

# KALANDOZÁS A NAPRENDSZERBEN ÉS IDEGEN CSILLAGOK BOLYGÓI KÖZÖTT – VARÁZSTORONY VETÉLKEDŐ 2020-21

A planetáriumi előadás szövege on-line továbbítás számára a COVID-19 járvány idején, 2020. november hó

[Összeállította: Dr. Ujfaludi László; narrátorok: Zoller Gábor és Herenik Gábor]

## Vetített diaképek, videók

**1** – címlap: KALANDOZÁS A NAPRENDSZERBEN ÉS IDEGEN CSILLAGOK BOLYGÓI KÖZÖTT

**2** – AZ ÉSZAKI ÉGBOLT: Az északi égbolton (és hazánk egén) a csillagok egy része – az óramutatóval ellentétes irányban – körbejár (ez persze látszólagos, valójában a Föld forgása miatt látjuk így).

A csillagok körpályáinak középpontja a Sarkcsillag (Polaris), amely a Kis Göncöl csillagkép szekerrúdjának utolsó csillaga. A Sarkcsillag az északi irányt mutatja ősidők óta hajósoknak, vándoroknak. Napunknál jóval nagyobb csillagóriás, a Kis Göncöl legfényesebb csillaga. A nyári égbolton találjuk a Lant csillagképet, tőle K-re a Hattyú csillagképet.

A csillagok egy része egész évben látható, ezek az ún. cirkumpoláris csillagok. A Kassziopéa W betűje a Nagy Göncöllel szemközt látható; a W alatt nagy ívben az Andromédát, ettől kissé balra lefelé a Perszeuszt találjuk. A fenti csillagképek egy görög mitológiai királyi család tagjairól kapták nevüket.

Az egyes csillagképek csillagait az emberi fantázia kapcsolta össze és azonosította mitológiai személyekkel, vagy állatokkal. Tudnunk kell ugyanakkor, hogy egy-egy csillagkép csillagai tőlünk igen különböző távolságban vannak; következésképp a Nagy Göncöl, a Kassziopéa stb. csak innen, a Földről nézve mutatja általunk ismert alakját.

A téli égbolt talán legfeltűnőbb csillagképe az Orion más néven Égi Vadász (Magyarországról októbertől márciusig látható). Legnagyobb csillaga a Betelgeuse (bet-el-geuze) – egy vörös szuperóriás. Az égbolt egyik legnagyobb ismert csillaga: átmérője közel 1000-szerese a Napénak; ha középpontja a Nap középpontjában lenne, pereme majdnem a Jupiterig érne és a Föld, de még a Mars is a csillag belsejében keringne. Az Orion második legfényesebb csillaga a Rigel kék szuperóriás.

Az égbolton látható ferde, világos sáv galaxisunk, a a küllős spirál alakú Tejút tőlünk látható karja, az ún. Orion-kar (ld. a 4. diaképet!).

**3** – A csillagok látszólagos körpályája hosszú idejű exponálással ilyen nyomot hagy a fényképen; a körpálya középpontja a Sarkcsillag (Polaris).

**4** – GALAXISUNK A TEJÚT: Az égbolton fényes sávként látható Tejút, amelyben a mi Naprendszerünk is helyet foglal, valójában egy spirális alakú galaxis, kb. 150 milliárd csillaggal. Naprendszerünk spirálkarok egyikének közepe táján helyezkedik el. Ma már tudjuk, hogy a hasonló galaxisok száma is százmilliárdos nagyságrendű.

**5** – A NAPRENDSZER: Áttekintés a bolygópályákról. A bolygók a Naptól távolodva: Merkúr, Vénusz, Föld, Mars (ezek a belső, vagy közetbolygók), majd a kisbolygó-övezet, és a Jupiter, Szaturnusz, Uránusz, Neptunusz (az óriás-, vagy gázbolygók). Az összes bolygó ellipszispályán kering a Nap körül, ebből a nézőpontból tekintve az óramutatóval ellentétes irányban.

