

A CSFK Csillagászati Intézetének 2021. évi tevékenysége

A Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézete 2021-ben is az Eötvös Loránd Kutatási Hálózat irányítása alatt, MTA Kiváló Kutatóhely minősítéssel működött, és folytatta kutatási tevékenységét a csillagok fizikája (különös tekintettel a pulzációra), a csillag- és bolygókeletkezés, a csillagok és a Nap aktivitása, a nukleáris asztrofizika, a Naprendszer égitestjeinek vizsgálata, a galaktikus és extragalaktikus csillagászat, a tranziensek asztrofizikája, a nagy égboltfelmérések, az űrcsillagászat és a csillagászat története témakörökben.

2021-ben 63 kutató dolgozott az intézetben (14 fokozat nélküli, 33 PhD/kandidátusi címmel rendelkező, 9 MTA doktora, 1 akadémikus és 6 emeritus kutató). Ez lényegében megegyezik a 2019-es adattal, az elmúlt években a Csillagászati Intézet létszáma a korábbi növekedés után stabilizálódott, bár az időközben elnyert újabb pályázatok ismeretében ismételt növekedés várható.

Az intézet munkáját 18 nem kutatói besorolású (könyvtáros, gazdasági, műszaki, informatikai területen dolgozó állandó, és számos eseti megbízással foglalkoztatott) munkatárs segítette. 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. Az akkreditált kutatócsoportok változatlanok maradtak a korábbi évekhez képest, továbbra is hét kutatócsoport működik az intézetben: a legnagyobb létszámú a Konkoly Űrcsillagászat, Bolygó- és Csillagkeletkezési Csoport (Ábrahám Péter vezetésével, amely többek között tartalmazza Kóspál Ágnes „SACCRED” ERC Starting Grant csoportját is); Asztrofizikai és Geokémiai Laboratórium (Kereszturi Ákos); Naprendszerkutató Csoport (Kiss Csaba); Csillagpulzáció, Űrfotometria, Exobolygók Kutatócsoport (SPEX, amely magában foglalja az MTA Lendület Lokális Kozmológia Kutatócsoportot is; mindkettőt Szabó Róbert vezeti); Lendület „AGB Nuclei & Dust” (LAND) és RADIOSTAR ERC-csoport Maria Lugaro vezetésével; Nap- és Csillagaktivitás Kutatócsoport (SOLSTART, Kővári Zsolt); Extragalaktikus Asztrofizika Kutatócso-

port (Vinkó József). Az ELKH-tól származó alapfinanszírozás és több kisebb, hazai és nemzetközi pályázat mellett 2021-ben is folytatódtak azok a pályázatok, amelyek 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 Tranziens Asztrofizikai Objektumok című GINOP-pályázatok, valamint Szabó Róbert Lendület-pályázata.

Intézetünk üzemelteti hazánk legnagyobb csillagászati obszervatóriumát, hivatalos nevén a Piskéstetői Megfigyelő Állomást, amely továbbra is elérhető mind a hazai, mind (kisebb mértékben) a nemzetközi kutatóközösség számára. A Piskéstetői Obszervatórium 2021-ben elnyerte az NKFIH TOP50 Hazai Kutatási Infrastruktúra megtisztelő címet.

Tudományos eredmények

A Csillagászati Intézet kutatói 2021-ben 218 tudományos közleményt publikáltak, ebből 155 jelent meg a csillagászat, fizika és planetológia nemzetközi, referált szakfolyóirataiban. Ez, a 2020-as enyhe csökkenés után, azonos szinten van a 2019-es publikációk számával. Hasonlóan a korábbi évekhez, a referált cikkek mintegy 90%-a a legnagyobb hatású (Q1), ezen belül 10% kiemelt hatású (D1) folyóiratokban jelent meg. Tudományos közleményeinkre a valaha regisztrált legnagyobb számú, több mint 7000 hivatkozás érkezett, ami jelentős, ~15%-os emelkedés az előző évekhez képest, és mintegy tízszerese a tíz-tizenöt évvel ezelőtti hivatkozási számoknak. Az intézeti publikációk teljes listája elérhető a Magyar Tudományos Művek Tárában (mtmt.hu). A számos eredmény közül az alábbiakban csak egy szűk válogatást tudunk bemutatni.

