

A Cassini a Szaturnusznál

A Cassini-űrszonda az utolsó képviselője az űrkutatás klasszikus időszakában épült nagy, robusztus szondáknak. 6,7 méteres magassága, 4 méteres átmérője, 5712 kg-os tömege és 3,27 milliárd dolláros költsége mellett eltörpülnek a mai Discovery program olcsó berendezései. A Cassini a NASA, az ESA és az Olasz Űrkutatási Iroda közös projektje keretében készült, a programban többek között hazánk is részt vesz, a KFKI munkatársai a plazmadetektor készítésében működtek közre. Európai részről a projekt kiemelt eleme a Huygens leszállóegység, amely a Titán légkörét és felszínét vizsgálja majd. A Cassini a Jupitert vizsgáló Galileóhoz hasonlóan hosszú időn keresztül tanulmányozza majd a Szaturnusz rendszerét. A Cassini 4 méteres parabolaantennája merev szerkezetű, amivel eddig semmilyen probléma nem jelentkezett. (A Galileo esernyőszerűen kinyitható antennája beszorult, ezért a teljes program során igen lassan lehetett csak kommunikálni a szondával.) A Cassini eredményeit két 2 GByte kapacitású merevlemezen tárolja és naponta 1–2 Gbyte mennyiségben sugározza vissza a Földre, ahol a Deep Space Network rendszer veszi.



A Cassini infravörös felvétele a Szaturnusz déli poláris régiójának légköri örvényeiről

A Cassini 1997.10.15-én indult Titan IV/B hordozórakétával Cape Canaveralból. Három hintamanővert végzett útja során a Vénusz (1998.04.26. 283 km, 1999.06.24. 596 km), a Föld (1999.08.18. 438 km) és a Jupiter (2000.12.30. 9,7 millió km) mellett elhaladva, 3,5 milliárd km, valamint hat és fél év út után 2004.07.01-én rakétás fékezés-sel állt Szaturnusz körüli pályára. A 96 perces fékezés során 626 m/s-nyit lassult a berendezés, miközben az F és a G gyűrű között áthaladva 20 ezer km-rel repült el a Szaturnusz felhői felett. Ekkor közelebb volt a bolygóhoz, mint a program során bármikor a későbbiekben. Az áthaladás alatt a szonda biztonsági okokból a parabola-antennájával előre repült, és kevesebb mint 5 perc alatt több mint 100 ezer porszemecse becsapódását detektálta.

A fékezést követően az első holdközelítés 2005.06.02-án lesz, ekkor 339 000 km-re halad el a Titán mellett. A legizgalmasabb eseményre azonban már korábban sor kerül. Ideális esetben ugyanis a 320 kg-os, európai fejlesztésű Huygens idén karácsonykor, 2004.12.25-én 30 cm/s sebességgel leválik az anyaszondáról. A leválás után két nappal a Cassini pályát változtat, hogy elkerülje a Titánt, amit a Huygens remélhetőleg felibe talál. Utóbbi 7 fordulat/másodperces pörgéssel stabilizálva helyzetét egyedül folytatja 21 napos útját – amelynek végén a tervek alapján elsőként fog egy óriásbolygó holdjára leszállni. A Titán sűrű légkörébe 6 km/s-mal belépve 2,7 méter átmérőjű hővédőpajzsa 100 m/s-os sebességre lassítja, mire 190–170 km-es magasságba ér. Ekkor nyílik ki a 8,3 méteres főajtóernyő, majd közel 15 perc ereszkedés után, amikor eléri a 100–140 km-es magasságot és 40 m/s-ra lassult, a főernyő leválik. Egy kisebb, 3 méteres ernyő váltja fel, hogy az ereszkedés időtartama 2,5 órára csökkenjen a sűrű

A Cassini műszerei

radar: a Titán felszínének vizsgálatára
infravörös spektrométer: a holdak felszíni hőmérsékletének és anyagának tanulmányozására

képfelvevő rendszer: multispektrális megfigyelésre, 938 nm-es szűrőjével részben átlát a Titán felsőléggöri szmogrétegén, és a felszín is vizsgálható

rádiótudományi kísérlet: a légkör és a gyűrűk szerkezetének, a holdak és a Szaturnusz gravitációs terének vizsgálatára

látható és ultraibolya spektrométer: a szilárd felszínek összetételének meghatározására

ultraibolya képfelvevő: a gyűrűk, a holdak és a bolygóléggör összetételének meghatározására

magnetométer: 11 m-es rúd végén lévő berendezés a mágneses tér tanulmányozására

plazmaspektrométer: a Szaturnusz magnetoszférájának vizsgálatára

poranalizátor: a Szaturnusz körüli por- és jég szemcsék vizsgálatára

rádió- és plazmahullám-detektor: 3 db 10 m hosszú antenna végén lévő érzékelő a töltött részecskék áramában terjedő hullámok tanulmányozására

ion- és semlegesatom tömegspektrométer: a magnetoszféra semleges és töltött részecskéinek vizsgálatára

