

ÁBRAHÁM PÉTER

Az MTA KTM Csillagászati Kutatóintézetének működése 2011-ben

A 2011-es év nagy átalakulást hozott intézetünk életében. Pálinkás József, az MTA elnöke 2011. májusi újraválasztása után az akadémiai kutatóhálózat nagyszabású átalakítását hirdette meg. Ennek következményeképpen a korábbi negyven önálló költségvetési intézetből tíz kutatóközpont és öt kutatóintézet felállítását szavazta meg az akadémia rendkívüli közgyűlése 2011. december 5-én. A korábban szintén önálló intézetünk a hivatalosan 2012. január 1-jével megalakult Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont Csillagászati Intézete lett. A kutatóközpontba összevont további intézetek: MTA Geodéziai és Geofizikai Intézet (Sopron), MTA Földtani és Geokémiai Intézet, MTA Földrajztudományi Kutatóintézete. Az intézményi átalakulás levezénylését Ábrahám Péter végezte megbízott főigazgatóként.

A szervezeti átalakulás azonban nem befolyásolja az itt folyó munkát: az alapító okiratban rögzített feladatainknak megfelelően alapkutatást végzünk, valamint több egyetemen is részt veszünk a felsőfokú oktatással kapcsolatos feladatok ellátásában.

Tudományos eredmények

A csillagok belső szerkezete és pulzációja

Kidolgoztunk egy analitikus módszert a Blazskó-effektust mutató RR Lyrae csillagok fénygörbéinek matematikai leírására, amely az amplitúdó-és frekvenciamodulációt az elektronikus távközlés elméletében szokásos módon kezeli. Ennek a megközelítésnek sok előnye van, például magyarázatot ad számos, a Blazskó-jelenséget mutató RR Lyrae fénygörbéjének jellemzőire, illetve az észlelt fénygörbék Fourier-spektrumának számos jellegzetességére is, mint amilyen a magas rendű multiplettek megjelenése, az oldalsúcsok amplitúdóinak viselkedése, vagy a modulációs frek-

vencia és harmonikusainak megjelenése. A formalizmus egyébként tetszőleges fénygörbe-moduláció leírására alkalmas, nemcsak a Blazskó-modulált RR Lyrae-csillagokéra (Benkő).

Elkészült a prototípus RR Lyrae űrfotometriájának elemzése, amit a Kepler-űrtávcső az első 127 napja során észlelt. A mérések azt is jól példázzák, hogyan lehetséges a telítésbe ment fényes csillagokról jó minőségű fotometriai adatsort kapni. A viszonylag ritka mintavételezés (29,4 perc/pont) ellenére a millimagnitúdós pontosság egészen finom részletek tanulmányozására is módot adott. A Blazskó-csillagoknál szokásos multiplettek a második rendig jelentek meg a Fourier-spektrumban. A perióduskettőződésből adódó fél-egész frekvenciák egyértelműen kimutathatók. A jelenségnek valószínűleg köze van a még szintén nem értett Blazskó-effektushoz. A mért három Blazskó-ciklusról kimutatható volt, hogy nem teljesen egyformák, amit további hosszabb periódusú moduláció(k), vagy esetleg az effektus nem teljesen reguláris volta okozhat (Szabó R., Benkő).

Elméleti oldalról már korábban igazoltuk, hogy az RR Lyrae perióduskétszereződése az alaplómódus és a 9. (strange) módus 9:2 arányú rezonanciájának eredménye. A legfrissebb eredményeink alapján kiderült, hogy ez a kölcsönhatás nemcsak az előbbi bifurkációt eredményezi, de hatására az alaplómódus új állapotának a stabilitása is szignifikánsan megváltozik, a perióduskétszereződéssel párhuzamosan. A strange módus nélkül az alaplómódus csak önmagában, tisztán periodikusan létezne. Azonban az alaplómódus perióduskétszerezett változata instabil az első felhang által okozott perturbációkkal szemben. Az alaplómódus stabilitásának ez a másodlagos bifurkációja egy speciális három módusú állapotot eredményez, amely igazából kétmódusúnak látszik, mert a 9. felhang rejtve marad.

Egy új javaslatot, az úgynevezett Stothers-mechanizmust vizsgáltunk meg a Florida–Budapest-kód segítségével. Az elképzelés konvektív ciklusokkal magyarázza az RR Lyrae csillagoknál megfigyelt Blazskó-effektust. Számításaink alapján a konvektív tulajdonságok változásai hosszú, több száz napos periódussal képesek csak megfelelő mértékű sugárváltozást előállítani, ami ellentmondásban van a rövid modulációs periódusú csillagoknál megfigyelt változásokkal (Kolláth, Molnár, Szabó R.).

