



# Üstökösök

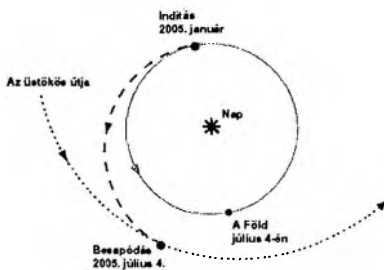
## Célpont: a Tempel 1-üstökös!

Tudományos és technológia szempontból is mérföldkőnek számító űrkíséret előtt állunk. A NASA Deep Impact nevű űrszondája július 4-én egy kb. 370 kg tömegű lövedékkel megkíséreli eltalálni a napközelsége közelében járó 9P/Tempel 1-üstökös magját. Mivel ebben az időben a világ szinte valamennyi jelentős távcsöve az üstökösre fog irányulni, ez lesz az eddigi legnagyobb észlelési kampány. Talán csak a P/Shoemaker-Levy 9-üstökös 1994-es Jupiterbe csapódásakor volt ekkora egyetértés abban, hogy mit is kell megfigyelni a drága távcsőidőben. A nagy eseményből természetesen a műkedvelők sem maradhatnak ki, hiszen a célpont már egy nagyobb binokulárral is megfigyelhető, így szinte bárki részese lehet ennek a forradalmi vállalkozásnak. (Az üstökös koordinátáit l. a Jelenlégnaptárban!) Sikeres találat esetén ez lehet az ágasvári észlelőtábor idei fő észlelési programja is.

### A célpont

Az üstököst Ernst Wilhelm Liebrecht Tempel (1821–1889) fedezte fel 1867. április 3-án este Marseilles-ből. A Libra csillagképben látszó, 4'-5'-es kométa ekkor  $9^m$ -s volt. Az égitestet egészen augusztus végéig követni tudták, s bár keringési periódusa a Jupiter hatására 5,65 évről 5,98 évre nőtt, 1873. április 4-én sikerült ismét megtalálni. A következő napközelséget is sikeresen észlelték, ezután viszont majd' egy évszázadra eltűnt a szemünk elől. Ennek oka az 1881. október 19-én bekövetkezett 0,553 Cs.E.-s jupiterközelség, amelynek eredményeként a perihélium-távolság 1,771 Cs.E.-ről 2,067 Cs.E.-re nőtt. Szerencsére az óriásbolygó 1941. októberében 1,691 Cs.E.-re csökkentette a napközelpont távolságát, amit néhány kisebb pályaváltozás is követett. Így amikor Brian Marsden számításai alapján 1972. január 11-én Elisabeth Roemer a Kitt Peak-i 2,29 m-es reflektorral újra megtalálta, a keringési idő már csak 5,50 év, a perihélium-távolság pedig 1,497 Cs.E. volt. Később Roemer egyik 1967-es felvételén is azonosította az üstökös halvány nyomát.

Az 1972-es esztendőben  $10^m$ – $11^m$ -ig fényesedett, amit öt és fél éves keringési ideje miatt 11 évenként rendszeresen megismétel. Így volt ez 1994-ben is, amikor sok hazai amatőr végzett megfigyeléseket a  $9^m$ ,5-ig fényesedő üstökösről. Az ideji visszatérés ismét a kedvezőbbek közül való, hiszen május elején 0,712 Cs.E.-re megközelítette



A Deep Impact útja a Tempel 1-üstökösig

bolygónkat. Mivel naptávoiban sem halványodik  $21^m$ - $22^m$  alá, a mai távcsövekkel már folyamatosan nyomon tudják követni. Az üstökösre 2024-ben és 2036-ban újabb jupiter-közeliések várnak, amelyek eredményeként a perihélium-távolság 1,98 Cs.E.-re fog nőni.

## A szonda

A Deep Impact szonda nevének jelentése – kutatási programjához hasonlóan – igen hangzatos: nagy becsapódás. A névválasztás az ugyanilyen című amerikai filmre utal (l. Meteor 1998/12., 56. o.). A szondát idén január 12-én egy Delta-2 hordozórakéta emelte a magasba Cape Canaveralról. A 650 kg-os űreszköz fő feladata, hogy egy 1 m átmérőjű, 370 kg-os, főleg rézből és alumíniumból álló lövedéket juttasson a Tempel 1-üstökös magjához. A start után kisebb probléma lépett fel, ugyanis a számítógép túl magas hőmérsékletet észlelt a hajtóműben, ezért a berendezést biztonsági üzemmódba kapcsolta. Szerencsére ez nem akadályozta a napelemtáblák kinyitását, így a program az eredeti terveknek megfelelően folytatható.

