

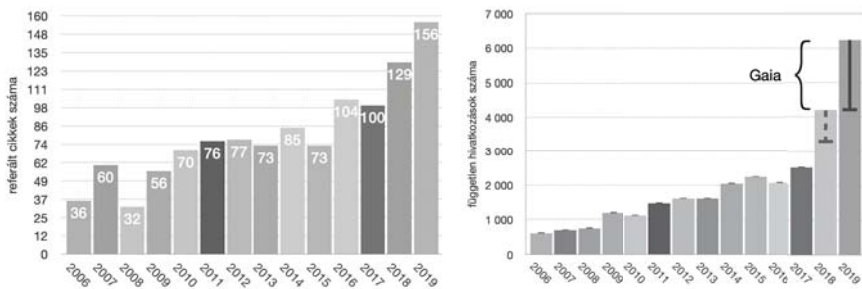
## KESS CSABA – SZABÓ RÓBERT

### Az MTA CSFK Csillagászati Intézetének 2019. évi tevékenysége

A 2019-es központi átszervezést követően a Csillagászati Intézet 2019-ben továbbra is a Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont (CSFK) részeként, de szeptember 1-től a Magyar Tudományos Akadémia (MTA) helyett az újonnan alakult Eötvös Loránd Kutatási Hálózat (ELKH) által biztosított keretek között működött. A CSFK és vele a Csillagászati Intézet és kutatói a Magyar Tudományos Akadémiával továbbra is szoros kapcsolatokat ápolnak, és a CSFK megkapta az „MTA Kiváló Kutatóhely” címet. 2019-ben 63 kutató dolgozott az intézetben (16 fokozat nélküli, 31 PhD/kandidátusi címmel rendelkező, 9 MTA doktora, 1 akadémikus és 6 emeritus kutató). Ezenkívül 18 nem kutatói besorolású, könyvtáros, gazdasági, műszaki, informatikai területen dolgozó állandó és számos eseti megbízással foglalkoztatott munkatársunk volt. Az intézet alapfeladata továbbra is az élvonalbeli tudományos kutatás, de munkatársaink aktívan részt vettek a tudományos közéletben, a felsőoktatásban egyetemi oktatóként és témavezetőként, valamint a tudományos ismeretterjesztésben is. A Csillagászati Intézetben jelenleg hét akkreditált kutatócsoport működik: Konkoly Űrcsillagászat, Bolygó- és Csillagkeletkezési Csoport (Ábrahám Péter vezetésével); Asztrofizikai és Geokémiai Laboratórium (Kereszturi Ákos); Naprendszerkutató Csoport (Kiss Csaba); Csillagpulzáció, Űrfotometria, Exobolygók Kutatócsoport (SPEX, Szabó Róbert); Lendület „AGB Nuclei & Dust” Csoport (LAND, Maria Lugaro); Nap- és Csillagaktivitás Kutatócsoport (SOLSTART, Kővári Zsolt); Extragalaktikus Asztrofizika Kutatócsoport (Vinkó József). 2019-ben is folytatódtak azok a pályázatok, amelyek az ELKH-től származó alapfinanszírozás és több kisebb, hazai és nemzetközi pályázat mellett már korábban is jelentős hozzájárulást adtak az intézet költségvetéséhez; ezek a Maria Lugaro és Kóspál Ágnes által vezetett ERC-pályázatok, a Kozmikus hatások és kockázatok és a Tranzien asztrofizikai objektumok című GINOP-pályázatok, valamint Szabó Róbert Lendület-pályázata.

## Tudományos eredmények

A Csillagászati Intézet kutatói 2019-ben 464 tudományos közleményt publikáltak, ebből 156 jelent meg a csillagászat, fizika és planetológia nemzetközi, referált szakfolyóirataiban; ez jelentős, mintegy 20%-os növekedés 2018-hoz képest. A referált cikkek több mint 90%-a a legnagyobb hatású (Q1), ezen belül 8% kiemelt hatású (D1) folyóiratokban jelent meg. Tudományos közleményeinkre több mint 6000 hivatkozás érkezett, ami szintén igen számottevő, 50%-os növekedés a korábbi évhez viszonyítva. Hasonlóan 2018-hoz, a 2019-es növekmény mintegy fele intézetünk kutatóinak az ESA Gaia missziójában való részvételét tükrözi, de hangsúlyozandó, hogy a Gaia-cikkeket leszámítva is látványos a növekedés. Az intézeti publikációk teljes listája elérhető a Magyar Tudományos Művek Tárában (mtmt.hu). A számos tudományos eredmény közül az alábbiakban mutatunk be néhányat.



