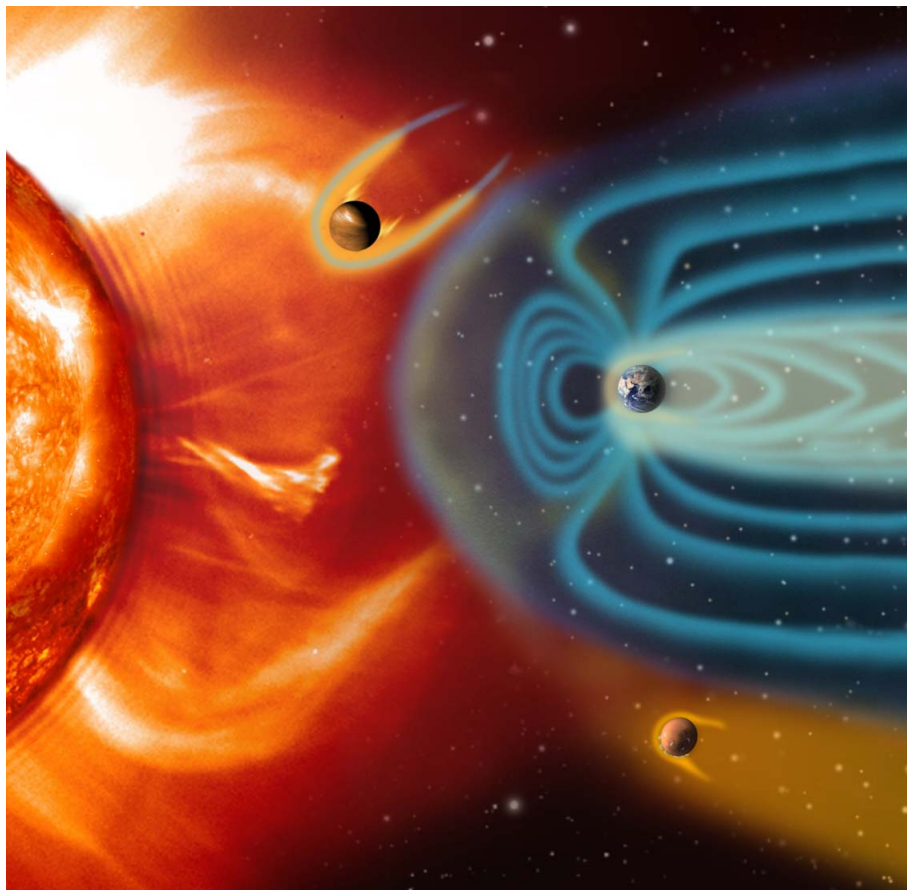


A NAPRENDSZER ŪRSZONDÁS KUTATÁSA

– SZAKMAI BEVEZETŐ

A Naprendszert rendkívül változatos építőelemek alkotják, amelyek sokrétű és bonyolult kölcsönhatásban állnak egymással. Leglátványosabb állandó elemei természetesen a Nap és a nagybolygók, de a Nap körül keringő objektumok méretskálája az óriásbolygóktól kezdve, a kisbolygókon és üstökösmagokon keresztül egészen a nanoméretű porszemcsékig terjed, minden köztes méretet felölelve. Valójában a bolygóközi tér még azon tartományai sem üresek, ahol éppen nem tartózkodik egyetlen porszemcse sem: bizonyos értelemben a Naprendszer minden ismert bolygója, még a legtávolabbi is, a Nap kiterjedt légkörében úszik. Helioszférának nevezük azt a Naptól mintegy 100 csillagászati egység távolsáig kiterjedő térrészt, amelyet a Nap légköre dominál. Ez a „légkör” nagyon különös. Először is plazmaállapotú, vagyis ionizált gáz, atommagok és elektronok keveréke. További különlegessége, hogy a távoli naplégkör „szökésben van”; vagyis nincs álló, nyugalmi állapota, hanem a Naptól nagy sebességgel radiálisan kifelé áramlik. E meghatározó tulajdonsága miatt ezt a Naptól kiinduló, alacsony sűrűségű, magas hőmérsékletű plazmaáramlást napszélnek hívjuk. A napszél jellemzően 400-800 kilométert tesz meg másodpercenként (!), így sokszorosan szuperszonikus. Mint minden vezető közeg, a napszélplazma is kölcsönhatásba lép a mágneses térrel. Így hát a napszél nem csak anyagot szállít az égitestek és a csillagközi tér felé, de magába zárja és magával cipeli a Nap mágneses terét is. Tehát a bolygóközi teret áramló, mágnesezett plazma tölti ki. A kölcsönhatásokat tovább gazdagítja a Nap hőszugárzása, továbbá a látható, az UV- és a röntgensugárzás, a napkitörésekből származó anyagkidobódások és nagy energiára felgyorsult töltött részecskék. Az égitestek részéről a kölcsönhatásban szerepet kap még a bolygók saját mágneses tere, az égitestekről származó gázok, illó anyagok és por is. Ebből a



1. ábra. Művészi elképzelés az űridőjárásról, a napszélről és néhány bolygó (Vénusz, Föld és Mars) magnetoszférájáról. Kép forrása: ESA.

komplexitásból az égre felnézve nem sokat láthatunk, de űrszondák segítségével tanulmányozni tudjuk a látható és láthatatlan Naprendszer rendkívül gazdag és dinamikus életét.