A Naprendszer kutatása

Kisbolygók megfigyelése a Kepler-űrtávcsővel

A CSFK CSI kutatói a Jupiter negyvenöt trójai kisbolygójának fotometriai tulajdonságait határozták meg a Kepler-űrtávcső K2 programjának méréseiből, köztük a NASA 2021-ben indított Lucy-űrszondájának egyik célpontját,

a (11351) Leucus aszteroidát is. Bár a Keplert elsősorban exobolygók fedési módszerrel történő felfedezésére tervezték, a CSI kutatói 2014-ben olyan módszert javasoltak, amely naprendszerbeli égitestek pontos fényességmérését is lehetővé teszi. A magyar kutatók immár több mint egy tucat referált közleményt tettek közzé a módszer alkalmazásával, ezek mintegy 160 hivatkozást kaptak. Bár a kisbolygók csak egy fénypontnak látszanak, a szabálytalan alakjuk és a felszíni albedójuk különbségei periodikus fényváltozást okoznak, amelyek a nagy pontosságú űrfotometriai mérésekkel kimutathatók. A kutatók saját korábbi K2-méréseikkel együtt már 101 trójai kisbolygóra határozták meg a fényváltozás amplitúdóját és a forgási periódust. Ezeket összevetették más földi és űrből végzett mérésekkel. Azt találták, hogy a trójaiak egy lassú és egy gyors forgású csoportra oszlanak, a határvonal a két csoport között kb. 100 óránál van. A minta nagyjából negyede lassú forgású, ezek kettős kisbolygók lehetnek. Harminckét objektumot potenciális szeparált kettős rendszernek osztályoztak. Kiszámolták a kisbolygók sűrűségének korlátait a forgási periódusokból. Eredményeik alacsony sűrűségekre utalnak, vagyis olyan összetételt valószínűsítene, amelyek az üstökösökre és a Neptunuszon túli égitestekre jellemzők. Ezek a megfigyelések a trójaiak külső Naprendszerből való eredetét támogatják (Kalup és mtsai, ApJS 254, A7, 2021).

Szinergikus, többszörös meteor megfigyelések

A földi légkört elérő, majd abban megsemmisülő meteoroidokat, kisebb aszteroidákat nem csak optikai úton, de ionosondákkal, infrahang-detektorokkal és akár szeizmológiai műszerekkel is detektálhatjuk. Ezen szimultán adatok együttes elemzése elősegíti mind a meteorjelenségek, mind a földi légkör jobb megértését. A CSFK Csillagászati Intézet kutatói két példát is mutattak arra, amikor az ionoszférikus hatások konkrét meteorokhoz kapcsolódnak. A nagy magasságban felbukkanó meteorok közel egyharmadát egyidejűleg optikai kamerával is rögzítették. Ennek jelentősége óriási, mert eddig nagyon kevés ilyen megfigyelés történt. A nappali tűzgömbök esetében a rögzített infrahanghatás a légköri robbanás lökéshullámához kapcsolódó földrengéseket idézett elő, amelyeket a földi állomások hálózata azonosított. Ezeknek a megfigyelési típusoknak az összekapcsolása olyan lehetőségeket tár fel, amelyeknek köszönhetően a közeljövőben jelentős fejlesztések és felfedezések várhatók a Föld közvetlen kozmikus környezete és kozmikus biztonsága témakörében (Kereszturi és mtsai, MNRAS, 506, 3629, 2021).

Csillagaktivitás

Vörös törpecsillagok aktivitásának hatása bolygók lakhatóságára

Ahogy egyre több ultrahűvös törpecsillag körül sikerül exobolygókat felfedezni, ezen csillagok mágneses aktivitásának megértése is egyre fontosabbá válik. Milyen tényezők befolyásolják egy bolygó lakhatóságát? Egyes vizsgálatok arra mutatnak, hogy a hűvös törpecsillagok túl aktívak ahhoz, hogy az élet hosszú ideig fennmaradjhasson bolygóikon, míg más kutatások alacsonyabb aktivitási szintet valószínűsítene. A kérdés tehát fontos, ám ahhoz, hogy fotometriai idősorokban flerekre és csillagfoltokra utaló jellegzetességeket találjunk, folyamatos megfigyelésre van szükség, amire a NASA TESS űrtávcsövének szabadon elérhető adatai kiváló lehetőséget nyújtanak. Ebben a projektben a CSFK CSI kutatói a TRAPPIST-1-hez (vörös törpecsillag körül keringő hét, Föld típusú bolygót tartalmazó bolygórendszer) hasonló ultrahűvös törpecsillagokat vizsgálták a TESS első két évének adatai alapján. A mintába 50 parszeknél közelebbi csillagok kerültek, szám szerint 248-an, amelyek közel esnek a TRAPPIST-1-hez a Gaia szín-fényesség diagramján. Ezen csillagok fél órás mintavételezésű fénygörbéit vizsgálva flereket és rotációs modulációt kerestek. Huszonegy csillagon 94 flert detektáltak. Az adatokból a TRAPPIST-1 rendszer központi csillagának aktivitása átlagosnak tűnik a néhány évtizedenkénti egy-egy nagyobb csillagkitöréssel. A vizsgálatok alapján úgy tűnik, hogy a sok szempontból „állatorvosi ló” TRAPPIST-1 vörös törpecsillagának aktivitási szintje nem elégséges a bolygókon esetlegesen jelen lévő ózonréteg megsemmisítéséhez, sem egy esetleges ultraibolya besugárzás indukálta abiogenezis beindításához (Seli és mtsai, A&A 650, A138, 2021).