Április elején a NASA bejelentette, hogy az anyaszonda három főműszere közül az egyik nem működik megfelelően. A HRI (High Resolution Instrument – nagyfelbontású kamera) a kamera rossz fókuszálása miatt a tervezett 1,4 méteres felbontás helyett némileg rosszabbakat fog készíteni. A hiba kijavításán folyamatosan dolgoznak. A másik két műszer, az MRI és az ITS, azaz a közepes felbontású kamera és a becsapódást megcélzó érzékelő kifogástalanul működik.

A lövedéket önálló számítógépes és navigációs rendszerrel szerelték fel. Miközben sebessége az üstököshöz képest 37 ezer km/óra (10,4 km/s) lesz, önállóan fogja megkeresni a becsapódáshoz legmegfelelőbb területet. Közéltőleg 19 GJ mozgás energiája a becsapódás pillanatában 4,5 tonna TNT-vel egyenértékű robbanás formájában szabadul fel. Az ütközési pontot a Nap helyzetének megfelelően választják ki, úgy, hogy a kidobódó törmelék a megvilágításnak köszönhetően a Földről is megfigyelhető.

Először április 25-én készítette a szonda felvételt az üstökösről, körülbelül 64 millió km távolságból. A további képek alapján a mérnökök a szükséges mértékben még módosíthatják a szonda pályáját, hogy a július 4-i randevű fennakadások nélkül, a megfelelő távolságban következhesen be.

## A közeliítés

A tervek szerint az űrszonda július 4-én, 431 millió km-es utazást követően érkezik meg a 9P/Tempel-1 üstököshöz. A kométa ekkor mindössze egy nappal lesz napköz-



A Deep Impact első képe az üstökösről, 64 millió km-es távolságból (április 25.)

#### A Deep Impact tudományos feladatai

A lövedék becsapódásának hatására képződő kráter létrejöttének megfigyelése.

A kráter mélységének és átmérőjének mérése.

A kráterbelső és a kibodódtott anyag összetételének vizsgálata.

Az üstökösből természetes úton eltávozó anyagban a becsapódás hatására történő változások meghatározása.

zelsége előtt, 1,506 Cs.E.-re központi csillagunktól. A Földtől 0,89 Cs.E.-re tartózkodó üstökös a Virgo csillagképben fog látszani, alig pár fokra a Spicától, vagyis az esti égen figyelhetjük meg. A május eleji vizuális észlelések szerint fényessége kb.  $1^m$ -val elmarad a várttól, így az esemény idején várhatóan 10–10,5 magnitúdós lesz.

A lövedék egy nappal a közelítés előtt válik le az anyaszondáról. Ha minden jól megy, július 4-én 06:10 UT-kor ( $\pm 30$  perc,

de inkább csak plusz), a lövedék becsapódik az üstökös egy kevésbé aktív foltjába, ami után egy összesen 800 másodperc hosszú ablakban a fő szonda is követi az eseményeket. A Deep Impact a becsapódáskor 8600 km-re lesz a magtól, amelyet kb. 800 másodperccel később 600 km-re közelít meg. Pályahelyzete miatt csak ebben a 13 percben lesz mód helyszíni képek és spektrumok készítésére. Ezután csak órákkal később fog ismét rálátni a becsapódás helyére.

### Földfelszíni megfigyelések

Karen Meech, a megfigyelések fő koordinátora 1999 óta összesen 200 éjszakán mérte az üstökösöt 2,4–10 méteres távcsövekkel, hogy meghatározza az üstökös mag alakját és forgási periódusát. Ezek szerint az 1:3 arányban elnyúlt mag 42 óra alatt fordul meg az ekliptikára majdnem merőleges forgástengelye körül. Az üstökös 2004 októberében bukkant elő a Nap mögül, azóta folyamatosan nyomon követik. Elsősorban a szondára veszélyes anyagkilövelléseket keresnek, illetve a kóma poreloszlását és annak változását vizsgálják.

A becsapódás várható időpontjából kiderül, hogy az esemény hazánkban nem lesz megfigyelhető. Sőt, a Föld szárazulatainak nagy részéről sem, ugyanis az időpont a hawaii-szigeteki láthatóságra van kihegyezve. Itt viszont az összes távcső a Tempel 1-et fogja követni! Még két, szigorúan titkos, 4 m-es katonai távcső is 4 órányi távcső-időt ad a jelenségre. Utána, ahogy végigsöpör az üstökös láthatósága a Földön, az ég adta világon összes műszer követni fogja. Az ESO-ban és a Kanári-szigeteken minden távcső rá lesz irányítva. Természetesen a HST, a Chandra és a Spitzer is az üstökös felé irányul majd. Viszont a nagyműszerek pár nap után „elfognak”, így a kései nyomon követésben igen komoly feladat hárul az amatőrökre.