*Balra a Csillagászati Intézet által az utóbbi években referált folyóiratokban publikált cikkek száma, jobbra a cikkekre kapott független hivatkozásoké. A 2018-as és 2019-es hivatkozási számok oszlopain a „Gaia” felirathoz tartozó jelek az ESA Gaia űrtávcsővel kapcsolatos cikkekre kapott hivatkozásokat jelzik.*

## A csillagok belső szerkezete és pulzációja

A csillagfejlődés legtöbbször túl lassan történik ahhoz, hogy egyetlen csillagban emberi időskálán is kimutatható legyen. Az aszimptotikus óriáságon (AGB) zajló termális pulzusok az egyik kivétel ezalól. A legfejlettebb modellező eszközök és amatőr csillagászok által több évtizeden át gyűjtött adatok kombinálása lehetővé tette, hogy most először azonosítsunk egy pontosan ebben

a fázisban levő csillagot. Molnár László és munkatársai megmutatták, hogy a T Ursae Minoris csillag pulzációs periódusában észlelt gyors változás és a hozzá köthető sugárváltozás oka az, hogy a csillag a közelmúltban termális pulzusba kezdett. Felfedezték, hogy a csillag kétmódusú pulzációra váltott, és a csillagszeizmológiai adatokból meghatározták az alapvető fizikai paramétereit. MESA csillagfejlődési és GYRE lineáris pulzációs modellek segítségével egyszerre követték végig a csillagszerkezet és az oszcilláció fejlődését különböző tömegű modellekben, és egy kifinomult iteratív mintavételezési eljárással 10 év alatti időfelbontást értek el a termális pulzusok kezdeténél. A T UMi kezdeti tömegére  $2,0 \pm 0,15$  naptömeget, a korára  $1,17 \pm 0,21$  milliárd évet határoztak meg. Ez eddig a legpontosabb tömeg- és kormeghatározás egy nem kettős AGB csillagra. A modellszámítások végső tesztje a csillag fejlődésének nyomon követése lesz: az előrejelzések szerint a T UMi pulzációs periódusai néhány évtizedig tovább csökkennek majd, mielőtt visszafordulnának, és növekedni kezdenének, ahogy a csillag tágulni kezd (Molnár, L., Joyce, M., Kiss, L. L., 2019, *Astrophysical Journal*, 879, 62).

Jurcsik Johanna az M3 gömbhalmaz blazskós RR Lyrae-csillagai (olyan RR Lyrae típusú pulzáló változócsillagok, amelyek szabályos fényváltozásában ciklikus változások – amplitúdó- és fázismoduláció – figyelhetők meg) fotometriai idősorait vizsgálta. Ez az első nagyobb, homogén minta, ahol a Blazskó-tulajdonságok részletesen vizsgálhatóak. A Blazskó-periódust és teljes fénygörbemegoldást 83 alpmódusú változóra határozta meg. A fázismoduláció hiánya az Oosterhoff–II-típusú csillagoknál és a moduláció relatív erősségének csökkenése a hosszabb periódusú Oosterhoff–I csillagoknál jeleznek egyedül kapcsolatot a pulzációs és modulációs tulajdonságok között. Az eredmények azt sugallják, hogy a moduláció időszakos kísérője az RR Lyrae csillagok pulzációjának. A hőmérséklet- és sugárváltozás következményeinek szétválasztása megerősíti azt a korábbi eredményt, miszerint a fotometriai sugárváltozás nem mutat fázismodulációt (Jurcsik, J., 2019, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 490, 80).

Paparó Margit széles látókörű összefoglaló cikket közölt az asztroszeizmológia történetéről, mai kihívásairól és annak lehetséges jövőjéről. A cikk áttekinti a pulzáló változócsillagok kutatásának történetét 1950-től 2018-ig, kitérve a magyar kapcsolatokra és hozzájárulásokra is. Kiemel olyan problémás területeket, amelyek még ma is léteznek az űrmissziókból (pl. MOST, CoRoT, Kepler) származó kiváló minőségű fotometriai adatok ellenére, és amelyeket nem lehetett

megoldani egyszerű elméleti modellekkel. Ilyen pl. a nemradiális módusokban pulzáló fősorozati csillagok esete. Az űrszillagászati adatok óriási mennyisége miatt új technikák szükségesek azok elfogadható időn belüli feldolgozásához (Paparó, M., 2019, *Frontiers in Astronomy and Space Sciences*, 6, 26).

