat, így a vizsgálat általános tanulságokkal is szolgál a Naphoz hasonló csillagok keletkezésének és korai fejlődésének megértéséhez.

Az előző három félévben elért kutatási eredmények összegzése:

Kutatási munkámat az említett nyolc T Tauri csillagról rendelkezésre álló szakirodalom és megfigyelési adatok feldolgozásával kezdtem. A felhasznált adatok többsége a 2010-es években Ábrahám Péter vagy Kóspál Ágnes vezetésével elnyert távcsőidő-pályázatokból származik, és témavezetőm bocsájtotta rendelkezésemre őket. Kutatási munkámban nagy jelentősége van a Herschel űrtávcső PACS műszerével mért fotometriai adatainak a vizsgált csillagokról, amiket az eszköz 2013-ban mért le négy mérési időpontban 70 és 160 μm -en. A Herschel adatok jelentősége abban áll, hogy egy szinkronizált megfigyelési kampány keretében a Herschel mérésekkel nagyjából egyidőben a CTIO 1,3 m-es teleszkóp ANDICAM eszközével, valamint az ESO/VLT ISAAC műszerével is készültek mérések az optikai és infravörös tartományban szintén négy mérési epochában és az így kapott fénygörbéknek a menete összehasonlítható a Herschel távoli-infravörös fénygörbéivel. A fénygörbék

összehasonlításával meg lehet vizsgálni, hogy a csillag és a korong belső és külső részei milyen fizikai kapcsolatban állnak egymással, illetve a korong geometriai tulajdonságairól is nyerhetünk információkat. Ilyen jellegű fotometriai analízis nem gyakori a szakmában, mert a több hullámhossztartományt lefedő adatmezők távoli-infravörös adatokkal kiegészülve fiatal pontforrásokról ritkának számítanak, lévén, hogy a Herschel 2013-ban befejezte méréseit. A távoli-infravörös fénygörbék elemzése és esetleges korrelációjuk/antikorrelációjuk más hullámhossztartományokon felvett fénygörbékkel új ablakot nyithat a fiatal csillagrendszerek vizsgálatában.

A rendelkezésre álló adatok behatóbb vizsgálatát a Herschel adatok analízisével kezdtem. Első lépésben a nyers adatokon a HIPE programfuttatási környezet és egy Marton Gábortól kapott feldolgozó programkód segítségével fotometriai analízist végeztem. A kódot több helyen a céljaimnak megfelelően módosítottam, illetve a későbbiekben egy saját fejlesztésű IDL kóddal végeztem el az adatok fotometriai kiértékelését. Már az első módszerekkel történő adatredukciók után is kitűnt, hogy a vizsgált csillagok közül az XX Cha és a VZ Cha mutatnak szignifikáns távoli-infravörös változékonyságot.

A Herschel adatok analízise után áttértem a CTIO 1,3 m-es teleszkóp ANDICAM műszerének 2013-ból származó közeli-infravörös adatainak fotometriai kiértékelésére. Mind a nyolc csillag nyers adatait kiredukáltam és így megkaptam a csillagok közeli-infravörös fénygörbéit JHK tartományban, amik így összevethetővé váltak a Herschel adatokkal.

Következő lépésként elkezdtem dolgozni a „cgplus” nevű, fiatal csillagok spektrális energiaeloszlását modellező kóddal. Ennek segítségével a fiatal csillagok körüli korongok fizikai paramétereiről lehet pontosabb képet kapni (a korong tömege, mérete és a látóirányba eső dőlésszöge), illetve meg lehet határozni a csillagrendszerek sugárzásának távoli-IR járulékát 70 μm -en. Jelentős eredmény, hogy az XX Cha-ra és a CR Cha-ra a Herschel adatpontokat sikerült jól illeszteni.

