

Magyar Űrkutatási Fórum 2025

Az előadások kivonatai

Sopron, 2025. május 7-9.



Magyar Űrkutatási Fórum 2025
Sopron, 2025. május 7-9.
Az előadások összefoglalói

ISBN: 978-963-7367-36-6

Szerkesztette:

Barta Veronika
Bacsárdi László
Berényi Kitti Alexandra
Heilig Balázs
Szárnya Csilla

Programbizottság:

Bacsárdi László (társelnök, BME)
Heilig Balázs (társelnök, HUN-REN FI)
Barta Veronika (HUN-REN FI)
Csernoch László (DE)
Csurgai-Horváth László (BME)
Frey Sándor (HUN-REN CSFK)
Hirn Attila (HUN-REN EK)
Lábó-Szapannos Eszter (HUNGAROMET)
Lichtenberger János (ELTE)
Németh Zoltán (HUN-REN Wigner)

Helyi szervezőbizottság:

Barta Veronika (elnök)
Berényi Kitti Alexandra
Bozsó István
Deme Livia Rozália
Erdey Júlia
Németh Kolos
Rubóczki Tibor
Szárnya Csilla
Tomasik Máté

Kiadja:

Magyar Asztronautikai Társaság
1044 Budapest, Ipari park u. 10.
www.mant.hu
Budapest, 2025

Felelős kiadó:

Arnócz István, főtítkár
Minden jog fenntartva.

2025. május 7. (szerda)	
13:00 14:00	Regisztráció
14:00 14:15	Megnyitó, Ferencz Orsolya úrkutatásért felelős miniszteri biztos – Külgazdasági és Külügyminisztérium; Bacsárdi László – Magyar Asztronautikai Társaság, Kovács István János – HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet
14:15 14:45	Benkucs László, Űrügyi referens, A HUNOR program aktualitásai
14:45 15:15	Kávészünet, Csoportkép
Plenáris előadások	(szekcióvezető: Heilig Balázs)
15:15 15:30	Vincze Miklós, DiRoS: óriásbolygók légkörének modellezése egy HUNOR-kísérletben
15:30	Bór József, Elektromos eredetű légköri fényjelenségek megfigyelése űrhajósok által a Nemzetközi Űrállomásról - eredmények és nyitott kérdések
15:45	Bozóki Tamás, Geostacionárius pályáról történő műholdas villámmegfigyelés immár Európára és Afrikára is
16:00	Farkas Péter, Egy évtized felszínmozgása Kolozsváron: városi terjeszkedés és földtani hatások Sentinel-1 PSI adatok alapján
16:15 16:30	Vitaforum
Plenáris előadások	(szekcióvezető: Bacsárdi László)
16:30 17:15	2 perces szóbeli poszter bemutatók
	<i>Barta Veronika</i> - Terjedő ionoszféra zavarok megfigyelése egy frontrendszer átvonulása során Európa felett 2023 Augusztusában <i>Bozsó István</i> - Gépi tanulási módszerek az (űr)tudományban: az AI nagykövet program első féléve a FI-ben <i>Deme Livia Rozália</i> - Meteorok felszín feletti magasságának mérése szimultán optikai és ionoszondás detektálásokból <i>Domján Ádám</i> - Vektor magnetométer kalibráció <i>Erdey Júlia</i> - A flerek hatása az ionoszférára geomágneses szempontból nyugodt időszakokban <i>Hegedüs Tibor</i> - A magyar részvétel eredményei és tapasztalatai az európai optikai műhold- és űrszemét követési projekt (EON) három éve során (2022-2025) <i>Heim Teodóra</i> - SERF Magnetométerek az úrkutatásban: lehetőségek és kihívások <i>Németh Kolos</i> - Villámok által keltett ELF-tranziensek forráshelyének meghatározása a Hunga Tonga–Hunga Ha‘apai vulkán kitörésének óráiban <i>Pinczés Patrik</i> - A BUDA neutronmonitor-állomás <i>Pinczés Patrik</i> - A Pille-ISS mérési eredményeinek kiértékelése az elmúlt 20 évből <i>Qiao Viktor</i> - A Sweeping Langmuir Probe műholdfedélzeti plazmadiagnosztikai eszköz bemutatása <i>Prácsér Ernő</i> - A Schumann-rezonancia mérések modellezése és inverziója <i>Sátori Gabriella</i> - A Föld-ionoszféra üregrezonátor „elhangelődése” a szoláris röntgensugárzás fluxusváltozása következtében, különböző időskálákon. <i>Steinbach Péter</i> - Sarkvidéki villámok - egy még alig kiaknázott plazma régió a whistleres kutatásban <i>Szárnya Csilla</i> - Taurida-tűzgömb több műszeres észlelése Magyarország felett <i>Székely Anna Krisztina</i> - Műhold üdítősdobozban - űripari projekt középiskolai csapatoknak: a CanSat verseny Magyarországon

	<i>Tomasik Máté</i> - Magnetoszféra-ionoszféra csatolási folyamatok: A plazmavályú (Midlatitude Ionospheric Trough) és a plazmaszférikus plume-ok kapcsolata Swarm és RBSP műholdak megfigyelései alapján. <i>Vadász Zsolt</i> - A Pannon SpaceLab, avagy CubeSat építés a Pécsi Tudományegyetemen <i>Vizi Pál Gábor</i> - A JUICE PEP tápegységünk úton a Jupiter felé <i>Zentai István</i> - Űrtevékenység és oktatás – Kétirányú inspiráció korunk kihívásaira válaszul
17:15 18:15	Poszterbemutató (borkóstolóval egybekötve) a Kántás Károly előadásban / VR bemutató
18:15	Hidegtálás vacsora a Kántás Károly előadásban / VR bemutató

2025. május 8. (csütörtök)	
Plenáris előadások	(szekcióvezető: Hirn Attila)
9:00 9:15	Nagy Zsófia, Fiatal csillagok fényességváltozásainak vizsgálata: mit tanultunk a Gaia űrtávcső felméréséből?
9:15 9:30	Szilágyi Máté, Csillagkeletkezés térben és időben a Cepheus csillagkép területén
9:30 9:45	Krezinger Máté, JUICE PRIDE: a Vénusz melletti elrepülésére készülve
9:45 10:00	Kereszturi Ákos, Védekezzünk kisbolygók ellen szimulált napszél roncsolta meteoritokkal
10:00 10:20	Vitaforum
10:20 11:00	Kávészünet / VR bemutató
Plenáris előadások	(szekcióvezető: Barta Veronika)
11:00 11:15	Hirn Attila, A RadMag műszer család bemutatása és szemeztetés a RADCUBE műhold fedélzetén végzett mérések eredményeiből (2021-2024)
11:15 11:30	Oláh Kitti, Űrkvantumkommunikációs hálózat vizsgálata kvantummemóriák szempontjából
11:30 11:45	Pollák Csaba, Műholdfedélzeti Langmuir-szonda karakterisztikájának numerikus szimulációja
11:45 12:00	Horváth Dezső, Áramlásvezérelt csapadékképződés modulált gravitációs körülmények között
12:00 12:20	Vitaforum
12:20 14:15	Ebéd a Deák étteremben; Kávé, tea, süti a FI első emeleti előterében
Plenáris előadások	(szekcióvezető: Németh Zoltán)
14:15 14:30	Vörös Zoltán, Turbulens dinamó a földi mágneses burokban
14:30 14:45	Kovács Péter, Turbulens dinamikai folyamatok vizsgálatának numerikus lehetőségei a magnetoszférában
14:45 15:00	Lichtenberger János, Kísérleti bizonyíték plazmaszférikus hissek keletkezésére többgrású whistlerekből és gerjesztett emissziókból
15:00 15:15	Bozóki Tamás, Pc1-es geomágneses pulzációk térbeli eloszlásának vizsgálata a Swarm műholdak mágneses mérései alapján
15:15 15:35	Vitaforum
15:35 16:20	Kávészünet / VR bemutató
Plenáris előadások	(szekcióvezető: Lichtenberger János)
16:20 16:35	Barta Veronika, Az ionoszférikus abszorpció megfigyelése ionoszonda adatok segítségével
16:35 16:50	Berényi Kitti, Egyedülálló szubaurorális és aurorális állapotok a közepes szélességű ionoszférában Európa felett a 2024 májusi szupervihar alatt
16:50 17:05	Heilig Balázs, A 2024. májusi szupervihar hatása a plazmaszférában

17:05 17:20	Vitaforum
17:20 18:30	VR bemutató az esetleges érdeklődőknek
18:30	Konferenciafogadás a Kántás Károly előadóteremben

2025. május 9. (péntek)	
Plenáris előadások	(szekcióvezető: Csernoch László)
9:00 09:15	Németh Zoltán, De igazából miért is fúj a napszél 2.
9:15 09:30	Bebesi Zsófia, ICME terjedés a külső helioszférában
9:30 9:45	Madár Ákos, Interplanetáris diszkontinuitások vizsgálata a napszélben több űrszonda méréseinek kombinálásával
9:45 10:00	Opitz Andrea, Napszél előrejelzés a JUICE űrszonda pályájához
10:00 10:20	Vitaforum
10:20 11:00	Kávészünettel egybekötött poszterbemutató a Kántás Károly előadóban / VR bemutató
Plenáris előadások	(szekcióvezető: Frey Sándor)
11:00 11:15	Szarka László, Éghajlatváltozás 2.0
11:15 11:30	Vizi Pál Gábor, BepiColombo - a Merkúr exoionoszférájának vizsgálata magyar tápegységű PICAM ionkamerával
11:30 11:45	Kócsák Éva, Olvadékáramlás hatása Al-Si ötvözetek kristályosodott szerkezetére
11:45 12:00	Csernoch László, A Piezo1 mechanoszenzitív ioncsatorna szerepe a mikrogravitáció és a protonbesugárzás által kiváltott miogén sejtfolymatokban
12:00 12:20	Vitaforum
12:20 12:30	Zárszó
12:30 13:30	Büféebéd a Kántás Károly előadóban

Programbizottsági köszöntő

„Mindenütt jó, de a legjobb Sopron” – hangzik egy Sopronban szervezett zenei fesztivál szlogenje. De ez a kijelentés – legalábbis a rendezvény résztvevői szerint – a Magyar Űrkutatási Fórumra is igaz. 1972-ben kezdődött a Magyar Asztronautikai Társaság által szervezett Ionoszféra- és Magnetoszférafizikai Szemináriumok sorozata, amelyre idén immáron 34. alkalommal kerül sor. A rendezvény mára már nem csak az adott szakterület szakembereinek, hanem a tágabb értelemben vett űrkutatással foglalkozó szakembereknek is a találkozója, nem véletlen, hogy 2015 óta új nevet visel: *Magyar Űrkutatási Fórum*. Az elmúlt tíz évben öt alkalommal is (2015, 2017, 2019, 2023 és az idei év) Sopronban, a HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézetben (illetve jogelődjeiben) fogadhattuk a rendezvény résztvevőit.

A konferencia programjában szereplő 27 plenáris előadás és 20 poszter előadás többek közt az űrfizika, földmegfigyelés, űridőjárás, napfizika, geofizika, légkörfizika, kvantumfizika, űrszillagászat, planetológia, adatelemzés és orvostan témáit érinti. Alkalom nyílik az űrkutatáshoz, űrtevékenységekhez kapcsolódó más tudományterületeken, műszaki fejlesztésekben elért hazai eredmények bemutatására, megvitatására is.

A Magyar Űrkutatási Fórum hagyományaihoz híven az idei évben is nagy hangsúlyt kap a poszterszekció. A poszterek a konferencia teljes időtartama alatt megtekinthetők, továbbá lehetőség van a poszter rövid tartalmi összefoglalójának szóbeli bemutatására, egy-egy érdekes eredmény felvillantására vagy izgalmas kérdés figyelemfelkeltő felvetésére.

Az elmúlt évekhez hasonlóan idén is fontos kérdésnek tartottuk a jövő generációjának a megszólítását. A konferencia most is kiemelt hangsúlyt fektet a fiatalok, egyetemisták, doktoranduszok kutatómunkába való bevonására, ezért a HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet anyagi támogatásával kedvezményes részvételi díjat biztosítunk számukra.

Ebben a kiadványban a konferenciára elfogadott előadások összefoglalóit (absztraktjait) helyeztük el. A szerzők számára lehetőséget biztosítunk konferenciacikkek megjelentetésére a Geomatika folyóirat különszámában.

A szervezést a konferencia a programbizottsága (Bacsárdi László, Barta Veronika, Csernoch László, Csurgai-Horváth László, Heilig Balázs, Hirn Attila, Lábó-Szapannos Eszter, Lichtenberger János, Németh Zoltán), másrészt Barta Veronika vezetésével az intézet fiatal kollégáiból álló helyi szervezőbizottság segítette. Fáradhatatlan munkájukat a programbizottság társelnökeiként ezúton is köszönjük!

Bár a három napos konferencia programja eléggé feszített, mégis biztatunk mindenkit, ha ideje engedi, nézzen körbe a Hűség városában is.

Sopron, 2025. május 7.

Bacsárdi László
alelnök
Magyar Asztronautikai Társaság

Heilig Balázs
igazgatóhelyettes
HUN-REN
Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet

Tartalomjegyzék

Az ionoszférikus abszorpció megfigyelése ionoszonda adatok segítségével	8
Terjedő ionoszféra zavarok megfigyelése egy frontrendszer átvonulása során Európa felett 2023 Augusztusában	9
ICME terjedés a külső helioszférában	10
Egyedülálló szubaurorális és aurorális állapotok a közepes szélességű ionoszférában Európa felett a 2024 májusi szupervihar alatt	11
Elektromos eredetű légköri fényjelenségek megfigyelése űrhajósok által a Nemzetközi Űrállomásról - eredmények és nyitott kérdések	12
Pc1-es geomágneses pulzációk térbeli eloszlásának vizsgálata a Swarm műholdak mágneses mérései alapján	13
Geostacionárius pályáról történő műholdas villámmegfigyelés immár Európára és Afrikára is	14
Gépi tanulási módszerek az (űr)tudományban: az AI nagykövet program első féléve a FI-ben	15
A Piezo1 mechanoszenzitív ioncsatorna szerepe a mikrogravitáció és a protonbesugárzás által kiváltott miogén sejtfolyamatokban	16
Meteorok felszín feletti magasságának mérése szimultán optikai és ionoszondás detektálásokból	17
Vektor magnetométer kalibráció	18
A flerek hatása az ionoszférára geomágneses szempontból nyugodt időszakokban	19
Bolygóközi lökéshullámok terjedése a belső helioszférában	20
Egy évtized felszínmozgása Kolozsváron: városi terjeszkedés és földtani hatások Sentinel-1 PSI adatok alapján	21
A magyar részvétel eredményei és tapasztalatai az európai optikai műhold- és űrszemét követési projekt (EON) három éve során (2022-2025)	22
A 2024. májusi szupervihar hatása a plazmaszférában	23
SERF Magnetométerek az űrkutatásban: lehetőségek és kihívások	24
A RadMag műszercsalád bemutatása és szemeztetés a RADCUBE műhold fedélzetén végzett mérések eredményeiből (2021-2024)	25
Áramlásvezérelt csapadékképződés modulált gravitációs körülmények között	26
Védekezzünk kisbolygók ellen szimulált napszél roncsolta meteoritokkal	27
Olvadékáramlás hatása Al-Si ötvözetek kristályosodott szerkezetére	28
Turbulens dinamikai folyamatok vizsgálatának numerikus lehetőségei a magnetoszférában	29
JUICE PRIDE: a Vénusz melletti elrepülésére készülve	30
Kísérleti bizonyíték plazmaszférikus hissek keletkezésére többugrású whistlerekből és gerjesztett emissziókból	31
Interplanetáris diszkontinuitások vizsgálata a napszélben több űrszonda méréseinek kombinálásával	32
BepiColombo - a Merkúr exoionoszférájának vizsgálata magyar tápegységű PICAM ionkamerával	33
Fiatal csillagok fényességváltozásainak vizsgálata: mit tanultunk a Gaia űrtávcső felméréséből?	34
Villámok által keltett ELF-tranziensek forráshelyének meghatározása a Hunga Tonga–Hunga Ha‘apai vulkán kitörésének óráiban	35
De igazából miért is fúj a napszél 2.	36
Űrkvantumkommunikációs hálózat vizsgálata kvantummemóriák szempontjából	37
Napszél előrejelzés a JUICE űrszonda pályájához	38
A BUDA neutronmonitor-állomás	39
A Pille-ISS mérési eredményeinek kiértékelése az elmúlt 20 évből	40
Műholdfedélzeti Langmuir-szonda karakterisztikájának numerikus szimulációja	41
A Sweeping Langmuir Probe műholdfedélzeti plazmadiagnosztikai eszköz bemutatása	42
A Schumann-rezonancia mérések modellezése és inverziója	43
A Föld-ionoszféra üregrezonátor „elhangolódása” a szoláris röntgensugárzás fluxusváltozása következtében, különböző időskálákon.	44
Sarkvidéki villámok - egy még alig kiaknázott plazma régió a whistleres kutatásban	45
Éghajlatváltozás 2.0	46
Taurida-tűzgömb több műszeres észlelése Magyarország felett	47
Műhold üdítődobozban - űripari projekt középiskolai csapatoknak: a CanSat verseny Magyarországon	48
Csillagkeletkezés térben és időben a Cepheus csillagkép területén	49
Magnetoszféra-ionoszféra csatolási folyamatok: A plazmavályú (Midlatitude Ionospheric Trough) és a plazmaszférikus plume-ok kapcsolata Swarm és RBSP műholdak megfigyelései alapján.	50
A Pannon SpaceLab, avagy CubeSat építés a Pécsi Tudományegyetemen	51
DiRoS: óriásbolygók légkörének modellezése egy HUNOR-kísérletben	52
A JUICE PEP tápegységünk úton a Jupiter felé	53
Turbulens dinamó a földi mágneses burookban	54
Űrtevékenység és oktatás – Kétirányú inspiráció korunk kihívásaira válaszul	55