Az elmúlt mintegy 120 év megfigyelései alapján megvizsgáltuk az M3 gömbhalmaz 134 RR Lyrae típusú változócsillagának periódusváltozásait. A legszabályosabb periódusváltozást mutató változócsillagok átlagos periódusváltozási üteme jól egyezik a horizontális ági csillagok fejlődési modelljeiből számítható elméleti előrejelzésekkel. Mindazonáltal a halmaz számos RR Lyrae csillagának periódusváltozási üteme nem magyarázható

a csillagfejlődés hatásával. A vizsgált R Rab csillagok körülbelül 50%-ának a fénygörbéje nem stabil, ezek a változók Blazskó-effektust mutatnak. A pekuliáris változók magas részaránya arra utal, hogy a szabályos, ám fejlődési állapotukkal össze nem egyeztethető ütemű periódusváltozást mutató csillagoktól szintén várható valamilyen instabilitás a pulzációs fénygörbéjükben vagy a periódusváltozásukban (Jurcsik, Hajdu, Szeidl).

Egy triplán fedő kompakt hierarchikus hármascillagot fedeztünk fel a Kepler-mezőben. A központi csillag egy vörös óriás, amely körül két vörös törpe szoros párja kering. Extenzív földfelszíni mérésekkel (lucky imaging, spektroszkópia, interferometria) jellemeztük a hármasszisztem főkomponensét, fénygörbe-modellekkel pedig megbecsültük a törpecsillagok paramétereit. A vörös óriás Nap típusú oszcillációinak hiánya teljes meglepetés volt, ami arra utal, hogy valamilyen mechanizmus csökkenti a konvektív gerjesztésű rezgések amplitúdóit (Derekas, Kiss L.).

A CoRoT 102781750 jelű csillag a CoRoT-űrtávcső egyes „színeiben” egymástól különböző, rejtélyes fényességváltozásokat mutatott. Vizsgálatainkkal kimutattuk, hogy az űrteleszkóp minden bizonnyal egynél több csillagot mért össze. A különböző típusú és időskálájú változásokat szétválasztva sikerült az összemért fénygörbe minden tulajdonságára egységes, konzisztens modellt alkotni. Megmutattuk, hogy a fő célpont egy aktív csillag, legalább két aktív hosszúsággal. Az aktív vidékek fejlődése segítségével sikerült meghatározni a periódusváltozást és differenciális rotációs paramétert is. Egy másik csillag csak a kék sávban volt mérhető, és egyszerre mutatott egy gyors és kis amplitúdójú pulzációt, valamint fedési jellegű fényváltozást. A jelenség legvalószínűbb magyarázata egy fiatal, pulzáló β Cep csillag, amelyet egy korotáló porkorong vesz körül (Paparó, Benkő, Szabó R.).

Egy hat obszervatórium részvételével szervezett kampány keretében 24 lehetséges független frekvencia, illetve amplitúdók és fázisaik meghatározására nyílt lehetőség a PG 2303+243 jelű DA fehér törpénél. Az analízis 8,4 μ Hz-es frekvenciakülönbségekkel jellemezhető rotációs frekvenciafelhasadást is feltárt, ami a csillag 16,5 órás forgási periódusára utal. Az ismert frekvenciák nagy száma miatt ez a csillag jó jelöltnek tűnik asztroszeizmológiai vizsgálatok elvégzésére.

22 évet átfogóan, 1986 és 2008 között, nemzetközi kampányokat is magába foglalva került sor a PG 0122+200 jelű GW Virginis (PG 1159 típusú) változó megfigyelésére. A PG 1159 típusú, közvetlenül a fehér törpe fejlődési állapot előtt lévő csillagok gyorsan hűlő fázisban vannak, aminek az időskálája millió éves nagyságrendű. Az elméleti modellek szerint a magjukban keletkezett neutrínók fontos szerepet játszanak a

hűlési folyamatban. A leghűvösebb PG 1159-es csillagok fejlődési időskálájának mérése egyedülálló lehetőséget nyújt arra, hogy empirikus úton kapjuk meg a neutrínókibocsátási rátát. A megfigyelt frekvenciaváltozások sokkal nagyobb mértékűek és rövidebb időskálán mennek végbe az elméleti modellek által jósoltnál (Paparó, Bognár).

Már publikált radiálissebesség-mérések alapján új spektroszkópiai kettősöket találtunk a cefeidák között: az XX Sagittarii ($V = 8,9$ magnitúdó) és az X Puppis ($V = 8,6$ magnitúdó) a Tejútrendszerben, valamint a HV914 a Nagy Magellán-felhőben. Ezek az esetek megerősítik azon korábbi megállapításunkat, hogy a cefeidák között rengeteg spektroszkópiai kettős vár felfedezésre (a kettőscsillagok előfordulási gyakorisága a változócsillag-típusnál körülbelül 50%). A két Magellán-felhőben több mint 8000 cefeida közül eddig mindössze 5 csillagról ismert a spektroszkópiai kettősség (Szabados, Derekas, Kiss Cs., Klagyivik).