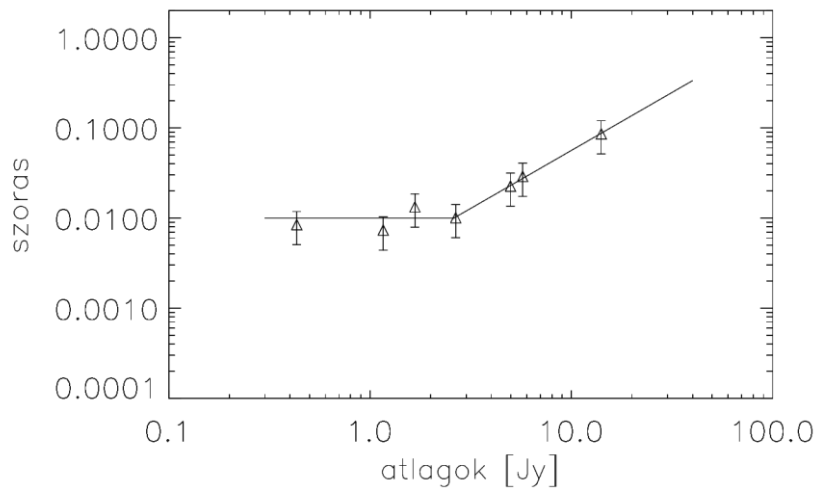
A kutatás során sikerült bekapcsolódtam az ESO egyik nagy programjába (ESO Large Program PENELLOPE), aminek keretében az XX Cha csillag akkréciós változékonyságáról készült egy tanulmány. Ehhez én is szolgáltattam általam is redukált fotometriai adatokat a célcsoportról optikai és közeli-infravörös tartományban, amiket 2010-ben és 2013-ban mértek le, ezáltal én is a megjelent referált szakcikk társszerzője lettem.

Ezek után a rendelkezésre álló adatok további pontosítását és analízisét végeztem el, különös tekintettel továbbra is a Herschel adatokra és az XX Cha csillagra. Az XX Cha-ról Dr. Kóspál Ágnes rendelkezésemre bocsátott kiredukált VRI adatokat, amiket CTIO 1,3 m-es teleszkóppal mértek le 2013-ban, egy időben a közeli-infravörös mérésekkel. Ami szembeötlő, hogy a Herschel által mért távoli-infravörös fénygörbék anti-korrelációt mutatnak a többi hullámhossztartományban készült mérési fénygörbékkel. Ennek a megfigyelésnek egy lehetséges fizikai oka, hogy a csillag akkréciós luminozitása nem fűti fel a külső korongot, mert a belső korong „felpuffadása” leárnyékolja azt.

Az aktuális félévben elvégzett kutatások ismertetése:

Mint ahogyan azt a beszámoló korábbi részeiben is említettem, a Herschel adatoknak kiemelt jelentősége van a kutatási témám szempontjából. Éppen ezért ezt a félévet a Herschel adatok minél pontosabb kiértékelésének szenteltem és a fő célom a mérések errorbar-értékeinek a minél precízebb meghatározása volt. Ehhez standard referenciacsillagok korábbi Herschel

PACS méréseit használtam fel. A felhasznált csillagok: 42 Dra, Alpha Ari, Beta Gem, Delta Dra, Epsilon Lep, Eta Dra, Alpha Boo, Alpha Cet, Alpha Tau, Beta And és a Gamma Dra. A mérési adatokat a Herschel Science Archive-ból (HSA) töltöttem le, majd egy saját fejlesztésű IDL kóddal kiredukáltam őket. A kód egyszerű apertúra-fotometriai eljárást futtatott le az adatokon, így megkaptam a különböző mérési epochákra a távoli-infravörös fényességértékeket 70 és 160 μm -en. Ezt az eljárást az összes kiválasztott csillagon elvégeztem, ahol rendelkezésre álltak PACS fotometriai mérések. A kapott fényességértékeken pedig statisztikai vizsgálatokat folytattam csillagonként és szűrőnként (70 és 160 μm) ahhoz, hogy a reproducibility errorokat meghatározhassam. Egy adott hullámhosszon adott csillagra kiszámoltam a fényességértékek átlagát és szórását, majd kiszámoltam a *szórás/átlag*100* értékeket a vizsgált referenciacsillagokra és ábrázoltam őket az átlagértékek függvényében. A kapott pontokra egy illesztést elvégezve az analízis eredménye az lett, hogy amelyik csillagnál az átlagfényesség 2,6 Jy-nél kisebb, ott 10 mJy errorbar használható, ahol pedig nagyobb, ott egy illesztési formula adja ki az errorbarok értékét (1. ábra). Ezeknek az errorbaroknak a Chamaeleon csillagokon való alkalmazásával pedig lehetővé válik a szignifikánsabb távoli-infravörös változékonyság kimutatása.



