

BOTH ELŐD

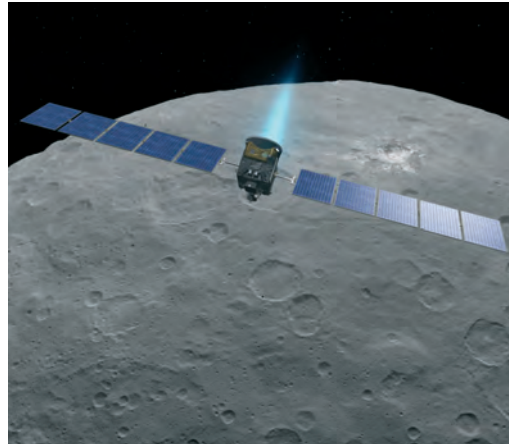
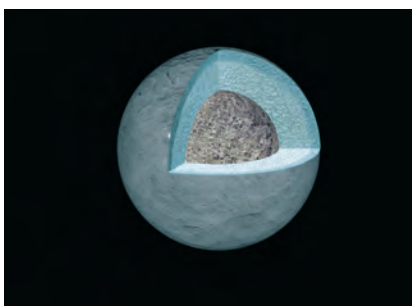
# Bemutatkozik a Ceres

Lapunk *Folyóiratszemele és Hírek* rovaataiban már többször foglalkoztunk a NASA Ceres körül keringő Dawn űrszondája megfigyeléseivel. Bemutattuk a korábban a Vesta kisbolygót vizsgáló szonda küldetését (*Természet Világa*, 2015. június), valamint a Ceres legfeltűnőbb alakzatainak, az *Occator kráterben* és sok más helyen látható világos foltoknak az eredetére vonatkozó feltevéseket (*Természet Világa*, 2015. november, 2016. március és szeptember). Bebizonyosodott, hogy az első feltevésekkel ellentétben a világos foltokat nem vízjég alkotja, hanem sólerakódásokat látunk. Most az azóta végzett megfigyelések alapján mutatjuk be a Cerest.

A Ceres felszínén mintegy 130 kisebb-nagyobb világos foltot találtak, vagyis az Occator kráterben látható nem az egyetlen, csak a legnagyobb és legfeltűnőbb ezek közül. A Herschel infravörös űrtávcsővel megmérték, mennyi vízpára található a Ceres körül, és megállapították, hogy ha a világos foltokat vízjég alkotná, akkor azok szublimációja sokkal több párat eredményezne. Más lehetőségeket is kizárva ezért következtettek a sólerakódásokra. Feltételezik, hogy az Occator mintegy 80 millió évvel ezelőtt létrehozó becsapódás hője megolvastotta a felszínt, az égitest belsejéből a Dawn felvételein is látható redpedéseken keresztül sós víz tört fel, megfagyott, majd a jég szublimált, a só pedig visszamaradt.

Az Occator tehát geológiai értelemben fiatal (a Naprendszerrel együtt keletkezett, tehát 4,5 milliárd éves Cereshez képest elenyésző a kora), amit környeze-

**A Ceres feltételezett belső szerkezete a Dawn topográfiai megfigyelései és gravimetriai adatai alapján** (Forrás: NASA/JPL-Caltech/UCLA/MPS/DLR/IDA)



