

Megérkeztünk a legnagyobb kisbolygóhoz

Újabb fehér folttal lett kevesebb a Naprendszer térképén: 2015. március 6-án sikeresen Ceres körüli pályára állt a NASA Dawn-űrszondája. Ez az első alkalom, hogy a legnagyobb kisbolygót űreszköz látogatta meg. A Dawn-űrszonda 2007 szeptemberében indult, majd 2011 és 2012 között egy éven át az egykor vulkanikusan aktív Vesta kisbolygót tanulmányozta. 2012 szeptemberében sikeresen befejezte ezt a feladatot, és ionhajtóművét üzemeltetve tovább indult a Ceres kisbolygóhoz. A közel 1000 kilométeres Ceres körül először 13 500 km-re fog keringeni, majd ezt a távolságot 4430, 1480 végül 375 km-re csökkentik.

A Dawn eddigi sikerei mellett már néhány műszaki problémával is küzd. Négy helyzetstabilizáló giroszkópja közül kettő hibás, ezért körültekintően kell a pályaváltoztatásokat megtervezni. Ugyanakkor elég hidrazin üzemanyag van a szonda térbeli helyzetének stabilizálásához. Emellett kétszer is újraindította már magát az űreszköz számítógépe, feltehetőleg egy-egy nagyenergiájú kozmikus sugár miatt – a második ilyen eset következtében egy hónappal ért a Cereshez.

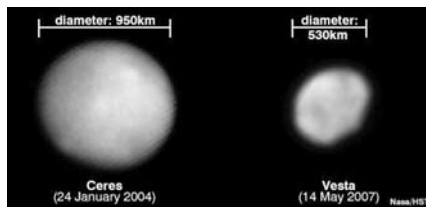
Legnagyobb a kicsik között

A Ceres a Naprendszer legnagyobb kisbolygója, egyben az elsőként felfedezett ilyen égitest, egymaga a teljes kisbolygóöv tömegének közel felét tartalmazza (ez egyébként egyenlő a Hold tömegének 4%-ával). Keringési ideje 4,6 földi év, tengelyforgási ideje 9 óra 4 perc. Pályája kissé elnyúlt, excentricitása 0,08, inklinációja pedig 10,7 fok. Forgástengelyének a pályasíkkal bezárt szöge pontosan nem ismert, a korábbi földi mérések 12,3 és 3 fok között szórnak.

Az égitest átlagsűrűsége 2,0–2,2 g/cm³, anyagának kb. negyede vízjég, ami a Föld teljes vízkészletéhez hasonló nagyságrendet



jelent. Feltehetőleg részben differenciált a belseje, bár erről majd csak a Dawn szolgál megbízható adatokkal. Valószínűleg a kőzetbelsőn egy kb. 100 km vastag, főleg vízjégből álló kéreg lehet, utóbbi az égitest tömegének közel negyedét, térfogatának felét teszi ki – de az is elképzelhető, hogy szinte teljesen differenciálatlan a belseje. A felmerült ötletet, amely szerint a jég alatt cseppfolyós vízóceán is lehet vagy lehetett, kevés szakember támogatja.



A Hubble-űrtávcsővel készült felvétel a Ceresről illetve a Vestáról (NASA, HST)

A földi színeképfelvételek viszonylag homogén, sötét felszínre utalnak. A tengelyforgás során kb. 0,04 magnitúdónyi fluktuáció mutatkozik fényességében, amit talán felszíni albedóváltozások okoznak (az albedó eszerint 0,09 és 0,045 között is változhat).

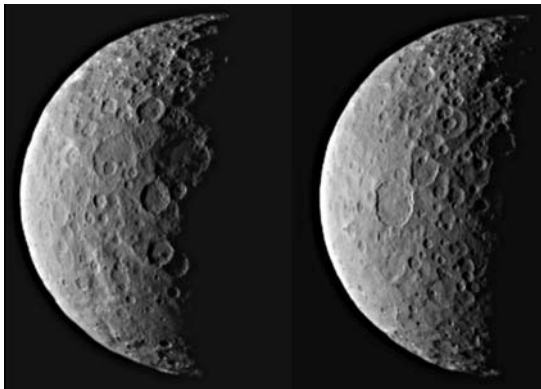
Korábban a Hubble-űrtávcső közel 30 km-es felbontású képein néhány kissé világosabb, illetve sötétebb folt mutatkozott. A Ceres maximális felszíni hőmérséklete -40 Celsius-fok körül lehet alkalmanként.