Az ionoszférikus abszorpció megfigyelése ionoszonda adatok segítségével

Barta Veronika (1), Bozóki Tamás (1,2), Süle Dávid Péter (1), Erdey Júlia
(1,2), Buzás Attila (1,3)

(1) HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet, (2) ELTE, TTK, Geofizikai és
Űrtudományi Tanszék, (3) HUN-REN-ELTE Űrkutató Kutatócsoport

Napkitörések során a hirtelen megnövekedett röntgen és ultraibolya sugárzás többlet ionizációt és az elektromágneses (EM) hullámok elnyelődését okozza az ionoszférában a Föld napfényes féltékén. A napkitöréseket gyakran követő nagyenergiájú részecskék további ionizációt és abszorpciót okozhatnak magasabb szélességeken ($> 60^\circ$). Az ionoszférikus abszorpció meghatározása ionoszonda adatok segítségével többféle módon lehetséges. Egyrészt az ionogramokon az első visszaverődési frekvencia (f_{min} paraméter) használatával, amely a bekövetkezett elnyelődés léptékének egy durva mérőszáma. Az abszorpciós változásokat a kitörések során az ionogramokból nyert rádióhullámok jel-zaj arány (SNR-módszer) referencianapokhoz képesti eltéréssel is meg lehet határozni. Egy további módszert dolgoztunk ki az elmúlt években a napkitörések során bekövetkező relatív (a nyugalmi időszakhoz képest) abszorpciós változások kiszámítására az észlelt EM hullámok amplitúdó adatai alapján [1]. Az új módszerrel három európai ionoszonda állomás adatai alapján vizsgáltuk 13 napkitörés ionoszférikus abszorpcióra gyakorolt hatását, melyek 2017 szeptember 4 és 10 között következtek be.

Az ionoszféra abszorpciójának meghatározására a legelterjedtebb műszerek az úgynevezett riométerek (Relative Ionospheric Opacity meter), amelyek bizonyos frekvenciákon (általában ~ 30 MHz) mérik a kozmikus rádió zajt magasabb földrajzi szélességeken ($>60^\circ$). A finn riométer állomáshálózat által mért, és az amplitúdó módszerrel észlelt abszorpciós változásokat összehasonlítottuk a NOAA D-RAP modell által meghatározott értékekkel ugyanezen 13 napkitörési esemény során [2]. Az X-osztályú flarek 1,5-2,5 dB csillapodást okoztak 30-32,5 MHz-en a riométerek adatai alapján, míg az ionoszondák által mért amplitúdó adatok szerint az abszorpciós változások 10-15 dB között voltak a 2,5-4,5 MHz-es frekvenciatartományban (tehát 10-szer nagyobbak). A D-RAP modell által előre jelzett értékek összehasonlítása a megfigyelt amplitúdó és riométer adatokkal azt mutatja, hogy a modell alábecsüli a napkitörések (röntgen sugárzás) által okozott ionoszférikus abszorpciós változásokat, míg a nagyenergiájú részecskék elnyelésre gyakorolt hatását túlbecsüli magasabb szélességeken.

Egy további ígéretes módszer az ionoszondák „riométer módban” történő alkalmazása, amikor a magasabb frekvencia tartományban (10-30 MHz) „füleljük” a rádió zajt. E módszer kidolgozását, és kalibrálását tűztük ki célul a 2025-ben induló STARTING pályázatban. Az előadásban az első eredmények is bemutatásra kerülnek.

[1] Buzás et al. Front. in Astron. Space Scienc. <https://doi.org/10.3389/fspas.2023.1201625>

[2] Barta et al. Remote Sens. <https://doi.org/10.3390/rs16213975>

Terjedő ionoszféra zavarok megfigyelése egy frontrendszer átvonulása során Európa felett 2023 Augusztusában

Barta Veronika (1), Buzás Attila (1,2), Berényi Kitti Alexandra (1,2)

(1) HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet, (2) HUN-REN-ELTE Űrkutató
Kutatócsoport

Intenzív troposzférikus események (pl. jet-front rendszerek és konvekció) légköri nehézségi hullámokat generálhatnak, amelyek felfelé terjedve elérhetik a termoszféra-ionoszféra rendszert, és hullámszerű anomáliákat, úgynevezett terjedő légköri/ionoszféra zavarokat (Travelling Atmospheric/Ionospheric Disturbances - TADs/TIDs) okozhatnak. Jelen poszter fő célja a 2023. augusztus 25. és 29. között a kontinentális Európán áthaladó, intenzív konvekcióval kísért jet-front rendszer során fellépő TID-aktivitás bemutatása. Az vizsgált időszak geomágneses szempontból nyugodtnak tekinthető. A vizsgálat során több megfigyelési módszer adatait használtuk: hét európai állomás ionoszonda méréseit, a csehországi Continuous Doppler Sounding System - CDSS észleléseit, valamint a földi globális navigációs műholdrendszer vevőkészülékei által szolgáltatott teljes elektrontartalom (TEC) méréseket.

A legintenzívebb TID-aktivitást az ionogramokon, az egyes állomásokon mért TEC és a CDSS adatok alapján augusztus 27-én napközben figyeltük meg, amikor a jet-stream áramlás elérte a legnagyobb sebességét (~ 200 km/h) a kontinentális Európa felett. Terjedő ionoszféra zavarokat más időszakokban is megfigyeltünk, amelyek helye és ideje jó összefüggést mutatott helyi zivatarokkal, és egy Csehország felett kialakult Mezőléptékű Konvektív Rendszerrel. A megfigyelt hullámszerű anomáliák domináns periódusai 15 és 70 perc között váltakoztak, ez alapján a közepes méretű TID-ek tartományába estek. A poszter a HUN-REN FI T-FORS Horizon Europe projektben végzett legfontosabb tevékenységét foglalja össze.

ICME terjedés a külső helioszférában

Bebesi Zsófia (1)

(1) HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont Részecske- és Magfizikai Intézet

Az interplanetáris koronakidobódások (ICME-k) terjedési sajátosságainak és szerkezeti változásainak vizsgálata alapvető fontosságú a napszél globális dinamikájának és az űridőjárási hatások megértésében. Az ICME-k hatásai és propagációs sajátosságai a belső helioszférában végzett in situ mérések alapján már jól ismertek, azonban a helioszféra külső tartományaiban végbemenő átalakulásaik egyelőre kevésbé vizsgálhatók. Az ICME-kre jellemző mágneses térszerkezet a Naptól távolodva jelentős torzuláson megy keresztül, amelyet gyakran más napszél-struktúrákkal való kölcsönhatások, és a lökéshullámfrontok összeolvadásai kísérnek. A Forbush-csökkenések, és a szoláris eredetű nagyenergiájú részecskék észlelései is értékes információkat nyújtanak az ICME-k időbeli nyomon követésére vonatkozóan.

Több űrszonda méréseinek felhasználásával statisztikai és esettanulmány-alapú megközelítések kerülnek alkalmazásra az ICME-k dinamikájának és terjedési tulajdonságainak vizsgálatára. A Szaturnusz és környezete különösen érdekes vizsgálati célpont, mivel a Cassini űrszonda több mint 13 évnyi mérést végzett a térségben, amelynek során számos űridőjárási eseményt megfigyelhettünk. Ezek közül néhányat korábbi tanulmányokban már kapcsolatba hoztak szoláris eseményekkel, amelyeket más (a kiváltó ICME szempontjából kedvező pozícióban tartózkodó) űreszközök adataival korreláltatva sikerült a belső helioszféráig visszakövetni. Az ilyen elemzések révén tovább pontosíthatók az ICME-k hosszú távú propagációjára és a napszél dinamikájára vonatkozó modellek, különös tekintettel azok szerkezeti evolúciójára a külső helioszférában. A jelen tanulmányban a Szaturnusznál a Cassini napszélben végzett mágneses tér- és töltött részecske-méréseinek felhasználásával - részben gépi tanulmányos módszerekkel - kerestük meg az ICME lökéshullámfrontokat, azokra az időszakokra összpontosítva, amikor a Szaturnusz magnetoszférája erősebb kompressziót mutatott.

Egyedülálló szubaurorális és aurorális állapotok a közepes szélességű ionoszférában Európa felett a 2024 májusi szupervihar alatt

Berényi Kitti Alexandra (1,2), Barta Veronika (2), Szárnya Csilla (2),
Buzás Attila (1,2,3), Heilig Balázs (2,3)

(1) HUN-REN ELTE Űrkutató Kutatócsoport, (2) HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet, (3) ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Geofizikai és Űrtudományi Tanszék, Űrkutató Csoport

A közepes és az alacsonyabb közepes szélességű ionoszféra 2024 májusi szuperviharra adott válaszát vizsgáltuk földi telepítésű és műholdas adatokkal. Ezidáig még nem megfigyelt aurorális ionoszféra struktúrákat figyeltünk meg a geomágneses vihar főfázisában az éjszakai órákban Sopron és San Vito Digiszonda állomás adataival. Ezeket a különleges észleléseket optikai all-sky kamera felvételek is megerősítették. További vizsgálataink megállapították, hogy ezen események az aurorális ovális és ezzel egyidejűleg a közepes szélességű ionoszféra vályú extrém egyenlítő felé való mozdulásával függöttek össze. Ennek eredményeképpen a közepes szélességű ionoszféra magára a vályúra korlátozódott. Emellett három ionoszféra réteg felemelkedési fázist azonosítottunk a vihar fő és korai felépülési fázisában, melyek mind más mechanizmushoz köthetőek. Május 11-én a korai felépülési fázis nappali óráiban még eddig soha nem regisztrált időtartamú (7 órás) ionoszféra réteg eltűnés következett be, melyet a Swarm adatok is megerősítettek. Ez a jelenség főként a csökkent O/N₂ aránynak és az ionoszférikus zavart dinamó elektromos tér (Disturbed Dynamo Electric Field- DDEF) jelenlétének volt köszönhető, melyet segíthetett a szokatlan nagyságú háttér röntgen sugárzás okozta abszorpció.

Elektromos eredetű légköri fényjelenségek megfigyelése űrhajósok által a Nemzetközi Űrállomásról - eredmények és nyitott kérdések

Bór József (1), Navin Dwivedy (1)

(1) HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet

A légköri elektromosság folyamatainak a megismerését és elemzését a kapcsolódó fényjelenségek közvetlen optikai észlelhetősége nagymértékben támogatja. A troposzférában a jól látható villámok és koronakisülések a kezdetektől inspirálják a tudományos kutatómunkát. A zivatarfelhők tetején, illetve a sztratoszférában és a mezoszférában kialakuló kisülési fényjelenségek hivatalos felfedezése csupán kb. 35 éve történt egy sarki fény optikai megfigyelési kísérlet során véletlenül. Ez egy teljesen új irányt nyitott meg a légelektromos kutatások területén belül. Hamarosan nyilvánvalóvá vált, hogy a világűrből kifejezetten előnyös ennek a jelenségkörnek az optikai megfigyelése - köszönhetően a mindig akadálytalan rálátásnak, a kisebb légköri spektrális torzításnak, az egyszerre megfigyelhető terület kiterjedtségének és az űrjármű pályájától függő, de összességében mindenképpen globális léptékű területi lefedettségnek.

A folyamatosan, alacsony Föld körüli pályán (370–460 km-es magasságban) keringő Nemzetközi Űrállomás (International Space Station - ISS) kézenfekvő lehetőséget kínál az ilyen megfigyelésekhez, amelyet ki is használnak. Az ISS-en jelenleg is folyik a kifejezetten felhők feletti elektromos eredetű fényjelenségek észlelése, pl. rögzített platformról. A rögzített kamerás megoldáshoz képest lényegesen produktívabbak az űrhajósok által végzett megfigyelések, ahol a pálya mentén előforduló zivataros területeket, mint megfigyelési célpontokat előre jelzik és így az asztronauta ezek aktivitását rögzítheti kihasználva az ISS Kupola ablakai által biztosított kiváló rálátást.

Az emberi közreműködéssel végzett megfigyelések ugyanakkor rendkívül költségesek, így bár már sor került néhány ilyenre, de eddig mindenesetre nem sokra. Az előadás áttekinti az eddigi, űrhajósok által főleg az ISS-ről végzett és a légkör elektromos eredetű optikai fényjelenségeinek vizsgálatát célzó megfigyelési kísérleteket és a kapcsolódó tudományos projektek közzétett tapasztalatait. Ezek tükrében olyan tudományos kérdéseket azonosítunk, amelyek további hasonló küldetésekkel megválaszolhatók.

Pc1-es geomágneses pulzációk térbeli eloszlásának vizsgálata a Swarm műholdak mágneses mérései alapján

Bozóki Tamás (1,2), Heilig Balázs (1,2)

(1) HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet, (2) HUN-REN ELTE Űrkutató Kutatócsoport

A Pc1-es geomágneses pulzációk a 0,2-5 Hz-es frekvenciatartományt fedik le, és legfontosabb forrásuk a magnetoszférában keletkező elektromágneses ion-ciklotron (EMIC) hullámok. A magnetoszférában az EMIC hullámok fontos szerepet játszanak a sugárzási övek relativisztikus elektronjainak, valamint a gyűrűáram energikus protonjainak a kicsapódásában hullám-részecske kölcsönhatás révén. A mágneses erővonalak mentén az ionoszférába érkező transzverzális EMIC-hullámok kompressziós hullámokat kelthetnek, melyek nagy távolságokat képesek megtenni az ionoszférikus hullámvezetőben. A felső ionoszférában mind a transzverzális (magnetoszférából érkező EMIC), mind a kompressziós Pc1-es hullámok tanulmányozhatóak LEO pályán végzett mágneses mérések segítségével.

Nemrég egy új adatterméket fejlesztettünk ki az ESA Swarm misszója számára a Pc1/EMIC hullámok automatikus detektálására és jellemzésére műholdas mágneses mérések alapján. Ennek az adatrendszernek a segítségével vizsgáltuk a Pc1/EMIC hullámok térbeli eloszlását a plazmapauza ionoszférikus talppontjának proxyjaként használható közepes szélességű plazmavályú (midlatitude ionospheric trough) helyzetéhez képest. Bemutatjuk, hogy az éjszakai oldalon a Pc1/EMIC hullámok túlnyomó többsége a plazmaszférán belül figyelhető meg, és hogy a Pc1/EMIC hullámok térbeli eloszlása szorosan követi a plazmapauza helyzetének egyenlítő felé történő elmozdulását geomágnesesen aktív időszakokban. Mindez alátámasztja a plazmapauza fontos szerepét ezeknek a hullámoknak a keletkezésében és/vagy terjedésében.

Geostacionárius pályáról történő műholdas villámmegfigyelés immár Európára és Afrikára is

Bozóki Tamás (1,2), Németh Kolos (1), Sántori Gabriella (1), Steinbach Péter (2,3), Herein Máttyás (1,4), Bór József (1)

(1) HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet, (2) Eötvös Loránd Tudományegyetem Geofizikai és Űrtudományi Tanszék, (3) HUN-REN ELTE Űrkutató Kutatócsoport, (4) HUN-REN ELTE Elméleti Fizikai Kutatócsoport

Az EUMETSAT 2022. decemberében felbocsátotta harmadik generációs geostacionárius meteorológiai műholdcsaládjának (MTG) első tagját (Meteosat-12), amely a várakozások szerint forradalmasítani fogja az időjárás-előrejelzést Európában, és lehetővé teszi a változó légkör, földfelszín és óceánok eddigieknél sokkal pontosabb megfigyelését. Mindezekhez nagyban hozzájárul, hogy az MTG műholdakat villámészlelő rendszerrel is felszerelték, így az amerikai (GOES-R) és az ázsiai (FengYun-4) szektorok után immár Európára és Afrikára is elérhető a folyamatos műholdas villámmegfigyelés. 2024. júliusától ezek az adatok szabadon hozzáférhetőek a kutatói közösség számára, amely a lehetőségek széles tárházát nyitotta meg a villámokhoz kapcsolódó kutatások területén. Az előadásban áttekintjük, hogy milyen felhasználási területei lehetnek ezeknek az adatoknak, valamint bemutatunk néhány előzetes összehasonlítást MTG adatok és földfelszíni villámészlelések között. A HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézetben több évtizedes múltja van Afrika villámtevékenységének extrém alacsony frekvenciás (ELF) elektromágneses hullámmérések segítségével történő vizsgálatának, amely a Nagycenkhez közeli Széchenyi István Geofizikai Observatóriumban (SZIGO) és más európai partnerintézményekben folyó ELF mérések feldolgozásán alapul. Az MTG adatok megjelenése elősegíti, hogy új szemszögből vizsgáljunk meg korábban leírt jelenségeket, jobban megértsük az ELF mérések és a villámtevékenység közötti kapcsolatot, és hogy mindezek alapján jobban kiaknázzuk a villámtevékenység, mint a Meteorológiai Világszervezet (WMO) által azonosított alapvető klímáparaméter tanulmányozásában rejlő lehetőségeket.