## Nap- és csillagaktivitás

A szoláris aktivitás  $\dot{E}$ – $D$ -i aszimmetriát mutat, ami abban nyilvánul meg, hogy a napfolttevékenység különböző a két félgömbön. Négy Schwabe-ciklus alatt az egyik, majd a következő négy ciklus alatt a másik félgömbön alakul ki hamarabb az aktivitás. Mivel az interplanetáris mágneses teret a napszél és a szoláris mágneses terek kölcsönhatása alakítja, Muraközy Judit a fentebb említett szoláris  $\dot{E}$ – $D$ -i aszimmetria megnyilvánulásait kereste interplanetáris és geomágneses adatok idősoraiban. Az eredmények szerint ez az aszimmetria kimutatható a szoláris flerek adataiban, viszont nem mutatható ki a napszél sebességének vizsgálatával. Ugyanakkor az interplanetáris mágneses tér változása a szoláris félgömbi aszimmetria változásaival hasonló menetet mutat a vizsgált időtartam 80%-ában, míg egyes geomágneses indexek esetén kb. 65%-ában (Muraközy, J., 2019, *Solar Physics*, 294, 46).

Vida Krisztián és munkatársai nagy számú archív mérés segítségével M-törpék spektrumában koronakidobódások nyomát keresték. Az 5500 vizsgált spektrumból 478 esetben találtak aszimmetriát a Balmer-vonalakban (köztük 9 nagyobb eseménnyel), amely a Doppler-eltolódásból következően kidobódott anyagra utalhat. Az események zöme flerekhez köthető, a Napunkhoz hasonlóan. A legtöbb esetben az események sebessége nem éri el a felszíni szökési sebességet. A koronakidobódások gyakoribbak a hidegebb, mágnesesen aktívabb csillagokon. Az eredmények támogatják azt az elképzelést, amely szerint a kitöréseket a csillagok erős mágneses tere gyengíti, vagy akár teljesen blokkolja a plazma „befagyása” miatt. Az eredmények arra utalnak, hogy még a késői típusú, aktívabb csillagok is biztonságosabbak lehetnek a korábban véltnél a koronakidobódások szempontjából, és a bolygók légkörének eróziójában a sugárzás nagyobb szerepet tölthet be (Vida, K., Oláh, K., Kővári, Zs. és mások, 2019, *Astrophysical Journal*, 884, 160).

## Csillag- és bolygókeletkezés, az intersztelláris anyag fizikája

A második Gaia-adatkibocsátás (DR2) több mint 1,6 milliárd objektumra tartalmaz asztrometriai és fotometriai adatokat, köztük sok fiatal csillagra (közkeletű angol rövidítéssel YSO, young stellar object), amelyek a fejlődésük különböző állapotaiban vannak. A Tejútrendszer fiatal csillagainak feltérképezése érdekében Marton Gábor és munkatársai a Gaia DR2 adatokat kombinálták a WISE űrtávcső, valamint a Planck űrtávcső méréseivel, és egy teljes égboltot lefedő, valószínűségeken alapuló YSO-katalógust készítettek olyan gépi tanulási módszerek segítségével, mint a tartóvektor gépek, véletlen erdők és neurális hálózatok. A bemenő katalógus 103 millió objektumot tartalmazott a DR2xAllWISE közös táblázatból. Az objektumokat 4 fő típusba sorolták: YSO-k, extragalaktikus források, fősorozati csillagok és elfejlődött csillagok. 90% valószínűségi küszöbérték felett 1 129 295 fiatal csillag jelöltet azonosítottak. Két felhasználási módot mutattak be: (1) Feltérképezték az Orion A csillagkeletkezési régió háromdimenziós szerkezetét, és megmutatták, hogy az általuk azonosított YSO-k térbeli eloszlása jól egyezik az irodalomban újabban bemutatottakkal. (2) A katalógus segítségével már publikált Gaia-riasztásokat klasszifikáltak. Mivel a Gaia űrtávcső számos alkalommal készít felmérést a teljes égről, ezért hatékonyan tudja azonosítani a tranziens eseményeket, többek között a YSO-k hirtelen fényváltozásait, amelyeket a csillag körüli korongok dinamikai folyamatai okoznak. Sok esetben azonban a publikált riasztáshoz tartozó objektumok fizikai természete eddig nem volt ismert. A katalógussal történt keresztkorreláció alapján a fiatal csillagok miatti riasztások száma 30%-kal magasabb, mint azt korábban gondolták, ezért a katalógus fontos a jövőbeli riasztások azonosítása szempontjából is (Marton, G., Ábrahám, P., Szegedi-Elek, E. és mások, 2019, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 487, 2522).