Csillagkeletkezés és fiatal csillagok

Akkreciós folyamatok fiatal csillagokban

A fiatal, fősorozat előtti csillagok között kiemelt figyelmet érdemel az FU Orionis (FUor) típusú objektumok kis csoportja, amelyek erőteljes akkréciós kitöréseikről híresek. A V1057 Cygni jelű csillag a FUorok egyik klasztrikus példája, amely 1969–1970-ben tört ki. Ezt követően a csillag gyorsan halványodni kezdett; ez lett a leggyorsabban halványodó ismert FUor.

1995 körül egy még gyorsabb halványodási esemény következett be. Azóta a rendszer fotometriailag erősen változékony. A Csillagászati Intézet kutatói egy ERC Starting Grant keretében vizsgálják az akkréciós folyamatokat, és a V1057 Cyg mintegy tíz évnyi fotometriai monitorozásának eredményeit dolgozták fel. A piszkástetői megfigyeléseket kiegészítették más, optikai és közeli infravörös fotometriával, illetve spektroszkópiával is, többek között a NOT, a TESS és a SOFIA távcsöveket használva. Megállapították, hogy jelentős, kváziperiodikus változások folytatódtak az elmúlt évtizedben is. A színeképek erős csillagszélre utalnak, továbbá számos héjkomponens és tiltott emissziós vonal is látható. Mindezek a színeképi alakzatok is változnak időben. Elsőként detektálták egyszerűen ionizált kén és nitrogén, valamint kétszeresen ionizált oxigén vonalait a csillag színeképeiben. A csillag egyelőre nem tért vissza nyugalmi állapotába, kitörése folytatódik, továbbra is kitűnő lehetőséget kínálva az akkréciós folyamatok részletes vizsgálatára (Szabó Zs. és mtsai, ApJ, 917, A80, 2021).

Fiatal bolygórendszer megfigyelése a CHEOPS és TESS űrtávcsövekkel

Az AU Microscopii egy fiatal bolygórendszer, amelyben a bolygókeletkezési folyamatokra utaló törmeléköring figyelhető meg. A rendszerben két fedési, Neptunusz méretű bolygót is ismerünk, amelyek közelítőleg középmozgás-rezonanciában mozognak. A CSFK Csillagászati Intézet kutatói az AU Mic b jelű bolygó fedéseit vizsgálták az európai Characterising Exoplanet Satellite (CHEOPS) és az amerikai Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS) űrtávcsövek mérései alapján. A bolygó keringési periódusa 8,4630 napnak, a központi csillag forgási periódusa pedig 4,8367 napnak adódott, ami 7:4 rezonanciát jelent egy ezrelékes pontossággal. Ez azt jelenti, hogy a bolygófedés mindig a csillag négy kitüntetett hosszúsága mentén következik be. Ezt alátámasztja, hogy négy bolygókeringéssel (és hét csillagfordulattal) később ugyanaz a komplex foltstruktúra detektálható a fedési fénygörbe segítségével, hiszen a bolygó a fedéssel mintegy „letapogatja” a csillag felszínét. A kutatók vizsgálták a fiatal csillag kitöréseinek (flek) és foltosságának hatását a bolygóparaméterek meghatározásának pontosságára, és azt találták, hogy az említett hatások miatt 10%-kal kisebb pontosság érhető el a bolygó/csillag sugárarány meghatározásában, és 3-4 perccel nő a bizonytalanság a fedési időpontok meghatározásában. A csillagfoltok fedései független módszert kínálnak a fedési időpont változásának (TTV) mérésére. A kutatók vizsgálá-

taik megállapították, hogy az AU Mic b esetében talált legalább 4 perc amplitúdójú TTV-t az AU Mic c jelű külső bolygó gravitációs hatása okozhatja. A munka fontosságát jelzi, hogy a 2021 augusztusában preprint formában megjelent cikke jelen sorok írásakor (2022. június) már több mint egy tucat hivatkozás érkezett, és független kutatócsoport ugyanezeket és más adatokat elemezve hasonló eredményekre jutott (Szabó Gy. és mtsai, A&A 654, A159, 2021).