Gépi tanulási módszerek az (űr)tudományban: az AI nagykövet program első féléve a FI-ben

Bozsó István (1)

(1) HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet

A HUN-REN AI nagyköveti programja 2024 szeptemberében indult el, melynek keretén belül minden HUN-REN kutatóközpontban vagy kutatóintézetben egy vagy több mesterséges intelligencia (artificial intelligence) AI nagykövet lett kinevezve. A nagykövetek feladata a kutató közösség tájékoztatása a legfrissebb AI eszközök elérhetőségéről és azok legjobb használatáról, a HUN-REN-en belüli AI szolgáltatások fejlesztésének folyamatáról, továbbá a kutatóhálózaton belüli jó-gyakorlatok gyűjtése és megosztása. Az AI nagykövetek támogatják a kutató kollégákat különböző gépi tanulási módszerek alkalmazásának elsajátításában és a módszerek integrálásában a mindennapi alkalmazásokba. Ha kell konzultálnak és tanácsot adnak AI módszerekkel kapcsolatban és továbbítják a kollégák igényeit a HUN-REN központ felé.

Az AI módszerek a tudományban előforduló két nagy tevékenységi kört képesek támogatni. Egyrészt megfelelő AI eszközökkel lehetséges egy adott téma legfrissebb irodalmának felkeresése és összefoglalása, és az eszköz által felderített cikkek, előadások mélyreható elemzése, továbbá a generatív AI eszközök segíthetik a jelentések és pályázati anyagok megírását. Másfelől a gépi tanulási módszerekkel lehetséges emberi szakértőt igénylő, de repetitív, kreatív gondolkodást nem igénylő, feladatok kiváltása; sokrétű és nagy dinamikájú adatokkal rendelkező adatrendszerekben mintázatok felismerése.

Bemutatómban saját, mint AI nagyköveti, tevékenységem első féléves eredményeit mutatom be, mely egyrészt jó-gyakorlatként szolgálhat más intézetek, egyetemek, cégek számára, ahol tervezik AI eszközök integrálását, másrészt bemutatja a HUN-REN AI kapacitásait és jelenleg a piacon elérhető különböző AI megoldásokat.

A Piezo1 mechanoszenzitív ioncsatorna szerepe a mikrogravitáció és a protonbesugárzás által kiváltott miogén sejtfolymatokban

Csernoch László (1,2), Gere Áron (1), Szabó László (2), Guti Eliza (2), Szarka Máté (3), Gönczi Mónika (1,2), Dienes Beatrix (1,2)

(1) HUN-REN Debreceni Egyetem Élettani Intézet, Általános Orvostudományi Kar, (2) HUN-REN, Debreceni Egyetem Sejtélettani Kutatócsoport, (3) HUN-REN ATOMKI

Bevezetés: Az egészséges izomműködés elengedhetetlen a megfelelő életminőség fenntartásához, melynek része az izomszövetre jellemző figyelemre méltó regenerációs képesség, amit a szatellita sejtek (izom őssejtek) irányítanak. Sérülés, gyulladás vagy mechanikai terhelés hatására a nyugvó szatellita sejtek aktiválódnak, osztódnak és mioblasztokká differenciálódnak. Ezek a mioblasztok ezután egymással vagy a sérült miotubulusokkal összeolvadnak, ami többmagvú miotubulusok kialakulását eredményezi. A vázizomzat állandó mechanikai stressznek van kitéve, így feltételezhető, hogy a mechanoszenzitív ioncsatornák, mint a Piezo1, amelyek a sejtmembránra ható mechanikai nyomásra vagy feszülésre reagálnak, kulcsfontosságúak lehetnek a vázizomzat működése szempontjából. A fizikai terhelés hiánya - például a súlytalanságnak kitett űrhajósoknál - jelentősen befolyásolhatja az izomerőt, a kondíciót és végső soron az izomszövet regenerációs képességét. Emellett űrutazás során a proton sugárzás is módosíthatja a Piezo1 működését.

Cél: A mikrogravitáció és az ionizáló proton sugárzás hatását vizsgálni az izmok kalciumhomeosztázisára és miogenezisére, valamint a Piezo1 fehérje szerepét elemezni ezekben a folymatokban.

Módszerek: A mikrogravitációt egy inkubátorban elhelyezett RPM (Random Positioning Machine) segítségével szimuláltuk. A miogenezist jellemző markerek, valamint a Piezo1 fehérje expressziójának változásait RT-qPCR, Western blot és immuncitokémia segítségével követtük nyomon. Yoda1 (Piezo1 agonista) által kiváltott intracelluláris kalciumszint-változásokat mértünk ratiometrikus kalciumérzékeny Fura-2 festékkel.

Eredmények: Eredményeink azt mutatják, hogy a mikrogravitáció negatívan befolyásolja a miogenezist. A konfokális mikroszkópia a miotubulusok képződésének lassulását mutatta. Emellett a PIEZO1 mRNS expressziójának csökkenését figyeltük meg a miogenezis előrehaladtával, bár a Western blot elemzés ezzel ellentétes eredményt mutatott. A szimulált kozmikus sugárzás a sejtek életképességét és differenciálódását is csökkentette. A besugárzott sejtek megváltozott intracelluláris Piezo1 eloszlást mutattak, a fehérje jelenléte a sejtmagban is megfigyelhető volt. Ezel párhuzamosan, a Yoda1 által kiváltott kalciumtranziensek szignifikánsan magasabbak voltak a besugárzott sejtekben, mint a kontroll csoportban.

Következtetések: Eredményeink arra utalnak, hogy a mikrogravitáció hatása és a protonbesugárzás nem csak a meglévő izomtömeg csökkenéséhez vezet, hanem negatív hatással van a miogenezisre és a differenciációra is. A Piezo1 fehérje szerepe összetettebb lehet, mint egy egyszerű ioncsatorna, közvetett génexpressziós hatással is bírhat.

Ezt a kutatást az ELKH-DE 11017 és az NKFIH NK-137600 pályázatok támogatták.

Meteorok felszín feletti magasságának mérése szimultán optikai és ionoszondás detektálásokról

Deme Livia Rozália (1,2), Szárnya Csilla (1,3), Barta Veronika (1), Igaz Antal (4), Sárneczky Krisztián (4), Csák Balázs (4), Egei Nóra (4), Vinkó József (4)

(1) HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet, (2) SZTE Fizikai Intézet, (3) ELTE Földtudományi Doktori Iskola, (4) HUN-REN CSFK Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet

Meteorok által az ionoszféra E-rétegében keltett ioncsatornák detektálása lehetőséget biztosít a felsőlégkörben lejátszódó tranziens folyamatok tanulmányozására. A nagycenki Széchenyi István Geofizikai Obszervatórium (SZIGO) DPS-4D típusú ionoszondájával a 2019-es Geminidák aktivitás-maximumának idején 26 olyan meteort sikerült detektálni, amelyek optikai meteorkamerák felvételein is látszóttak. Az optikai kamerák a SZIGO-ban, valamint az ELTE Gothard Obszervatórium (GAO) szombathelyi telephelyén működtek, utóbbiak a Konkoly Meteor Observatory Network (KoMON) tagjaiként. A felvételek átvizsgálása után 2 olyan meteort találtunk, amelyek két különböző helyszínről lettek detektálva. Az optikai felvételek asztrometriájából meghatároztuk ezen 2 meteor pályájának koordinátáit a felsőlégkörben, és ezeket összevetettük a soproni Digiszonda magasságméréseivel. Eredményeink (90 km és 85 km kezdeti magasság) konzisztensek a Digiszonda detektálás alsó határával (kb. 80 km). Mivel a Digiszonda csak virtuális magasságokat tud közvetlenül mérni, az optikai detektálásokról számolt pályák fontos információt jelentenek a Digiszonda magasságméréseinek kalibrációjához. Az ionoszondás és optikai mérésekből származó magasságok összehasonlításából megállapítottuk, hogy a virtuális magasságok korrekciójához elegendő a meteor zenittávolságát megmérni. Az ebből számolható egyszerű geometriai korrekció a virtuális és valódi magasságokat jó egyezésbe hozza a Digiszonda mérési pontosságán (kb. 5 km) belül.

Vektor magnetométer kalibráció

Domján Ádám (1), Merényi László (1), Vereb György Máté (1), Hegymegi László (1), Hegymegi Csaba (1), Szöllősy János (1), Pazonyi János (1), Nagy Péter (1)

(1) MinGeo Kft.

Ebben az előadásunkban a saját fejlesztésű 3-komponenses vektor magnetométerünk kalibrálását fogjuk bemutatni. E kalibrációs eljárás a vektor magnetométert alkalmassá teszi nullteret előállító tekercsrendszerek, berendezések mágneses terének szerkezeti vizsgálatára, és monitorozására.

A vektor magnetométer két egységből áll. Az egyik az elektronikát tartalmazó modul, a másik a földi tér 3 összetevőjét mérő egymásra kölcsönösen merőleges elrendezésű, jobb-sodrású, mágneses szenzorokat magába foglaló test. A magnetométer mérési tartománya ± 62500 nT, a felbontóképessége 0,1 nT, sávszélessége 3 Hz. A magnetométerünk mérési tartománya változtatható.

A kalibrálás során az ellipszoid illesztés módszerét alkalmazzuk. Az illesztéskor a vektor magnetométer szenzorjainak az ofsztetjeit, skála faktorait és a nem-merőlegességi hibáit határozzuk meg.

Ha egy tökéletesen működő vektor magnetométert egy helyben körbe forgatunk, akkor az így nyert x, y, z csatornák nyers mágneses méréseit egy 3 dimenziós x,y,z koordináta rendszerben ábrázolva egy gömb felületét adják ki. Azonban egy nem hitelesített vektor magnetométer esetében a gömb helyett egy elforgatott, 3-tengelyű ellipszoidot fogunk kapni a fenti hibák miatt.

A kalibráláshoz szükséges olyan mérési adatok gyűjtése, ahol a vizsgált vektor magnetométer egy adott helyben szobroz, ám bár eltérő irányokba van forgatva bizonyos rövid időközönként. Ilyen mérés megvalósítása úgy lehetséges, hogy a vektor magnetométert egy mágnesmentes teodolit távcsőjére szereljük, aminek segítségével így azt tetszőleges irányba tudjuk forgatni.

A kalibráló méréseket a MinGeo mágnesmentes tesztelő észleldéjében végezzük. A kalibráláshoz szükséges referencia mágneses totál tér adatokat egy helyi, 5 másodperc mintavételű skalár magnetométerből nyerjük ki. A kalibrálás eredményességét vektor magnetométerből számolt és a referencia totál terek összehasonlításával tudjuk és lehet becsülni. Úgy, hogy megvizsgáljuk, hogy a kalibrált vektor magnetométerből számolt totál tér mennyire egyezik a referencia mágneses totál térrel.

A flerek hatása az ionoszférára geomágneses szempontból nyugodt időszakokban

Erdey Júlia (1,2), Barta Veronika (2)

(1) Eötvös Loránd Tudományegyetem (2) HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet

A kutatásomban a Föld légkörének 50 km és 1000 km közötti ionizált tartományát, az ionoszférát vizsgáltam fler események idején, geomágneses szempontból nyugodt napokon. A flerek hatalmas robbanások a Nap felszínén, amelyek során nagy energiájú röntgen- és EUV-sugárzás éri a Föld környezetét, megnövelve az ionizációt és az elektromágneses hullámok elnyelődésének léptékét (abszorpciót) az ionoszférában. A megfelelő adatokat a pruhonicei cseh ionoszonda (PQ052) ionogramjainak feldolgozása biztosította. Az ionoszféra változásainak mértékét referencianapokhoz képest hasonlítottam, amelyeket minden hónap mediánértékének kiszámításával határoztam meg, 5 perces mintavételi idővel. Az eltérések kiszámítását az f_{min} és $foF2$ paraméterekre végeztem el (df_{min} , $dfoF2$ paraméterek), amelyeket összevettem a fler „geoeffektivitás” paraméterével. A geoeffektivitás paraméter meghatározása során figyelembe vettem a napsugárzás mértékét, a napszöget, valamint a fler napkorongon felvett helyzetét. Az eredmények alapján a df_{min} és a flerek „geoeffektivitás” paramétere között szignifikáns, körülbelül 0,7-es pozitív korreláció mutatkozott, ami azt jelzi, hogy a flerek az alsó ionoszférában bekövetkező ionoszférikus abszorpcióra jelentős hatást gyakorolnak. Ezzel szemben a $dfoF2$ esetében a „geoeffektivitás” paraméterrel való korreláció gyenge és inkább negatív (~ 0), ami arra utal, hogy a flerek hatása az F2 réteg ionizációjának mértékére elhanyagolható, még geomágneses szempontból nyugodt időszakokban is.

Bolygóközi lökeshullámok terjedése a belső helioszférában

Facskó Gábor (1,2), Lkhagvadorj Munkhjargal (3), Opitz Andrea (2),
Kovács Péter (2), Sibeck David (4)

(1) Pécsi Tudományegyetem Természettudományi Kar Matematikai és Informatikai Intézet, (2) HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont Úrfizikai és Űrtechnikai Osztály, (3) Eötvös Loránd Tudományegyetem Fizika Doktori Iskola, (4) NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, Amerikai Egyesült Államok

A bolygóközi (IP) lökeshullámok a helioszféra egyik meghatározó dinamikus jelenségei. Képesek a részecskéket nagy energiákra gyorsítani, plazmahullámokat generálni, valamint geomágneses viharokat kiváltani a Föld magnetoszférájában, ezzel jelentős hatást gyakorolva a technológiai infrastruktúrára.

Ebben a tanulmányban két IP lökeshullám-eseményt választottunk ki, hogy megvizsgáljuk a lökeshullám paramétereinek időbeli változásait a STEREO-A és B, a Wind, a Cluster műholdflotta, valamint az Advanced Composition Explorer űreszköz magnetométeres és ionplazma-mérései alapján. A lökeshullámok normálvektorait a minimum variancia analízis és a mágneses coplanarity módszerekkel határoztuk meg.

A 2007. május 7-i esemény során a lökeshullám paramétereit és a normális iránya minden egyes űreszköz áthaladásakor következetes maradt. A lökeshullám felszíne közel azonos mértékben dőlt, mint a Parker-spirál, és a lökeshullám forrása egy korotáló kölcsönható régió (CIR) lehetett.

A 2007. április 23-i esemény során a lökeshullám paramétereit nem változtak jelentősen, kivéve a lökésszöget (θ_{Bn}). Azonban az IP lökeshullám alakja csavartnak tűnt a Nap–Föld vonalra merőleges irányban is. Ennek a hullámzott lökeshullámnak a forrása szintén egy korotáló kölcsönható régió (CIR) volt.

Egy évtized felszínmozgása Kolozsváron: városi terjeszkedés és földtani hatások Sentinel-1 PSI adatok alapján

Farkas Péter (1)

(1) Geo-Sentinel Kft

Kolozsvár Románia második legnépesebb városa, amely dombos környezetben, a Kis-Szamos partjára épült. A város urbanizációja az elmúlt évtizedekben rohamosan haladt előre, a város területe 30 év alatt több mint kétszeresére nőtt, így a város határai elérték a szomszédos, akár 26%-os meredekségű, földcsuszamlásra hajlamos dombokat is. Ebben a vizsgálatban a Kolozsvár térségében zajló felszín deformációk állandó szórópontos műholdradar-interferometria (PSI) vizsgálatának eredményeit mutatom be.

A PSI feldolgozást több mint 10 évnyi Sentinel-1 adat felhasználásával végeztem el, a Gamma szoftver Interferometric Point Target Analysis modulja segítségével, az eredmények értelmezéséhez helyi geológiai információk nyújtottak segítséget. A folyamatok megértéséhez az alapos elemzés elengedhetetlen, mivel sokféle deformáció van jelen, gyakran egymásra rakódva, amelyek a lejtős tömegmozgásokhoz, a talajvíz szivattyúzásához, az üledékek kompaktiójához, az ipari tevékenységekhez, a bányászathoz, az útépitéshez kapcsolódó földmunkákhoz, stb. kapcsolódnak. Az eredmények jelentős mozgásokat mutatnak a város szélén lévő, nemrégiben beépített területeken, amelyeket gyakran a felsorolt antropogén tevékenységek és a geológiai körülmények együttes hatása okoz.