A V582 Aur fősorozat előtti FU Orionis típusú csillag. A legutóbbi eredmények szerint a forrás fényességében 2012-ben és 2016-ban minimum következett be, amelyet a változó látóirányú extinkció okoz. Az észlelt jelenség magyarázható egy, a csillag körül közelítőleg 5 éves periódussal keringő porfelhővel. A jelentős változékonyságot mutató rendszer jelenlegi viselkedésének vizsgálata céljából kutatóink 2018. január 14. és 2019. február 5. között készült új optikai (B, V, R és I sáv) és közeli-infravörös (J, H és K sáv) méréseket analizáltak, amelyeket a Wide-field Infrared Survey Explorer (WISE)

középinfravörös tartománybeli adataival egészítették ki. Eredményeik azt mutatják, hogy a 2016-ban kezdődött minimum jelenleg is tart. Amennyiben ezt a halványodást ugyanaz a porfelhő okozza, mint a 2012-ben történt elhalványodást, akkor az a porfelhő viszkózus szétterülésére utal. Ugyanakkor a jelenlegi minimumot okozhatja egy, a rendszer belső régióját megközelítő, majd elhagyó porstruktúra is. A hosszú távú adatok elemzése utalhat a csillag általános halványodására is. Ebben az esetben a forrás kb. 80 éven belül visszatér a nyugalmi állapotába (Ábrahám, P., Kóspál, Á., Kun, M. és mások, 2019, *Astrophysical Journal*, 853, 28)

## Exobolygórendszerek

A TRAPPIST–1 exobolygórendszer hét közetbolygójából három (az e, f és g jelű) a központi csillag lakhatósági zónájában kering, felszínükön cseppfolyós halmazállapotú víz lehet jelen, ami szükséges az élet kialakulásához. A legfrissebb kutatások alapján a bolygók egy, a hóhatáron túl elhelyezkedő, vízben gazdag tartományban keletkeztek. Egy fiatal, kis tömegű csillag sugárzásának hatására a bolygók kialakulásuk során elveszíthetik kezdeti vízkészletüket. Azonban egy, a Naprendszerben lezajlott késői nagy bombázáshoz (Late Heavy Bombardment, LHB) hasonló vízszállítási folyamatnak köszönhetően a bolygók vízkészlete ismét feltöltődhet. A vízszállítási folyamat vizsgálatához Dobos Vera és munkatársai olyan modellt készítettek, amelyben a TRAPPIST–1 ismert bolygóin túl egy további 5–50 földtömegű bolygó kering egy vízben gazdag aszteroidaövbbe ágyazva, a rendszer hóhatárán túl. A feltételezett bolygó az aszteroidapályák perturbálása révén kiűrti az ún. kaotikus zónáját. Az eddig felfedezett bolygók elnyelhetik a rendszer belső részeibe kerülő perturbált pályájú aszteroidákat. A legfontosabb eredmény, hogy a csillagtól egyre távolabb keringő bolygókra egyre nagyobb vízmennyiség juthat az LHB-eseményhez hasonló vízszállítással. Továbbá az aszteroidabombázási eseménynek létezik egy gyors heves és egy hosszabb lefolyású enyhébb fázisa, az aszteroidák eredeti pozíciójától függően. Az ultrahideg M törpe TRAPPIST–1 csillag körül keringő hét bolygó új tömeg- és sugáradatait felhasználva meghatározták a belső négy bolygó lehetséges belső szerkezetét és árapályfűtését is. Megmutatták, hogy a TRAPPIST–1-e a legesélyesebb arra, hogy az élet szempontjából kedvező környezetet tartson fenn, figyelembe véve a felszíni hőmérsékletét és

a lehetséges felszíni óceánokat. A d bolygó szintén elkerülheti a megszaladó üvegházhatást (amelynek során visszafordíthatatlanul elvesztené teljes felszíni vízkészletét), ha a felszín fényvisszaverő képessége legalább olyan erős, mint a Földé. A b és c bolygók, mivel közelebb vannak a csillagukhoz, a megszaladó üvegházhatás állapotában lehetnek, és erős vulkanizmus formálhatja felszínüket, ami így túl forró lehet az élet számára. Az f, g és h bolygók túl távol kerüngenek a csillagtól ahhoz, hogy jelentős árapályfűtésük legyen, és a feltehetően jeges felszínük alatt folyékony óceánok húzódnak (Dobos, V., Barr, A. C., Kiss, L. L., 2019, *Astronomy & Astrophysics*, 624, 2).

