

KISS LÁSZLÓ

Az MTA CSFK Csillagászati Intézetének 2013. évi tevékenysége

A beszámolási időszakban az intézet az MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont alapító okiratában a Csillagászati Intézet számára rögzített feladatoknak megfelelően alapkutatást végzett, több egyetemen részt vett a felsőfokú oktatással kapcsolatos feladatok ellátásában, valamint jelentős aktivitást fejtett ki a tudományos ismeretterjesztésben is. Elsősorban a Lendület-program támogatásával jelentős műszerfejlesztés is zajlott.

Tudományos eredmények

Az intézet kutatói 2013-ban 182 tudományos közleményt jelentettek meg, ebből referált nemzetközi szakfolyóiratban 73-at. Az összes publikáció részletes adatai megtalálhatók a Magyar Tudományos Művek Tára weboldalán (<http://www.mtmt.hu>).

A csillagok belső szerkezete és pulzációja

Közzétettük eredményeinket a GD 154 jelű pulzáló fehér törpe pulzációs periódusainak meghatározásáról, illetve a csillag modellezéséről. Az elemzett adatokat a Piszkestetői Obszervatórumban gyűjtöttük. Hat normál módot sikerült meghatároznunk, illetve a négy legnagyobb amplitúdójú körül további 1-1 frekvenciát (rotációs felhasadás). Két módot először sikerült kimutatni, míg két másik módosnál nagymértékű, 50 napnál hosszabb időskálán lejátszódó, az adott módusokat jellemző amplitúdó-változásokra derítettünk fényt. Mindezeket túl feltártuk, hogy a csillag multiperiodikus pulzációja az észlelési szezont végére monoperiodikussá vált, 843,15 μHz -es domináns frekvenciával. Meghatároztuk a csillag forgási periódusát, ami 2,1 nap. Az észlelt periódusoknak leginkább megfelelő modellek alapján a fehér törpe felszínén található hidrogénburok vastagabb a korábban feltételezetténél (Paparó, Bognár).

A KIC 5988140 katalógusszámú csillag Kepler-űrtávcső által készített fotometriai adatai, valamint nagy felbontású földi spektrumok elemzésével kimutattuk, hogy a csillagban egyszerre van jelen több módusú δ Scuti jellegű pulzáció és nagy valószínűséggel csillagforgásból származó, a csillagfelszín inhomogenitására utaló jel (Derekas).

Az M3 gömbhalmaz RR Lyrae változóiról készített kiterjedt megfigyelési anyagban egy anomális fénygörbealakú, de Blazskó-modulációt nem mutató változót (V123) fedeztünk fel. Fényessége, színe és radiálissebesség-görbéje alapján a V123 az M3 tagja. Ami meglepő, hogy fénygörbéje sem a minimum előtt, sem a felszálló ágon nem mutatja az RR Lyrae-kre jellemző anomáliákat, konvex alakú felszálló ága hosszabb, mint a többi csillag esetében. Hasonló fénygörbealak néhány erősen modulált fénygörbéjű Blazskó-csillag esetében figyelhető csak meg, a V123-hoz hasonló periódusú reguláris RRab-csillagok között egy hasonlót sem találni. Ez a különleges csillag úgy mutat rokonságot a Blazskó-csillagokkal, hogy közben azok tipikus tulajdonságát, a fénygörbe amplitúdó-, illetve fázis-modulációját nem mutatja. A V123 viselkedésére nem sikerült minden vonatkozásban kielégítő magyarázatot találni, azonban a jelenség ismét felveti annak a lehetőségét, hogy a moduláció magyarázatában a csillag rotációja és a látóirány is szerepet játszhat, miközben a csillag radiális pulzációját inhomogenitás (mágneses tér, kémiai inhomogenitás) deformálja (Jurcsik, Smitola).

Négy kaotikus RR Lyrae hidrodinamikai modellanalízisét készítettük el, továbbá megvizsgáltuk a modellek dinamikai környezetét lehetséges rezonanciákat keresve az alpmódus és az első felhang között. Az eredmények azt mutatják, hogy a kaotikus modellek analízise fontos eszköz lehet az RR Lyrae csillagok rezonanciáinak megértésében (Plachy, Kolláth, Molnár).

A déli félgömb cefeidáiról végzett radiálissebesség-mérések alapján 9 fényes csillag spektroszkópiai kettős rendszerhez való tartozását fedeztük fel. A keringési periódus megállapításához mindegyiknél további észlelésekre van szükség. Ezek az újonnan kimutatott spektroszkópiai kettősök tovább enyhítették a cefeidák kettősségének felfedezésénél tapasztalt kiválasztási effektus hatását (Szabados, Derekas).