A Huygens műszerei

aeroszolgyűjtő és pirolizáló: légköri aeroszolt (szilárd és folyékony szemcséket) gyűjt, majd felforrósítva elgőzölögteti és a gázkromatográfban vizsgálja

képrögzítő és radiométer: a felhők és a felszín fotózására, a tervek szerint kb. 500 képet készít a magasszintű szmog alatt

Doppler szélvizsgáló: a szél tanulmányozására

gázkromatográf-tömegspektrométer: a légköri gázok összetételének vizsgálatára

légkör-fizikai detektor: a légkör fizikai és elektromos jellemzőinek tanulmányozására

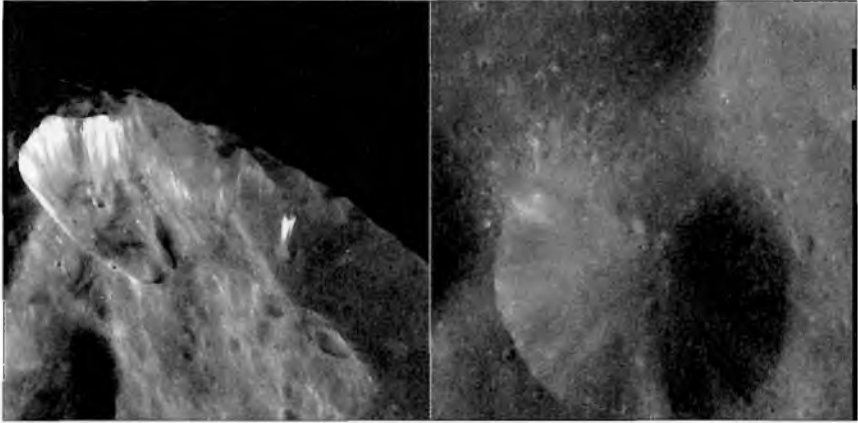
felszíni műszercsomag: a felszíni jellemzők vizsgálatára, az esetleges szénhidrogén óceán mélységének szonáros meghatározására

légkörben. Az ereszkedés első fázisában műszerei előre meghatározott program szerint működnek, majd az utolsó 10–20 km során már a radaros magasságmérő információit is felhasználja a fedélzeti számítógép a mérések megtervezéséhez. Ereszkedés közben a légkört, a felhőzetet és a felszín tanulmányozza, a szelekre és turbulenciákra a szonda sodródásából következtetünk, amit a keringő egység mér a Huygens rádióhullámainak Doppler-eltolódása alapján. Kis magasságban bekapcsolódik a lefelé néző reflektor, hogy biztos megvilágítást adjon az alig ismert felszíni fényviszonyok közt. A berendezés várhatóan 6–7 m/s-mal ér felszínre, miután közel 1000 felvételt készített a környezetéről. A Huygens akkumulátorainak teljes élettartama 153 perc, így a felszínen még maximum kb. 2 óráig üzemelhet a berendezés – ennél tovább nem is tudná a Titán mellett elhaladó Cassini rögzíteni a szonda jeleit. Amennyiben a Huygens folyékony etánra érkezik, annak várhatóan alacsony hőmérséklete (–180 °C) miatt még rövidebb ideig bírják csak az akkumulátorok.

A Cassini működésének tervezett 4 éve alatt 76 keringést végez a Szaturnusz körül, miközben 50-szer közelít meg egy-egy holdat, ebből 45-ször a Titánt. Pályája részben hajtóműve, de elsősorban a Titán melletti elhaladásokkor végrehajtott hintamanőverek révén változik. A program legfontosabb eleme maga a Titán, amelynek légköri folyamatai talán a földi élet keletkezését megelőző, úgynevezett prebiotikus anyagfejlődés megértésében segíthetnek.

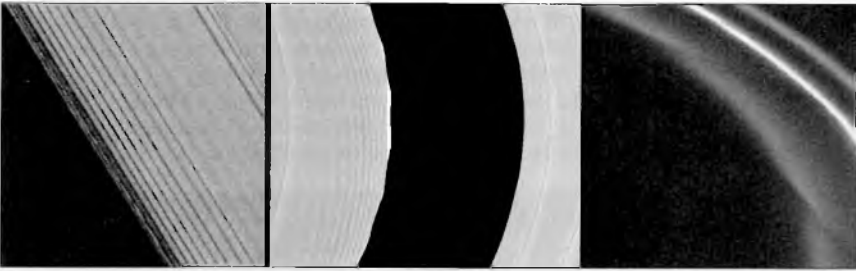
Az első eredményeket még a fékezés előtt kaptuk: a Cassini 2004.06.11-én 2068 km-re elrepült el a Phoebe mellett. Az átlagosan 214 km átmérőjű Phoebe felszínén közel 16 km volt a maximális szintkülönbség. A hold napsütötte oldalán az egyenlítőn dél-

előtt 107 K, kora délután 112 K uralkodott, ami naplementéig 78 K-re csökkent, majd éjszaka még tovább. A nagy hőmérséklet-változékonyság arra utal, hogy a felszínt kis hővezető képességű anyag, valószínűleg laza szerkezetű por vagy jég borítja. A felvételek alapján a sötét felszíni takaró alól a csuszamlások helyén kilátszik az alul lévő világos jeges anyag. Maga a felszíni anyag a kráterek felső peremén kontrasztos regolithtakarónak tűnik, ami talán a becsapódások után hullott vissza.