## A Naprendszer égitestjei

A két különálló testből összeállt üstökösmagok gyakoriak, de az ezeket kialakító tényezők ma még szinte ismeretlenek. Az üstökösmagok a Naphoz elegendő közelségben a jeges szublimációjával erodálódnak, de az még nem tisztázott, hogy ebben a folyamatban milyen szerepe van a mag belső szerkezetének. Egy nemzetközi kutatócsapat Tóth Imre részvételével a Rosetta űrmisszió képfelvételeinek térbeli (3D) elemzésével vizsgálta a 67P/Churyumov-Gerasimenko üstökös magját évmilliárdok alatt formáló folyamatokat. Kimutatták, hogy az üstökösmag felszíne és belseje nyírási deformációkból származó vetődési és törésrendszereket mutat 10-100 méteres térbeli méretskálán. A törésrendszer a felszín alatt mintegy 500 méter mélységig terjed a mechanikailag homogén anyagban. A törésrendszer analízise alapján, illetve a mechanikai feszültség modellezésével megmutatható volt, hogy a nyírási deformáció törésrendszereket alakít ki, ami a felszín mechanikai erózióját is alakítja, befolyásolja. Ez erősen szembetűnő a 67P üstökös magja két összetevőjének csatlakozási vagy „nyaki” részén, ahol a mag belső része is a felszínre került. Ezekből arra következtettek, hogy a nyírási deformáció alakítja és strukturálja a két testből összetett üstökösmagok felszínét és belsejét, különösen a külső Naprendszerben, ahol a vízjég szublimációja elhanyagolható (Matonti, C., Attree, N., Groussin, O., ..., Tóth, I. és mások, 2019, *Nature Geoscience*, 12, 157).

Pál Bernadett és munkatársai a Mars felszínhez közeli relatív nedvességtartalmának évszakos változásait vizsgálták. A Mars felszínén három jellegzetesen elkülönülő területet találtak, amelyek felett éjszakánként magasabb a relatív nedvességtartalom, mint a környezetükben. Ez a három terület a bolygó fel-

színéről készített hőtehetetlenség-térképekkel összevetve egybeesik három, alacsony hőtehetetlenségű zónával. Ezek feltehetőleg finom szemcsésű porral borított területek, amelyek éjszaka gyorsabban hűlnek más területeknél, ezzel elősegítve a felszín feletti relatív nedvességtartalom növekedését. Ez a jelenség hozzájárulhat a térségben a higroszkópos sók felszínén, mikroszkopikus mennyiségben megjelenő folyékony vízhez (Pál, B., Kereszturi, Á., Forget, F., Smith, M. D., 2019, *Icarus*, 333, 481).

## Galaktikus és extragalaktikus asztrofizika

Az utóbbi évek egyik legjelentősebb csillagászati eredménye volt egy kettős neutroncsillag összeolvadásának megfigyelése többcsatornás mérésekkel. A GW170817 jelű gravitációshullám-eseményt több elektromágneses sávban is sikerült kimutatni. A jelenség utófénylésére alapvetően kétféle magyarázat kínálkozik: vagy egy keskeny, kollimált, relativisztikus jet, vagy egy, a tér minden irányába egyformán táguló anyagkifúvás. Nagy felbontást nyújtó rádióinterferométeres mérések lehetővé tették a kérdés eldöntését. Ennek érdekében a GW170817 rádió-utófénylését az esemény után 207,4 nap elteltével egy globális, nem kevesebb mint 32 teleszkópból álló VLBI hálózattal figyelték meg, a Csillagászati Intézetből Frey Sándor részvételével. A kompakt forrást sikerült detektálni, és megállapítani, hogy legfeljebb 2,5 milliívmásodperc kiterjedésű lehet. Ez a kis méret kizárja az izotrop kifúvás lehetőségét, és egy strukturált jet jelenlétére utal. A becslések szerint a neutroncsillag-összeolvadások 10%-a produkálhat ilyen jeleket (Ghirlanda, G., Salafia, O. S., Paragi, Z., ... Frey, S. és mások, 2019, *Science*, 363, 958).