Egy korábban felfedezett hármas fedési rendszer, a HD 181068 több mint kétvényi Kepler-méréseit elemeztük, amelyből egy évnnyi adat úgynevezett sűrű mintavételezésű. Az analízis során meghatároztuk a rendszer tagjainak pályaelemeit és azok fizikai paramétereit (tömeg, sugár stb.). A fedések időbeli változásának kimérésével és annak a radiálissebesség-görbével való kombinálásával mint kétvonalas spektroszkópiai

kettősre tudtuk meghatározni a tömegeket. Az eredmények szerint a rendszer tagjai gyakorlatilag teljesen egy síkban vannak és pályájuk prográd.

Megvizsgáltuk a szoros hierarchikus hármas rendszerekben fellépő árapályerők által gerjesztett oszcillációkat. Meghatároztuk az árapályerő nagyságát és frekvenciáját az egy síkban, körpályán keringő rendszerek esetén. Kiszámítottuk a pályaelemek másodlagos változásainak mértékét is, amelyekre számottevően hatnak az árapály gerjesztette módusok. Az elméletet összevetettük a HD 181068 rendszerrel. A megfigyelt oszcillációk egyértelműen megmagyarázhatók az árapályerők által való gerjesztettséggel, mind a frekvenciák, mind az oszcilláció amplitúdója jól egyezik az elméleti számolásokkal (Derekas, Kiss L.).

Több mint 300 M színképtípusú vörös óriás 3 évnyi folyamatos, hosszú mintavételezésű Kepler méréssorozatát elemeztük. A negyedéves fluxus-ugrások korrigálására kifejlesztettünk egy grafikus felhasználói felületű programot. Új szisztematikus műszereffektust fedeztünk fel, amely abban nyilvánul meg, hogy a Kepler-űrtávcső Nap körüli keringési periódusa több mint 50 csillag esetében szignifikáns jelként kimutatható. Eredményeink alapján a 10 nap körüli periodicitásoknál kimutatható a csillagrezgésekben bekövetkező változás, ami a gerjesztési mechanizmus megváltozásával magyarázható. Rövidebb periódusoknál a Nap típusú csillagokra jellemző konvektív gerjesztésű oszcillációk uralkodnak, míg a 10 napnál hosszabb ciklusokat feltehetően a kappa-mechanizmus gerjeszti (Kiss L., Bányai).

Aktív jelenségek csillagokon

A DP CVn és a DI Psc két gyorsan forgó, aktív óriáscsillag, amelyekről első alkalommal készítettünk Doppler-képalkotással átfogó vizsgálatot. Feltártuk a csillagok felszíni alakzatainak jellegzetességeit és a csillagfejlődés során bejárt útjukat. Optikai spektroszkópiával és fotometriával meghatároztuk a csillagok alapvető tulajdonságait. A DP CVn esetén Doppler-képalkotással a felszíni hőmérséklet-eloszlást vizsgáltuk, míg fénygörbeinverzióval a felszíni aktivitás hosszú távú változásait modelleztük. Időben egymást követő Doppler-képek keresztkorrelációiból következtettünk a felszínen működő differenciális rotáció nagyságára és jellegére. Mindkét csillag esetén magas felszíni lítiumgyakoriságot mértünk, ennek alapján feltételezzük, hogy a csillagok az úgynevezett első lítiumfeldúsulási szakasz végén járnak a vörös óriáságon (Kővári, Kriskovits).

Az IL Hya aktív szubóriás csillag egy RS CVn típusú kettős rendszerben, keringési periódusa 12,905 nap. A csillagot idősoros spektroszkópiai

adatok felhasználásával Doppler-képalkotással vizsgáltuk. A 70 napot átfogó adatsor segítségével mód nyílt a felszíni differenciális rotáció precízebb meghatározására. Az eredményül kapott szoláris differenciális rotáció erőssége 5%-os, amely korábbi (pontatlanabb) becslésekkel is összhangban van. Kidolgoztunk egy módszert a meridionális irányú felszíni áramok kimutatására. Az eredményből pólusirányú meridionális cirkulációra lehetett következtetni (Kővári, Kriskovits, Oláh).

Bevezettünk egy új, Doppler-képalkotással kombinált módszert aktív spektroszkópiai kettősök színképeinek szétválasztására. Ennek segítségével lehetőség nyílik mindkét komponens felszíni hőmérséklet-eloszlásának vizsgálatára úgy, hogy a fedő fázisokban minimalizálható az egyik csillag foltjai által keltett perturbációk hatása a másik csillag profilján. A módszer hatékonyságát a V824 Ara nevű fiatal, napszerű komponensekből álló kettős rendszeren demonstráltuk (Kriskovits, Vida, Kővári).