**6** – HOLD: Totálkép a Hold innenső és túlsó oldaláról. Megfigyelhetjük a két oldal közötti jelentős különbséget. A Hold mindig ugyanazt az oldalát mutatja a Föld felé, mivel keringési ideje pontosan megegyezik a tengely körüli forgás idejével; az ilyen keringést kötött keringésnek nevezzük.

**7** – HOLDKRÁTEREK: A Hold krátereinek kisebb égítetek (meteoritok, üstökösök, kisbolygók) becsapódásának eredményei. A Holdnak nincs légköre és hidroszférája, ezért – eróziós folyamatok híján – a kráterek akár évmilliárdokig is megmaradnak változatlanul.

- 8 – HOLDFÁZISOK:** Állóképen foglalja össze a holdfázisokat – rövid szöveges magyarázat a kép alapján.
- 9 – MERKÚR; 10 – KRÁTEREK A MERKÚRON:** A Merkúr felszíne – hasonlóan a Hold felszínéhez – tele van becsapódási kráterekkel. Mivel itt sincs légkör, a kráterek változatlanul megmaradnak időtlen időig.
- 11 – VÉNUSZ:** Régebben a Vénuszt lakható bolygónak képzelték. Ma már tudjuk: a Vénuszon nem lehet élet, szén-dioxid légköre van és a felfokozott üvegházhatás miatt felszínén közel 500°C a hőmérséklet.
- 12 – A VÉNUSZ RADARTÉRKÉPE:** A bolygó sűrű szén-dioxid légköre átlátszatlan. A Magellan űrszonda által 1990-91-ben készített radartérkép a felszín domborzatát a földi térképekre jellemző színezéssel mutatja.
- 13 – A KÉK BOLYGÓ** műholdfelvétel – csak „a rend kedvéért” illesztettünk be egy Föld képet, mert a bolygók sorrendjében ez következik
- 14 – MARS:** A vörös bolygó felszínén igen változatos formákat láthatunk; itt is feltűnően sok a becsapódási kráter, amelyek igen sokáig fennmaradnak.
- 15 – JÉGSAPKA A DÉLI-SARKON:** Mindkét sarkon van jégtakaró, ezek vastagsága az évszaktól függően változik.
- 16 – OLYMPUS MONS.:** Az Olympus Mons a Naprendszer legmagasabb vulkánja, átmérője 600 km, magassága 26.000 m (a Mount Everestnél háromszor magasabb), már nem működik. A Hawaii-ban ma is működő pajzsvulkánokhoz hasonló képződmény.
- 17 – FOLYÓMEDER:** Folyómeder maradványok, vagyis olyan felszíni képződmények is megfigyelhetők a Marson, amelyek kétséget kizáróan felszíni vízfolyásoknak tulajdoníthatók. Ezek alapján feltételezhető, hogy régebben folyékony állapotú víz volt a vörös bolygón; feltételezik (bár erre nincs konkrét bizonyíték), hogy az élet is kialakulhatott bolygósomszédunkon.
- 18 – KANYONOK:** Némelyik óriási méretű, a Grand Canyon eltörpülne mellette. A képen látható a Valles Marineris kanyon-rendszer részlete. A teljes rendszer 4500 km hosszú, legnagyobb szélessége 700 km, legnagyobb mélysége 7 km. A feltételezés szerint erózió hatására alakult ki.
- 19 – JÉG EGY KRÁTERBEN:** Egyes kráterek alján, sőt a felszín alatt is előfordul helyenként vízjég, sőt a vastag jégrétegek alatt, nagy nyomáson folyékony víz is előfordul.
- 20 – A Curiosity Mars-jármű munkában.** Az utóbbi évtizedekben több tucat Mars-szonda érkezett a vörös bolygóra; intenzív kutatásokat végeznek a felszínen és a felszín alatt. A tervek szerint már 10 éven belül űrhajósokat küldenek a Marsra, a távolabbi cél: űrkolóniák létesítése, majd a bolygó lakhatóvá tétele, az ún. „terraformálás”, vagyis a földihez hasonló viszonyok megteremtése.
- 21 – IDA-DACTYLUS:** A Mars és a Jupiter között helyezkedik el a kisbolygó övezet. Az Ida kisbolygó és apró holdja, a Daktylus; az Ida legnagyobb átmérője 50 km, a Daktylusé 1,5 km.
- 22– SYLVIA** kisbolygó: A kisbolygók többnyire szabálytalan alakú, kőzetanyagból és jégből álló égitestek. Valószínűsíthető, hogy szétszóródott alkotóelemei egy nagyobb égitestnek, amely a Jupiter óriási gravitációs tere miatt nem tudott bolygóvá összeállni.
- 23 – JUPITER:** Jól láthatók az egyenlítővel párhuzamos intenzív légköri mozgások és középen, lent a Nagy Vörös Folt (NVF). A legújabb felfedezés: a Jupiternek is van egy igen vékony gyűrűje.
- 24 – A NAGY VÖRÖS FOLT VÁLTOZÁSAI:** A Nagy Vörös Folt (NVF) átalakulásai 1994-1995-ben; a NVF tulajdonképpen egy hatalmas légörvény, amely több mint 300 éve létezik.
- 25 – videó:** A NVF és a felhősávok mozgása.
- 26 – A GALILEI-HOLDAK:** Io, Európa, Ganümédész, Kallisztó: A Jupiternek ma már több mint 60 holdját ismerjük. Az óriásbolygóhoz közel keringő (és méretre legnagyobb) 4 holdat már Galilei is megfigyelte távcsövével 1609-ben, innen ered elnevezésük is.
- 27 – videó:** JUPITER – A GALILEI-HOLDAK KERINGÉSE: A 4 ún. Galilei-hold közül 3 keringése látható a videón.
- 28 – SZATURNUSZ:** A gyűrűs bolygó.