Regös Enikő és Vinkó József megvizsgálták nagy vöröseltolódású ( $z > 2$ ) szupernóvák kimutathatóságát a James Webb-űrtávcső NIRCam kamerájával a középínfravörös tartományban. Megállapították, hogy bár a szuperfényes szupernóvák akár  $z \sim 10$  távolságból is láthatóak lennének, térbeli és időbeli ritkaságuk miatt kevés esély kínálkozik detektálásukra az űrtávcső élettartama alatt. Ia típusú szupernóvákat ezzel szemben nagyobb számban ( $\sim 50$ ) várhatunk, kb.  $z \sim 4$  vöröseltolódásig. Kimutatták, hogy a [150-356] – [220-440] szín-szín diagramon az Ia-szupernóvák más tranziensektől eltérő tartományban helyezkednek el, ami hasznos lehet az ilyen típusú tranziensek felfedezésében és azonosításában (Regös, E., Vinkó, J., 2019, *Astrophysical Journal*, 874, 158).



## Nukleáris asztrofizika

A gyors neutronbefogási folyamat („r-folyamat”) a nukleáris asztrofizikában olyan folyamatok összefoglaló neve, amelyek a vasnál nehezebb elemek mintegy felének keletkezéséért felelősek. Benoit Côté és munkatársai ebben a munkában áttekintették azokat a megfigyelési tényeket, amelyek az r-folyamatban létrejövő elemek keletkezési helyeihez kapcsolódnak, és összevetették ezeket kémiai fejlődési szimulációkkal, kettősök fejlődési modelljeivel és elemképződési modellekkel. A cél azon keletkezési helyek megtalálása volt a Tejútrendszerben, amelyek a legjelentősebben járulnak hozzá az r-folyamatban képződött elemek teljes tömegéhez. A várakozással szemben a neutroncsillag-neutroncsillag összeolvadások egyedül nem lehetnek felelősek a megfigyelt elemgyakoriságért (leginkább az eurórium esetében nem), az egyéb pl. gamma-felvillanásokból vagy a populációsintézis-modellekből származó kényszerek figyelembevételével. Az egyik lehetséges megoldás egy olyan forrás létezése, ami csak a korai Világegyetemben aktív, és jelentősége csökken a növekvő fémességgel – ez lehet felelős a teljes eurórium 50%-áért az SN Ia szupernóvák fellobbanása előtt. Ezek a források lehetnek akár különleges szupernóvák is, de ezt jobban meg kell vizsgálni hidrodinamikai szimulációkkal is (Côté, B. és mtsai, 2019, *Astrophysical Journal*, 875, 106).

## Műszerfejlesztés

Mérnökeink az OPTICON Horizon 2020-as nemzetközi projekt több távcső-fejlesztési programjában is részt vettek vezető szerepben. Ezek közé tartozik egy elsősorban csillagászati műszerekbe szánt új típusú, bonyolult optikai felületű, deformálható tükör fejlesztése, amelyhez elkészítették a tükör valós geometriájú 3D modelljét, valamint a pontos mechanikai viselkedését jól leíró numerikus modellt. Részt vettek a következő generációs, már 3D-nyomatással készülő deformálható tükör gyártási folyamatának tervezésében, valamint a Chilében épülő 39 méteres ELT (Extremely Large Telescope) első generációs közép-infravörös műszerének (METIS) munkálataiban (Farkas Szigfrid, Mező György).

2019-ben is folytatódott a CAMELOT projekt, amelynek célja egy 1 egységes (1 unit, 1U), azaz 100×100×113,5 mm méretű, a CubeSat szabványnak megfelelő kis műhold építése, amelynek segítségével nagyobb (3 egységes) maj-

dani műholdakon is repülő, gamma-felvillanásokat érzékelő detektorkonfigurációk vizsgálhatók éles, űrbeli környezetben. Ennek része volt a detektorokhoz köthető részecskefizikai szimulációk, és az ebből származó helymeghatározási pontosság kiszámítása, az elektronikai rendszerek tervezése és prototipizálása, a detektortartó megtervezése, valamint egy leképező infraszenzorokon alapuló helyzetmeghatározási eljárás kidolgozása (Pál András és munkatársai).