Csillagok fizikája

Cefeida változócsillagok első megfigyelései a TESS űrtávcsövel

A pulzáló változócsillagok cefeida csoportjába tartozó reprezentánsai nagy szerepet töltenek be a kozmikus távolságmérésben, hiszen a jól ismert periódus-fényesség reláció révén pulzációs periódusuk mérésével abszolút fényességük, így távolságuk is számítható. Az Intézet kutatóinak vezetésével bemutatták a NASA TESS missziójában megfigyelt cefeida típusú változócsillagok első (first light) vizsgálatait. A minta 25 csillagot tartalmazott, amelyeket a Tejútrendszer és a Magellán-felhők különféle csillagsűrűségű területeiről úgy válogattak össze, hogy a lehető legtöbb altípus képviselve legyen. Céljuk a TESS-adatokban rejlő lehetőségek és korlátok megismerése volt. Számos kis amplitúdójú jelenséget detektáltak, amelyeket földi mérésekkel nagyon nehezen vagy egyáltalán nem lehet megfigyelni. Például gyenge modulációt, periódusinstabilitást, ciklusról ciklusra történő változékonyságot és fényidő-effektus okozta változásokat is ki tudtak mutatni. Elsőként észleltek kis amplitúdójú nemradiális (azaz nem gömbszimmetrikus) pulzációs módust egy anomális cefeidában. Végül demonstrálták, hogy a fénygörbe pontossága milyen nagy szerepet játszik, nem csak a klasszifikálásban, de a fizikai tulajdonságok feltérképezésében is (Plachy és mtsai, ApJS, 253, 1, 2021).

Extragalaktikus csillagászat

A nagy energiájú kozmikus neutrínók eredete

A nagy energiájú elemi részecskék az elektromágneses sugárzás és újabban a gravitációs hullámok mellett egy teljesen független „csatornát” jelentenek

az Univerzum folyamatainak megfigyelésében. A nagy energiájú részecskék gyorsítása és a nagy energiájú neutrínók kibocsátási mechanizmusa azonban mindmáig kevésbé értett folyamatok. Ezért minden detektálás, ami egyértelműen egy adott égi forráshoz köthető, nagy jelentőséggel bír. Ebben a CSFK CSI kutatója által vezetett projektben Fermi/LAT adatok elemzésével kimutatták, hogy a PKS 1502+106 jelű blazár (aktív galaxismag) gammafluxusa egy mély, hosszan tartó lokális minimumban volt, amikor az Antarktisz jegébe olvasztott köbkilométer kiterjedésű detektorrendszer, az IceCube Neutrínóobszervatórium kimutatta a forrás irányából érkező nagy energiájú, IC-190730A jelű neutrínót. Hasonló jelenséget tapasztaltak két másik esetben is. Ennek felismerésével a neutrínó-blazár egybeesések keresése lényegesen érzékenyebb lehet a korábban feltételezetténél, lehetővé téve az IceCube berendezés diffúz neutrínófluxusa eredetének azonosítását, esetleg már meglévő adatok alapján is (Kun és mtsai, ApJL, 911, L18, 2021).

Szuperfényes szupernóvák vizsgálata

A szuperfényes szupernóvák egy nagyságrenddel fényesebbek közönséges társaiknál, és keletkezésükre számos elmélet látott napvilágot. A CSFK Csillagászati Intézet kutatói 28 I-es típusú szuperfényes szupernóvát vizsgáltak meg, amelyeknek kiszámították a ledobott tömegét és a tágulás fotoszférikus sebességét. Felfedezték, hogy a szuperfényes I-es típusú szupernóvák két csoportra oszthatók a maximum előtti spektrumuk alapján. Az egyik csoport tagjai a maximum előtti spektrumban egy W alakú abszorpciós vonalegyüttest mutatnak, míg ez hiányzik a másik csoport tagjainak színekéből. Azt találták, hogy a második csoport tagjainak hasonló a spektruma, mint az SN2015bn-é. Megerősítették, hogy a maximumhoz közeli fotoszférikus sebességek korrelálnak a sebességgradienssel. A vizsgált szupernóvákat gyorsan és lassan fejlődő csoportokba osztották azok fotoszférikus sebessége alapján, és arra a következtetésre jutottak, hogy a 15bn-típusú objektumok mind lassan fejlődnek, míg a W típusúak mindkét csoportban jelen vannak. Emellett a szupernóvaminta tagjainak ledobott tömegei alapján megállapították, hogy a lassabban fejlődő szuperfényes szupernóvák nagyobb tömeget dobnak le, mint a gyorsabban fejlődők. Mindez hozzájárulhat a kozmológiai szempontból is fontos objektumok eredetének megfejtéséhez (Könyves-Tóth & Vinkó, ApJ, 909, A24, 2021).