Napaktivitás

Kifejlesztettünk egy új módszert az eruptív protuberanciák oszlopsűrűségének meghatározására a Solar Dynamics Observatory Advanced Imaging Assembly (SDO/AIA) csúcsminőségű űrkutatósi adatainak felhasználásával. A számos hullámhosszon csaknem egyidejűleg készült SDO/AIA felvételeken a fotoionizációs kontinuum opacitást felhasználva határoztuk meg a protuberancia anyagában a hidrogén térbeli eloszlását. Ez az új „polikromatikus opacitásleképezés” módszer viszonylag egyszerű módot kínál a részben ionizált anyag követésére, ahogyan az a kitörés során felfelé mozog a Nap légkörében (és így a napkorongon keresztül). A meghatározott sűrűségértékek a kitörési modellek számára adnak információt a valós sűrűségeloszlásról. Az új módszert a 2011. június 7-i látványos protuberanciarobbanásra (CME-re) alkalmaztuk (van Driel-Gesztelyi).

A naptevékenység hosszú távú változásának tanulmányozásához pontos, homogén napfoltterület-adatbázisokat kellene használni. A mérések azonban szisztematikus hibákkal lehetnek terhelve, amelyek időben is változhatnak. Ezért szükséges a napfoltterület-adatbázisok hosszú távú változásának vizsgálata és az időfüggő kalibrációs faktorok meghatározása. Megvizsgáltuk az összes hozzáférhető hosszú távú folt-adatbázis közötti időbeli különbséget. Az átfedő kiszlovodszki és pulkovói adatbázis felhasználásával megbecsültük a korrekciós faktort a Debrecen Photoheliographic Data (DPD) és a Greenwich Photoheliographic Results (GPR) napi korrigált összterületére, amivel a GPR-t és a hivatalos folytatását (DPD) egységesíteni lehet (Ludmány, Baranyi).

Csillag- és bolygókeletkezés, az intersztelláris anyag fizikája

587 H α -emissziós csillagot azonosítottunk az Orion-köd 1 négyzetfokos környezetében. Közülük 99 nem szerepelt korábbi H α -felmérésekben. 559 csillagban meghatároztuk a vonal ekvivalens szélességét, és ennek alapján 372 csillagot klasszikus, 187-et gyenge vonalú T Tauri csillagként soroltunk be. Irodalmi H α -mérésekkel összehasonlítva az eredményeinket néhány éves időskálákon tipikusan 2-3-szoros változásokat mutattunk ki az ekvivalens szélességekben. A H α -emissziós csillagok felületi eloszlásában egy csomós eloszlású és egy szétszórt populációt azonosítottunk. Megmutattuk, hogy a csomós eloszlású alrendszer szorosabb kapcsolatban van a hideg por felületi eloszlásával, mint a szétszórt, és átlagfényessége minden hullámhosszon nagyobb. Valószínű, hogy a szétszórt alrendszer tagjai kisebb tömegű előtércsillagok, az Orion csillagkeletkezési komplexum egyik öregebb alrendszerének tagjai (Szegedi-Elek, Kun).

A V1647 Ori jelű kis tömegű fiatal csillagot tanulmányoztuk a 2003 novembere és 2006 februárja között lezajlott kitörése alatt. Ez idő alatt két nagy szögfelbontású közép infravörös interferometriai és számos fotometriai mérést végeztünk, hogy a csillag körüli anyagban lezajló folyamatokat, szerkezeti átrendeződéseket nyomon kövessük. Az Európai Déli Observatórium Very Large Telescope Interferometer (ESO/VLTI) MIDI műszerével olyan felbontást értünk el, amellyel a Föld típusú bolygók keletkezési régióját is megvizsgálhattuk. A jól ismert lassú halványodás mellett rövid időskálájú fényességváltozásokat is megfigyeltünk. Optikai-infravörös spektrális energia-eloszlást pedig öt időpontra sikerült összeállítanunk. Részletes modellezéssel megmutattuk, hogy az anyagbefogás mértékének lassú változásával leírható a forrás lassú halványodása, illetve hogy a kitörés elején a csillag körüli porkomponensek (korong és burok) belső sugarai feltehetően megnőttek – valószínűleg a kitörés során keletkező hő hatására a porszemcsék szublimáltak. Mindezekben túl azt is megmutattuk, hogy a V1647 Ori körüli anyag szerkezete alapvetően hasonlít más beágyazott fiatal csillagokéhoz. Ez erősíti azt a feltételezést, miszerint az eruptív fiatal csillagok nem különleges források, hanem a kitörések a kis tömegű csillagok egy fontos életfázisát jelölik (Mosoni, Ábrahám, Moór).