A napszél igen változékony, sebessége, nyomása, hőmérséklete, a benne szállított mágneses tér, lényegében minden tulajdonsága – a mérések számára elérhető összes idő- és méretskálán – fluktuációkat mutat. A változékonyságban felismerhetünk turbulens viselkedést, a Nap forgásából adódó visszatérő struktúrákat és a napkitörések okozta gyors lefolyású, rendszertelen, úgynevezett tranziens jelenségeket is. Mindezen változások esetenként nagyon jelentős hatást gyakorolnak a napszéllel kölcsönható égitestek környezetére, sőt néha még a felszínükre is. Ezen eseményeket és hatásait összefoglaló néven űridőjárásnak nevezzük.

Amikor a napszél egy mágnesezett bolygóval találkozik, a jó vezető napszélplazma és a bolygó mágneses terének kölcsönhatása nagyon jellegzetes struktúrát alakít ki a bolygó körül – ez a magnetoszféra. A

mágneses tér üreget képez a napszélben, amibe a Napból érkező plazma nem tud behatolni, hanem inkább körülötte áramlik. Hasonlóan a szuperszonikus repülő előtt kialakuló hanggrobbanáshoz, a magnetoszféra előtt is egy lökéshullám (fejhullám) helyezkedik el, ez teszi lehetővé, hogy a napszél eltérüljön, és kikerülje a magnetoszféra által képezett akadályt. A Nap felőli oldalon a napszél nyomása összesűríti a bolygó mágneses terét, míg az éjszakai oldalon hosszú csóva alakul ki, amit a bolygóról kiinduló, de a bolygóközi térbe hosszán elnyúló nyílt erővonalak töltenek ki. Az *1. ábra* ezt a struktúrát mutatja a Föld környezetében.

Ha a napszél egy nem mágneses, de légkörrel burkolt bolygóval lép kölcsönhatásba, meglepően hasonló struktúra alakul ki, bár merőben eltérő okokból. A bolygó légkörében a napsugárzás ionizáló komponensei (UV, röntgen), illetve töltött részecskékkel való ütközések folytán kialakul egy viszonylag sűrű, ionizált és ezáltal vezető légréteg, az ionoszféra. A napszél által szállított mágneses erővonalak nem tudnak behatolni az ionoszféra vezető közegébe, emiatt a napszél körüláramolja az akadályt, a mágneses erővonalak feltorlódnak a nappali oldalon, és elnyúló csóvát alkotnak az éjszakai. Ez az indukált magnetoszféra (az *1. ábrán* a Vénusz és a Mars körül).