Aktív jelenségek csillagokon

Az RS CVn-típusú K-óriás ζ Andromedae felszíni foltjainak időbeli fejlődését kísértük nyomon a Doppler-leképezés segítségével. Rekonstruáltuk a csillag felszíni hőmérséklet-eloszlását, a csillagfoltok időbeli átrendeződését, a differenciális rotáció nyomait. Az általunk kifejlesztett kereszkorrelációs technika segítségével meghatároztuk a felszíni nyírási paramétert, amely jó egyezést mutatott korábbi eredményekkel.

A V405 And egy rövid periódusú fedési kettős rendszer, amelynek főkomponense radiatív magból és konvektív burokból áll, míg a másodkomponens teljesen konvektív. Az elméletek szerint a csillagok szerkezete függ az aktivitásuk mértékétől: a mágnesesen aktív M-törpék sugarának nagyobbak kell lennie. Korábbi méréseink alapján a V405 And valóban így viselkedik: a főkomponens sugara jóval nagyobb az inaktív fősorozati csillagokra jósolt értéknél (ennél a csillagnál a legnagyobb az eltérés az ismert csillagok között), míg a másodkomponens sugara jól illeszkedik a tömeg-sugar relációra. A V405 And újabb fénygörbéi alapján a foltos felszín jelentős változásokat mutat. Ezeket modellezve további bizonyítékot találtunk a jelenségre.

Hosszú időt átfogó fotometriai és spektroszkópiai adatok alapján elkészítettük az első részletes tanulmányt a HD 123351 (CZ CVn), fényes, aktív, K színképtípusú csillagról. A csillagot egyvonalas spektroszkópiai kettősnek találtuk, közel 148 napos periódussal és igen nagy excentricitással. A csillagra kapott pályamegoldás az eddigi legpontosabb egy aktív kettősről. A forgási periódus 58,3 napnak adódott, ami arra utal, hogy a csillag erősen aszinkron módon rotál. A 12 évnyi mérés

alatt a csillagon két állandó aktív terület volt jelen. Ezt egy differenciálisan rotáló felszínen levő két aktív hosszúsággal magyaráztuk. A rekonstruált mágneses tér szignifikánsan függ a pálya menti helyzettől. Az ellentétes fázisú változást a kromoszféra és a mágneses fluxus között úgy magyaráztuk, hogy két mágneses teret tételeztünk fel egy időben, az egyik a foltokhoz kapcsolható lokális tér, a másik, globális tér pedig a (kis tömegű) másodkomponens felé mutat. Valószínűsíthető, hogy a két csillag közötti mágneses tér az oka a főkomponens lassú és aszinkron rotációjának (Oláh, Kővári, Vida).

Napaktivitás

Felhasználva a naptevékenységi minimum nyújtotta viszonylag egyszerű mágneses szerkezetet a Napon és a helioszférában, a Napból érkező nagy energiájú részecskék (solar energetic particles, SEPs) eredetét vizsgáltuk a 2007. január 24-én történt úrbéli észlelések és mágneses tér modellezés felhasználásával. A SEP-ek eredete régóta vitatott, miszerint a részecske-gyorsítás a Nap alsó koronájában mágneses átkötődés során, vagy a bolygóközi térben a koronakitörések (coronal mass ejection, CME) által keltett lökeshullámfrontban történik. Kimutattuk, hogy egy keményröntgen-sugárzást produkáló fler és jet, nem pedig a lassú CME volt a fő forrása. A nyitott mágneses erővonalak jelenlétét a fler és jet konfigurációban egy III-as típusú rádiókitörés észlelése is megerősítette. Utóbbi ugyanis a fénysebesség mintegy harmadával haladó elektronok által keltett rádiósugárzás, amint a bolygóközi tér felé nyitott erővonalak mentén spirálózva elhagyják a Napot. A kitörést kísérő CME túl lassú volt ahhoz, hogy részecskegyorsító lökeshullámot keltsen (van Driel-Gesztelyi).

Statisztikai vizsgálatokat végeztünk a napfoltkatalógusaink alapján. Az eddigi eredmények: (i) foltcsoportok vezető-követő polaritás-szeparációja gyenge függést mutat a területtől, ami a mágneses nyomás csekély befolyására utal; (ii) a vezető és követő részek kompaktsága különböző, a vezető részben többnyire kevesebb és nagyobb folt található; (iii) a foltcsoportok fejlődési görbéjét órás felbontásban és a vezető-követő részeket külön is vizsgáltuk. A tanulmányozott esetekben a vezető rész később érte el maximumát, de az magasabb volt, mint a követő részé; (iv) a foltcsoportok mágneses tengelyének dőlésszögeire a korábinál részletesebb leírást adtunk: a pozitív/negatív dőlésszögek aránya a ciklus elején nagyobb, majd fokozatosan csökken (Muraközy, Ludmány).