- 29** – A GYŰRŰ HELYZETÉNEK VÁLTOZÁSA: A Földről nézve: 5 különböző helyzet, hét év változásai követhetők nyomon. A gyűrű anyaga: kőzet- és jégtömbök, törmelékek; a méret-tartomány a porszemtől a 100 m kiterjedésű sziklatömbökig terjed. Ezek a testek (holdjaihoz hasonlóan) állandóan keringenek a Szaturnusz körül, a holdak pályáján belül.
- 30** – SZATURNUSZ-NAPFOGYATKOZÁS: A Nap a bolygó mögött volt, így láthatóvá vált az addig ismeretlen, igen vékony és ritka külső gyűrű. (A Cassini űrszonda felvétele.)
- 31** – TITÁN-TÁJKÉP (SPACE ART): A háttérben egy másik hold, a Rhea. A Titán a legnagyobb Szaturnusz-hold (nagyobb a Merkúrnál), a Naprendszer második legnagyobb holdja és az egyetlen, amelynek számottevő légköre van – főleg nitrogén és metán alkotja; egyes elképzelések szerint esetleg élet is kialakulhatott a Titánon.
- 32** – ENCELADUS a Szaturnusznak egy kisebb holdja, vulkáni tevékenysége intenzív, de vulkánjaiból víz tör fel, hasonlóan, mint a földi gejzírekből. Felszíni „kőzete” jég, amely alul olvadt állapotban van, onnan törnek fel a gejzírek.
- 33** – URÁNUSZ: A bolygó többszörös gyűrűjével látható a képen; az űrszondák derítették ki, hogy az Uránusznak is van gyűrűje, bár sokkal kisebb, mint a Szaturnuszé.
- 34** – Uránusz: A gyűrű 2003-2005-2007 évi pozíciói; Hubble űrteleszkóp-felvételek.
- 35** – NEPTUNUSZ: Totálkép – a fehér sávok a levegő áramlását, a kis fehér folt egy légörvényt mutat. A legújabb felfedezés: a Neptunusznak is van egy igen vékony, összetett gyűrű-rendszere.
- 36** – TRITON: A Neptunusz legnagyobb holdja.
- 37** – TRITON TÁJKÉP (Space Art): A terepet alkotó kőzet szilárd nitrogén-jég, a gejzírből folyékony nitrogén tör fel, az égbolton a Neptunusz hatalmas korongja látható.
- 38** – EXTRASZOLÁRIS BOLYGÓKUTATÁS (EXOBOLYGÓ-KUTATÁS): A régi korokban az emberek hittek abban, hogy a Naprendszer bolygói közül néhány életnek, sőt intelligens életnek ad otthont. Ma már úgy gondolják, egyedül a Mars az a bolygó, ahol – a feltételezések szerint – kialakulhatott az élet; ennek nyomait jelenleg is intenzíven kutatják. A 21. század technikája lehetővé tette, hogy idegen csillagok bolygóit is felkutassuk és ott is keressük az élet lehetőségeit.
- 39** – Az első naprendszeren túli (extraszoláris) bolygót 1998-ban fedezték fel, majd a következő években egyre nagyobb számban fedezték fel az újabbakat. A nagy ugrás azonban 2009-ben következett be, amikor pályára állították a Kepler űrtávcsövet.
- 40** – A Kepler kizárólagos feladata extraszoláris bolygók felkutatása.
- 41** – A csillagok körül keringő bolygók átvonulnak a csillag előtt, ez a csillag fényének kis mértékű csökkenését okozza.
- 42** – A Kepler érzékeny műszerei ezt a rendkívül kis fényerő-változást érzékelik, ennek alapján észlelik a bolygók jelenlétét.
- 43** – Az űrtávcső spektroszkópja eközben felveszi a csillag spektrumát, és a csillag és a bolygó együttes spektrumának elemzése alapján megállapítható a bolygó anyagi összetétele, a víz, a légkör és a szilárd kéreg jelenléte. Itt hangsúlyozni kell, hogy ennél többet egyetlen exobolygóról sem tudunk, ezért az ezután következő tájképek mind fantáziaképek, egy új művészeti ág: a space art (magyarul: űrművészet) alkotóinak elképzelt tájképei.
- 44** – Az élet (a földi típusú élet) feltételeit az itt látható 3 pontban szokták meghatározni.
- 45** – Az exobolygó kutatás néhány adata az ábráról leolvasható. A következő képeken néhány olyan exobolygót ismertetünk, amelyek a csillaguk körüli lakható zónában vannak, vagyis ott, ahol a hőmérséklet 0°C és 100°C között van.
- 46** – A Proxima-Centauri b (Proxima b) bolygó egy hármas csillagrendszer egyik (az ábrán a legnagyobb) tagja körül kering. A három csillag egymás körül is kering. A rendszer másik két csillaga csak két fénylő pontnak látszik.
- 47** – A Proxima b és a Föld összehasonlítása.
- 48** – Tájkép a Proxima b bolygón.
- 49** – A látóhatár („naplemente”) a Földön és a Proxima b-n. A Proxima-Centauri vörös törpecsillag, jóval kisebb a Napnál, de a bolygó jóval közelebb kering, ezért a csillag sokkal nagyobbak látszik onnan.