Nukleáris asztrofizika

A korai Naprendszer elemgyakoriságainak vizsgálata

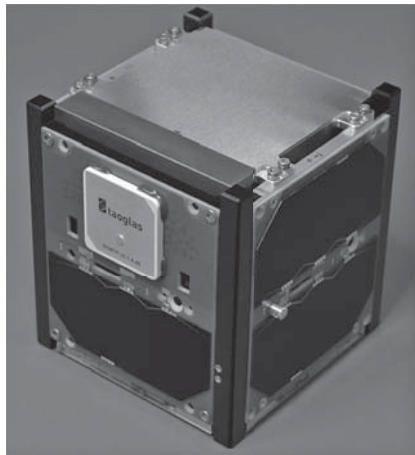
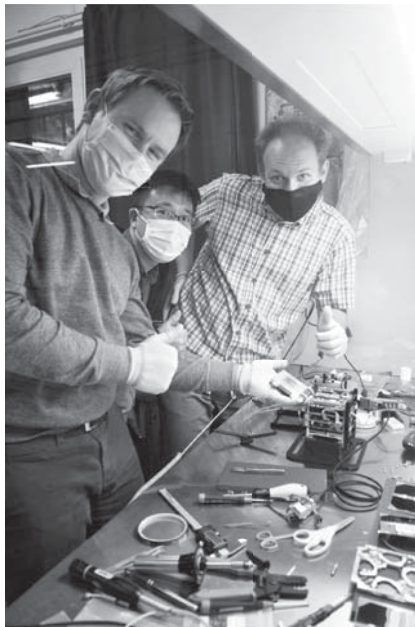
A korai Naprendszer elemösszetétele meteoritok vizsgálatán keresztül rekonstruálható. A vasnál nehezebb elemek jó részét a gyors neutronbefogási folyamat (ún. r-folyamat) állítja elő, de azt csak bizonytalanul tudjuk, hogy ez pontosan hol is történik az Univerzumban. Az Intézet kutatói a Maria Lugaro vezette ERC-kutatócsoportban azt vizsgálták, hogy ilyen folyamat mikor ment végbe legutoljára a Naprendszer keletkezése előtt. Ehhez azt a tényt használták ki, hogy a gyors neutronbefogási folyamatban keletkező jód-129 és kúrium-247 atomok felezési ideje szinte megegyezik (~15,6 millió év), így arányuk megőrződik attól függetlenül, hogy mikor keletkeztek és mikor épültek be a Naprendszer anyagába. Neutroncsillagok összeolvadásán és szupernóva-robbanások szimulációin alapuló numerikus módszerekkel modellezve a különböző kémiai elemek keletkezését kiderült, hogy neutronban közepesen gazdag környezetben – ami elsősorban neutroncsillagok összeolvadása után létrejövő korongból kilökődött anyagra jellemző – alakulnak ki olyan körülmények, amelyek megfelelnek a meteoritmintákból kapott jód/kúrium arányoknak (Côté és mtsai, Science, 371, 945, 2021).

Műszerfejlesztés

Gammakitörések detektálása mikroműholddal

Kutatóink több esetben is detektáltak gammakitöréseket a CSFK nagyenergiájú asztrofizikai folyamatok megfigyelésére kifejlesztett mikroműholdjával, a GRBAAlpha nevű CubeSat-tal (1. ábra). Ezek közül a GRB 211019A jelű esemény 40, a GRB 211018 jelű pedig 186 másodpercig tartott. A GRBAAlpha-val megvalósult technológiai demonstráció jelentősége az, hogy megmutatta, ezek a CubeSat-ok rövid távon kiválthatják a nagyságrendekkel nagyobb és drágább, szokványos méretű műholdakat, amelyek a nagy energiájú transziensek megfigyelésének területén mind a mai napig egyeduralgók. A detektort (egy cézium-jodid kristályt) tartalmazó egy egységű CubeSat 2021. március 22-én indult Bajkonurból, és az 50–1000 keV-os energiatartományban működik. Tudományos megfigyeléseit több mint egy évvel a felbocsátása után is végzi, ami

önmagában is hatalmas eredménynek számít. Szintén innovációt jelent, hogy a magyar–japán–cseh–szlovák kooperációban készült műhold fedélzeti szoftverének menet közbeni frissítésére is sor került, erre korábban nem volt sikeres próbálkozás a műholdak ezen mérettartományában. Több hasonló CubeSat munkába állításával a gammaforrások pozíciója nagy pontossággal meghatározható lesz. Intenzíven halad egy földi követőegység-hálózat kiépítése is. A GRBAAlpha-t 2021 decemberében a hasonló küldetéssel felbocsátott, cseh vezetésű VZLUSAT2 követte, amelynek fedélzetén ugyanolyan detektor működik, mint a GRBAAlpha-n (Forrás: Pál és mtsai, GCN 30945 2021, GCN 30946 2021).



1. ábra: A GRBAAlpha CubeSat és összeszerelése a CSFK Csillagászati Intézetében, balról jobbra: Mészáros László (CSFK CSI), Masanori Ohno (Hirosimai Egyetem) és Pál András (CSFK CSI).
Párbeszéd a tudomány és a társadalom között

A CSFK Csillagászati Intézete a CSFK 100%-os tulajdonában levő Magyar Csillagászat Nonprofit Kft. együttműködésével üzemeltette Budapest legnagyobb bemutató csillagvizsgálóját, a *Svábhegyi Csillagvizsgáló Interaktív Csillagászati Élményközpontot*. 2021-ben több mint 6000 látogatója volt a csillagvizsgálónak, akik esti és nappali csillagászati bemutatókon, gyermekprogramon, csoportos osztálykiránduláson, nyugdíjas-látogatáson, angol nyelvű vezetésen,