Felhasználva a RHESSI műhold adatait, megvizsgáltuk az egymást követő flerek közötti időtartam eloszlását. Azt találtuk, hogy kapcsolat

van ezek között az események között. A kapcsolatot egy Szedov–Taylor-féle adiabatikus lökeshullám közvetíti. A fler lökeshullámot kelt, amely újabb kitörést vált ki.

Csillagkeletkezés és az intersztelláris anyag fizikája

Az optikai és közeli-infravörös fényváltozások a fiatal csillagok jól ismert jellegzetességei közé tartoznak. Az elmúlt évek eredményei alapján azonban az is egyre nyilvánvalóbb, hogy a fiatal csillagok egy jelentős része közép-infravörös hullámhosszakon is változékony. Vizsgálataink keretében elkészítettünk egy közép-infravörös színeképatlaszt, amelyben 68 kis és közepes tömegű fiatal csillag mérései szerepelnek. A méréseket az ISO és a Spitzer-űrtávcső archívumaiból töltöttük le, majd saját IDL rutinokkal újra feldolgoztuk őket. Azon 49 forrás esetén, amelyre több, időben különböző spektrum is elérhető volt, megvizsgáltuk a közép-infravörös változékonyságot éves vagy évtizedes időskálán. A források egy része hullámhosszfüggetlen változásokat mutat, valószínűleg az időben változó akkréciós ütem következményeként. 13 olyan rendszerben, amely erős 10 μm -es szilikátszcúscot mutatott, a 6-8 μm -es kontinuum sugárzás és a szilikátemisszió csak gyengén korrelált. Lehetőséges magyarázat erre, hogy a korong belső részét, amely a szilikátemisszióért felelős, leárnyékolja egy olyan korong, amelynek magassága változhat (Ábrahám, Kun, Moór).

Feldolgoztuk a [KOS94] HA11 jelzésű fiatal változócsillagról 1999 és 2010 között összegyűjtött optikai és infravörös fotometriai, valamint optikai spektroszkópiai adatokat. A soron kívül V1180 Cas változócsillag-nevet kapott égitest Nap típusú fiatal csillag a Lynds 1340 molekulafelhőben, mintegy 600 parszek távolságban. Az elmúlt évtizedben néhány éves időskálájú, nagy amplitúdójú változásokkal hívta fel magára a figyelmet. Spektrális energiaeloszlásának alakja azt mutatja, hogy a csillag a protosztelláris és a fősorozat előtti fejlődési fázisok közötti határ közelében tart a fejlődésben. Színeképében intenzív anyagbehullásra és szélre utaló számos emissziós vonal látható. A közeli-infravörös színindexek változása kizárja, hogy a nagy amplitúdójú fotometriai változások oka a változó előtér-extinkció. Az emissziós vonalak változásai pedig arra utalnak, hogy a fotometriai változásokkal párhuzamosan változik a tömegbefogási ráta és a szél. A fiatal csillag jellemzői azt bizonyítják, hogy ez az égitest az eruptív fiatal csillagok újabban feltűnt harmadik típusát képviseli: hasonlít az általuk korábban vizsgált PV Cephei-hez és V1647 Orionis-hoz. Ezek a csillagok az EXor típushoz hasonlóan ismétlődő kitöréseket produkálnak, de mivel sokkal mélyebben beágyazottak, mint az EXorok, a megló-

duló akkréció nyomán megemelkedett központi hőmérséklet és luminozitás gyökeresen átalakítja a csillagkörüli korong és burok belső régióit (Kun, Szegedi-Elek, Moór).