**A Ceres körül keringő Dawn szonda ionhajtóművével változtatta a pályamagasságát** (Forrás: NASA/JPL-Caltech)

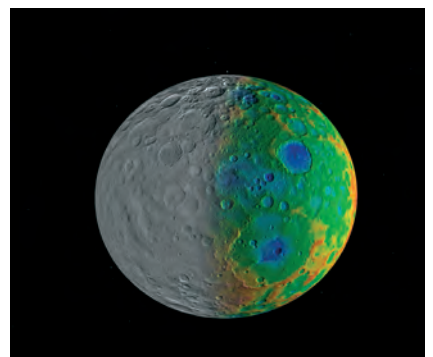
tének a hamisszínes felvételeken kékesnek látszó színárnyalata is alátámaszt. A felszínt alkotó anyag ugyanis fokozatosan egyre vörösebb árnyalatúvá válik. Ezt részben a molekulaszervezetükben a sugárzás hatására bekövetkező változás, részben pedig az anyag mikrometeoritok becsapódása nyomán történő aprózódása okozza. A szín azonban nem jelzi egyértelműen a kora. Az Occator központi alakzata például fiatal kora ellenére feltűnően vörös árnyalatú, a jelenség oka azonban ismeretlen. Magyarázatra szorul az is, miért olyan fehérek a világos foltok. Bár a 80 millió éves kor geológiai értelemben rövid, mégis ennyi idő alatt az anyagnak el kellett volna szürkülnie. Talán valamilyen mechanizmus pótolja az anyagot, friss anyagot juttat a felszínre.

A Ceres átlagsűrűsége  $2,2 \text{ g/cm}^3$ , meglepően alacsony, a Föld sűrűségének felét sem éri el. Ennek kézenfekvő magyarázata, hogy a felszín alatt nagy mennyiségű illelkony anyag, bizonyára jég (valószínűleg vízjég) van, a Ceres tömegének negyedét a jég teheti ki. Feltételezik, hogy az égitest kérge és belső, kőzetmagja között jelentős mennyiségű víz helyezkedhet el. A Dawn gamma- és neutrondetektorával 1 méteres mélységig végzett mérések megerősítették a víz jelenlétét, amelyből a pólusok környékén több, az egyenlítő vidékén kevesebb található.

Egy helyen, a viszonylag kisméretű, 10 km-es, közepes északi szélességen fek-

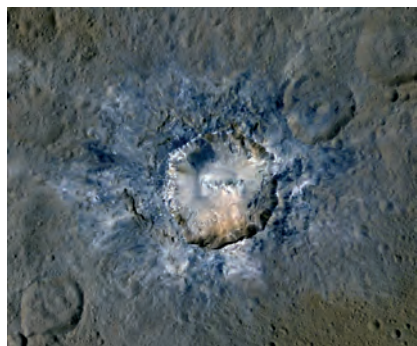
vő, Oxo nevű kráterben a Dawn közvetlenül is kimutatta a víz jelenlétét. Az infravörös térképező spektrométerrel bukkantak a víz nyomára, azt azonban nem sikerült eldönteni, hogy jég vagy pedig egyes ásványokba zárt kristályvíz formájában van-e jelen. Az infravörös spektrumok egy további érdekességet, bizonyos agyagszerű ásványok, úgynevezett filloszilikátok jelenlétét is kimutatták. Ráadásul ezek az ásványok ammóniát is tartalmaznak, ami a kőzetek és víz kölcsönhatása eredményeképpen jöhetett létre. Nagy mennyiségéből arra következtetnek, hogy a Ceres a Naprendszer távolabbi részén, valahol a Szaturnuszon túl keletkezhetett, majd onnan sodródott

közelebb a Naphoz. Gyakorik a Ceresen a karbonátok is, ezek gyakorisága éppen a világos sólerakódásokban a legnagyobb. A Földön kívül sehol másutt nem találtak még karbonátokat ilyen magas koncentrációban.