VIP bemutatón, szülinapi programon, asztropikniken, városismereti sétán, céges csapatépítőn és nagyobb rendezvényeken vettek részt. Kiemelt esemény volt 2021-ben a napfogyatkozás megfigyelése, a „Hullócsillagok éjszakája” c. háromnapos rendezvénysorozat, a szimfonikus koncert William Herschel műveiből, a MÜPA Liszt Ünnepe fesztiválprogramjának sajtótájékoztatója, a „100 óra csillagászat” négynapos rendezvénysorozata, és az azóta több nemzetközi díjat elnyert Impozitor c. rövidfilm forgatása. Kitelepült tudománykommunikációs eseményként szervezték az Ifjúsági Csillagásztábort (Vértesszeg), a Változócsillagászok találkozóját (Jászberény), és számos iskolai és tábori távcsöves bemutatót is tartottak. A Piszkástetői Megfigyelő Állomáson 2021-ben is folytak a nappali csoportvezetések, nyártól kezdve 30 csoport 500 látogatója pillantott bele az obszervatórium működésébe.

A Svábhegyi Csillagvizsgáló jelentős tudománykommunikációs tevékenysége volt 2021-ben a Galaxis Útikalauz 2. és 3. évadának vetítése, ami egy tízrészes interaktív, élőben közvetített online csillagászati műsor, családoknak és gyermekeknek. Az Élő Csillagászat Kiss Lászlóval 3. és 4. évadja online csillagászati hírműsorként hetente hozta el a csillagászat legfrissebb híreit a nézők számára. Emellett „Fantázia és valóság” csillagászati epizódokat, úreszköz-felbocsátást élő szakkomentárokat, és egyéb csillagászati élő adásokat is közvetítettek. A Svábhegyi Csillagvizsgáló Facebook oldalának követőszáma 20 000 fölé emelkedett, YouTube-csatornán és Instagram oldalon is intenzív közösségi médiakommunikációt folytattak. A Svábhegyi Csillagvizsgáló híroltalán 152 csillagászati hírt közöltek a 2021-es évben.

A Csillagászati Intézet szerzőkollektívája által működtetett csillagászat.hu az ország legjelentősebb csillagászati tudományos híroldala. A 2021-es év során 293 csillagászati hírt közöltek az oldalon. A csillagaszat.hu Facebook oldalának 28 000 követője lett. Az urvilag.hu űrkutatási hírportál főszerkesztője a Csillagászati Intézet munkatársa, a hírportál napi rendszerességgel jelentetett meg űrkutatással kapcsolatos tudományos híreket. A Csillagászati Intézet munkatársai rendszeresen nyilatkoztak a médiában. Számos TV-, rádió-, online-hírportál- és napilap-interjút, sajtótájékoztatót adtak, mind a Csillagászati Intézet saját kutatási eredményeivel kapcsolatban, mind az égi jelenségekkel, űrkutatási hírekkel vagy egyéb, médiát érdeklő kérdésekben. Az Observer Médiafigyelő jelentése szerint a 2021-es év áprilisától kezdve a Csillagászati Intézet munkatársainak sajtónyilatkozatai 834 mainstream médiamegjelenést generáltak.

A Csillagászati Intézet 2021-ben átvette Nemzetközi Csillagászati és Asztrofizikai Diákolimpia (IOAA) magyarországi felkészítésének koordinációját. Ennek lépéseként a válogatóverseny számára létrehozta az Athletica Galactica, Kárpát-medencei Középiskolai Csillagászati és Asztrofizikai Versenyt. Az új versenynév mellé új honlapot készítettek, honlapblog-kommunikációt és intenzív közösségi média kommunikációt végeztek. A korábbi olimpikonok szereplésével promóciós kisfilmet gyártattak, ami a tehetséges diákokat a csillagászat irányába terelheti. Animációs toborzó filmet készítettek a verseny menetéről. Ennek eredményeként a 2021/2022-es évre minden korábbinál több jelentkezett határon innen és túlról: 35 iskolából, 45 felkészítő tanár közreműködésével 91 diák. A 2021-es év kiemelkedő hazai sikereket hozott a csillagászati diákolimpia történetében, megszületett az első magyar aranyérem, mellette egy ezüst három bronzérmes és három kiemelt dicséretet érő helyezést értek el a magyar diákok. Ehhez kapcsolódik, hogy nagy sikerrel adták ki egy hiánypótló szakmai felkészítő és tankönyvnek is megfelelő, több mint 600 oldalas könyvet: Dálya Gergely *Bevezetés a csillagászatba* című munkáját. A könyv három hét alatt elfogyott a boltokból (800 példány), a nagy sikerre tekintettel 2022-ben újranyomtatták.