A gázban gazdag primordiális korongokat és a ritkásabb portartalmú, gázban szegény törmelékkorongokat általában a csillagkörüli anyag fejlődésének két jól elkülönülő fázisának tekintik. Azonban van egy nagyon érdekes objektum a környezetünkben, a 49 Ceti, amely valószínűleg egyfajta átmenetet képez a két fejlődési állapot között: míg korongjának portartalma a törmelékkorongokéhoz hasonló, a korong gáztartalma sem elhanyagolható. Ahhoz, hogy a csillagkörüli korongok gáztartalmának fejlődését megértsük további, 49 Ceti-hez hasonló rendszereket kell keresni. Ezen célból az Atacama Pathfinder Experiment (APEX) rádióteleszkóp felhasználásával 20 fiatal törmelékkorongot vizsgáltunk meg a szén-monoxid 3–2-es rotációs átmenetén (345 GHz-en). Megfigyeléseinkkel sikerült megtalálnunk a második 49 Ceti-hez hasonló korongot, a 30 millió éves, A3 színképtípusú HD 21997 jelű csillag körül, amelyet a szén-monoxid két rotációs átmenetén (2–1-es, illetve 3–2-es) sikerült detektálni. A Columba mozgási halmaz tagjaként a csillag korbecslése igen megbízható, és ezáltal a rendszer még a 49 Ceti-nél is tisztább példája az „öreg” gázt is tartalmazó korongoknak. Érdekes, hogy bár a HD21997 és a 49 Ceti infravörös luminozitási aránya nem különösebben nagy, mégis e két csillag körül található a legkiterjedtebb korongok a mintán belül. A HD21997-nél mért kétcsúcsú profilt sikeresen illesztettük egy kepleri korongmodellel. Hasonlóságai alapján a 49 Ceti és a HD21997 az első reprezentánsai lehetnek a viszonylag öreg (≥ 8 millió év), a por mellett gázt is tartalmazó korongok (eddig még nem felismert) osztályának (Moór, Ábrahám, Kiss Cs.).

Exobolygórendszerek

A HATNet-programmal együttműködésben felfedeztünk 14 extraszoláris bolygót, amelyek a lehetséges bolygótömegek széles skáláját ölelik át, a Neptunusz viszonylag kis tömegétől a Szaturnuszon át egészen a Jupiter-nél is sokkal nagyobb tömegű bolygókig. Néhány érdekesebb rendszer: (i) a HAT-P-18b és HAT-P-19b bolygók K típusú fősorozati csillagok körül keringenek 5,5 és 4,0 nap periódusokkal. Mindkét bolygó tömege közel van a Szaturnuszéhoz. A HAT-P-19b esetében egy hosszabb periódussal keringő külső kísérő objektumra következtettünk a radiális sebességekben megfigyelhető hosszú távú változás miatt. A bolygómodellek és a mért sugarak alapján mindkét bolygónak nagyon kicsi központi magja lehet, és majdnem teljes tömegükben hidrogénből és héliumból állnak. (ii) A HAT-

P-26b kis tömegű bolygó, amely 4,2 nap periódussal kering egy K1 típusú főszorozati csillag körül. Mivel sugara a Jupiter sugarának csak 60%-a, ezért az általa okozott fedés közbeni elhalványodás is kicsi, amelynek detektálása a mérés technikai nehézségeket figyelembe véve komoly siker. A HAT-P-26b a ma ismert 26 kis tömegű (vagyis a Neptunuszénál kisebb tömegű) bolygó között van. A csoportban található 20 Kepler-mérésekből, egy CoRoT-adatok és egy másik, a MOST űrtávcsővel kapott adatok alapján felfedezett bolygó. A bolygómodellek segítségével becsült belső tömegeloszlásra azt kaptuk, hogy a tömeg mintegy fele összpontosul a magban, míg a másik fele a hidrogénben és héliumban gazdag külső burkokban található (Kovács G.).

A Kepler exobolygós programmal együttműködésben földfelszíni spektroszkópiával hozzájárultunk a Kepler-16 komplex rendszerének felfedezéséhez, amelyben egy Szaturnusz méretű fedési bolygó kering egy szoros kettőscsillag körül. A szerencsés geometriának köszönhetően a bolygó az egyébként fedési kettőscsillagot alkotó pár mindkét komponense előtt átvonul, ezért a Kepler ultraprecíz adataiban négy különböző fedés azonosítható. A Kepler-16 az első bizonyított „cirkumbináris”, azaz kettős körüli exobolygó pontosan ismert sugárral, illetve erősen megkötött tömeggel és sűrűséggel. Mivel a bolygó pályája gyakorlatilag teljesen egybeesik a kettőscsillag pályasíkjával, a bolygó a cirkumbináris protoplanetáris anyagkorongban keletkezhetett. A Kepler-16 létezése azt sugallja, hogy a bolygók kialakulása a csillagkeletkezés természetes kísérőjelensége mind a magányos, mind a kettőscsillagoknál (Fűrész).