Jelen munka felhívja a figyelmet a lokális vizsgálatok szükségességére: habár az országos léptékű, sőt az egész kontinenst lefedő térképek megfelelő eszközök nagy területek feltérképezéséhez, de az eredmények naprakészebbek, a feldolgozás részletei jobban igazodnak a régióhoz és a felhasználói igényekhez, pl. a helyben kiválasztott referencia felhasználásával és a paraméterek kutatási célokhoz való igazításával. A pontosan feltérképezett és számszerűsített felszín deformációk, továbbá a helyi ismeretek, helyi szakértők és kiegészítő mérési adatok bevonásával végzett részletes elemzés felhasználhatók a geológiai folyamatok jobb megértéséhez és a terület városfejlesztési kockázatainak felméréséhez. Az észlelt lejtőinstabilitások, süllyedések vagy kiemelkedések jelentős hatással lehetnek az épített környezetre, és fontos, hogy ezeket az új épületek és infrastruktúrák tervezésénél és kialakításánál is figyelembe vegyék.

A magyar részvétel eredményei és tapasztalatai az európai optikai műhold- és űrszemét követési projekt (EON) három éve során (2022-2025)

Hegedüs Tibor (1,2), Jäger Zoltán (1), Kereszty Zsolt (2), Stefania Wolf (2,3)

(1) Szegedi Tudományegyetem Bajai Obszervatórium (2) AstroTech KFT, (3) Sybilla Technologies Spółka z.o.o., Bydgoszcz, Lengyelország

Baja 2021. júniusában csatlakozott a lengyel (Sybilla Technologies) koordinálású EON nemzetközi optikai műhold- és űrszemét megfigyelő hálózathoz ESA pályázati támogatással. A teljesen automatizált és távirányítható, a nemzetközi hálózatban PAN-8 kóddal nyilvántartott műszerkomplexum 2022. július végén érkezett az SzTE Bajai Obszervatóriumába, és augusztustól kezdte meg működését és a mai napig kiválóan teljesít. Az EON projekt az eredetileg tervezett futamidejének némi meghosszabbításával idén, 2025-ben fog zárulni. Az eltelt három év tapasztalait, eredményeit, érdekességeit mutatja be poszterünk. A projekt sikerességét mutatja, hogy az ESA által elvárt 500 óra tiszta észlelési időnek több, mint dupláját teljesítette a bajai állomás (ezzel a hálózat három túlteljesítő állomásának egyike lett, a többi elmaradt az elvárttól), és a szolgáltatott adatok pontossága is az egyik legjobb az EON hálózat 12 állomása között. Az észlelési kampány-időszakok során minden egyes éjszakára a Sybilla által az automatikus állomások számára kifejlesztett előrejelző programmal 15 perces idősávokra osztott észlelési terv lett legenerálva. A célobjektumok az ESA által létrehozott listáról az adott észlelőhelyről az adott éjszaka látható vonulást produkáló műholdak és űrszemét testek közül kerültek kiválasztásra. A részben vagy teljesen derült éjszakák során a műszer komplexet vezérlő ABOT szoftver (szintén Sybilla fejlesztés) hajtotta végre az észlelési tervet. Egyes rendkívüli alkalmak során fontos események rögzíthetősége miatt riasztásos alapon terven felüli objektumokat is megfigyeltünk. Az egy-egy éjszaka során akár 10 ezret is megközelítő egyedi fényképfelvételek asztrometriai kiértékelése a mozgó távcső miatt "csíkot húzó" háttéresillagok miatt szofisztikált feldolgozó eljárást igényel, ezt az EON program számára kifejlesztett data pipeline az észlelések másnapjára elvégezte, és az eredményeket tartalmazó adatsomagokat feltöltötte az ESA rendszerébe. Ezek legfontosabbikái az adott űrobjektum észlelt vonulásának koordináta-idősorát tartalmazó TDM formátumú adatfile-ok. Egy-egy hosszú éjszaka során akár 40-nél is több átvonulást követtünk, és ezekből összességében több száz egyedi pozíció-adat került meghatározásra, amikből a szomszédos állomások adataival kombinálva a megfigyelt űrobjektum pillanatnyi pálya elemeit lehetett meghatározni, ezzel segítve a hasznos űrforgalom-, és az azt veszélyeztető űrszemét ütközések kockázatainak kontrollját. A program kiterjesztése 2024-től kezdve elindult EON-HUN néven, amely egy új, speciális távcső beszerzését, és az ezzel elérhető többszín-fotometriával bővíti a műhold- és űrszemét megfigyelés magyarországi aktivitását, ami az ESA SST osztálya számára kiemelt fontossággal bír.

A 2024. májusi szupervihar hatása a plazmaszférában

Heilig Balázs (1,2), Lichtenberger János (2,3), Barta Veronika (1), Berényi Kitti (3), Pásztor Szilárd (2)

(1) HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet (2) ELTE Földrajz- és Földtudományi Intézet, Geofizikai és Űrtudományi Tanszék, Űrkutató Csoport (3) HUN-REN ELTE Űrkutató Csoport

A klasszikus megközelítésben a plazmaszférát az ionoszféra pusztá kiterjesztésének tekintik a geomágneses erővonalak mentén. Napközben az ionoszférából töltődik fel erővonalmenti diffúzió, éjszaka pedig hasonlóképp oda ürül vissza. A plazmaszférának ez a nyugodt napi 'lélegzése' háborgatott, viharos időszakokban drasztikusan megváltozik. A megnövekedett globális konvekció, valamint a szubviharokhoz kapcsolódó folyamatok ilyenkor jelentősen erodálják a plazmaszférát, mintegy lehámozva és elsodorva annak külső rétegeit. Ez az eróziós folyamat alapvetően a fellépő, megerősödő elektromos terek okozta elektromos drifthatások következménye.

A valóságban végbemenő folyamatok a magnetoszféra és az ionoszféra közötti csatolási és visszacsatolási mechanizmusok révén ennél a klasszikus képnél jóval összetettebbek. A 2024. májusihoz hasonló extrém események kitűnő lehetőséget kínálnak a Föld körüli plazma bonyolult viselkedésének tanulmányozására. Az EMMA magnetométerlánc mentén végzett geomágneses erővonal-rezonancia-megfigyelésekből származtatott plazma tömegsűrűségek lehetővé teszik a plazmaszféra extrém viselkedésének vizsgálatát az említett és az ahhoz hasonló szuperviharok során.

A 2024. májusi vihar főfázisában a plazmavályú a vártak megfelelően gyorsan kiürült, azonban az addigra drasztikusan összehúzódó plazmaszféra mélyebb rétegeiben a vihar főfázisának végére rendkívül a plazmasűrűség rendkívüli mértékben megnőtt. Mindez éjszaka történt, amikor a plazmaszféra kiürülése a várható viselkedés. A folytatás is szokatlanul alakult. Míg a vihar visszatérési fázisának korai szakaszában a plazmapauzán kívül kezdetét vette az ilyenkor várható fokozatos visszatöltődés, a plazmaszféra mélyén a plazmasűrűség a kezdeti rendkívül magas értékről indulva a nap folyamán végig csökkent. Ez a viselkedés az éjszakai kiürülésre jellemző, nappal meglehetősen szokatlan. A fokozatos csökkenést a kora délutáni órákban egy hirtelen sűrűségcsökkenés követte.

A plazmapaszféra mélyen bekövetkezett változások nem magyarázhatók pusztán a diffúzióval. Az extrém plazmaszférasűrűségek kialakulása egybeesett az ionoszféra elektromos drift és a semleges légköri meridionális szelek hatására bekövetkezett kiürülésével. Mindez arra mutat, hogy mindezekkel a hatásokkal a plazmaszférában is számolni kell, nélkülük nem érthető meg a többszörösen összetett, csatolt rendszer dinamikája.

SERF Magnetométerek az űrkutatásban: lehetőségek és kihívások

Heim Teodóra (1), Bocsó Noémi (2), Bebesi Zsófia (1), Kovács Péter (1),
Lemperger István (3), Erdős Géza (1)

(1) HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont Részecske- és Magfizikai Intézet, (2) Budapesti
Műszaki Egyetem, (3) HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet

Az ultraérzékeny Spin-Exchange Relaxation-Free (SERF) magnetométerek extrém alacsony mágneses térben működnek optimálisan. Ennek kapcsán az űrkutatás terén is felmerült lehetséges alkalmazhatóságuk, például az űreszközök mágneses tisztaságának vizsgálatában. A SERF magnetométerek űrbeli alkalmazása jelenleg még több technológiai kihívással is szembesül. A SERF magnetométerek nem megfelelőek gyorsan változó mágneses terek detektálására, mivel ezek megzavarhatják az érzékenységet, ami korlátozhatja alkalmazásukat mozgó platformokon, például műholdakon vagy űrszondákon. Továbbá, az érzékelők hőmérsékleti ingadozásokra való érzékenysége szintén befolyásolja az eszközök teljesítményét, különösen az űrbeli körülmények között.

A rendelkezésünkre álló SERF magnetométerekkel több kísérletet is végeztünk, egyrészt a nemrégiben átadott fertőbozi Nulltér Laboratóriumban (ZBL), valamint két Twinleaf MS-2 mágneses árnyékoló kamrában. A ZBL ideális környezetet biztosít olyan precíziós mágneses mérésekhez, amelyek során minimalizálni lehet a külső mágneses zavarokat. Méréseinkkel a SERF magnetométerek stabilitását és érzékenységét vizsgáljuk, valamint igyekszünk hozzájárulni a ZBL kalibrációs folyamatainak eredményességéhez is.

Bár a jelenlegi SERF magnetométerek közvetlen űrbeli alkalmazása még jelentős fejlesztéseket igényel, folyamatos kutatások zajlanak annak érdekében, hogy ezek az eszközök szélesebb körű alkalmazhatóságát biztosítsák. A legújabb eredmények azt mutatják, hogy megfelelő módosításokkal ezek az eszközök akár nagyobb mágneses terekben is működőképesek lehetnek.

A RadMag műszercsalád bemutatása és szemeztetés a RADCUBE műhold fedélzetén végzett mérések eredményeiből (2021-2024)

Hirn Attila (1), Pinczés Patrik (1), Zábori Balázs (1)

(1) HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont, Atomenergia-kutató Intézet

Napjainkban elképzelhetetlen az élet anélkül, hogy közvetve vagy közvetlenül ne támaszkodnánk a különféle globális műholdas rendszerekre. Ez azt is jelenti, hogy az emberiség minden eddiginél nagyobb mértékben ki van téve a világűrbeli származó káros hatásoknak. A Föld körüli térség állapota a Nap időben változó aktivitásának köszönhetően jelentős mértékű és sokszor váratlanul változásokat mutat. Ahhoz, hogy e változások hatásait az űrbéli és a földi infrastruktúrákra előre tudjuk jelezni elengedhetetlen, hogy a Föld körüli térség különböző pontjaiban folyamatos méréseket végezzünk. Az Európai Űrügynökség (ESA) űrbiztonsági programja keretében a HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont Űrkutatási Laboratórium egy olyan új műszercsalád fejlesztésére vállalkozott (RadMag), amellyel a kozmikus sugárzási tér összetételének, spektrumának mérésével párhuzamosan a mágneses tér változásait is nyomon lehet követni, sőt egyéb, külső műszerek koordinálására is alkalmas, így pedig lehetőség nyílik egy összetett, az űridőjárás-mérést megvalósító műszercsalád összeállítására, melyet az ESA modulárisan kezelhet az éppen aktuális küldetés igényeinek megfelelően. Az egyik legfontosabb szempont az volt, hogy a műszernek lehetőség szerint minimális legyen az erőforrás- és költségigénye, miközben megfelel akár a nagyműholdas adaptáció követelményeinek is, hogy minél több ESA-küldetésben repülhessen egyfajta „potyautasként” vagy akár a fedélzeti rendszer teljes jogú részeként. Végeredményben egy olyan műszer-koncepció született, amely a minimális konfigurációban akár egy nanoműholdszabványnak megfelelő, egy-másfél egységnyi térfogatba és tömegbe is beférhet (egy nanoműhold egység $10 \times 10 \times 10$ cm³ térfogatnak és 1,33 kg tömegnek felel).

A RadMag első, még demonstrációs célú változata 2021-2024 között a RADCUBE műhold fedélzetén végzett méréseket alacsony Föld körüli napszinkron pályán, előadásunkban többek között ezek eredményeiből szemeztetünk. Eredményeinket a hasonló időben és pályán mérő Eu:CROPIS RAMIS műszerének adataival hasonlítjuk össze. A jelenleg fejlesztés alatt álló műszeregyüttes első repülési lehetősége az ESA AURORA műholdkonstellációján lesz. Az első műhold felbocsátására a tervek szerint még ennek az évtizednek a vége előtt sor kerül. A program elsődleges célja a sarki fény folyamatos megfigyelése és átfogó vizsgálata UV-tartományban. Előadásunkban bemutatjuk a RadMag rendszer főbb elemeit, azok jellemzőit, a várható mérési képességeit.

A RADCUBE program az ESA 4000117620/16/NL/LF/as és 4000120860/17/GLC/as sz. szerződések keretében valósult meg. A D3S-RadMag fejlesztését az ESA 4000124572/18/NL/CBi és 4000142147/23/D/MRP sz. szerződések keretében végeztük, illetve végezzük. Az AURORA küldetés B1 fázisának munkáiban az ESA 4000143083/23/D/AP sz. szerződés keretében veszünk részt. A fentiekben kifejtett nézetek és vélemények azonban kizárólag a szerző(k) nézetei és véleményei, és nem feltétlenül tükrözik az ESA nézeteit és véleményét.

Áramlásvezérelt csapadékképződés modulált gravitációs körülmények között

Horváth Dezső (1), Sütő István (2), Schuszter Gábor (2), Tóth Ágota (2), Schlereth Patrick (3,4), Schwarzenberger Karin (3,4), Eckert Kerstin (3,4)

(1) Szegedi Tudományegyetem, Alkalmazott és Környezeti Kémiai Tanszék, (2) Szegedi Tudományegyetem, Fizikai Kémiai és Anyagtudományi Tanszék, (3) Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, Drezda, Németország (4) Technische Universität Dresden, Drezda, Németország

Szilárd kalcium-karbonát képződését vizsgáltuk áramlásvezérelt körülmények között, melyek során nátrium-karbonát-oldatot fecskendeztünk be kalcium-klorid-oldatot tartalmazó, kvázi két térbeli dimenziós Hele-Shaw reaktorba, valamint egy négyzet alakú kapillárisba. Az áramlási körülményektől és a kémiai összetételtől függően három karakterisztikus csapadékmintázatot azonosítottunk. A homogén radiális régióban kis reaktánskoncentrációnál viszonylag kevés csapadékképződése mellett az egyedi szilárd részecskék áramlanak a reaktorban. Az aggregációs mintázatok nagy reaktánskoncentrációnál jönnek létre és a permeabilitás változása révén lokális eltömődéseket eredményeznek, míg a membrános alakzatokat a viszkózus ujjasodáshoz hasonló, kolloidális gélszerű csapadékok megjelenése jellemzi. A hajtóerők azonosítása érdekében ezen reakció-diffúzió-advekciós rendszert modulált gravitációs környezetben tanulmányoztuk a 43. DLR parabolarepülési kampány során Bordeaux-ban. A mintázatképződés megfigyelése mellett a kalcium-karbonát azonosítása érdekében in situ Raman spektroszkópiát is alkalmaztunk.

Védekezzünk kisbolygók ellen szimulált napszél roncsolta meteoritokkal

Kereszturi Ákos (1)

(1) HUN-REN CSFK Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet

A Földet becsapódásukkal veszélyeztető kisbolygók megismerése tudományos és gyakorlati szempontból is fontos. Kapcsolódó nehézség, hogy míg a belőlük származó meteoritok üdék és színekük mutatja az ásványiakra jellemző vonalakat, addig a forrás kisbolygók felszíne a kozmikus mállás révén jellegtelen színekpet mutat. Ha sikerül a meteoritokat jobban a kisbolygókhöz kapcsolni, akkor távérzékeléssel azonosított összetételük és egyéb becsült jellemzőik alapján pontosíthatjuk az aszteroidák eredetét, fejlődését, további szerkezeti jellemzők ismerete még az ellenük fejlesztendő védekezési módszereket is segítik. A K_138594 projekt keretében az ATOMKI-ban az átlagos napszélre jellemző 1 keV-os protonokkal besugárzott meteoritok ásványtani átalakulását elemezve elemösszetétel változást, infravörös csúcseltűnést és ezekkel kapcsolatos amorfizációt mutattunk ki. Az eredmények segítenek a kozmikus mállás megértése mellett a tipikus ásványtani átalakulások jellemzésében, és azon színekpi sávok kijelölésében, amelyek a legtovább megmaradnak megfigyelhetők a kozmikus kitettség ellenére. Utóbbiak a jövőben tervezett cubesat küldetések elhelyezett egyszerű és olcsó infravörös detektoroknál alkalmazhatók.