A jelenlegi elképzelések szerint a 10 millió évnél idősebb csillagok korongjai gázban rendkívül szegények. Azonban ismerünk két olyan 30, illetve 40 millió éves törmelékkorongot, amelyekben még jelentős mennyiségű hideg molekuláris CO gáz is található. Ezek közül részletesen tanulmányoztuk a 30 millió éves HD 21997 csillag körüli gázos törmelékkorong emissziójának térbeli eloszlását a chilei ALMA interferométerrel. A mérésekből kiderült, hogy a csillagot övező por emissziója egy széles gyűrűből

ered, amelynek belső sugara körülbelül 55 CSE, a külső sugara pedig 150 CSE, a benne található pormennyiség nagyjából 0,1 földtömeg. A térben és spektrálisan is feloldott CO-emisszió alapján a molekuláris gáz egy kepleri rotációt mutató korongban található. Ennek belső pereme 26 CSE-en belül található, a korong külső sugara 138 ± 20 CSE. A por és gáz térbeli eloszlását összevetve világossá vált, hogy a rendszer belső régióiban van egy pormentes, gázban gazdag terület. Az eredmények alapján arra következtettünk, hogy a gázkomponens – minden korábbi várakozással ellentétben – inkább elsődleges (primordiális) eredetű lehet, mivel a másodlagos gázt feltételező modellekhez a rendszerben fellelhető planetezimáloknak irreálisan sok gázt kellene termelniük, továbbá ez a modell nem tudná megmagyarázni a gáz és por megfigyelt térbeli elkülönülését. Ugyanakkor a korong poranyaga a porszemcsék élettartamát figyelembe véve valószínűleg másodlagos eredetű (és a planetezimálok ütközéséből származik). Ezek alapján a HD 21997 az egyik első ismert példája lehet az olyan „hibrid” csillag körüli korongoknak, amelyekben másodlagos eredetű por és primordiális gáz egyidejűleg van jelen (Moór, Ábrahám).

Exobolygórendszerek

A nemrégiben kifejlesztett közvetlen képalkotási technikáknak köszönhetően az elmúlt években számos új, a csillagától távolabb keringő (>8 CSE) nagy tömegű exobolygót sikerült felfedezni (például a HR 8799 és a β Pic körül). Nemrégiben egy újabb ilyen exobolygót fedeztek fel a körülbelül 17 millió éves, A színképtípusú HD 95086 jelű csillagnál. A rendszer erős infravörös többletet mutat, amely arra utal, hogy egy porban gazdag korong veszi körül. A korong szerkezetének és esetleges gáztartalmának megismeréséhez, valamint a felfedezett bolygó és a korong lehetséges kölcsönhatásainak vizsgálatához optikai, infravörös és milliméteres hullámhosszakon végeztünk méréseket. A szubmilliméteres szén-monoxid-emisszió hiánya azt mutatta, hogy a korong nem egy idősebb gázban gazdag primordiális rendszer, hanem törmelékcorong. Az adatok alapján arra következtettünk, hogy a por két különálló gyűrűben található ~6 és 64 CSE távolságra a csillagtól. A Herschel-űrtávcsővel készített távoli-infravörös képeken a korongot sikerült térben felbontani. Az eredmények alapján a bolygó nagyjából 62 CSE-re lehet a csillagtól, nagyon közel a korong belső pereméhez. A HD 95086 bolygórendszerének szerkezete összességében nagyon hasonló a korábban megismert HR 8799 rendszeréhez. Mindkét rendszerben jelen van egy meleg belső és egy hideg, kiterjedt külső törmelékgyűrű, amelyek közötti térrészben található(k) a felfedezett óriásbolygó(k) (Moór, Ábrahám).

A HATNet projekt adatbázisára támaszkodva felfedeztünk két fedési exobolygórendszert. A fotometriai detektálás után elvégeztük a szükséges utóvizsgálatokat. A spektroszkópiai úton meghatározott csillagparaméterek, a radiális sebesség és a fénygörbék közös analiziséből megkaptuk a bolygók legfontosabb jellemzőit: HAT-P-42b – 1,04 jupitertömeg és 1,3 jupitersugár; HAT-P-43b – 0,66 jupitertömeg és 1,3 jupitersugár, ami a 3-5 nap közé eső keringési idővel párosítva tipikus forró jupiterekre utal. A G-F színképtípusú központi csillagok relatíve fényesek, ezért a két rendszer alkalmas lesz további részletesebb vizsgálatokra, például transzmissziós spektroszkópiára, vagy a bolygók infravörös sugárzásának mérésére (másodlagos fedések detektálásával) (Kovács G.).