## **Párbeszéd a tudomány és a társadalom között**

Az intézet kutatói továbbra is nagyon aktívak az ismeretterjesztésben, igyekeznek minden megkeresésre reagálni. Munkájukat 2019-ben is több száz médiamegjelenés, több tucat ismeretterjesztő előadás, ennél is több írás és fordítás jelezte. A jövőbeni csatlakozás reményében az intézet koordinálja az Európai Déli Obszervatórium (ESO) híreinek magyarra fordítását, illetve a tudományterület legfontosabb ismeretterjesztő hírportálja, a csillagaszat.hu szakmai felügyeletét is. A Magyar Csillagászat Nonprofit Kft., valamint sok külső partner és gyakorlatilag a teljes hazai (professzionális és amatőr) csillagász közösség bevonásával nagy sikerrel vezényelték le a Keszthely–Hévíz helyszíneken megrendezett 13. Nemzetközi Csillagászati és Asztrofizikai Diákolimpiát. A részben akadémiai infrastruktúra-fejlesztési támogatással elkezdett, 2018-tól jórészt önerőből folytatott és a befejezéshez közel álló „Csillagászati és földtudományi kutatóképző szaklaboratórium” oktatási és tudománykommunikációs infrastruktúra szerves fejlődéssel átalakult, és 2019-től Svábhegyi Csillagvizsgáló néven tart rendszeresen nyitva. Többek között a helyreállított történelmi 60 cm-es Heyde-teleszkóp és a 30 cm-es lencsés távcső is – az ország legnagyobb tükrös, illetve lencsés bemutató távcsöveiként – várják a látogatókat. A tudomány és a kultúra találkozási helyét az immár hagyományos augusztusi Herschel-hangverseny és Budapest város építészeti öröksége részeként a Svábhegyi Csillagvizsgálót bemutató, 2019-ben is folytatódott séták is fémjelezték.

## **Hazai és nemzetközi kapcsolatok, pályázatok**

*Hazai:* 2019-ben is eredményes intézményi kapcsolatokat tartottunk fent hazai csillagászati kutatóhelyekkel, ezek: a Szegedi Tudományegyetem, az ELTE

Csillagászati Tanszék, az ELTE Fizikai Intézet, az ELTE szombathelyi Gotthard Asztrofizikai Observatóriuma és a debreceni Atommagkutató Intézet. Kutatóink az alábbi kurzusokat tartották, illetve vettek részt előadásokkal. ELTE: Planetológia; A Mars földrajza és geológiája (előadás és gyakorlat); Csillagaktivitás; Csillagok világa; Bevezetés a csillagászatba; Informatika a csillagászatban; A Naprendszer peremén II., Exobolygó légkörök; Égboltismeret és planetárium (előadás és gyakorlat), A galaxisok világa, Asztrostatistika; SZTE: Csillagászati spektroszkópia; Elméleti asztrofizika I–II.; Űrcsillagászat; Galaktikus csillagászat, Sugárzási folyamatok a csillagászatban; DE: Bevezetés a csillagászatba.

*Nemzetközi:* Kutatóink folytatták nemzetközi együttműködéseiket a Herschel, Gaia, KASC, TASC, CHEOPS, PLATO, ARIEL, SPICA, Rosetta, LUNA, NuGrid, JINA, JUNA, HATNet, Matisse, ChETEC (Chemical Elements as Tracers of the Evolution of the Cosmos), MW-Gaia (Revealing the Milky Way with Gaia), Europlanet, SBNF (Small Bodies Near and Far), CID (Chemistry in Disks), SoFAR (Seismology of fast rotating stars), GALAH, WEAVE, LSST, HETDEX projekteken. 2019-ben is számos esetben sikerült elnyerni észlelési időt/célpontokat csillagászati nagyműszerekre és űrtávcsövekre (APEX, ALMA, CFHT, IRAM, ESO VLT/VLTI, SMA, VLA, VLBI, e-Merlin, LBA, EVN, XMM-Newton, HST) nemzetközi együttműködésben.

**Rendezvények, mobilitás:** A beszámolási időszakban több jelentős hazai és külföldi találkozó és szakmai workshop megrendezésében vettek részt az intézet kutatói: Thermal Models in Planetary Science 2019 (Budapest, 2019. február 20–22.); MTA előadókülés – 100 év közös égbolt alatt (MTA, Budapest, 2019. május 13.); European Week of Astronomy and Space Science, S11 Symposium – Protoplanetary disks: the birth places of planets (2019. június 24–28, Lyon, Franciaország); TASC5/KASC12 workshop (MIT / Cambridge, USA, 2019. július 22–26.); Mendelev 150: 4th International Conference on the Periodic Table (2019. július 26–28., Szentpétervár, Oroszország); Nuclear Physics in Astrophysics IX (Frankfurt, Németország, 2019. szeptember 15–20.); 7th biannual p-process workshop (Serralunga d’Alba, Olaszország, 2019. szeptember 22–27.); Current and future trends in debris disc science II (Budapest, 2019. szeptember 23–25.); „Science History, Connectivity and Co-operation. The 250th anniversary of the Venus transit 1769” (MTA, Budapest, 2019.