Elsőként detektáltuk és sikeresen magyaráztuk a KOI-13 jelzésű Kepler bolygójelölt aszimmetrikus fénygörbéjét. Ebben a rendszerben a gyorsan forgó központi csillagot egy szubsztelláris kísérő fedi el periodikusan. A Kepler-adatok alapján a kísérő pályasíkja erősen hajlik a csillag egyenlítői síkjához képest, amit az árul el, hogy a gravitációs szélsőtétedés következtében nem egyenletes felületi fényességeloszlású csillag korongját ferdén metszi a fedő égitest pályája. Vizsgálatunk azt demonstrálta, hogy a pályasík dőltségét a precíz spektroszkópiai méréseket igénylő Rossiter-McLaughlin-effektus kimérése nélkül is lehet detektálni, ami új irányt nyit az erős dinamikai kölcsönhatásokat mutató exobolygó-rendszerek statisztikai vizsgálataiban (Szabó Gy., Kiss L.)

Folytattuk vizsgálatainkat az exobolygók körül keringő kísérők kimutatása és jellemzése témakörében. Módszert dolgoztunk ki arra, hogy hogyan mutathatjuk ki egy exohold létezését az exobolygó-tranzitgörbék lokális szórásának finom elemzéséből (Simon, Szabó Gy.)

Naprendszer égitestjei

A „TNOs are Cool!” Herschel Open Time Key Program célja mintegy 140 Neptunuszon túli égitest fizikai és termális tulajdonságainak megismerése a Herschel infravörös űrtávcső mérései alapján. Fontos célja a programnak, hogy albedó- és méreteloszlásokat határozzanak meg bizonyos dinamikai osztályokra, valamint a teljes mintára is. 2011-ben két ilyen „minta-tanulmányt” fejeztünk be a plutinókról, illetve a szórt-korong objektumokról:

- 18 plutínó fotometriai vizsgálatát végeztük el. Termális modellek segítségével meghatároztuk méretüket és albedójukat. Azt találtuk, hogy a vizsgált plutínók mérete 150 és 730 km közé esik, míg az albedójuk 0,04 és 0,28 közötti. Első alkalommal kalibráltuk a plutínók méretskáláját: azt találtuk, hogy az eloszlás hatványkitevője $q = 2$ a 120–400 km mérettartományban, és $q = 3$ nagyobb méretek esetén. Egyértelmű bizonyítékot találtunk arra, hogy azok a plutínók, amelyek felszínén jegek találhatók, egyértelműen magasabb albedójúak, mint a minta átlaga.

- Meghatároztuk 15, a szórt koronghoz, vagy a lecsatolódtott objektumokhoz tartozó égitest méretét, albedóját és termális tulajdonságait. Az égitestek átmérői 100 és 2400 km között adódtak, a geometriai albedók pedig 0,04 és 0,85 közöttinek (Kiss Cs., Pál).

A 2,2 m-es ESO MPG chilei teleszkóppal sikerült kimutatni a Hale-Bopp-üstökös magját (és esetleg halvány kómáját) messze túl a Neptunusz heliocentrikus távolságán. Mindez minden idők legtávolabbi üstökös-mag-detektálása volt, a megfigyelt jellemzők pedig nehezen hozhatók összhangba az üstökösök anyagtermelésére vonatkozó hagyományos elképzelésekkel. Az adatok két értelmezést engednek meg: vagy egy halvány, felbontatlan kómát látunk, vagy pedig a mag albedója nőtt meg jelentős mértékben az elmúlt években. Utóbbit a felszínre frissen kifagyott jégreteg magyarázhatja (Szabó Gy., Sárneczky, Kiss L.).

Folytatódott az ekliptikai üstökösök-magok fizikai tulajdonságainak jellemzésére a Hubble-űrteljeszkóppal korábban megkezdett megfigyelési program. Összefoglaltuk és publikáltuk a HST Planetary Camera 2-vel tíz ekliptikai üstökös magjáról és mag körüli kómájáról a HST 9. megfigyelési ciklusa során végzett megfigyelési eredményeket. Minden egyes üstökösöt nyolc egymás utáni HST keringés alatt mindegy 11 órán keresztül sikerült megfigyelni. A kapott teljes, illetve részleges fénygörbék idősor-analízisével az üstökös-magok tengely körüli forgásidejét határoztuk meg (Tóth I.).

Folytattuk a 2010-ben indított Piszkéstető Supernova and Trojan Asteroid (PISTA) Survey programot, amelynek keretében 744 kisbolygó felfedezését ismerte el ideiglenes jelöléssel a Minor Planet Center. Ezek között

volt egy Jupiter trójai és három földközeli kisbolygó. Felfedeztünk továbbá két távoli, nagy luminozitású szupernóvát is: SN 2011ab, SN 2011ba (Sárneczky).