Olvadékáramlás hatása Al-Si ötvözetek kristályosodott szerkezetére

Kócsák Éva (1), Roósz András (2), Rónaföldi Arnold (2), Veres Zsolt (1)

(1) Miskolci Egyetem, Fémteni Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, (2) HUN-REN Magyar Kutatási Hálózat

Kulcsszavak: eutektikum; mágneses keverés; kristályosodás; olvadék áramlás

Az Európai Űrügynökség (ESA) 1998-ban indította a MICAST (Microstructure Formation in Casting of Technical Alloys under Diffusive and Magnetically Controlled Convective Conditions) programot, amelyben öt ország közel húsz kutatóhelye között a Miskolci Egyetem anyagtudományi kutatócsoportjának kristályosodással foglalkozó Solidification and Gravity Miskolc University (SGMU) részlege is részt vesz jelenleg is. A kutatási program az olvadékáramlások Al-Si ötvözetek mikroszerkezetére gyakorolt hatásának vizsgálatára fókuszál. A kísérleteket termikusan és mágnesesen szabályozott áramlási körülmények között végezzük, és modern metallográfiai módszerekkel értékeljük ki.

Az elmúlt évtizedek mikrogravitációs körülményei között végzett kutatásai rámutattak a olvadékáramlás fontosságára, és világossá vált, hogy még a legjobb kísérleti elrendezéseknél is, amelyeket a földön alkalmaznak, a maradék áramlások érezhetően megváltoztathatják a mikrostruktúrát, és így nem teszik lehetővé az elméleti előrejelzésekkel való részletes összehasonlítást. Ahhoz, hogy matematikai modelleket alkossunk, szükséges a kristályosodási folyamatok részletes ismerete az olvadék áramlása nélkül és az olvadékáramlás figyelembevételével. A mikrogravitációs kísérletek (az olvadékáramlás minimalizálása) alkalmasak a diffúziós modellek ellenőrzésére, a különböző keveréses kísérletek pedig az olvadékáramlás hatásának kimutatására.

Munkánk során kísérleteket végzünk a Földön és az ISS-en, hasonló kristályosodási paraméterek alkalmazásával. Ezen kísérletek során olvadékból szilárd állapotba kristályosítunk nagy tisztaságú Al-Si ötvözeteket. A kristályosítás során képesek vagyunk változtatni kristályosodási front mozgási sebességét és mágneses keverés segítségével az olvadékáramlás intenzitását. A kész mintákról készült mikroszkopikus felvételeket képelemző program segítségével elemezzük.

Turbulens dinamikai folyamatok vizsgálatának numerikus lehetőségei a magnetoszférában

Kovács Péter (1), Madár Ákos (1)

(1) HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont, Űrfizikai és Űrtechnikai Osztály

Űridőjárásunkat a napszél és a geomágneses rendszer közötti dinamikai kapcsolat alakítja. A kapcsolatban alapvető szerepet játszanak a turbulens folyamatok, amelyek lehetővé teszik a nagy térskálákra érkező elektromágneses energia transzportját a részecskék kis térskálájú termikus energiájává. A turbulens dinamika a napszél és a földfelszín közötti változatos plazmakörnyezet mindegyik területét érintheti. A turbulencia jellege azonban a különböző térrészekben eltérő, illetve a napszélből érkező dinamikai hatások függvényében is jelentős változást mutat. A különbözőségek jellemzésének alapvető módja lehet a turbulencia önhasonló jellegétől való eltérés erősségének és mikéntjének számszerűsítése. Az utóbbi években olyan módszereket dolgoztunk ki, amelyek lehetőséget adnak a turbulens dinamika előfordulásának monitorozására és minőségi jellemzésére a különböző műholdak pályái mentén. A módszerek alapjául a műholdak regisztrátumainak spektrális és speciális, multifraktál analízisei (valószínűség sűrűség függvény, struktúra függvény, multifraktál spektrum analízis) szolgálnak. Módszereinket a több műholdból álló missziók, a Cluster, a Themis, az MMS és a Swarm adataira alkalmazzuk, amelyek a fluktuációk turbulens jellegének vizsgálatát mind időben, mind pedig térben is egyaránt lehetővé teszik. A turbulens jelleg változását nem csak a különböző térrészek mentén, hanem a napszél paramétereinek változása függvényében is vizsgáljuk, hozzájárulva az űridőjárási folyamatok modellezéséhez. A kutatást egy 2025-ben induló ESA pályázatunk támogatja.

JUICE PRIDE: a Vénusz melletti elrepülésére készülő

Krezinger Máté (1,2), Perger Krisztina (1,2), Fogasy Judit (1,2), Frey Sándor (1,2)

(1) HUN-REN CSFK Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet, (2) CSFK, MTA Kiváló Kutatóhely

Az ESA JUICE (Jupiter Icy Moons Explorer) űrszondája 2023 áprilisa óta úton van a Jupiter rendszere felé, hogy ott a nagy jeges holdakat vizsgálja. A JUICE egyik tudományos kísérlete a PRIDE (Planetary Radio Interferometer and Doppler Experiment). Ennek keretében a Földről nagyon hosszú bázisvonalú rádióinterferometriás (VLBI) módszerrel követjük a JUICE szondát, mint mesterséges égi rádióforrást, nagy pontossággal meghatározva annak helyzetét a égen. A pozíció meghatározásához viszonyítási pontokként használható ismert fényes kompakt rádiókvazárok azonban ritkán helyezkednek el. Csoportunk feladata, hogy a JUICE égi útvonala mentén újabb, eddig VLBI-vel még nem észlelt, lehetséges referencia-rádióforrásokat találjunk, így elősegítve a lehető legpontosabb pozíciómeghatározást. A JUICE hosszú naprendszerbeli vándorlásának következő jelentős állomása a Vénusz mellett végzendő gravitációs lendítő manőver lesz 2025 augusztusában. Erre készülő, 18 darab, a JUICE akkori égi útvonalához közeli rádióforrást, mint potenciális fáziskalibrátort figyeltünk meg az Európai VLBI Hálózattal, 8,4 GHz frekvencián. A Vénusznál végzendő PRIDE mérések nem csak kitűnő felkészülési lehetőséget nyújtanak a 2030-as években a Jupiternél adódó feladatokra, hanem hozzájárulhatnak magának a Vénusznak a még pontosabb pályameghatározásához.

Kísérleti bizonyíték plazmaszferikus hissek keletkezésére többugrású whistlerekből és gerjesztett emissziókból

Lichtenberger János (1,2), Szilágyi András (1), Murár-Juhász Lilla (2),
Koronczay Dávid (2), Steinbach Péter (2), Rodger Craig (3), Clilverd
Mark (4)

(1) Eötvös Loránd Tudományegyetem, (2) HUN-REN ELTE Űrkutató Csoport, (3) University of Otago, Dunedin, Új-Zéland, (4) British Antarctic Survey, Cambridge, Egyesült Királyság

A plazmaszferikus hissek eredete még nem ismert teljesen. Több elmélet is létezik, mint például elektromágneses háttérzajok erősítése, kórushullámok terjedése és többszörös visszaverődése a plazmaszférában vagy a villámok által keltett elektromágneses jel spektrumának szétkenődése. Egyik elmélet sincs bizonyítva mérésekkel. Valószínűleg több mechanizmus is létezik és ezek sokszor párhuzamosan működnek.

Az automatikus Whistlerdetektor és Elemző Hálózat (AWDANet, Lichtenberger et al, 2008, JGR) földi mérési adataiban kísérleti bizonyítékot találtunk arra, hogy a hissek whistlerekből és gerjesztett emissziókból keletkeznek. Hosszú sorozatokat észleltünk az AWDANet adatokban, amelyekben többugrású whistlerek vannak és amelyeknek az amplitúdója nagyjából állandó. Ez arra utal, hogy a jelek hullám-részecske kölcsönhatásban energiát kapnak a sugárzási övek energikus elektronjaitól. A többugrású whistlerek egyes komponensei a terjedés során időben átlapolódnak, kialakítva a hiss jeleket. E mellett hasonló folyamat zajlik a gerjesztett emissziók esetében, amelyek szintén az eredeti whistler-jelből keletkeznek.

A hissek jellemzően nem csak geomágneses viharok, hanem nyugodtabb periodusok esetén is kialakulnak.

Ami a keletkezési mechanizmust még érdekesebbé teszi az az, hogy hissek, amelyek többugrású whistlerekből és gerjesztett emissziókból fejlődnek ki, az esetek nagyon nagy részében az AWDANet dunedini állomásán jelentek meg, míg például a Rothera antarktiszi állomáson, ahol a whistlerek gyakorisága másfél nagyságrenddel nagyon, mint Dunedinben, szinte semmit nem találtunk.

Ez az aszimmetria felveti azt a lehetőséget, hogy a tórusz alakúnak feltételezett plazmaszféra és külső sugárzási öv hengersizimetriája bizonyos esetekben sérülhet.

Interplanetáris diszkontinuitások vizsgálata a napszélben több űrszonda méréseinek kombinálásával

Madár Ákos (1), Németh Zoltán (1), Kovács Péter (1)

(1) HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont

A napszél jellegzetes struktúrái a mágneses tér vagy a plazma valamely paraméterének hirtelen változásával járó ún. diszkontinuitások. Ezek közül – gyakori előfordulásuk miatt is – kiemelkedő fontosságúak az úgynevezett direkciós diszkontinuitások (DD-k), melyekre a mágneses tér gyors térbeli elfordulása jellemző. Ezeknek két csoportját különböztetjük meg, a tangenciális (TD) és rotációs (RD) diszkontinuitásokét. Egyik fő különbség köztük, hogy az RD-k a napszél plazmájához képest rendelkeznek egy véges terjedési sebességgel, míg a TD-k azzal együtt sodródnak. A DD-k űrszondás vizsgálata az űrkutatás kezdete óta folyik, azonban bizonyos tulajdonságaik nem határozhatók meg csupán egy magányos űrszonda mérései alapján. Ebben jelentett előrelépést az űrszonda-konstellációk (Cluster, MMS) megjelenése, azonban önmagukban ezek sem adtak választ minden kérdésre. Ilyen nyitott kérdés például a DD-k esetleges terjedése a napszél plazmájához képest, melyet a konstellációk tagjai közötti kis távolság miatt nem tudtak meghatározni és amely segítene a struktúrák osztályozásában.

Vizsgálataink során két időszakban elemeztük a napszélben előforduló direkciós diszkontinuitások tulajdonságait. A Nap-Föld L1 pontjában elhelyezkedő ACE és Wind űrszondák adatait az első időszakban a STEREO-A, míg a másodikban a Solar Orbiter űrszonda méréseivel kiegészítve végeztük el analízisünket. A három űrszondás együttállások a mért plazmasebességgel együtt már lehetővé tették a diszkontinuitások normálisainak háromszögeléssel történő meghatározását. A kiválasztott DD-ket ezután az éppen a Föld lökéshullámán kívül tartózkodó négy Cluster űrszonda is észlelte. Ez már lehetővé tette a beérkezési idő alapján a DD-k terjedési sebességének meghatározását, valamint a normálisok pontosságának ellenőrzését, és így végsősoron a diszkontinuitások eddigieknél pontosabb osztályozását.

BepiColombo - a Merkúr exoionoszférájának vizsgálata magyar tápegységű PICAM ionkamerával

Nagy János (1), Szalai Sándor (2), Vizi Pál Gábor (3)

(1) SGF Kft., (2) HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont, (3) HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont

A BepiColombo az Európai Űrügynökség (ESA) és a Japán Űrügynökség (JAXA) közös űrprogramja, amelynek célja a Merkúr bolygó átfogó kutatása. A 2018-ban indított űrszonda várhatóan 2026 végén áll pályára a Merkúr körül, hogy egy éven keresztül tanulmányozza a bolygó magját, felszínét, mágneses terét és igen ritka légkörét. A küldetés tudományos célkitűzései között szerepel a Naprendszer kialakulásának és a Merkúr egyedi jellemzőinek, mint például a magas sűrűség és a mágneses tér eredetének feltárása.

A Mercury Planetary Orbiter (MPO) fedélzetén található SERENA (Search for Exosphere Refilling and Emitted Neutral Abundances) műszercsomag egyik kulcsfontosságú eleme a magyar részvétellel kifejlesztett PICAM (Planetary Ion Camera) iontömeg-spektrométer, melynek a tápegységét készítettük el.

A PICAM a Merkúr exoionoszférájából származó ionok háromdimenziós sebességeloszlásának és tömegspektrumának mérésére szolgál. A műszer működése egy módosított pin-hole (lyuk-kamera) elven alapul, amely lehetővé teszi az ionok detektálását 2π látómezőben, néhány eV-től ~ 3 keV energiatartományban, és $1 \div 132$ amu tömegtartományban. A PICAM egy körgyűrű alakú résen belépő ionokat ellipszis alakú tükrörről visszaveri, majd elektrosztatikus lencsék és egy repülési idő (Time of Fly - TOF) analizátor segítségével detektálja.

A fejlesztés során még a HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpontban (WFK) dolgozó csoportunk a PICAM detektorához szükséges speciális DC-DC tápegységet készítette, amely a fedélzeti 28 V egyenfeszültségből állítja elő a műszer működéséhez szükséges különböző feszültség szinteket. Az SGF Kft. a PICAM földi teszteléséhez és kalibrálásához nélkülözhetetlen elektromos földi ellenőrző berendezést (EGSE) hozta létre, amely szimulálja az űrszonda elektromos jeleit és SpaceWire kommunikációs buszát.

A BepiColombo átrepülésének eddigi szakaszában a PICAM hibátlanul működött. A Merkúr körüli pályára állást követően a PICAM által rögzített adatok részletes elemzése várható, amely jelentősen hozzájárulhat a Merkúr közeli környezetének, a magnetoszférájának dinamikájának és az exoionoszféra folyamatainak megértéséhez.

Fiatal csillagok fényességváltozásainak vizsgálata: mit tanultunk a Gaia űrtávcső felméréséből?

Nagy Zsófia (1), Ábrahám Péter (1,2,3), Kóspál Ágnes (1,3), Kun Mária (1), Cruz-Sáenz de Miera Fernando (1,4), Fiorellino Eleonora (5), Giannini Teresa (6), Marton Gábor (1), Mátéfy Ádám (7), Németh Patrik (1,3), Siwak Michal (1,8), Szabados László (1), Szabó Zsófia Marianna (1,9,10), Szilágyi Máté (1)

(1) HUN-REN CSFK, Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet, (2) University of Vienna, Bécs, Ausztria, (3) Eötvös Loránd Tudományegyetem (4) Université de Toulouse, Toulouse, Franciaország, (5) Instituto de Astrofísica de Canarias, La Laguna, Spanyolország, (6) INAF-Osservatorio Astronomico di Roma, Róma, Olaszország, (7) Nagoya University, Nagoya, Japán, (8) Mt. Suhora Astronomical Observatory, Krakko, Lengyelország, (9) Max Planck Institute for Radio Astronomy, Bonn, Németország, (10) University of St Andrews, St Andrews, Egyesült Királyság

A Gaia űrtávcső 2014 óta végzett égboltfelmérése 2025 januárjában lezárult, ám a mérések még sokáig szolgáltatnak új információt galaxisunkról és kozmikus környezetünkről.

Az egyik terület, amelyet a HUN-REN CSFK Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézetében a Gaia űrtávcső adatai alapján kutatunk a Naphoz hasonló csillagok keletkezése.

A csillagok kialakulásuk során környezetükből egy tömegbefogási korongon keresztül növelik tömegüket. Az anyag behullásának következtében a fiatal csillagok többféle időskálán mutatnak fényességváltozásokat, rövid (órás-napos) időskálától egészen évtizedesig. Az eruptív fiatal csillagok azért különösen érdekesek, mert a legtöbb fiatal csillag által mutatott fényességváltozásnak sokszorosát produkálják, és hónapokig, évekig, vagy akár évtizedekig a kifényesedett állapotban maradnak. Az eruptív fiatal csillagok kitöréseit a tömegbefogás rátájának több nagyságrenddel történő növekedése okozza. Ez az úgynevezett epizodikus tömegbefogás kulcsfontosságú a csillagok keletkezésének megértésében.

2014-ben mindössze körülbelül 50 eruptív fiatal csillagot ismertünk, 2025-re már több mint 160-at. Ehhez a Gaia is hozzájárult, mivel küldetése során minden 20,7 magnitúdónál fényesebb csillagot megmért, nagyjából havi gyakorisággal. A “Gaia Photometric Science Alerts” adatbázis olyan objektumok Gaia fénygörbéjét tartalmazza, melyek néhány hónapos vagy éves időskálán jelentősebb fényességváltozást mutatnak. A Gaia Photometric Science Alerts adatbázisa alapján csoportunk számos eruptív fiatal csillagot fedezett fel. A csillagok klasszifikációjához a Gaia űrtávcső adatai mellett több más optikai és infravörös távcső fotometriai és spektroszkópiai adatait is használjuk.