- 50** – A Proxima-Centauri a Naphoz legközelebbi csillag; Naptól való távolsága 4,24 fényév, ez azonban mégis – legalább is jelenleg – áthidalhatatlanul nagy távolság. Ezt mutatja ez az ábra, amely a különböző elérhetőségeket foglalja össze.
- 51** – Tájkép a Gliese-667 Cc bolygón. Ez a bolygó is egy hármas csillagrendszer egyik tagja (vörös törpe, az ábrán felhővel takarva) körül kering. Távolsága 23,6 fényév.
- 52** – Egy másik tájkép a Gliese-667 Cc-ről.
- 53** – A Kepler-452 b egy nap-típusú csillag körül kering, környezete nagyon hasonlít a Naprendszerhez, a lakható zóna kiterjedése is hasonló és a bolygó is hasonlít a Földhöz (az ilyen bolygókat szuperföldeknek nevezik). Kár, hogy távolsága (1402 fényév) miatt megközelítése egyelőre nem remélhető (emlékezzünk a közeli Proxima-Centauri megközelíthetőségére!).
- 54** – A Kepler-452 b és a Föld összehasonlítása.
- 55** – Tájkép a Kepler-452 b bolygón (a fantáziakép alkotója egy, a Földhöz hasonló civilizáció építményeit ábrázolta – semmi bizonyíték nincs arra, hogy élet van a bolygón).
- 56** – Egy másik elképzelt tájkép a bolygón; szintén földünkre emlékeztető sziklás tájjal.
- 57** – A Trappist-1 vörös törpecsillag, a Naptól 39 fényév távolságra. Körülötte hét bolygó kering, közülük három (az e,f,g jelűek) a lakható zónában vannak. Az ábrán a Trappist-1 és a Nap összehasonlítása látható.
- 58** – A Trappist-1 és a Nap környezete, a lakható zónákkal. A felső ábra erősen nagyított, a vörös törpe bolygói igen közel keringenek csillagukhoz, a legtávolabbi is jóval közelebb van hozzá, mint a Nap-Merkúr távolság. A Nap felületi hőmérséklete 6000 fok, a vörös törpék hőmérséklete csak 3000 fok körül van, ezért hozzájuk jóval közelebb van a lakható (0 és 100 fok közötti) zóna, mint a Nap-típusú csillagoknál.
- 59** – Tájkép a Trappist-1f bolygón.
- 60** – Tájkép a Trappist-1e-n – földlakók érkezése.
- 61** – Carl Sagan (ejtsd: Kárl Szegen), a neves amerikai csillagász víziója az űrkutatás távlati céljáról.
- 62** – „Jövönk az Univerzum” – zárókép. Az iránymutató kék nyilak egyre tágabb dimenziókba vezetnek, ahogyan a science fiction-írók regényeiben az ember meghódítja az Univerzumot: Föld → Naprendszer → Tejút → Galaxis-halmaz → távoli galaxisok világa. A távoli galaxisok, mint a képen látható, nem egyenletesen oszlanak el a térben, hanem sűrűbb és ritkább tartományokban helyezkednek el, úgynevezett térhálós szerkezetet alkotnak.