A felszínen víztartalmú ásványok is előfordulnak az infravörös színekben 2,7–2,8 mikrométer között mutatkozó minimum alapján, amely filloszilikátokban kötött OH gyökökhöz kapcsolódhat. A mérések szerint agyagásványok lehetnek jelen (főleg a serpentinek csoportjába tartozó, vasban gazdag cronstedtit és montmorillonit), emellett a 3,1 mikrométeres minimum akár tiszta vízjeget is jelezhet. Ezek mellett karbonátok (jelentős magnéziumtartalommal) és brucit is előfordulnak. A brucit és a cronstedtit ritkán keletkezik együtt, az első inkább oxidáló környezetben, a másik inkább alkáli viszonyok között jön létre – ez heterogén kémiai körülményekre utal kialakulásukkor. A brucit sokszor vizes közegben keletkezik, de nem feltétlenül. Ha voltak vizes környezetek is a Ceresen, azok talán az ősi, nagy becsapódásokkal kapcsolatban jöttek létre átmenetileg – valószínűleg a kisbolygó felszíne alatt alakulhattak ki.

A felszín anyaga leginkább a C típusú kisbolygókéra emlékeztet, és legjobban a (10) Hygiea és a (324) Bamberga aszteroidákéra hasonlít. A visszavert radarhullámok szerint szenes kondrit jellegű anyag boríthatja, amelynek sűrűsége 1 g/cm^3 -nél kisebb, hővezetlensége csekély, viszonylag porózus. A felszíni karbonátok és vasban gazdag filloszilikátok jelenléte alapján a meteoritok közül a CI típusú szenes kondritok lehetnek a legközelebb ehhez. A világosabb területek egyébként talán kicsit szegényebbek lehetnek a fent említett brucitban és karbonátban.

Régóta keresik a kutatók a Ceres légkörének nyomát, amely, ha létezik is, nagyon ritka és időszakos lehet. Az 1990-es években földi távcsöves mérésekkel a poláris térségből származó vízgőzt észlelték, de ezt később további megfigyelés nem erősítette meg – noha az ultrabolygó tartományban folytatott űrtávcsöves mérések

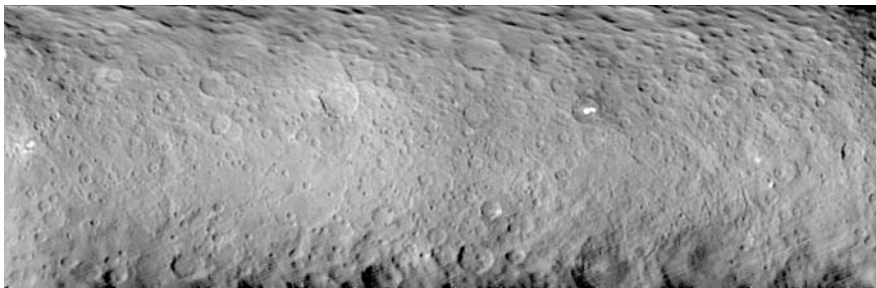
OH-ra akadtak az északi poláris térség közelében. Végül a Herschel-űrtávcső 2014-es méréseivel sikerült biztosan azonosítani, hogy néhány területen H_2O -kibocsátás zajlik, és vízgőz jelenik meg az égitest körül. Összesen 6 kg/s lehet a kibocsátási ráta napközben. A kiáramlás intenzitása változó, feltehetőleg a forgás miatt, és néhány, a becslések alapján 60 km -nél kisebb területről származott. A legerősebb anyagkibocsátás forrása két sötétebb terület, a Piazzzi és a Region A lehet. Az így keletkező rendkívül ritka légkör egy része elméletileg magas szélességeken visszajuthat (kicsapódhat) a felszínre, azonban erre az érdekes lehetőségre még nincs bizonyíték.