Egyéb témák, interdiszciplináris kutatások

Gammakitörések. Sokasodnak azok a tények, amelyek arra utalnak, hogy a rövid, illetve hosszú időtartamú gammakitörések között léteznie kell közepes időtartamú csoportnak is. A Swift mesterséges hold méréseit felhasználva a többváltozós matematikai statisztika diszkriminancia-analízisének felhasználásával összehasonlítottuk a különböző csoportokhoz tartozó gammakitörések gamma- és röntgentulajdonságait. Az analízis két kanonikus diszkrimináns függvényt eredményezett, amelyek a csoportok közötti legnagyobb távolságot adják. Az első diszkrimináns függvényhez a legerősebb járulékot a gamma-, illetve a röntgentartományban kisugárzott energia adja, míg a második csaknem azonos a kitörések gammatartománybeli spektrális keménységét leíró fotonindexszel. Az eredmény megerősíti a korábban kapott eredményünket, amely szerint a csoportok a röntgentartományban mért tulajdonságaikban is különböznek (Balázs).

Csillagásztörténet. Temesvári Pelbárt 15. századi ferences szerzetes művein keresztül tanulmányoztuk a kor csillagászati műveltségét Magyarországon. Megmutattuk, hogy az eddigi állítások ellenére Pelbárt ugyanúgy elfogadta az asztrológia nagy részét, mint Mátyás király udvara. Kora csillagászatát ismerte, és ezt műveiben terjesztette is. Mivel a magyar nyelvű kódex-irodalom sokszor fordított Pelbárt műveiből, így a latinul nem tudók felé is közvetíthette ismereteit. A középkori és kora újkori asztrológia nem tűnt el a 19. században sem. Farkas Gáborral (OSzK) egy 1802-ben írott, csillagászati indíttatású levél tartalma alapján kimutattuk, hogy milyen forrásokat használtak, és mely szerzők ismerete maradt fent (Zsoldos).

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. Csak néhány fontosabbat kiemelve ebből a tevékenységből: a nagy sikerű hirek.csillagaszat.hu hírportál gondozása (főszerkesztőként,

állandó és alkalmi szerzőkként), évente százas nagyságrendben ismeretterjesztő előadások tartása, riportok, interjúk adása a legkülönbözőbb sajtótermékeknek. Utóbbiakra az aktuális események, például a Kepler-űrtávcső legújabb (esetenként magyar) felfedezései, az augusztusi fényes tűzgömb, vagy a Piszkestetőn felfedezett kisbolygók és szupernóvák adták az alkalmat. Az MTA Lendület-programját is komoly sajtóérdeklődés kíséri, ami az intézetben folyó Lendület-kutatásra, az exobolygók vizsgálatára is igaz. A Mindentudás Egyeteme 2.0 programjában való részvétellel a Lendület-csoport igen széles körű nyilvánosságot kapott. Az intézeti kutatásoknak a nagyközönséghez való közelebb vitelét szolgálják az évente kétszer megrendezett nyílt napok, de az is, hogy a Piszkestetői Observatórium egész évben nyitva áll az érdeklődő csoportok előtt. A látogatások nemzetközi színvonalú lebonyolításához látogatócentrumok kialakítására lesz szükség mind Budapesten, mind Piszkestetőn. Ezek tervezése, az igények és lehetőségek felmérése megkezdődött. Népszerű volt „Határ a csillagos ég” című pályázatunk, amellyel a középiskolás korosztályt céloztuk meg. A nyertes az egyik mátrai távcsövön észlelhette kedvenc objektumát. Folyamatosan tudatosítjuk a közvéleményben és a döntéshozókban a fényszennyezés gazdasági, környezeti, kulturális kártételeit. Esetenként speciális szaktudást igénylő szakértői feladatokat is vállalunk (például bírósági ügyekben).

Hazai és nemzetközi kapcsolatok

Hazai kapcsolatok

A beszámolási időszakban is ápoltuk a korábban kialakult intézményi kapcsolatokat a hazai csillagászati kutatóhelyekkel (SZTE Observatórium, Bajai Observatórium, ELTE szombathelyi Gothard Observatórium). A Kepler-űrtávcső KASC konzorciumához kapcsolódó közös munka folyt a BKMÖ Bajai Observatóriumának és az ELTE Gothard Observatóriumának munkatársaival.

Az intézet kutatói a beszámolási időszakban is részt vettek az egyetemi oktatásban graduális és a doktori képzésben meghirdetett előadásokkal, gyakorlatok tartásával, valamint szakdolgozati és doktori témavezetéssel. Előadásokat tartottak az ELTE-n, a (i) BSc és MSc hallgatóknak: Asztrofizikai megfigyelési módszerek, Asztrometria, Observációs csillagászat, Változócsillagászat, Kettőscsillagászat, Műszertechnika II, Bevezetés a csillagászatba III–IV, A Naprendszer peremén, A napfizika legújabb eredményeiből, Fiatal csillagok fényváltozásai, Szeminárium a csillagkeletke-

zés és csillagközi anyag kutatásának legújabb eredményeiről, Asztrotisztika 1., Asztrotisztika 2., Csillagrendszerek dinamikája, Galaktikus csillagászat, Csillaglégkörök fizikája, Planetológia, Összehasonlító planetológia, A Naprendszer-kutatás legújabb eredményei, Csillagászati földrajz, Marskutatás, A bolygó kutatás legújabb eredményei; (ii) a doktori iskola hallgatóinak: A Naprendszer peremén, A fizika tanítása, Csillagaktivitás – aktív csillagok I–II, Fiatal csillagok fényváltozásai, Szeminárium a csillagkeletkezés és csillagközi anyag kutatásának legújabb eredményeiről, illetve a PTE TTK-n: Űrkutatás- és űrtechnológiák.