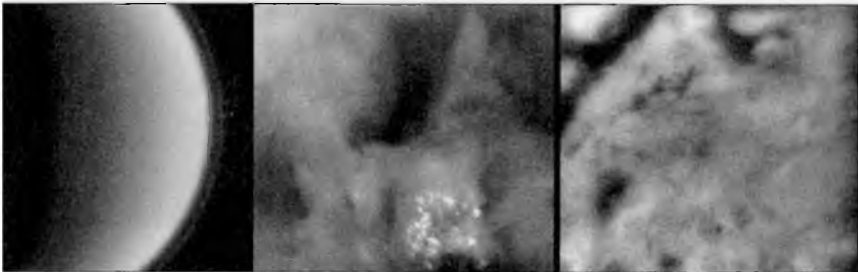


Balra: A Phoebe 70 m-es felbontással. Balra fent egy 45 km-es kráter falán világos csuszamlásnyomok láthatók. Jobbra: egy 13 km-es kráter, szintén csuszamlásokkal a falán és 50–300 m-es sziklákkal a fenekén

A Szaturnusz magnetoszférájának határán többször is áthaladt a szonda, a napszél ingadozásai miatt ugyanis a határ ki-be pulzál. A magnetopauza a Nap irányában átlagosan 3 millió km-re volt a bolygótól, lényegesen messzebb, mint korábban feltételezték. A D gyűrű belső peremének közelében egy új sugárzási övet fedezett fel a Cassini, amely a légkörig ér, és létét a gyűrű közeli szemcséinek részecskeelnyelő hatása miatt nehezen érthető. Míg a korábban ismert sugárzási öv 139 és 362 ezer km-rel húzódik a felhők felett, az új a fenténél jobban megközelíti a felhőzet tetejét, és kevesebb részecskét tartalmaz. A Cassini a bolygó légkörében kisülő villámok keltette rádiózajokat is észlelt, amelyek gyakorisága nagy változékonyságot mutatott napos időskálán, és epizodikus viharok központok létre utal. Mindezek eltértek a Voyagerek eredményeitől, amelyek egy alacsony földrajzi szélességen lévő tartós viharok központot több hónapon keresztül folyamatosan észleltek. A különbség talán a légkört érő napfény eloszlásával kapcsolatos: míg a Voyagerek idején a gyűrű keskeny, sötét árnyékot vetett az egyenlítőre, most az északi féltekén nagy területet árnyékolta a gyűrű, és anyagán több fényt engedett át. Emiatt most a gyűrű árnyékával kapcsolatban keletkező meleg és hideg légtömegek távolabb vannak egymástól.



Balra: sűrűség hullámok az A-gyűrűben, középen: az Encke-rés hullámzó peremmel és sűrűség hullámok a gyűrűben, jobbra: az F-gyűrű



Balra: a Titán 120 km magasan lévő ködrétege. Középen: a fehér foltok a pólus körüli sarkvidéki metánfelhők. Jobbra: a felszín albedómintázata 10 km-es felbontással

Kiderült, hogy a gyűrűrendszer összetétele sem homogén: a vízjég az A-gyűrűben a legjellemzőbb, a Cassini- és az Encke-rés, valamint a többi kisebb rész anyaga „szárazabb” és a Phoebe felszínén lévő anyagra hasonlít. A gyűrűalkotó szemcsék mérete a bolygóhoz közeledve csökken, a gyűrűk jégtartalma pedig kifelé nő, azaz távolabb „tisztább” a jég, mint a Szaturnuszhoz közel. A gyűrűben korábban is megfigyelt spirális hullámok a galaxisok spirálkarjaihoz hasonlóan önfenntartó sűrűség-hullámok lehetnek, amelyeket eredetileg a holdak gravitációs hatása hoz létre. Ilyenekről az A gyűrűben rögzített látványos felvételeket a Cassini. A fő célpont, a Titán sem rejtőzködhet már sokáig felhői mögött: a közeli infravörösben készült felvételek minden korábinál részletesebb képet adtak a felszínéről. A képeken egyelőre azt sem tudjuk, mit látunk, annyi azonban már sejthető, hogy nem egy unalmas hold. A hold nappali oldalán a metánnak és a szén-dioxidnak a napfény gerjesztette fluoreszcenciáját a vártnál sokkal nagyobb magasságig: 700 km-ig sikerült követni. Az éjszakai oldalon gyengébb, de talán még nehezebben magyarázható fluoreszcencia mutatkozott.

KERESZTURI ÁKOS