A Kepler-űrtávcső publikus adatainak felhasználásával (Q0–Q6) tranzitidőpontjaikban periodikus változást mutató, anyacsillagukhoz közeli, magányos jupitereket kerestünk. A módszerünk Fourier-analízisen és frekvenciafüggő bootstrap-analízisen alapult, amellyel a detektálás konfidenciaszintjét megbecsültük. 36 ilyen rendszert találtunk, amelyek fele többszörös frekvenciákat mutatott. Először elemeztünk részletesen olyan folyamatokat, amelyek virtuális tranzitidőpont-modulációt okoznak. 15 objektum esetében valószínűleg ennek köszönhetőek a mért jelek. A hosszúság mintavételezésű üzemmód szabályos időközönkénti mintavételezése tranzitról tranzitra szabályosan tolódik el: szisztematikussá, periodikus eltérést okozva, ami egyfajta stroboszkopikus frekvenciát eredményez. Más esetekben a csillag forgásából származó fényváltozás hat kölcsön a tranzitminimum-időpontok meghatározási módszerével, szintén hamis detektálást okozva. Mindezeket a jelölteket kiszűrve hét rendszer maradt, amelyekből háromnál (KOI 186, 897, 977) volt elég alacsony a csillag forgásából adódó jel, így ezek a legjobb Kepler-objektumok valódi, dinamikai hatásból származó tranzitidőpont-változást mutató rendszerekre. A beazonosított forró jupiterek jó jelöltek lehetnek további bolygókísérők vagy exoholdak jelenlétének kimutatására (Szabó Gy., Szabó R.).

A Naprendszer égitestjei

Részt vettünk a fényesnek ígérkező C/2012 S1 (ISON)-üstökös vizsgálatában, ehhez a Hubble-űrtávcsővel készültek mérések. A munka során az üstökös mag és kóma fényének különválasztását, valamint a mag és a kóma fotometriai tulajdonságainak meghatározását végeztük el. Az ISON-üstökös 2013 végén mindössze 1,7 naprádiusz távolságra haladt el a Nap fotoszférájától, így az égitest egyedülálló lehetőséget nyújtott az Oort-felhőben hosszú idő alatt a kozmikus sugárzás által alakított magfelszín, valamint a nagy napközelség következtében a magból előbukkanó eredeti

anyag tanulmányozására. A kutatás első fázisaként 2013. április 10-én felvételek készültek a Hubble műszereivel. A kóma és az üstökösmag fényének elválasztására kidolgozott módszer alkalmazásával az üstökösmag sugarára felső határa 2 km, vagyis a mag legfeljebb 4 km átmérőjű kis égitest. A porkóma fényességfutási profilja megfelelt egy a magból állandó sebességgel kiáramló por modelljének. A kóma egyéb tulajdonságai alapján a por túlnyomó részben szubmikron méretű szemcsékből állt, amelyek néhányszor tíz m/s sebességgel mozogtak. A több mint hét hónappal későbbi napközelséget az üstökös nem élte túl, 2013. december elejére szétporladt a média által nagy figyelemmel kísért égi jelenség (Tóth I.).

A 2012 elején felfedezett extrém naprendszerbeli égitest, a 2012 DR30 megfigyeléseire rendkívüli távcsőidőt kaptunk a Herschel-űrtávcső PACS kamerájára, valamint kiegészítő méréseket végeztünk a látható tartományban az MPG/ESO 2,2 m-es távcsövével (La Silla, Chile). Annak ellenére, hogy dinamikai vizsgálatok alapján az égitest legvalószínűbb eredete az Oort-felhő, az ismert Neptunuszon túli égitesteknél és kentauroknál jobban hasonlít a kisbolygóöv V, illetve A típusú kisbolygóira. 185 km-es átmérőjével a 2012 DR30 a valaha megfigyelt legnagyobb égitest a damokloidok közül, és a negyedik legnagyobb ismert kentauro (Kiss Cs., Szabó Gy.).