### Mi várható?

Nem tudjuk. Az 1994-es üstökösbebecsapódás a Jupiterbe azért volt nehezen modellezhető, mert a jelenség pontos értelmezéséhez nagyon pontosan kell ismerni a becsapódó test jellemzőit. Ez ebben az esetben teljesül. Becslések szerint a becsapódás pillanatában egy kb. ezredmásodperces felvillanás lesz, majd 200–500 másodperc alatt kialakul a néhányszor 10 m-es kráter. Ennek időtartama azonnal megmondja, milyen az üstökös mag felszínének sűrűsége. A 800 másodperces ablak csak akkor nem lenne elég a teljes kráterképződés megfigyeléséhez, ha a sűrűség kisebb lenne  $0,1 \text{ g/cm}^3$

nél, amit senki nem vár. Ami ezek után történik, az abszolút új ismereteket fog adni az üstökösök belső szerkezetéről.

Számunkra a legfontosabb, hogy várhatóan erős fényességnövekedés következik be, ami akár az 5 magnitúdót is elérheti, azaz az üstökös rövid időre szabadszemes objektummá válik! Ugyanakkor a becsapódás hőhatásai akár napokkal később is kifejtethetik hatásukat, így bármilyen elképzelhető.

A csillagászati jelenségek mellett nem hanyagolható el a program technológia része sem, ami a Földünket veszélyeztető kisbolygók lehetséges eltérítésével kapcsolatos. A becslések szerint a becsapódástól 0,0001 mm/s-mal változik meg az üstökös sebessége. Kb. 10 méterrel módosul a perihélium-távolság és 1 másodperccel a keringési idő, amit nem tudunk kimutatni. Szerencsére a kisbolygók döntő része kisebb, mint a 6 km-es Tempel 1, így egy hasonló becsapódás jelentősebben módosíthatja a pályát. Ha 10 évvel a lehetséges ütközés előtt használnánk a Deep Impact lövedékét, akkor egy 125 méteres testet tudnánk megfelelő módon eltéríteni.

Ugyanakkor nem szabad elfelejteni, hogy a megnövekvő anyagkibocsátás a rakétaelv alapján a fentieknél jelentősebben módosíthatja az üstökös mozgást, amit hosszabb távon már ki tudunk mutatni. Éppen ezért a szakcsillagászok egyhetes intenzív programja után sem szabad elfeledkezni az üstökösről, hiszen a pozíciómérésekben valószínűleg csak több hónap után fognak megjelenni az apró eltérések.

## Hogyan és mivel észleljünk?

Első közelítésben amivel csak tudunk, és ahogyan csak tudunk. Az amatőr közösség számára ez elsősorban egy látványos esemény, hiszen szerencsés esetben egy napról napra fényesedő, csóvát növesztő üstököst figyelhetünk meg, ráadásul „rendelésre”. A vizuálisan észlelők a teljes láthatóság alatt **ugyanazt a műszert és ugyanazt a nagyítást használják**. Ez azt jelenti, hogy július 4-e előtt a lehető legkisebb távcsővel és nagyítással becsüljük a fényességet és az átmérőt, amivel még jól látjuk a kométát. Ez jó égről például egy 20x60-as vagy 20x80-as binokulárt jelent. Így amikor kifényesedik az égitest, nem fog gondot okozni a látómezőhöz viszonyított túl nagy látszó méret és fényesség, adatsorunk pedig nem lesz megzavarva az eltérő távcsövekből és nagyításokból adódó korrekciókkal.

Mivel az észlelők zöme a Guide CD-ROM-ot használja az összehasonlító csillagok fényességének megállapítására, azt javasolhatjuk, hogy mindenki a **Tycho V** fényességértékekkel dolgozzon! Ha nem találunk megfelelő halványságú csillagot ebben az adatbázisban, az ún. Guide magnitúdókat vegyük alapul, de reméljük, hogy június végén lesz olyan fényes az égitest, hogy megfelelő lesz a Tycho adatbázis. A megfigyelések beküldésénél kérjük, mindenki közölje, hogy milyen forrásból származtak az összehasonlítók!

A CCD-vel észlelők próbáljanak azonos expozíciós idővel is sorozatot készíteni az esemény körüli napokban. Természetesen a belső és külső részek változásának megörökítésére módosítani kell majd az integrációs időket, de legyen egy állandónak tekinthető sorozat is.

Nem tudjuk pontosan, hogy mi veszi majd kezdetét július 4-én, de az nyilvánvaló, hogy ezekben a napokban az **első számú égi esemény** a Tempel 1-üstökös lesz.

HORVAI FERENC-KISS LÁSZLÓ-SÁRNECZKY KRISZTIÁN