**Meglepő felfedezés, hogy a Ceresen hiányoznak a nagy kráterek, a becsapódásos eredetű medencék. A kép bal oldala eredeti színeiben mutatja az égitestet, jobb oldalán a topográfiai térkép színezeése látható** (Forrás: NASA/JPL-Caltech/SwRI)

Meglepő, hogy az ásványösszetétel a Ceres felszínén túlságosan egyenletes. Feltételezik, hogy az ásványok mélyen a felszín alatt keletkeztek, majd valamilyen geológiai folyamat hozta őket a felszínre. Ezek a folyamatok viszont hőmérsék-

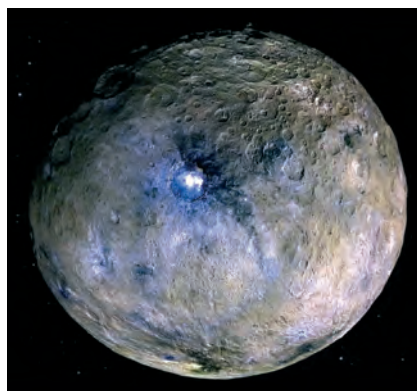


**A 34 kilométeres átmérőjű Haulani-kráter. A kráterperem belső oldalán földcsuszamlások nyomai láthatók**  
(Forrás: NASA/JPL-Caltech/UCLA/MPS/DLR/IDA)

letfüggők, vagyis a pólusok és a mintegy 50 fokkal melegebb egyenlítő környékén eltérő összetételt kellene tapasztalni, de az eltérés kisebb a vártnál. Egyes kutatók ezért arra gondolnak, hogy az égitest felszíne egy egykor volt óceán feneké lehet. A Ceres keletkezése után a radioaktív elemek bomlási hője egy ideig folyékonyan tarthatta a vizet, később azonban megfagyott, majd mintegy 200 millió év alatt szublimálhatott.

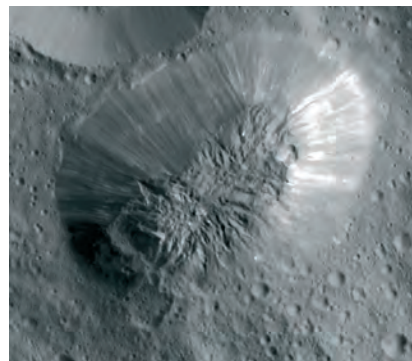
A Ceres felszínét kárterek borítják, ami a legkevésbé sem meglepő. Egyes területeken a felszín telített, azaz ha egy becsapódás újabb krátert hozna létre, az óhatatlanul eltörölne egy régebbit, több kráter már nem fér el a felszínen. Ugyanakkor meglepőnek találták a nagy kráterek hiányát, a kráterek nagy többsége viszonylag kicsi. A modellek szerint a Ceresen legalább 10–15 darab, 400 kilométeresnél nagyobb kráternek kellene lennie, ezzel szemben a két legnagyobb kráter is csak 260, illetve 280 km

**Hamisszínű felvétel a Ceresről, középen az Occator kráterrel. A színárnyalatok kiemelik az ásványösszetétel különbözőségeit, a kék árnyalat a fiatalabb anyagot jelzi** (Forrás: NASA/JPL-Caltech/UCLA/MPS/DLR/IDA)



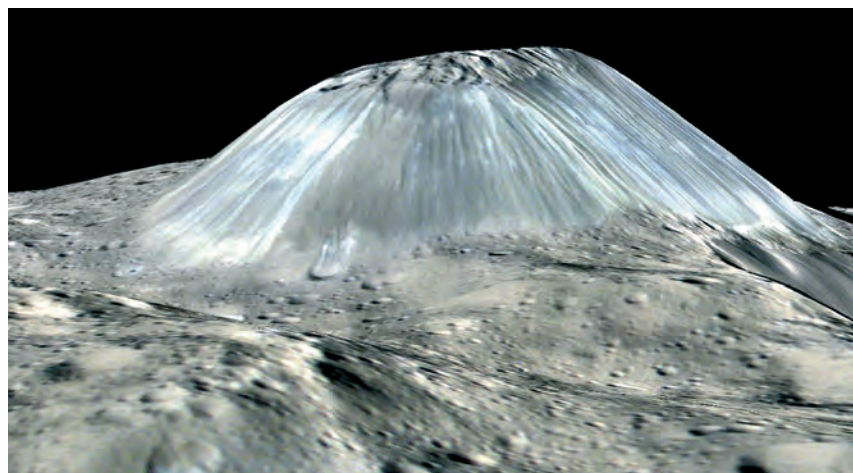
átmérőjű, ugyanakkor a Dawn szonda a Vestán 400 és 500 km-es krátereket is talált. A Ceresen csak 16 kráter átmérője haladja meg a 100 km-t, ami legalább 40%-kal kevesebb annál, amire számítottak. A kutatók szerint a jelenséget egy külső, jeges burok elvesztése, vagy a nagyobb krátereket elmosó, valamilyen geológiai folyamat okozhatja.