A Mars Xanthe Terra nevű területén lévő, korábban még nem vizsgált folyóvölgyet és annak végződésénél lévő krátertavat, valamint az üledékes hordaléklerakódást elemezve sikerült kimutatni, hogy két eltérő folyóvízi felszíninformálási időszak lehetett a területen, ahol a második nyomán rövidebb, intenzívebb csapadékhullás, vagy egyéb eredetű vízfelszabadulás történt. A legidősebb folyóvölgyek, valamint a lerakódásos alakzat körülbelül 3,5 milliárd évvel ezelőtt keletkezett. Később jelentős vízmennyiség nélküli, de továbbra is aktív felszínalakulás nyomai láthatóak, amelyek a meredekebb és egyenetlenebb felszínű vidékeket jobban érintették, ami a lejtős tömegmozgások fontos szerepére utal. A legfiatalabb felszín-átalakulás a térségben néhány millió évvel ezelőtt történhetett (Kereszturi).

Laboratóriumi asztrofizika

A grenoble-i IPAG intézettel közösen két kutatóprogram zajlott. Ezek egyike keretében szenes kondrit meteoritok szervesanyag-tartalmának sikeres leválasztottuk kémiai módszerrel. A másik programban meteoritok hidratáltsága nyomán keletkező 3 mikrométer körüli elnyelést vizsgáltuk az infravörös tartományban, valamint az ehhez szükséges mintaelőkészítést (KBr pasztillák gyártása) fejlesztettük ki és optimalizáltuk (Kereszturi, Kiss Cs.).

A Tejútrendszer vizsgálata

Az ARGOS program a galaktikus dudorban található vörös óriásági csillagok spektroszkópiai felmérését tűzte ki célul. 28 ezer egyedi csillagról vettek fel közepes felbontású spektrumokat a 3,9 m-es Angol-Ausztrál Teleszkópra szerelt AAOmega multiobjektum-spektrográffal. A programcsillagok fele, 14 ezer objektum bizonyult vörös óriásnak a galaxismag 3,5 kpc-es környezetében. A sebességek és kémiai összetételek térbeli eloszlását felhasználtuk a galaktikus dudorban található csillagpopulációk elkülönítésére és jellemzésére, amiből tesztelni lehet a Tejútrendszert kialakító fizikai mechanizmusok pontos működését. A kinematikai eloszlások alapján nem lehet kizárni a nagyobb összeolvadások maradványaként létező populációkat, ám valószínűbbnek tűnik, hogy a korai Tejútrendszer vékony korongjának instabilitása alakította ki a központi struktúrát (Kiss L.).

Extragalaktikus kutatások

A 3C 316 a rádiótartományban legfényesebb olyan aktív galaxis, amelynek optikai színképében kettős csúcsú, keskeny spektrumvonalakat találtak. Az ilyen spektrumvonalakat gyakran próbálják kettős aktív galaxismag (AGN) létezésével magyarázni. 5 GHz-es EVN, e-MERLIN és archív VLA adatokat használva a forrás tanulmányozásához, emellett az SDSS-szel készült optikai színképet is újra feldolgozva kiderült, hogy a rádiósugárzás nagy része az AGN-ből ered, amelyet fizikai mérete és rádióspektruma alapján a kompakt meredek spektrumú objektumok közé lehet sorolni. Mind a rádió-, mind az optikai adatok magyarázhatók erős, környezete által erősen perturbált kilövelléssel. Mindazonáltal a kettős AGN jelenléte sem zárható ki teljesen (Gabányi).

Gammakitörések

Az időtartamból, a kisugárzott energiából, valamint a csúcsintenzitásból álló paramétertérben tanulmányoztuk a Fermi-műhold által észlelt gammakitörések (GRB-k) eloszlását. A Fermi által észlelt kitörések mintegy 10%-át a Swift mesterséges hold is észlelte. Nem találtunk szignifikáns különbséget a Swift által észlelt, illetve nem észlelt kitörések csúcshéyessége, valamint csúcshenergiája között. Ezzel ellentétben a Swift által is észlelt kitörések kisugárzott energiája szignifikánsan nagyobb és az időtartama is hosszabb. Hasonlóképpen megvizsgáltuk a Swift által észlelt kitöréseket is. E kitörések körülbelül 30%-át a Fermi is észlelte. Szignifikáns különbséget találtunk a kisugárzott energiában, a csúcshéyességben, valamint a fotonindexben, ugyanakkor ez nem volt kimu-

tatható a kitörés időtartamában. Ezeket a különbségeket a Fermi és a Swift különböző konstrukciójával, illetve észlelési stratégiájával lehetett magyarázni (Balázs L.).