szeptember 26.); RRL/Cep 2019 – Frontiers of Classical Pulsators: Theory and Observations (Cloudcroft, New Mexico, USA, 2019. október 13–18.);

Az intézet kutatói több hosszabb **tanulmányutat** tettek a Swinburne és Monash Egyetemeken (Melbourne, Ausztrália); a Bécsi és Grazi Egyetemeken (Ausztria); az ESO santiagói központjában, és La Silla-n, Paranalon és Chajnantoron található obszervatóriumaiiban (Chile); a Cambridge-i, a Hertfordshire-i, és a Hull-i Egyetemeken (Egyesült Királyság); a nizzai Sophia Antipolis Egyetemen, az Institut de Planétologie et d'Astrophysique de Grenoble-ban és a Bordeaux-i Egyetemen (Franciaország); a ESA kouroui bázisán (Francia Guyana); a Leideni Egyetemen és a Kapteyn Csillagászati Intézetben (Groningen), valamint a Joint Institute for VLBI ERIC-ben (Dwingeloo, Hollandia); a Kavli Institute for the Physics and Mathematics of the Universe-ben (Tokió), valamint a Tokiói és Hirosimai Egyetemeken (Japán); a Tsinghua Egyetemen (Peking), a Sanghaji Csillagászati Obszervatóriumban és a Spacety Inc.-nél (Changsha, Kína); több németországi Max Planck Intézetben; az Európai Déli Obszervatórium (ESO) garchingi központjában, a Leibniz Intézetben (Potsdam), a Berlini Szabadegyetemen és a berlini DLR űrkutatási központban (Németország); az Adam Mickiewicz Egyetemen (Poznań) és a Nemzeti Tudományos Központban (Krakkó, Lengyelország); az Osservatorio Astronomico di Roma-ban (Olaszország); az Európai Űrügynökség ESAC központjában (Madrid), az Universidad Autónoma de Madrid-ban és az Institut de Radioastronomie Millimétrique granadai intézetében (Spanyolország); az International Space Science Institute-ban (Bern), az École Polytechnique de Lausanne-ban (Lausanne) és az Eidgenössische Technische Hochschule-ben (Zürich, Svájc); a Szlovák Műszaki Egyetemen (Pozsony, Szlovákia); a Belgrádi Obszervatóriumban (Szerbia); a Michigan State University-n (East Lansing), a McDonald Obszervatóriumban (Texasi Egyetem, Austin, TX), a Harvard–Smithsonian Center for Astrophysics-ben (Boston), a Johns Hopkins University-n (Baltimore), a Los Alamos National Laboratory-ban (Los Alamos, New Mexico), a North Carolina State University-n (Raleigh, North Carolina), a University of Notre Dame-ban (South Bend, Indiana, USA); a University of Victoria-n (Victoria, British Columbia, Kanada), valamint Ausztriában, az Egyesült Államokban, Franciaországban, Olaszországban és Szlovákiában nyári egyetemeken. **Vendégkutatókat** fogadtak Argentínából, Ausztráliából, Ausztriából, Csehországból, az Egyesült Államokból, az Egyesült Királyságból, Finnországból, Franciaországból, Japánból, Kínából, Németországból, Olaszországból, Spanyolországból, Svájból és Szlovákiából.

## **A 2019-ben elnyert jelentősebb hazai és nemzetközi pályázatok**

Csillagok mágneses aktivitása és annak hatásai a környezetre, NKFIH K19, 43,992 *M Ft*, vezető kutató: Kővári Zsolt; Új kezdetek a csillagászati interferometriában: képalkotás és színeképek a csillagok legbelső környezetéről, NKFIH K19, 47,794 *MFt*, vezető kutató: Ábrahám Péter; Ultrahideg törpecsilagok körüli exobolygórendszerek lakhatósága, NKFIH PD19, 23,395 *M Ft*, vezető kutató: Dobos Vera; Kapcsolat a csillagfoltok és -flek között a TESS űrtávcső mérései alapján, NKFIH Tét együttműködési pályázat, 3,664 *M Ft*; vezető kutató: Vida Krisztián; Rádiókvázárok a világegyetem hajnalán – nagy felbontású VLBI megfigyelések az SKA korszaka előtt, NKFIH Tét együttműködési pályázat, 3,816 *M Ft*; vezető kutató: Frey Sándor; Aktív galaxisok nagy energiájú részecskesugárzása, MTA Prémium Postdoc pályázat, 29,964 *M Ft*, vezető kutató: Kun Emma.