Prezentációmban áttekintem az eruptív fiatal csillagokkal kapcsolatos, a Gaia űrtávcső adatbázisához köthető eredményeinket.

Villámok által keltett ELF-tranziensek forráshelyének meghatározása a Hunga Tonga–Hunga Ha‘apai vulkán kitörésének óráiban

Németh Kolos (1), Bozóki Tamás (1,2)

(1) HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet, (2) Eötvös Loránd Tudományegyetem,
Geofizikai és Űrtudományi Tanszék

A kutatás célja egy olyan új program létrehozása, amely a villámok által gerjesztett, extrém alacsony frekvenciájú (ELF; 3 Hz - 3 kHz) elektromágneses (EM) jelek (ELF-tranziensek) beérkezési idejét használja fel a forrásvillám helyének meghatározására. Az indukciós tekercses magnetométerrel felszerelt állomások mágneses tér méréseiben meghatározzuk a horizontális tér változásait és a zajszintet, majd detektáljuk a kiugró impulzusokat és időbélyegekké látjuk el azokat. A különböző állomásokon észlelt impulzusokat összevetjük és az időben megfelelően közeliket csoportosítjuk, ezzel létrehozva a bemenő adatrendszert a helymeghatározáshoz. Az események helyének és idejének meghatározása egy nemlineáris legkisebb négyzetes illesztéssel történik, amelynek célja, hogy minimalizálja az észlelt és a modellezett beérkezési idők közötti különbséget. A legmegbízhatóbb eredmény elérésének érdekében a program többször is elvégzi az optimalizációt különböző perturbált kezdeti paraméterekkel. Az eredmények stabilitását a paraméterek szórásának vizsgálatával ellenőrzi, és csak azokat az eseményeket fogadja el, amelyeknél az optimalizáció eredményei megfelelően konzisztensnek bizonyulnak.

A program fejlesztéséhez és teszteléséhez a mérési adatokat öt darab, a Heartmath Institute (<https://www.heartmath.org/gci/>) által a világ különböző pontjain üzemeltetett ELF állomás biztosította, amit 2022. január 15-én rögzítettek a Hunga Tonga–Hunga Ha‘apai vulkán kitörésének óráiban. Az esemény egyik figyelemre méltó jellemzője, hogy a kitörés környezetében extrém mértékben megnövekedett a villámlások száma, amelyek több száz, a világ minden pontján detektálható ELF-tranzienszt keltettek. Miután ezeknek a tranzienseknek ismert a forráshelye, ez az esemény egy kiváló lehetőséget teremtett a helymeghatározó program fejlesztéséhez és teszteléséhez. A későbbiekben a program a globális villámtevékenység vizsgálata mellett az ELF hullámok terjedési tulajdonságaiban bekövetkező, üridőjárás eredetű változások kutatására is alkalmas lehet.

De igazából miért is fúj a napszél 2.

Németh Zoltán (1)

(1) HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont

A napszélkeletkezés nyomásgradiensén alapuló (Parker típusú) modelljeinek kritikusai két fontos érvet hoznak fel. Az egyik, hogy a napszél gyorsításának jelentős része az exoszférában, ütközésmentes körülmények közt történik, emiatt már a nyomás fogalmának sincs értelme. A másik kritika, hogy a Parker típusú modellek nem tartalmazzák az elektrosztatikus tér járulékát, pedig az elektrosztatikus tér elkerülhetetlenül kialakul, mivel az elektronok, alacsony tömegük, és a korona magas hőmérséklete miatt gravitációsan nem kötöttek, vagyis, egyéb korlátozó tényező híján hamar elpárolognának, hátrahagyva a pozitív ionokat. Az elektronok párolgása miatt létrejövő ambipoláris elektromos tér ennél persze sokkal hamarabb elkezd korlátozni az elektronok mozgását - és ugyanez az elektromos tér a gravitációs vonzás ellenében hatva elkezd fölfelé gyorsítani a korona ionjait. Ezekből a kritikai megfontolásokból nőttek ki a napszélkeletkezés kinetikus modelljei, amelyek ütközésmentes, az elektrosztatikus mezőt előtérbe helyező elméletek. Ezek a modellek sem mentesek azonban a problémáktól (legutóbbi előadásomban ezekről a hiányosságokról, és néhány javítási lehetőségről beszéltem).

A problémát alaposabban megvizsgálva kiderül, hogy a Parker típusú elméletek kritikájának egyik alapfeltevése hibás. Bár nyilvánvalónak tűnik, hogy egy ütközésmentes plazmában a nyomás gradiensnek nem lehet szerepe, megmutatható, hogy igenis van. Mágnesezett plazmában egy adott kis térfogatban lévő plazma ionjainak mozgása aszimmetrikus lesz, ha a plazma sűrűsége és/vagy hőmérséklete térben változó. Több olyan ion van a térrészben, amelynek girocentruma a magasabb sűrűségű irányban van, kevesebb származik az alacsonyabb sűrűségű irányból. Emiatt a vizsgált térfogatban a sebességeloszlás anizotróp - az egyik irányba több ion megy mint az azzal ellentétes irányba. (Természetesen ez az elektronokra is igaz, de az most itt kevésbé számít.) Mivel az ionok a mágneses térre merőlegesen körmozgást végeznek, centripetális erő tartja őket körpályán. A sebesség aszimmetriája miatt viszont az adott kis térfogatban összegzett centripetális erő eredője inhomogén plazmában általában nem nulla. (Kivétel, ha a mágneses tér pont megfelelő mértékben erősödik abban az irányban, amerre a plazma ritkul.) A fenti eszmefuttatás több okból is ismerős lehet az olvasó számára. Egyrészt ugyanez a sebesség aszimmetria okozza a diamágneses (Chapman-Ferraro) áramot, másrészt az előbb említett kivételes eset éppen a kinetikus és mágneses nyomás egyensúlyának esete. Ami fontos a gondolatmenetben, az az, hogy a kinetikus nyomást most nem a részecskék ütközése közvetíti, hanem a centripetális erő eredője, és emiatt ütközésmentes környezetben is megvalósul a lokális impulzustranszfer.

Fentiek azt jelentik, hogy sem az elektrosztatikus teret elhanyagoló Parker típusú modellek, sem a nyomásgradiens létét is elutasító kinetikus modellek nem írhatják le jól a napszél keletkezését, egy új szintézisre van szükség.

Úrkvantumkommunikációs hálózat vizsgálata kvantummemóriák szempontjából

Oláh Kitti (1)

(1) BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék

A jelenlegi kommunikációs rendszereinkben egyre fontosabb szerepet tölt be a gyors feladatvégzés és a magasfokú információbiztonság. Ehhez a klasszikus fizika határait átlépve juthatunk el, ami a kvantummechanika törvényein alapuló kvantumhálózatok jelentenek. Manapság számos kvantumszámítógép fejlesztéssel kapcsolatos eredményről hallhatunk, ami ezzel párhuzamosan felgyorsítja az őket összekötő hálózat kiépítését. A kvantuminformációt fotonok hordozzák, amiket optikai szálon vagy szabadtéri kvantumcsatornán tudunk továbbítani. Mára már több helyi kvantumhálózatot építettek ki, azonban a globális kiterjesztést korlátozza az optikai szálban fellépő jelcsillapítás (abszorpció, reflexió, szóródás, sugárzásos veszteségek, diszperzió). Emiatt nagy távolságokon romlik a jel-zaj viszony, ami a kvantuminformáció elvesztéséhez vezet. Ennek egyik megoldása a kvantumismétlőkbe rejtett kvantummemória, ami ideális esetben nagy hűséggel tudja megőrizni a beolvasott kvantumállapotot, majd továbbítani a megfelelő csomópont felé, mindezt megbízható csomópontként teszik. Ennek továbbfejlesztési lehetősége a műholdas rendszereken alapuló kvantumhálózat, ahol az atmoszférikus hatásokat legyőzve sokkal nagyobb területeket lehet lefedni. A műholdakon alkalmazható kvantummemóriákkal kapcsolatban számos technológiai feltételt kell figyelembe venni. A kutatásomban bemutatok többféle kvantummemória platformot (szilárdtest-alapú és atomi gázok) majd az összefonódás-csere protokollt felhasználva meghatározom az ideális kvantummemória számot egy adott műholdas hálózatra nézve.

Napszél előrejelzés a JUICE űrszonda pályájához

Opitz Andrea (1), Farkas Evelin (1,2), Nagy János (3), André Nicolas (4),
Madár Ákos (1), Németh Zoltán (1)

(1) HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont, (2) ELTE TTK, (3) HUN-REN Energiakutató
Központ, (4) IRAP CNES-CNRS, University of Toulouse, Toulouse, Franciaország

Az ESA JUICE (Jupiter Icy Moon Explorer) űrszondája 2023 óta utazik a Jupiter felé és 2031-ben várjuk az érkezését. Útja során több gravitációs hintamanővert is végrehajt (2024. Hold-Föld, 2025. Vénusz, 2026. Föld, 2029. Föld). Ezen utazást kísérjük végig és támogatjuk napszél előrejelzésekkel. Egyrésről a helioszféra más pontjaiban elhelyezkedő napszondák méréseit extrapoláljuk a JUICE űrszonda aktuális pozícióiba, másrésről meglévő modelleket és webes eszközöket alkalmazunk az előrejelzésekhez. Munkánkhoz használjuk a CDPP (Centre de Données de la Physique des Plasmas) / AMDA (Automated Multi-Dataset Analysis) adatbázis és webes eszköz eredményeit, illetve a Propy problémára-szabott ballisztikus-alapú napszél előrejelző modellünket. Az űrszondát az utazása során csak néha kapcsolják be (általában csupán tesztelési céllal), de ekkor az in situ mérési adatokat összevethetjük a szondához extrapolált értékekkel. Napszél előrejelzéseink mellett bemutatjuk a JUICE misszió eddigi érdekes eredményeit és a további terveket.

A BUDA neutronmonitor-állomás

Pinczés Patrik (1), Apáthy István (1), Csőke Antal (1), Major Boldizsár (1), Hirn Attila (1)

(1) HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont, Atomenergia-kutató Intézet

A HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont egy 6 számlálócsöves neutronmonitor állomást létesített csillebérci telephelyén. A Budapest Neutron Monitor (BUDA) elnevezésű állomás a neutronmonitor-állomások nemzetközi hálózatának tagja; adatai a nemzetközi neutronmonitor adatbázisba kerülnek (<https://nmdb.eu>). A detektorhálózat eredményeinek segítségével közvetve a galaktikus kozmikus sugárzás intenzitásának időbeli változásait követhetjük nyomon, valamint tanulmányozhatjuk az úridőjárási jelenségek Földre gyakorolt hatását, pl. a talajszintközeli sugárzástöbbleteket (ground level enhancement, GLE), illetve eltérő mágneses koordinátájú pontjainak viselkedését. A világon jelenleg üzemelő állomások különböző tengerszint feletti magasságokon és mágneses szélességeken (geomágneses levágás) találhatók. Ilyen értelemben a BUDA állomáshoz (410 m, 4,2 GV) legközelebbi elhelyezkedésű állomás a belgiumi Dourbes-ban (225 m, 3,18 GV) található. A BUDA állomás jelenleg 6 db LND 2061 típusú BF3 gáztöltésű proporcionális számlálócsőből áll, az állomás viszont további 2x6 db számlálócsővel bővíthető.

Az állomás 2023 nyara óta folyamatosan üzemel. Bemutatjuk az elmúlt másfél év legfontosabb mérési eredményeit, többek között az állomás által is észlelt GLE-ket. Ez utóbbiak vizsgálata azért is különösen fontos, mert egyelőre nem ismertek azok a gyorsítási folyamatok, amelyek eredményeképpen a napkitörések vagy koronakidobódások során a Napból kilépő nagyenergiás protonok több 10 GeV energiákra tehetnek szert és így képessé válnak arra, hogy elérjék a Föld felszínét. Fontos megjegyezni, hogy a GLE-k jelentős sugárvédelmi kockázatot jelentenek a repülőgépek személyzete számára.

A BUDA neutronmonitor-állomás tervezése és megvalósítása az ESA PRODEX 4000129031sz. szerződés keretében valósult meg. A poszterben kifejtett nézetek és vélemények azonban kizárólag a szerző(k) nézetei és véleményei, és nem feltétlenül tükrözik az ESA nézeteit és véleményét.

A Pille-ISS mérési eredményeinek kiértékelése az elmúlt 20 évből

Pinczés Patrik (1), Apáthy István (1), Csőke Antal (1), Hirn Attila (1)

(1) HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont, Atomenergia-kutató Intézet

Az űrhajósokat a világűrben folyamatosan érő, főleg protonokból és nehezebb töltött részecskékből álló nagyenergiájú ionizáló sugárzás jelenti küldetéseik során az egyik legnagyobb egészségügyi kockázatot. A kockázatok becsléséhez elengedhetetlenek a helyszínen történő sugárdózis mérések. A Pille-MKSz termolumineszcensz dózismérő rendszer 2003 óta a Nemzetközi Űrállomás (ISS) szolgálati rendszerének eleme, amelyet az űrhajósok dózistérképezésre, 90 perces időfelbontású automata mérésekre (dózismonitorozásra), valamint űrséta dózismérésre (kvázi személyi dózismérésre) is használnak, emellett időről időre tudományos kísérletekhez is használják.

Poszterünkön a Pille rendszer automata kiolvasásainak 20 éves – közel két teljes napciklust felölelő - mérési adatsorát ismertetjük a napciklus, az űrállomás pályamagassága és a Dél-atlanti anomália áthaladások függvényében. Bemutatjuk, milyen mértékben befolyásolják a fenti tényezők az űrállomás fedélzetén a dózisokat. A világon egyedülálló módon mind a mai napig a Pille az egyetlen olyan dózismérő rendszer, amellyel az űrhajósok többletdózisát lehet becsülni űrséták során, és amelynek dózismérőit mind a NASA, mind pedig a Roszkozmosz űrruháival végzett tevékenység során használják. 20 év űrsétáinak dózisadatait hasonlítjuk össze, figyelembe véve a dózismérők eltérő elhelyezkedését az amerikai és az orosz űrruhákon, az ISS pályamagasságát, a Nap aktivitását, valamint a Dél-atlanti anomálián történő áthaladások időtartamát az egyes űrséták során. Az eredmények prezentálása mellett bemutatjuk a Pille rendszer főbb jellemzőit, valamint legújabb fejlesztéseit is.

A Pille rendszer legújabb fejlesztése (csökkentett árnyékolású Pille dózismérők fejlesztése) részben intézeti forrásból, részben a Magyar Kormány pénzügyi támogatásával (IKF/694/2017-NFM_SZERZ.) valósult meg.

Műholdfedélzeti Langmuir-szonda karakterisztikájának numerikus szimulációja

Qiao Viktor (1), Pollák Csaba (1)

(1) BME Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék

A Langmuir-szonda az in-situ plazmavizsgálat egyik alapvető eszköze. A mérési elv egy plazmába merített vezető elektróda feszültség-áram karakterisztikájának mérésén és analízisén alapszik. A mérés lehetővé teszi a detektor környezetében lévő plazma elektronhőmérsékletének, elektronsűrűségének és ionsűrűségének megállapítását.

A mért karakterisztika analízise az elektróda feszültség-áram összefüggésének explicit képlettel történő leírásán alapszik. Az áram feszültségfüggését leíró függvény jellege ismert, a plazmajellemzők a több pontban rögzített feszültség-áram karakterisztikán elvégzett görbeillesztéssel kaphatók meg. Az ilyen jellegű analízist nehezíti, hogy a gyakorlatban alkalmazott detektorok az explicit összefüggések levezetéséhez feltételezett idealizált (gömbi, vagy hengeres) geometriától eltérnek, ami a karakterisztika eltérését is eredményezi. A legnagyobb eltérés az ideális karakterisztikától a hengeres detektoroknál tapasztalható azok véges hosszúsága miatt. Numerikus szimuláció használata lehetőséget ad a detektorgeometria valósághű modellezésére, illetve a különböző plazmajellemzők esetén mérhető karakterisztikák előzetes tanulmányozására.

A jelen publikáció műholdfedélzeti Langmuir-szondával mért karakterisztikák numerikus szimulációinak eredményét mutatja be. A szimulációk a Particle-in-Cell alapú Spacecraft Plasma Interaction System (SPIS) környezetben készültek. A munka célja a Sweeping Langmuir Probe projekt keretében tervezett detektorok validációja. A módszer kidolgozásakor az ESEO műhold LMP kísérletének egyszerűbb geometriával rendelkező hengeres detektorát vettük alapul. A szimulált detektor egy véges hosszúságú fémhenger, mely egy szigetelőhengeren keresztül van rögzítve a műholdtesthez. A szimulációban használt plazmaparaméterek alacsony földköri pályán, az ionoszférában előforduló plazmának felelnek meg. Az alapl működés igazolása mellett olyan jelenségek hatását is vizsgáltunk, melyek kizárólag analitikus módszerekkel nehezen kezelhetők: a műhold keringési sebességéből adódó drift, a műhold lebegőpotenciáljának eltolódása, illetve a fotoemisszió hatása.