Műszerfejlesztés

Megépítettük és teszteltük a Légyszem-kamera teljes rendszerét mozgó hexapodot (Stewart-platformot), valamint demonstráltuk, hogy a tervezett eszköz alkalmas a földrajzi helytől és precíz térbeli pozicionálásától függetlenül az égbolt mozgásának követésére. A saját fejlesztés költséghatékonyága mellett fontos érv volt az intézeti know-how növelése is. A hexapod összeszerelésére 2013 áprilisában került sor, a prototípus eszköz első fényének tesztjét 2013 májusának legelején, míg az első, asztrometriai kalibrációra is alkalmas méréseket 2013. május közepén végeztük el. A sikeres tesztek megmutatták, hogy az eszköz az eredeti terveket túlszárnyalóan alkalmas pozicionálásra, és így a tudományos igényeknek megfelelő égboltkövetésre is. 2013 második felében a hexapodot Piskéstetőről, autonóm üzemben üzemeltettük egy kamerával. Ennek célja mind a tudományos szintű adatgyűjtés elkezdése, mind a hexapod és a teljes hasznos teher stressztűrő képességének vizsgálata volt.

Párbeszéd a tudomány és a társadalom között

A csillagászat azon kevés természettudományok egyike, amelyre a szélesebb közvélemény is figyel. Eredményei rendre megjelennek az írott és elektronikus sajtóban. Az érdeklődés fenntartásában, az új eredmények szélesebb megismertetésében és a külföldi szakmai eredmények szakszerű tolmácsolásában az intézet kutatói tudatosan és nagy elkötelezettséggel vesznek részt. 2013. januártól a tudománykommunikációs aktivitásuk új szintre lépett egy TÁMOP-pályázat támogatásával, amelyet a tudományos eredmények terjesztése témakörben adtunk be a szombathelyi ELTE Gothard Asztrofizikai Observatóriumnal és a Vas Megyei TIT Egyesülettel együttműködésben. Az intézetből közel egy tucat kutató vett részt a projekt megvalósításában, amelynek fontosabb tevékenységei: (i) csoportvezetéssel összekötött rendszeres nyitva tartás a Piskéstetői Observatóriumban; (ii) gazdagon illusztrált ismertető kiadvány elkészítése a Piskéstetői Observatóriumról (1500 példány); (iii) a www.csillagaszat.hu csillagászati híroldal; (iv) rendszeres előadá-

sok a konvergenciaregiókban; (v) Utazó Planetáriummal látogatás iskolákban, nagyobb településeken; (vi) csillagászati konferencia és tudománykommunikációs továbbképző workshop szervezése műszaki-természettudományi szakos egyetemisták és doktoranduszok bevonásával; (vii) diákverseny szervezése és lebonyolítása középiskolások számára (Odysseus Contest magyar nemzeti forduló). Mindettől függetlenül folytatjuk a korábbi években megszokott ismeretterjesztő és sajtóbeli megjelenéseket is (évente százas nagyságrendben ismeretterjesztő előadások tartása, riportok, interjúk adása a legkülönbébb sajtótermékeknek). Utóbbiakra az aktuális események, például a Kepler-űrtávcső legújabb (esetenként magyar) felfedezései, az ISON-üstököshöz kapcsolódó novemberi felfokozott érdeklődés, vagy a Piskésten felfedezett kisbolygók adták az alkalmat. Az intézeti kutatásoknak a nagyközönséghez való közelebb vitelét szolgálják az évente kétszer megrendezett nyílt napok. Folyamatosan tudatosítjuk a közvéleményben és a döntéshozókban a fényszennyezés gazdasági, környezeti, kulturális kártételeit.

Hazai és nemzetközi kapcsolatok

Hazai kapcsolatok

A beszámolási időszakban rendkívül eredményes intézményi kapcsolatokat tartottunk fent hazai csillagászati kutatóhelyekkel (Szegedi Tudományegyetem, Bajai Csillagvizsgáló, ELTE szombathelyi Gothard Asztrofizikai Obszervatóriuma).

Részt vettünk az egyetemi oktatásban és a doktori képzésben meghirdetett előadásokkal, gyakorlatok tartásával, valamint szakdolgozati és doktori témavezetéssel. A 2013-as tanévben az alábbi kurzusokat tartották, illetve vettek részt előadásokkal az intézet kutatói: *ELTE*: Fialat csillagok fényváltozásai, Szeminárium a csillagkeletkezés és csillagközi anyag kutatásának legújabb eredményeiről, Asztrostatistika 1–2, Csillagrendszerek dinamikája, Galaktikus csillagászat, Csillagászati szakcikkolvasó szeminárium, Radio Astronomy, Bevezetés a csillagászatba, Az asztrofizika megfigyelési módszerei, Planetológia, Bolygófelszín-tan, A Naprendszer földrajza, Kozmikus anyagok és földi analógiák, Csillagászati ismeretterjesztés, Obszervációs csillagászat, Marskutató, A Mars földrajza és geológiája, Kaotikus jelenségek az égi mechanikában, Csillagászati műszertechnika, Mérések és megfigyelések, Elméleti asztrofizika, Űrfotometria; *DE*: Zenei akusztika; *NYME*: Elektromosság és relativitáselmélet, Atomfizika és kvantummechanika, Kaotikus jelenségek dinamikai rend-

szerekben, Termodinamika és statisztikus fizika, Csillagászat, Bevezetés az égi mechanikába, Elméleti asztrofizika; SZTE: Aktív galaxismagok a megfigyelő csillagász szemével, Űrcsillagászat.