Üstökösök esetén szintén az indukált magnetoszféra egy sajátos formája alakul ki. Az üstökös – a Naptól való távolsága függvényében – nagyon különböző módon viselkedő égi jelenség. Naptávolban csak egy viszonylag apró, bár jelentős illóanyag-tartalmú égitest. A napszéllel való kölcsönhatása ilyenkor igen hasonló a többi, légkör nélküli égitestéhez, amennyiben a napszél eléri a felszínt, és ott különös kémiai folyamatok vált ki, illetve atomokat „üt ki” a felszínről. Amikor azonban egy üstökös elnyúlt pályája mentén napközelpelbe ér, felszíne felmelegszik, illó anyagok és por

szabadulnak fel belőle, kialakítva a kómát, ami az üstökös – a magjánál sok ezerszer vagy akár milliószor nagyobb átmérőjű – poros légköre. A kóma kialakulásával válik az üstökös azzá a látványos égi jelenséggé, ami oly érdekessé tette a földi megfigyelők számára a történelem hajnala óta. A kómából megszökő port a napfény sugárnyomása lassanként egyre távolabbi Kepler-pályákra tereli – így épül fel a porcsóva. Az ionizálódó gáz és a napszél kölcsönhatása pedig egy indukált magnetoszférát alakít ki, aminek egyik látványos jele lehet a megfigyelhető ioncsóva (*2. ábra*).

A Naprendszerben található égitestek mérete, összetétele, mágneszettsége roppant változatos, így remek lehetőséget nyújtanak a különböző típusú magnetoszférák és az ott jellemző kölcsönhatások tanulmányozására. Kutató űrszondáink már ellátogattak légkör nélküli, légkörrel körülvett, mágneses és nem mágneses égitestekhez, üstökösökhöz és óriásbolygókhoz is, hogy felfedezzék és megfigyeljék az ott zajló sokrétű, különlegesen egyedinek vagy éppen általános érvényűnek bizonyuló folyamatokat. A bolygók közül a Naphoz legközelebb keringő Merkúr rendelkezik eredendő mágneses térrel, de légköre nincs, tengely körüli forgása pedig nagyon lassú. A szemérmes Vénusznak jelentős szén-dioxid-alapú légköre van, de egyáltalán nincs saját mágneses tere. A Földnek erős mágneses tere van és sűrű légköre, míg kísérője a Hold nem mágneses és légköre sincs. A Mars ritka szén-dioxid-alapú légkörrel rendelkezik, és csupán kéregmágnesség található rajta foltokban. Két hold kíséri. A Jupiter óriási gázbolygó, erős mágneses térrel, számos érdekesebbnél érdekesebb holddal. Hasonló, de mégis egyedi a Szaturnusz, csodálatos gyűrűrendszerével és sok kísérőjével. Az üstökösök különleges környezetében pedig olyan jelenségek is tanulmányozhatók, amelyek sehol másutt nem fordulnak elő. A Naprendszer hatalmas és izgalmas labora-

tórium, kutatása számos érdekes felfedezéssel gazdagította már ismereteinket. Cikkgyűjteményünk ezen megfigyelésekből mutat be néhány érdekességet, kitérve a belső helioszféra sajátosságaira, az óriásbolygó-kutatás néhány érdekességére, illetve a légkör nélküli égitestek felszínén zajló különleges kémiai folyamatokra. Több cikkben taglaljuk az üstökös-kutatás eredményeit, illetve megtudhatunk majd néhány érdekességet az űrkutatási műszerekkel kapcsolatban is.

Németh Zoltán,
Opitz Andrea
Wigner FK

2. ábra. A C/2020 F3 NEOWISE üstökös, fölül az ion-, míg lejjebb a porcsóva (fotó: Christian Koll).