1. ábra

Az errorbarok meghatározását bemutató ábra 70 μm -en. A vízszintes tengelyen a referencia-csillagok átlagfényesség értékei szerepelnek Jy-ben, míg a függőleges tengelyen a fényességértékek szórása.

Publikációk:

Elfogadott szakcikk referált szakmai folyóiratban, amelyben társszerző vagyok: R.A.B. Claes, C.F. Manara, R. Garcia-Lopez, A. Natta, M. Fang, Z.P. Fockter, P. Ábrahám et al.: *Penelope III. The peculiar accretion variability of XX Cha and its impact on the observed spread of accretion rates*, *Astronomy & Astrophysics*, August 2022

Továbbá készülöben van az első elsőszerzős publikációm is, melynek címe: *Search for far-infrared variability of protoplanetary disks in the Cha I star-forming region*. A cikk körülbelül 50%-ban van kész.

Tanulmányi tevékenység az aktuális félévben:

Az ELTE két kurzusán vettem részt ebben a félévben: Az exobolygók kutatása (FIZ/5/040), Csillagaktivitás-aktív csillagok I. (FIZ/5/035). A kurzusok elvégzésével 12 kreditet teljesíték.

Konferenciák a képzés alatt:

Részt vettem a 2021 szeptemberében Balatonvilágoson megrendezett *Fizikus Doktoranduszok Konferenciáján*. Ezen a konferencián előadást nem tartottam.

Továbbá részt vettem és posztert is küldtem be a következő konferenciára: *Cool Stars 21, 4-9 July 2022, France*. Ez a poszter elektronikus formában publikusan elérhető a Zenodo rendszerben, és megjelenik publikációként az ADS-ben is.

(<https://zenodo.org/record/7499967#.Y7NRrnbMJ7Y>)

Szakmai közéleti tevékenység:

A kutatási tevékenységemen kívül folytattam tudománykommunikációs-ismeretterjesztői tevékenységemet a *Svábhegyi Csillagvizsgálóban*, ahol rendszeresen tartok csillagászat-űrkutatás témában előadásokat. Emellett óraadó tanár lettem a *Váci Madách Imre Gimnáziumban*, ahol fizikát tanítok a 9.B osztálynak. Továbbá a Váci Madáchban én vezetem a Csillagászat szakkört, amit természettudományos fakultációként is meghirdetett a gimnázium. Tanítok még továbbá a *Mathias Corvinus Collegium Fiatal Tehetség Programjában* (MCC FIT program), ahol a „Jövő kutatás, űrfizika” tantárgynak én vagyok az egyik oktatója és felelőse. Az MCC FIT programjának keretei között volt szerencsém kiutazni a háborúval sújtott Ukrajnába, Beregszászra, ahol kárpátaljai 6. osztályos magyar gyerekeknek oktattam csillagászatot és űrfizikát. Továbbá tartottam csillagászat-űrkutatás témában előadást Nyíregyházán az MCC Középiskolai Programjában is középiskolásoknak.

Mindemellett témavezető is voltam az idei (2022) *Csillagász Tudományos Diákköri Konferencián (TDK)*. Kurfis-Pál Bernadettel vezettük közösen Verasztó Teó középiskolás diák TDK-ját. Diákunk pályamunkájának címe: *Az InSight szeizmikus adatainak statisztikai vizsgálata*.