Nemzetközi kapcsolatok

A hosszabb ideje meglevő és folyamatosan gyümölcsöző nemzetközi együttműködések (CoRoT, Gaia, IRSES, KASC, Cesar, eHEROES projektek) túl 2013-ban bekapcsolódtunk a svájci vezetésű CHEOPS exobolygó-kutató űrtávcső előkészítésébe. Folytatódott, illetve kiépült a szoros kutatási együttműködés a sydney-i és a berni egyetemmel, a potsdami asztrofizikai intézettel, a Belga Királyi Obszervatóriummal és a grenoble-i IPAG intézettel.

2013-ban is számos esetben sikerült elnyerni észlelési időt csillagászati nagyműszerekre nemzetközi együttműködésben például a NASA Hubble-űrtávcső, VLT (ESO, Chile). A benyújtandó pályázatok közös kidolgozásában együttműködtünk a MPIA Heidelberggel, az STScI Baltimore-ral. Szoros együttműködés volt a Princeton University-vel (HATNet) az exobolygók kutatásában. Rendszeres megfigyeléseket végeztünk a Kanári-szigeteken az EU 7. keretprogramja Opticon programja támogatásával.

Rendezvények, mobilitás, pályázatok

Az év során több jelentős szakmai rendezvény megszervezésében és lebonyolításában vettek részt az intézet kutatói: 28. *Ionoszféra-Magnetoszféra Szeminárium* (Kecskemét, 2013. március 7–9.), az MTA Fizikai Tudományok Osztálya Csillagászati és Űrfizikai Tudományos Bizottságának tudományos ülése *Asztrofizika a légkörön túlról* címmel (Budapest, 2013. május 9.), az Eötvös Loránd Fizikai Társulat *Fizikus Vándorgyűlése* (Debrecen, 2013. augusztus 21–24.), *Magyar Csillagászok Találkozója 2013* (Galyatető, 2013. szeptember 20–22.), valamint *A tudományos közlés művészete* (Galyatető, 2013. október 11–13.).

Az intézet kutatói több hosszabb tanulmányutat tettek az ESO központjában (Garching, Németo.), az MPI für Astronomie-ban (Heidelberg, Németo.) és a Laboratoire d'Astrophysique-ban (Marseille, Franciaó.). Vendégkutatókat fogadtunk Argentínából, Franciaországból, Németországból és az Egyesült Államokból. Az MTA támogatásával vendégprofesszorként három hónapot töltött nálunk Željko Ivezić, a Large Synoptic Survey Telescope (LSST, Univ. of Washington, Seattle) projekt tudományos vezetője.

2013-ban a következő jelentősebb új pályázati projektek indultak el: *Törmelékzónák fejlődése naprendszerekben*, OTKA K104607 (30,8 Mft, 2013–2016); *Expert contribution to the post-operations phase of ESA's Herschel Space*



A Grand Hotel Galya adott otthont a Magyar Csillagászok Találkozásának 2013. szeptember 20–22. között. A találkozó csoportképe.

Observatory mission, PECS program, ESA/Magyar Űrkutatási Iroda (134 kEUR, 2013–2016), *Ég és Föld vonzásában – a természet titkai*, TÁMOP-4.2.3-12/1/KONV-2012-0018 (41 MFt, 2013–2014). A futó űrkutatási projektekhez (Gaia, CoRoT, Herschel) csatlakozott a CHEOPS előkészítő munkáját támogató PECS-szerződés (*Feasibility Studies for the proposed 'CHEOPS' ESA S-Mission*, 49 946 EUR, 2013–2014). Több nagyobb OTKA-projekt is támogatást nyert el, ezek kezdete viszont átcúsúzott 2014-re. Az akadémiai nagy infrastruktúra-fejlesztési pályázaton 56,5 MFt támogatást nyertünk el egy nagyfelbontású echelle-spektrográf beszerzésére, ami a Piszkestetői Obszervatórium 1 m-es RCC-teleszkópjára kerül fel 2014 nyarán.