Nemzetközi kapcsolatok

A hosszabb ideje meglevő és folyamatosan gyümölcsöző nemzetközi együttműködésekben túl 2011-ben is folytatódott két, új űrtávcsövekhez kapcsolódó, és az EU FP7 keretprogramja által támogatott projekt. Az egyik az IRSES (International Research Staff Exchange Scheme), amely a Kepler-űrtávcső csillagpulzációt vizsgáló KASC konzorciumához kapcsolódik, míg a Cesar (Cryogenic Electronics for Space Applications and Research), amelyben a Saclay asztrofizikai intézettel működünk együtt, az ESA jövőbeli űrtávcsöveinek kifejlesztéséhez járul hozzá. Szoros kutatási együttműködésben vagyunk a University of Sydney-vel.

2011-ben is számos esetben sikerült elnyerni észlelési időt csillagászati nagyműszerekre nemzetközi együttműködésben (például a NASA Spitzer infravörös-űrtávcső, VLT-ESO, Chile). A benyújtandó pályázatok közös kidolgozásában együttműködünk a MPIA Heidelberggel, STScI Baltimore-ral. Szoros együttműködés volt a Harvard Smithsonian Center for Astrophysics intézettel (HATNet) az exobolygók kutatásában. Rendszeres megfigyeléseket végeztünk a Teide Observatóriumban.

Rendezvények, mobilitás

Az év során két jelentős nemzetközi találkozót is szerveztek az intézet kutatói: az IBVS jubileumi ülészakát a 6000. szám megjelenésének alkalmából (2011. április 7.); valamint az ESA GAIA-űrtávcső projektje CU7 munkacsoportjának ülést (2011. május 11–13.).

Az intézet kutatói több hosszabb tanulmányutat tettek, az MPI für Astronomie-ba (Heidelberg, Németo.), CEA (Saclay/Párizs, Francia.) és a Laboratoire d'Astrophysique-ba (Marseille, Francia.). Vendégkutatókat fogadtunk Örményszágból és Bulgáriából.

2011-ben elindult két új OTKA-pályázat: a Kepler-űrtávcső KASC konzorciumában végzett munkához (2011–2015, 39,438 Mft), valamint nemzetközi együttműködésben a MATISSE műszer fejlesztéséhez.

Műszerfejlesztés, számítástechnika

Elkészültek a mátrai Schmidt-távcső linux alapú mérésvezérlő programrendszerének (ccdsh) főbb részei: a távcső, a kupola és a fókuszáló egy rendszerből, teljesen automatikusan és pontosan vezérelhető. Az abszolút pozicionálási hiba 10" körül van, a rés számítógéppel nyitható-csukható, és automatikusan követi a távcsövet. A pozicionálás (egy adott objektumra) is automatikus. A programot Pál András fejlesztette ki az általa az ELTE légymányosi épületén található távcsövének működtetésére írt korábbi szoftvere alapján.

A piszkéstetői megfigyelőállomás telefonos rendszerét korszerű IP alapú rendszerré építettük át. Összefüggésben a folyamatosan zajló távcső-automatizálási munkálatokkal a kupolák tűzjelzőrendszere is megújult. Üzembe helyeztünk egy automata meteorológiai állomást. Az új 40 cm-es automata távcső elektromos szerelése elkészült, felkerült rá egy ideiglenes CCD-kamera és szűrőváltó BVR szűrőkészlettel. Ezzel az állítással elkészültek a távcső első tudományos felvételei is.

A 2011-es év során új hálózati nyomtató és hálózati multifunkciós eszköz került a CSKI svábhegyi telephelyére. A piszkéstetői obszervatóriumban a lokális hálózat aktív eszközeit gigabites sebességűekre cseréltük.

Személyi állomány

Az év során intézeti állományba került: Derekas Aliz, Gabányi Krisztina, Jaskó Attila, Király Sándor, Kovács Tamás, Kriskovits Levente. Intézetünkől távozott: Fűrész Gábor, Móczárné Putnoki Zita, Patkós László, Rácz Miklós.