Képzéseket és tanfolyamokat is szerveztek a Svábhegyi Csillagvizsgálóban: a „*Hogyan használjam csillagászati távcsöveimet – Friss távcsőtulajdonosok tanfolyama*” c. képzést 2021-ben indították. Bemutatóképző tanfolyamot tartottak a bemutató csillagászok számára. ELTE MSc-hallgatók számára obszervatóriumi gyakorlatot tartottak. Tehetséggondozási tevékenységüket középiskolás érdeklődő diákok számára egyéni pályaorientációs napok keretében végezték. A Csillagászati Intézet munkatársai 2021-ben összesen 168 ismeretterjesztő előadást tartottak.

Hazai és nemzetközi kapcsolatok, pályázatok

Hazai: A Csillagászati Intézet munkatársai közös tudományos projekteken dolgoztak együtt a Szegedi Tudományegyetem, az ELTE Fizikai Intézet, az ELTE Csillagászati Tanszék, valamint az ELTE Gothard Asztrofizikai Obszervatórium (Szombathely) kutatóival. A CSI kutatói a következő előadásokat, gyakorlatokat és szemináriumokat tartották magyar és külföldi egyetemeken 2021-ben – az Eötvös Loránd Tudományegyetemen: Csillagok világa,

Exobolygó-légkörök, Bevezetés a csillagászatba, Csillagászati észlelési gyakorlatok a Pizskéstetői Obszervatóriumban, Rádiócsillagászat I-II, Mágneses aktivitás hideg csillagokon, Mágneses aktivitás késői típusú csillagokon, Obszervációs csillagászat, Bevezetés az asztrofizikába, A Mars földrajza és geológiája, Planetológia, Asztrostatisztika 1-2, Informatika a csillagászatban 1-2-3, Élet az exobolygókon; a Szegedi Tudományegyetemen: Csillagászati spektroszkópia, Elméleti asztrofizika 2-3, Sugárzási jelenségek az asztrofizikában, a Debreceni Egyetemen: Bevezetés a nukleáris fizikába; a Bécsi egyetemen: Late Accretion.

Az Intézet kutatói 24 hallgató TDK-, valamint 20 hallgató BSc- és 25 hallgató MSc-témavezetését látták el 2021-ben, túlnyomó részben az ELTE-n, de emellett a BME-n, valamint az Óbudai és a Nemzetvédelmi Egyetemen is, továbbá összesen 40 hallgató PhD-témavezetésért voltak felelősek a következő egyetemeken: ELTE, SZTE, Oslói Egyetem, Tokiói Műszaki Intézet, University of Hull, Leideni Egyetem, Amszterdami Egyetem.

A CSFK CSI kutatói részt vettek MSc/BSc- és PhD-dolgozatok bírálatában is. A CSFK Csillagászati Intézet állományába tartozó kutatók közül a beszámolás időszakban hatan szerezték meg a PhD fokozatot.

A CSFK Csillagászati Intézete öt évvel ezelőtt elindította az ún. demonstrátor-programot. A programban való részvételre a legtehetségesebb egyetemi hallgatókat pályázat útján választják ki. A részt vevő hallgatók megtanulják a pizskéstetői távcsövek, műszerek használatát, és szakmai felügyelettel önálló kutatási programot is végeznek. Mindezt ösztöndíjat is kapnak. A megfigyelő-adatfeldolgozó demonstrátorok mellett meghirdetett numerikus, nagy adatokkal és szimulációkkal foglalkozó, és mérnök (műszerépítő) demonstrátori pozíciók szintén nagy sikernek örvendenek. 2020/21-ben 15(!) 2021/22-ben 14 kutatási asszisztensnek adott lehetőséget a CSFK CSI, a program teljes eddigi futamideje alatt pedig összesen 37 demonstrátort foglalkoztattunk. A hallgatók legtöbbször rangos tudományos publikációkba is bekerülnek, sőt több esetben első szerzőként jegyeznek referált tudományos munkákat. Ezáltal eséllyel pályáznak hazai és külföldi ösztöndíjak, kitüntetések elnyerésére is. A program sikere megmutatkozik abban is, hogy a demonstrátorok hazai TDK és OTDK versenyeken rendre kiválóan szerepelnek, majd pedig gyakran a világ legjobb doktori iskoláiba veszik fel őket. Ezt jelzi a programba való mintegy kétszeres túljelentkezés is. A demonstrátorokat témavezetőik rendszeresen mentorálják, karriertanácsokat adnak nekik, karrierjüket követik.