## Epilógus

A Naprendszerben intelligens élet – jelenlegi ismereteink szerint – egyedül a Földön van. Régi, izgalmas kérdés: van-e élet másutt? A kérdésre korszakonként más-más válaszok születtek. Giordano Bruno szerint a csillagok mind napok, körülöttük számtalan bolygó, számtalan civilizáció létezik. A felvilágosodás korában a képzelet benépesítette a Holdat, a Vénuszt és a Marsot. A 20. sz. második felében kezdték az idegen civilizációk rádiójeleit kutatni; ezt célozta a CETI, majd a SETI program. Az utóbbi évtizedben intenzív kutatás indult idegen csillagok bolygóinak felkutatására (extraszoláris bolygó kutatás, vagy exobolygó kutatás). 2020. szeptemberéig már több mint 4000 exobolygót és több mint 3000 exobolygó-rendszert fedeztek fel. Azt tehát már tudjuk, hogy az Univerzumban nagyon sok „naprendszer” létezik. De vajon van-e élet valamelyik távoli naprendszerben? Nem tudjuk. Az eddig felfedezett exobolygók némelyike alkalmas lehet a földi típusú élet befogadására. Sokan remélik, hogy egy napon az ember kapcsolatba lép majd az Univerzum valamely távoli bolygójának civilizált élőlényivel.