A Sweeping Langmuir Probe műholdfedélzeti plazmadiagnosztikai eszköz bemutatása

Qiao Viktor (1), Váradi Zsolt (1), Szabó József (1), Bánfalvi Antal (1), Kis Árpád (2), Lemperger István (2)

(1) BME Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék (2) HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet

A cikk és a kapcsolódó poszter a jelenleg fejlesztés alatt álló Sweeping Langmuir Probe (SLP) műholdfedélzeti műszer működését mutatja be. Az SLP célja a Föld körüli ionoszféra és plazmaszféra plazmajellemzőinek minél pontosabb feltérképezése elsősorban űridőjárási alkalmazások számára. A műszer a Langmuir-szondás mérési elv alapján in-situ vizsgálattal állapítja meg a műhold közvetlen környezetében mérhető elektronhőmérséklet, elektronsűrűség és ionsűrűség értékeket.

Az SLP két része a műhold külső falán elhelyezett detektor, illetve az elektronikai doboz. A műszer automatizált feszültségsöpréssel rögzíti a detektor feszültség-áram karakterisztikáját, a továbbított nyers adatokból pedig utólagos adatfeldolgozással állapíthatók meg a mért plazmajellemzők. A söprés során a gerjesztőfeszültség a detektor és a műholdfedélzet közé van kapcsolva, a ± 9 V-os gerjesztőfeszültség tartomány feltérképezése 100 mérési pontban történik. A mérési pontok rögzítéséhez szükséges idő 200 ms, ami a műhold keringési sebességétől függően 1,6 – 2,2 km-es térbeli felbontást ad. A több nagyságrendben változó áram méréséhez kompenzáló elven működő, öt fokozattal rendelkező erősítő áramkört használunk. A mérés vezérlését mikrokontroller alapú rendszer végzi, mely SpaceWire interfészen továbbítja az adatokat a műholdfedélzetnek. A tervek szerint az SLP ún. „hosted payload”-ként kerül majd felbocsátásra, emiatt tervezésekor többféle lehetséges műholdplatform sajátosságait figyelembe kellett venni. Az SLP három különböző típusú detektorral rendelkezik, melyek közül az adott misszióhoz egy kerül majd kiválasztásra a plazmakörnyezet és a műholdplatform tulajdonságai alapján. A műszer elhelyezése szempontjából a kisműhold vagy annál kisebb platformok az ideálisak; a legkisebb méretű detektor lehetővé teszi a pikoműholdakon történő elhelyezést is.

Az SLP a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem és a HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet együttműködésében készül az ESA támogatásával.

A Schumann-rezonancia mérések modellezése és inverziója

Prácser Ernő (1), Bozóki Tamás (1)

(1) HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet

A Schumann-rezonancia mérések inverziójának kezdeti alkalmazásai biztatóak, már elérhetőek az inverziót tárgyaló publikációk, de az eredmények nem kifogástalanok. A mérési adatokhoz az inverziós algoritmussal illesztett modellezett adatok illeszkedésének a minősége elmarad attól, amit a geofizikában megszoktunk. A hagyományos geofizikai elektromágneses méréseknél egy ismert forrás által keltett elektromágneses tér alapján inverzióval kíséreljük meg meghatározni egy geoelektromos modell paramétereit. A Schumann-rezonancia mérések során a helyzet fordított, itt a modellt tekintjük ismertnek és a forrás jellemzőit (globális villámtevékenység intenzitása és térbeli eloszlása) keressük. A geofizikában általában már a mért adatok grafikus megjelenítése is tükrözi a földtani szerkezet jellemzőit. A látszólagos fajlagos ellenállás görbék alapján már meg lehet állapítani a modell rétegeztségét és annak típusát. Ezért ott az inverzió egyik fontos minőségjellemzője a mért és modellezett adatok jó minőségű illeszkedése. A Schumann-rezonancia mérések esetében viszont ennek kisebb a jelentősége, a mért és modellezett adatok (spektrumok) között nagyobb eltérés is elképzelhető, az a lényeg, hogy ezek jellege hasonló legyen. Ennek ellenére célszerű arra törekedni, hogy az adatok illeszkedése a Schumann-rezonancia mérések esetén is javuljon.

A Föld-ionoszféra üregrezonátor „elhangelődése” a szoláris röntgensugárzás fluxusváltozása következtében, különböző időskálákon.

Sátori Gabriella (1), Bozóki Tamás (1,2), Bór József

(1) HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet (2) Eötvös Loránd Tudományegyetem,
Geofizikai és Űrtudományi Tanszék

A szoláris röntgensugárzás (0.1-0.8 nm) a légkör minden egyes összetevőjét képes ionizálni 90-100 km-es magasságban, mintegy $0,2 \text{ cm}^{-3} \text{ s}^{-1}$ értékről $20 \text{ cm}^{-3} \text{ s}^{-1}$ növelve az ionizáció mértékét. A röntgensugárzás fluxusában bekövetkező, két nagyságrendet átfogó megnövekedésre a Föld-ionoszféra üregrezonátor Schumann-rezonancia (SR) frekvenciái $\sim 0.1\text{-}0.3 \text{ Hz}$ frekvencia-növekedéssel válaszolnak. A szoláris röntgensugárzás fluxusa nagyon különböző időskálán is változhat két nagyságrendet. A HUN-REN FI Széchenyi István Geofizikai Observatóriumának unikális, több mint három évtizednyi SR frekvencia mérései alapján három időskálán demonstráljuk a szoláris röntgensugárzás szerepét a Föld-ionoszféra üregrezonátor „elhangelésében”: három egymást követő 11-éves naptevékenységi ciklusra (1993-tól napjainkig), egy közel háromhetes röntgenfluxus-anomáliára (Halloween-esemény: 2003. október/november) és egy 1 órás röntgen-viharra (2000. március 24.: 07:30-08:30 UT). A röntgenfluxus változásához kapcsolódó frekvencianövekedés egyidejűleg észlelhető távoli SR állomásokon, az elektromos és mágneses térkomponensben egyaránt és minden egyes rezonancia-módusban. Ezt SR állomáspárok közötti regressziós analízissel támasztjuk alá.

Sarkvidéki villámok - egy még alig kiaknázott plazma régió a whistleres kutatásban

Steinbach Péter (1)

(1) HUN-REN-ELTE Úrkutató Kutatócsoport

A semleges légköri villámkisülések ultra szélessávú e.m. impulzust sugárzó természetes jelforrások. E jelek - üresközön vagy konjugált talppont környezetében felszínen rögzítve - bő fél évszázada rutinszerű vizsgálatok hatékony eszközei a zárt erővonalú magnetoszférában a plazmakörnyezet monitorozására. A döntően kis és közepes szélességekre korlátozódó globális villámaktivitás mellett évi ezres rendű villámot regisztrál a WWLLN globális villámdetektor hálózat az arktikus sarki sapka területén. A poláris villámok plazmába kilépett jelrészze whistlerként terjedhet az éjszakai oldalon nyitott erővonalak mentén a sarki ionoszférától az uszályig. Mérésükkel a föld közeli plazmakörnyezet egy eddig ELF-VLF mérésekkel kevésbé megkutatott tartománya (sarki fény öv, poláris tölcsér) lenne vizsgálatba vonható.

A poszter a poláris villámok jövőbeni, műholdas hullámkísérletekben felhasználását előkészítő, előzetes vizsgálat eredményét mutatja. 2004-2025 közti WWLLN adatban kimutatott poláris villámok tér- és időbeni eloszlását, e villámok időszakosan transz-poláris, vonalszerű alakzat mentén rendezett mintázatait ismerteti.

Éghajlatváltozás 2.0

Szarka László Csaba (1)

(1) HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet

2023. évi előadásomban éghajlatváltoztató természeti jelenségeket soroltam fel. Most arra mutatok rá, hogy az Egyenlítőtől a sarkvidékekre történő hőszállítási rendszer szerkezetét alapvetően a gravitáció és a tehetetlenségi erők (a Föld tengelye körüli forgásából keletkező centrifugális erő, valamint a földfelszínhez képest mozgó testek esetében figyelembe veendő ún. Coriolis-erő) határozzák meg.

A centrifugális erőnek függőleges (a helyi földfelszínre merőleges) összetevője a nehézségi erőre súlycsökkentő hatással van; e hatás az egyenlítő mentén a legnagyobb; a földrajzi szélesség koszinuszának négyzetével csökken, a sarkokon nulla. A centrifugális erő vízszintes összetevője a földrajzi szélesség kétszeresének szinuszával változik: az egyenlítő mentén és a sarkokon nulla, és a 45. szélességi fok táján a legnagyobb: az északi félgömbön délre, a déli félgömbön északra (tehát – amint arra Eötvös 1912-ben felhívta a figyelmet – mindig az egyenlítő felé) mutat.

A Coriolis-féle jellegzetességeket a felszínhez képest mozgó test menetirányának a Föld forgástengelyével bezárt szög szinusza határozza meg. Északra vagy délre haladó test az északi félgömbön a menetirányhoz képest jobbra, a déli félgömbön a menetirányhoz képest balra térül el; a hatás az egyenlítőn nulla, a sarkok felé nő. Keleti mozgásirány esetén súlycsökkenés, nyugati mozgásirány esetén súlynövekedés a következmény. (Ez az ún. Eötvös-hatás.) Felfelé emelkedéskor pedig nyugati, lefelé haladáskor keleti irányú eltérés van. A Coriolis-hatás annál észrevehetőbb, minél hosszabb időn át tart a folyamat, és minél nagyobb a jelenség léptéke; ezt fejezi ki a geofizikai folyadékdinamika ún. Rossby-száma.

A egyenlítői energiatöbblet és téli sarkvidéki energiahiányt a gravitáció és a körmozgás törvényszerűségei által alapvetően meghatározott szerkezetű óceáni és légköri hőszállítás igyekszik kiegyenlíteni. Az óceáni áramlások szerkezetét természetesen befolyásolja még a kontinensek földi eloszlása; a légköri áramlatokét pedig a topográfia is. A légköri és az óceáni rendszerek időállandói egymástól eltérők, így szerkezetük – kölcsönhatásuk (hőcseréjük) következtében – igen változékony. Ráadásul a rendszerbe kerülő energia és a Föld szögsebesség-vektora is állandóan változik, és működnek a megmaradási törvények is. A klímaváltozás az áramlási rendszerek bármilyen okból történő megváltozását jelenti.

Ismert, hogy az Egyenlítő vidékén a hőmérséklet stabil, ugyanis az emlősök számára – mintegy 200 millió év óta – sohasem lett túl meleg. A Ráktérítőtől északra és a Baktérítőtől délre (ott, ahol a nehézségi térhez igazodó ferde konvekció a jellemző) a hőmérsékleti gradiensben mélyreható változások képesek végbemenni. Mindezek – alátámasztva Berkhut (2025), Koutsoyiannis (2024), Lindzen (2025), Soon (2024), Vinós (2024) eredményeit – azt is nyilvánvalóvá teszik, hogy a klímaváltozás magyarázatára az egydimenziós hipotézisek (így a légköri üvegházhatás is) eleve alkalmatlanok.

Taurida-tűzgömb több műszeres észlelése Magyarország felett

Szárnya Csilla (1), Vinkó József (2), Gucsik Bence (-), Pásztor Marcell (1), Rubóczki Tibor (1), Deme Livia (1), Barta Veronika (1)

(1) HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet (2) HUN-REN CSFK Konkoly Thege
Miklós Csillagászati Intézet

2024. 11. 27. 01:07:30 (UT) időpontban egy rendkívül fényes tűzgömb izzott fel a Balatontól északra (kezdőpont: Nyírád, végpont: Herend). Az eseményt szinte valamennyi optikai meteorészlelő jelentette az ország számos pontjáról. Az objektumot a számítások a Tauridákból eredeztetik, egészen pontosan tau-Tauridaként (TAT) azonosították be.

Egy diszperziós ráccsal ellátott optikai kamera sikeresen felvette a tűzgömbben eléggő anyagok spektrumát, valamint egy másik optikai állomás 17 percen keresztül követte az objektum füstnyomának szétoszlását.

A jelenség hangrobbanását úgy tűnik, észlelte Piskés-tető infrahang-állomása, valamint egy közeli, osztrák infrahang állomás is.

A tűzgömb által hagyott ionizációt észlelte a soproni Digiszonda (47.63°É , 16.72°K) is - a legelső megjelenés a 01:10 (UT) perckor készült ionogram van, az utolsó, még beazonosítható észlelés 01:25 (UT) időponthoz kötődő ionogramon van. Az ionizációs nyom a anomálishan alacsony ionizációt mutat az eddigi észlelésekhez képest, de már sokszor megfigyelhető rétegződés itt is tapasztalható.

A meteorradaros közösségekben a mágneses tér szerepe a meteornyomok időbeli fejlődésében élénk érdeklődésre tart számot, így ennek szerepét is igyekeztük körbejárni.

A jelenlegi munka a különböző észlelésekből és adatokból leszűrhető eredmények szintetizálását tűzte ki célul.

Műhold üdítősdobozban - űripari projekt középiskolai csapatoknak: a CanSat verseny Magyarországon

Székely Anna Krisztina (1)

(1) Magyar Asztronautikai Társaság

Az elmúlt években egyre nagyobb hangsúlyt kapott az űr-témájú oktatás Magyarországon, ennek fő fókusza azonban a felsőfokú és egyetemi programok bővítése. Ugyanakkor problémát jelent, hogy a középiskolások pályaválasztása során nem eléggé vonzóak a természettudományos - mérnöki szakok, mivel a diákokat nem motiválja az iskolai keretek között szerzett tapasztalat. Ehhez adhat segítséget egy olyan projekt, amelynek kézzelfogható eredménye van: egy működő eszköz.

A Magyar Asztronautikai Társaság (MANT) idén harmadik alkalommal rendezte meg a középiskolásoknak szóló nemzetközi CanSat Verseny magyar fordulóját. A verseny során a diákcsapatok egy műholdmodellt építenek, mely minden fontosabb részegységgel rendelkezik, amivel egy valódi űreszköz is, kezdve a rádiós kommunikációtól az áramellátáson át egészen a tudományos kísérletig. A döntős csapatok eszközei egy kutatórakéta segítségével ezer méteres magasságba jutnak.

A diákok gyakorlati tapasztalatot szerezhetnek arról, milyen is egy űrmisszió, a konkrét tudáson túl egyéb készségeik (csapatmunka, hosszú távú tervezés, határidők betartása, ismeretterjesztés-kommunikáció) is érezhetően fejlődnek. Sőt, elsőrendű szempont a szakmai kapcsolati háló fontosságának megmutatása, a „kollégák vagyunk” felismerés átadása a versenyzőknek.

A 2025-ös versenyre 84 csapat, összesen több mint 400 középiskolás diák jelentkezett, mely mutatja, hogy az űripar és űrkutatás iránt a középfokú képzés szintjén is hatalmas érdeklődés mutatkozik. A CanSat verseny és a MANT többi, középiskolásoknak szóló programjai nem csak az űripar, hanem általánosságban a STEM (Science, Technology, Engineering and Math - Természettudomány, technológia, mérnöki tudományok és matematika) területek iránti érdeklődés elmélyítése és ezen területek felsőfokú oktatásának előkészítésének szempontjából is fontosak lehetnek.

Ahhoz, hogy a felsőoktatásban évről-évre hatékonyabb és eredményes űr-képzést tudjunk biztosítani, fontos megvizsgálni, milyen úton alapozhatjuk meg a fiatalok tudását és motivációját, hogyan kelthetjük fel érdeklődésüket már középiskolában a tudományos és műszaki területek, vagy akár konkrétan „az űr” iránt. Ennek lehet egyik alappillére a CanSat verseny a jövőben, amely során a természettudományi - mérnöki egyetemekkel való kapcsolat kiépítése és akár a felsőoktatási képzéshez kapcsolódása is erős szándék.

A verseny fő támogatói és szakmai partnerei: ESA ESERO, KKM, NMHH

Csillagkeletkezés térben és időben a Cepheus csillagkép területén

Szilágyi Máté (1), Ratzenböck Sebastian (2), Alves João (3), Swiggum Cameren (3)

(1) HUN-REN CSFK Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet (2) Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, Cambridge, Amerikai Egyesült Államok, (3) University of Vienna, Bécs, Ausztria

A csillagok közötti tér nem üres, azt csillagközi anyag tölti ki, amely csillagközi felhők, kisebb-nagyobb buborékok, illetve felhők közti diffúz anyag formájában van jelen. Az elsősorban molekuláris hidrogénből felépülő molekulafelhők a csillagkeletkezés helyszínei is. A 21. századig a csillagkeletkezési régiók és asszociációk leginkább csupán kétdimenziós szerkezetéről, esetleg radiális sebességeiről voltak viszonylag pontos ismereteink, távolságukról és tangenciális sebességeikről csupán közvetett módszerekkel és nagyon pontatlanul lehetett információt szerezni. Ahhoz, hogy a csillagkeletkezés folyamatát és a fiatal csillagok fejlődését jobban megérthessük, szükséges a csillagok távolságának és sajátmozgásának pontos ismerete. Többek között e célból építette meg az Európai Űrügynökség a Gaia asztrometriai űrobszervatóriumot.