Két kép a Ceresről 25 ezer km távolságból (NASA/JPL-Caltech/UCLA/MPS/DLR/IDA)

Ősi idők tanúja

A Ceres feltehetőleg egy „túlélő” protobolygó, amely szerencsés története révén nem ütközött össze hasonló társaival, hogy aztán Föld típusú bolygót alkosson vagy szétdarabolódjon. Ugyanakkor a Jupiter gravitációs zavaró hatása sem lökte ki a térségből. Míg sok kisbolygó egy-egy nagyobb család tagja, a Ceres esetében nem ez a helyzet. Noha vizsgáltak néhány hozzá hasonló útvonalon haladó kisbolygót, színekében a Ceres eltér ezektől – feltehetőleg ezek csak átmenetileg mozognak hozzá hasonló pályán, és utóbbiak útvonalala lassan (100 ezer éves időskálán) megváltozik.



Az eddigi legjobb térkép a Ceresről. A kép közepétől kicsit balra, az egyenlítőtől enyhén délre (lefelé) egy nagy, kb. 300 km átmérőjű, sekély becsapódásos medence látszik. Néhány feltűnően világos folt is látható, jórészt kráterekben (NASA/JPL-Caltech/UCLA/MPS/DLR/IDA)

A Ceres korai radioaktív fűtése (főleg ^{26}Al izotóptól) feltehetőleg elegendő volt anyagának részleges megolvasztására, amelynek során kőzetmagra és jeges köpenyre-kéregre különült el. Ezt követően azonban inaktívan töltötte élete nagyobb részét. A Ceres naptávolságában a vízjég hosszú távon nem stabil a felszínen, azonban a 10–100 m vastag porózus réteg alatt az egyenlítői térségben akár a Naprendszer születése óta is megmaradhatott. A 40 fokos szélesség feletti területeken ugyanehhez 1–10 m vastag porózus anyag is elegendő.



Központi csúcsos kráter (NASA/JPL-Caltech/UCLA/MPS/DLR/IDA)

A Dawn-űrszonda programjától sok fontos kérdésre várnak választ a szakemberek. A mérések várhatóan rámutatnak, mennyire

differenciálódott a belseje. Talán az is kiderül, lehetett-e valamikor globális felszíni alatti óceán, avagy legalább kisebb cseppfolyós víztömegek előfordulhattak-e a belsejében. Ebben a kráterek alakjának mérése is segít, mivel a felszínformák „ellágyulása” alapján a felszínhez közeli jég állapota, esetleges egykori cseppfolyós fázis előfordulása is becsülhető. A megfigyelések alapján pontosan ki fog derülni, hogy mekkora a Ceres, és mennyire lapult. Méretét ugyanis a korábbi földi megfigyelések alapján 967x892 km és 975x909 km közé teszik. Izgalmas kérdés a felszíni jég előfordulásának kimutatása és a vízgőzt kibocsátó térségek elemzése. Alapvető kérdés, aminek megválaszolására a Dawn ideális „eszköz”: miért mutatkozik inaktív és vízben gazdag égitestnek a legnagyobb kisbolygó, míg a nála kisebb Vesta víztartalmát elvesztett vulkáni égitest. A korábban meglátogatott Vesta kisbolygóval ellentétben nem tudni, mely meteoritok (ha vannak egyáltalán ilyenek) származnak a Ceresről, erről talán a Dawn színképi mérései szolgálnak újdonsággal. A Ceres elemzése első alkalommal nyújthat ismereteket arról, hogyan is festhettek az ősi, mára jórészt szétört ős-kisbolygók, emellett gazdagodhat tudásunk arról is, miként indul meg egy-egy objektum fejlődése a nagybolygóvá válás útján, vagy éppen miként reked meg.

Kereszturi Ákos