Nemzetközi: A CSFK CSI kutatói 2021-ben is folytatták nemzetközi együttműködéseiket a KASC, TASC (Kepler, ill. TESS Asztroszeizmológiai Tudományos Konzorciumok), a Gaia, a CHEOPS, a PLATO, az Ariel űrtávcsövek konzorciumai, a LUNA, NuGrid, JUNA, MATISSE, ChETEC, MW-Gaia, Chemistry in Disks (CID) Collaboration, GREAT (Gaia Research for European Astronomy Training); ODYSSEUS & PENNELOPE HST & VLT Large Program konzorcium; LATMOS; Europlanet, WEAVE és az LSST projektekben. Szoros kapcsolatot tartottak az Európai Déli Obszervatórium (ESO) tudománykommunikációs hálózatával (ESON). Számos esetben sikerült elnyerni észlelési időt/célpontokat csillagászati nagyműszerekre és űrtávcsövekre, mint például a James Webb űrteleszkóp és a VLBI rádióinterferometriai hálózat. A CSFK Csillagászati Intézet kutatói a következő külföldi egyetemekkel és kutatóintézetekkel tartottak fenn tudományos együttműködési kapcsolatokat 2021-ben: Monash University, Ausztrália; Grazi Egyetem, Bécsi Egyetem, Ausztria; Királyi Obszervatórium, Belgium; Brazil Nemzeti Obszervatórium, Brazília; Universidad de Concepción, Chile; Masaryk Egyetem (Brno), Brnoi Műszaki Egyetem, Cseh Tudományos Akadémia Obszervatóriuma (Ondrejov), Károly Egyetem (Prága), Csehország; Kassai Műszaki Egyetem, Szlovákia; Aarhusi Egyetem, Dánia; University of the Western Cape, Dél-afrikai Köztársaság; University of Cambridge, Institute of Astronomy (Cambridge), University of Hertfordshire, University of St Andrews, Egyesült Királyság; Univ. Grenoble Alpes, Franciaország; Leideni Egyetem; Joint Institute for VLBI ERIC, Hollandia; Tata Institute of Fundamental Research, Mumbai, India; Hirosimai Egyetem, Japán; Pekingi Általános Egyetem, Kínai Atomenergia Intézet, Hong Kong-i Egyetem, a Kínai Tudományos Akadémia Modern Fizikai Intézete (Lanzsu), Sanghai Asztronómiai Obszervatóriuma, Kína; Suhora Obszervatórium, Krakói Pedagógiai Egyetem, Jagelló Egyetem Csillagászati Obszervatóriuma, Varsói Egyetem, Nicolaus Copernicus Egyetem (Torun), Adam Mickiewicz Egyetem (Poznan), Lengyelország; Friedrich Schiller Egyetem (Jéna), Max-Planck-Institut für Radioastronomie (Bonn), Max -Planck- Institut für Extraterrestrische Physik (Garching), Max-Planck-Institut für Astronomie (Heidelberg), Németország; Osservatorio di Padova, Osservatorio Astronomico di Roma, Olaszország; Centro de Astrofísica de La Palma, Instituto de Astrofísica de Canarias (Tenerife), Observatorio Astronómico Nacional (Madrid), Instituto Astronomía Andalucía (Granada), Spanyolország; Genfi Egyetem, ETHZ Zürich, Svájc; University

of Texas, Princeton University, University of Toledo, Space Telescope Science Institute (Baltimore), Western Washington University, National Radio Astronomy Observatory Charlottesville, University of Rochester, California Institute of Technology (Pasadena), MIT Lincoln Laboratory, MIT Kavli Institute for Astrophysics and Space Research, Amerikai Egyesült Államok.

Rendezvények, mobilitás: A Covid-19 járvány újabb hullámai miatt a tudományos rendezvények jó részét még mindig részben vagy egészben a virtuális térben rendezték meg. A Csillagászati Intézet munkatársai aktívan részt vettek a következő események előkészítésében, szervezésében és lebonyolításában: Földfizikai és Űrtudományi Fórum, 2021. november 10., Budapest; 10th VLTI School of Interferometry, 2021. június 6–12.; TESS Science Conference II, 2021. augusztus 2–6.; GAPS: Unsolved problems in red Giants And supergiantS Conference, 2021. június 14–18; Magyar Űrkutatási Fórum 2021. szeptember 29. – október 1., Budapest; Europlanet Science Congress 2021. szeptember 13–24. Emellett munkatársaink részt vettek több, 2022–2023-ra elhalasztott konferencia szervezésében is: pl. COSPAR 2022; IAU Symposium 376; LSST@EUROPE4.

A 2021-ben elnyert jelentősebb pályázatok

Ritka izotópok szintézise szupernóva-robbanásban: a rejtélyes gamma-folyamat, (NKFIH/K_21/K-138031, 46,7 M Ft, Maria Lugaro). Meteoritok infravörös spektroszkópiái és ásványtani vizsgálata az európai kisbolygókutató űrszondához kapcsolódóan, (NKFIH/K_21/K-138594, 47,2 M Ft, Kereszturi Ákos). Űrfotometriai forradalom a Naprendszer kis égitestjeinek időtartománybeli vizsgálatában (NKFIH/K_21/K-138962, 47,9 M Ft, Pál András). Csillagszeizmológiai laboratóriumok, a csillagok fizikájának úttörői (NKFIH/Élvonal 2021/KKP 137523, 299,8 M Ft, Molnár László).