Előadásom során az ún. Cepheus Far csillagkeletkezési komplexum vizsgálatát mutatom be, amely magában foglalja a Cepheus OB2 és OB3 asszociációkat, valamint számos csillaghalmazt. Ebben a vizsgálatban egy halmazkereső algoritmust használtunk pontos Gaia távolságokkal és tangenciális sebességekkel rendelkező lokális csillagokon, hogy átfogó összeírást készítsünk a régió csillaghalmazairól. Szín-abszolút fényesség diagrammokkal megbecsültük a halmazok életkorát. Sok halmaz fiatalabb 50 millió évnél, míg mások lényegesen idősebbek, életkoruk eléri a több száz millió, vagy akár az 1 milliárd évet is. Továbbá megbecsültük a halmazok tömegét is. A halmazok belső kinematikájának vizsgálatára tangenciális sebességeket használtunk. Ezenkívül radiális sebességadatok segítségével leírtuk a teljes háromdimenziós mozgásukat, és kapcsolatukat nagyméretű galaktikus struktúrákkal. A háromdimenziós mozgáselemzés azt sugallja, hogy a közelebbi halmazok az ún. Radcliffe-hullámhoz, míg a fiatalabb, távolabbi halmazok az ún. Cepheus Spur-hoz kapcsolódnak. A több száz millió éves halmazok nem kapcsolódnak semmilyen nagyméretű struktúrához. Továbbá egy háromdimenziós portérképet felhasználva a lokális csillagközi anyag eloszlását vizsgáltuk.

Magnetoszféra-ionoszféra csatolási folyamatok: A plazmavályú (Midlatitude Ionospheric Trough) és a plazmaszférikus plume-ok kapcsolata Swarm és RBSP műholdak megfigyelései alapján.

Tomasik Máté (1,2,3), Heilig Balázs (2), Murár-Juhász Lilla (3)

(1) ELTE, Természettudományi Kar, Földtudományi Doktori Iskola, (2) HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet, (3) HUN-REN ELTE Űrkutató Csoport

A szubaurorális magnetoszféra és az ionoszféra közötti kölcsönhatás kulcsfontosságú a Föld körüli plazmakörnyezet kialakításában, különösen geomágneses viharok és szubviharok során. Közepes földrajzi szélességeken olyan plazmastruktúrák figyelhetők meg, amelyek a két régió összekapcsolódásában kiemelt szerepet játszanak. A mezoskálájú szubaurorális polarizációs áram (Sub-auroral Polarization Stream, SAPS) hozzájárul a plazmaszféra eróziójához és a plazmavályú (Midlatitude Ionospheric Trough, MIT) kialakulásához. A SAPS-ok és a plazmapauza közelében található a plazma határréteg (Plasma Boundary Layer, PBL), mely szintén kapcsolatban van több ionoszférikus jelenséggel. Ezen csatolási folyamatok kutatása több évtizede zajlik, ám az összefüggések és a mögöttes folyamatok részletei máig kevésbé ismertek.

Kimutatható, hogy a plazmavályú és a SAPS-ok közvetlen kapcsolatban vannak az éjszakai oldalon, és ez a korreláció megmarad a hajnali oldalon, mágneses helyi időtől (Magnetic Local Time, MLT) függő időkülönbséggel [1]. Jelen tanulmányban, hasonlóképpen, a plazmavályú és a plazmaszférikus plume-ok kapcsolatát vizsgáljuk. Az ESA Swarm missziója az ionoszférában és a NASA Van Allen Probes (RBSP) műholdjai a magnetoszférában 2014 és 2019 között egyidejűleg gyűjtöttek adatokat és sok száz esetben álltak konjugációban, így statisztikailag is vizsgálható, hogy két vizsgált jelenség milyen korrelációban van egymással. Eredményeink azt mutatják, hogy a vályú és a plume közvetlen kapcsolatban van, előfordulási helyük MLT és geomágneses aktivitás függő.

[1] Heilig, B., Stolle, C., Kervalishvili, G., Rauberg, J., Miyoshi, Y., Tsuchiya, F., et al. (2022). Relation of the plasmopause to the midlatitude ionospheric trough, the sub-auroral temperature enhancement and the distribution of small-scale field aligned currents as observed in the magnetosphere by THEMIS, RBSP, and Arase, and in the topside ionosphere by Swarm. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 127, e2021JA029646. <https://doi.org/10.1029/2021JA029646>

A Pannon SpaceLab, avagy CubeSat építés a Pécsi Tudományegyetemen

Vadász Zalán (1), Várady Géza (1), Facskó Gábor (2,3), Kurilla Boldizsár (1)

(1) Pécsi Tudományegyetem Műszaki és Informatikai Kar, (2) Pécsi Tudományegyetem Természettudományi Kar, (3) HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont Űrfizikai és Űrtechnikai Osztály

2024. december 18-án a Pécsi Tudományegyetem (PTE) oktatóinak és hallgatóinak kezdeményezésére, valamint baranyai cégek részvételével létrejött a Pannon Űrlabor (Pannon SpaceLab). A szerveződés célja a hallgatók szakmai projekteken keresztül való tapasztalat szerzése, illetve az űripar lokális előremozdítása, különös tekintettel a CubeSat műholdak tervezésére és fejlesztésére. A lépés nem volt előzmények nélküli. A PTE, a Műszaki és Informatika Kar (MIK) által 2024 szeptemberétől az országos CanSatLab, középiskolás műholdépítő programjának regionális mentor egyeteme. A mentor oktatók és hallgatók korábban is érdeklődtek az űripari kutatás és fejlesztés iránt, így egy hallgatói csoport november óta a MIK Juhász Jenő Szakkollégium CosMIK csapataként CubeSat fejlesztésbe kezdett. A Pannon Űrlabor megalakulásakor a csapat azonnal belépet, így az együttműködés regionális szintre emelkedett.

A Pannon Űrlabor tevékenysége elsősorban CubeSat fejlesztésre irányul, de az űrkutatás, illetve szatellit technológiákkal való mérések tervezése és adatfeldolgozása is szerepel az elképzelések között.

A megalakulással szinte párhuzamosan jött információ egy országos egyetemi CubeSat-fejlesztő hálózat indulásáról, melyben a PTE már a Pannon Űrlabor színeiben jelezte, hogy érdeklődik a program iránt.

A hallgatói CubeSat fejlesztés első célja egy vázszerkezet, alapvető elektronikák, illetve szoftveres architektúra megtervezése. Az első demónak egy rádiós kommunikáció földfelszíni tesztelését céloztuk meg. Ez mellett az esetleges további tudományos mérési feladatokról is beszélgetünk.

Előadásom bemutatja, a CosMIK által készített CubeSatet és elkészítésének útját, valamint, hogy mik a tervei a Pannon Űrlabornak a közeljövőre.

DiRoS: óriásbolygók légkörének modellezése egy HUNOR-kísérletben

Vincze Miklós (1,2), Vizi Pál Gábor (3)

(1) HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet, (2) Eötvös Loránd Tudományegyetem
Anyagfizikai Tanszék, (3) SGF kft.

Az áramlástani hasonlóság elve lehetővé teszi, hogy bolygólégkörök áramlásait megfelelően leskálázott laboratóriumi modellekben vizsgálhassuk. A gázbolygók légkörének differenciális forgása - vagyis azon tulajdonságuk, hogy zonális áramlásaik sebessége nagyban függ a bolygórajzi szélességtől - nyírási instabilitásokat idézhet elő az áramlási zónák között, melynek eredményeként olyan hullámzó alakzatok fejlődhetnek ki, mint pl. a Szaturnusz északi sarki hatszög alakú ciklonja. A gömb alakú bolygótestek differenciális forgása azonban nem tanulmányozható egyszerűen földi laboratóriumokban, hiszen a gravitáció jelenléte nem teszi lehetővé nagyobb méretű szabad felszínű folyadékcseppek létrehozását. A HUNOR (Hungarian to Orbit) Magyar Űrhajóprogram keretében tervezett DiRoS (Differential Rotation on a Sphere) mikrogravitációs kísérletünkben azonban lehetőség nyílik egy 1 cm vastag, 10 cm-es külső átmérőjű gömbhéj-szerű vígréteg alkotta szabad felszínű - a külsején nem sűrűlő - légkörmodellt vizsgálni. A folyadékréteget differenciális forgásba hozva a kialakuló áramlásokat jelzőrészeskék videós követésével vizsgáljuk. A várható eredmények hozzásegíthetnek az óriásbolygók differenciális forgásának és az ott fellépő instabilitási mintázatok jobb megértéséhez.

A JUICE PEP tápegységünk úton a Jupiter felé

Vizi Pál Gábor (1)

(1) HUN-REN Energiatudományi Központ

A HUN-REN Energiatudományi Központ Űrtechnológiai Csoportja kulcsszerepet játszott az ESA JUICE (Jupiter Icy Moons Explorer) küldetésének egyik tudományos műszere, a PEP (Particle Environment Package) tápegységének fejlesztésében. Beszámolunk az indítás utáni újdonságokról. A 2023 áprilisában indult JUICE 2031-ben éri el a Jupitert, és legalább három évig fogja vizsgálni a gázóriást és három nagy holdját: az Európát, a Callistót és részletesen a Ganymedest, célja tehát a Galilei-holdak és a Jupiter rendszerének feltárása távérzékelési, geofizikai és in situ műszerekkel, valamint a Naprendszerben az élet kialakulásához vezető feltételek vizsgálata.

A PEP a Jupiter rendszer plazmakörnyezetét tanulmányozza, méri a pozitív és negatív ionok, elektronok, exoszférikus semleges gázok, termikus plazma és energetikusan semleges atomok sűrűségét és fluxusát. A PEP hat különböző szenzorjával (négy európai: JEI, NIM, JNA, JDC; és kettő amerikai: JoEE, JENI) a Jupiter magnetoszféráját, a holdak légkörét és a magnetoszféra-hold kölcsönhatásokat, valamint az Io és Europa toruszt és a Ganymedes saját magnetoszféráját tanulmányozza.

Csoportunk feladata a fedélzeti fő és redundáns 28V tápfeszültség fogadása és a PEP szenzorjai valamint adatfeldolgozó egységei (DPU) számára megfelelő feszültségek biztosítása volt. A fejlesztés során az SGF Kft. EGSE berendezéseit használtuk.

A megvalósított DCC (Direct Current Converter) jó hatásfokkal alakítja át a 28V-ot a PEP európai szenzorjai és azok DPU-i számára szükséges 3-6 különböző feszültségre. A hely és tömegmegtakarítás érdekében minden szenzorhoz dedikált, közös PWM (Pulse Width Modulation) vezérlő generálja a szükséges feszültségeket. A DCC részleges redundanciával rendelkezik, a fedélzeti 28V fő és redundáns forrásból érkezik, és a DPU is kétszeresített a működés biztonsága érdekében.

Az indítás óta a csoportunk által fejlesztett DCC a PEP műszer részeként jól működik a szonda a küldetésének első szakaszában. Az út első évében a PEP szenzorjait ütemezetten, körülbelül havonta több órára bekapcsolták. A DCC működése során mért hőmérsékleti értékek kevesebb, mint 5 °C-kal tértek el a szimulált értékektől. A DCC hatásfoka a kimeneti teljesítményigénytől függően 70 és 80% között alakult, és általánosságban megfigyelhető volt, hogy magasabb terhelésnél a hatásfok is magasabb. Ezeket az adatokat rendszeresen jelentik a PEP rendszer fejlesztőinek.

Csoportunk feladata a DCC működésének folyamatos monitorozása a szervizadatok segítségével, valamint a tudományos és szervizadatok archiválása. A több mint egy évtizedes projekt során az alkatrészek öregedését is figyelemmel kísérjük, melynek tesztelése a repülés során is zajlik. Az eddigi eredmények azt mutatják, hogy a HUN-REN által tervezett és gyártott DCC megbízhatóan biztosítja a szükséges feszültségeket a PEP-Lo kísérlet szenzorjai számára a JUICE űrrepülése közben.

Turbulens dinamó a földi mágneses burookban

Vörös Zoltán (1,2), Roberts Owen Wyn (3), Narita Yasuhito (4),
Yordanova Emiliya (5), Nakamura Rumi (1), Kis Árpád (2)

(1) Space Research Institut, Austrian Academy of Sciences, Graz, Ausztria, (2) HUN-REN
Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet, (3) Department of Physics, Aberystwyth University,
Aberystwyth, Egyesült Királyság, (4) Institut für Theoretische Physik, Technische Universität
Braunschweig, Braunschweig, Németország, (5) Swedish Institute of Space Physics, Uppsala,
Svédország

A dinamó olyan energiaátalakulási folyamatokat foglal magába, amelyek során mágneses tér keletkezik vagy erősödik a mozgási energia rovására. A földi mágneses teret a külső magban áramló olvadt és elektromosan vezető fémek áramlása hozza létre. A Nap mágneses terét az áramló plazma mozgási energiája kelti. A dinamó általános elméleti leírása meg tudja magyarázni a mágneses mezők keltését vagy fenntartását a különböző űr és asztrofizikai rendszerekben. Közvetlen mérésekkel azonban a dinamó folyamatokat és az azokat leíró elméleteket vagy numerikus szimulációkat eddig nem tudtuk leellenőrizni, egyszerűen azért, mert a térrészekhez ahol a különböző dinamók ténylegesen működhetnek, nem férünk hozzá. Ebben a tanulmányban azt mutatjuk be, hogy a turbulens plazmaáramlások által működtetett kis skálájú turbulens dinamó közvetlen mérésekkel ellenőrizhető előrejelzéseket ad a helyi mágneses tér növekedésére vagy csökkenésére a földi mágneses burookban. Ehhez az MMS (Magnetospheric MultiScale) misszió nagyfelbontású adatait használjuk. Az MMS négy műholdból álló flotta amely lehetővé teszi a különböző fizikai mennyiségek térbeli gradienseinek mérését és kiértékelését. A mágneses indukciós egyenlet szerint a plazmaáramlás sebességének térbeli változásai okozhatják a dinamóval kapcsolatos energiaátalakulási folyamatokat. Bemutatjuk, hogy az erős turbulencia, a nagy plazma beta (a plazma és mágneses nyomás aránya) értékek valamint a nyomás anizotrópiával kapcsolatos instabilitások szükségesek ahhoz, hogy a dinamó mechanizmusok ténylegesen a mágneses tér változásaihoz vezessenek a mágneses burookban. Eredményeink azt mutatják, hogy a dinamó közvetlen és átfogóbb statisztikai megfigyelései a magnetoszféra burkában jelentősen kiszélesíthetnék az elméleti modellek és a numerikus szimulációk alkalmazási körét az űr és az asztrofizikai folyamatok szempontjából releváns térbeli skálákon.

Űrtevékenység és oktatás – Kétirányú inspiráció korunk kihívásaira válaszul

Zentai István (1)

(1) SpaceBuzz Hungary Group

Korunk olyan globális kihívásokat állít az emberiség elé, amelyek komplexitása újfajta gondolkodást igényel: környezeti válság, technológiai robbanás, társadalmi polarizáció. Ezekre a kihívásokra nem csupán technológiai, hanem szemléletbeli válaszokat is keresnünk kell.

Előadásomban egy kettős fókuszú megközelítést mutatok be, amelynek középpontjában az űrtevékenység és az oktatás találkozása áll. Egyrészt az űrtevékenység – mint a tudomány és technológia csúcsterülete – kiváló eszköz arra, hogy fiatalokat vonjunk be a természettudományos és interdiszciplináris gondolkodás világába. Másrészt maga az oktatás is kulcsszerepet játszik abban, hogy a jövő generációja elkötelezett és képzett résztvevője legyen az űrtevékenységeknek – akár szakmunkásként, mérnökként, kutatóként, jogásként, orvosként vagy tudatos állampolgárként. Az oktatás maga is paradigmaváltás küszöbén áll: megjelentek a mesterséges intelligencia-alapú rendszerek, a virtuális és kiterjesztett valóság, valamint az élményalapú, interaktív tanulási környezetek. Ezek új lehetőségeket nyitnak a tanulók elérésében és a motiváció fenntartásában – különösen a természettudományos és technológiai témákban, amelyekhez az űr témája erős kapu lehet.

Az előadásban konkrét példákon keresztül – többek között a SpaceBuzz nemzetközi program tapasztalataira építve – rávilágítok arra, hogyan teremthet hidat a világűr az osztályterem és a valóság között, és miként válhat az űrkutatás egyszerre inspirációvá és tanulási eszközzé.

Kulcsszavak: űrtevékenység, oktatás, STEAM, inspiráció, SpaceBuzz, élményalapú tanulás, jövőgeneráció