Meglepő az egyik jellegtelen vidéken magasodó, magányos, mintegy 5 kilométer magas hegy, az Ahuna-hegy. Bár egy becsapódásos kráter közvetlen közelében emelkedik, nem sikerült rájönni, keletkezése összefüggthet-e a krátert létrehozó becsapódással. Annyit viszont megállapítottak, hogy a meredek lejtőkkel körülvett hegy legfeljebb 250 millió éves lehet. A kutatók elképzelhetőnek tartják, hogy a hegy kirovulkáni folyamat eredményeképpen emelkedett ki a felszínből, amikor valamelyik nagyobb krátert létrehozó becsapódás annyira megrengette az égitestet, hogy a jeges magma a kőzet repedésein keresztül a felszínre toltult. A hegy csúcsát a kihűlő anyagból keletkezett jégpáncél



**A különös alakú, magányos, és az égitest méretéhez képest nagyon magas Ahuna-hegy a Dawn szonda felvételén**  
(Forrás: NASA/JPL-Caltech/UCLA/MPS/DLR/IDA)

lett, majd 2011. július 16-án állt pályára a Vesta körül, ahol 2012. szeptember 5-ig keringett. Onnan indult tovább a Ceres felé, ahová 2015 áprilisában érkezett meg, és keringeni kezdett az égitest körül. Így a Dawn lett az első űrszonda, amely két



**Három színszűrővel (kék, zöld, infravörös) 2016 augusztusában, a 385 km magas keringési pályáról készített felvételek alapján előállított perspektivikus kép az Ahuna-hegyről. A függőleges távolságokat kétszeresére növelték** (Forrás: NASA/JPL-Caltech/UCLA/MPS/DLR/IDA)

megvédte, oldalán viszont kialakulhattak a meredek törmelékletjtők.

A Dawn mérései (a felszín topográfiája és a gravitációs tér pályaváltozásokat okozó egyenletlenségei) alapján úgy gondolják, hogy a Ceres belső szerkezete differenciálódott. A csaknem gömb alakú, 890–965 km közötti átmérőjű égitestet 70–190 km közötti vastagságú kéreg boríthatja, ami az égitest sugarának 15–40%-a. Felső rétege merev, alatta a sokkal lágyabb és gyengébb anyag helyezkedhet el. Legfelül a szilikátos kőzetekből álló, szilárd magot tételezik fel.

Emlékeztetőül, az ionhajtóművel felszerelt Dawn 2007 szeptemberében indult, 2009 februárjában repült el a Mars mel-

különböző égitest körül is keringett. A Cereset egyre alacsonyabb keringési pályákról vizsgálta (13 500; 4400; 1470, végül 385 km magasból). Küldetését 2017 tavaszáig meghosszabbították, mert várhatóan addig kitart az üzemanyaga. (Az üzemanyagra azért van szükség, mert a Ceres kissé szabálytalan gravitációs tere miatt a keringési pályát időnként korrigálni kell; minél alacsonyabb a keringési pálya, annál gyakrabban.) 2016 végén a kis tolóerejű ionhajtóművel egy hónap alatt magasabb (7520 és 9350 km közötti), ellipszis alakú pályára vezérelték, hogy a továbbiakban kevesebb pályamódosításra legyen szükség.