

Természet Világa

TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY

154. évf. 1. sz.

2023. JANUÁR

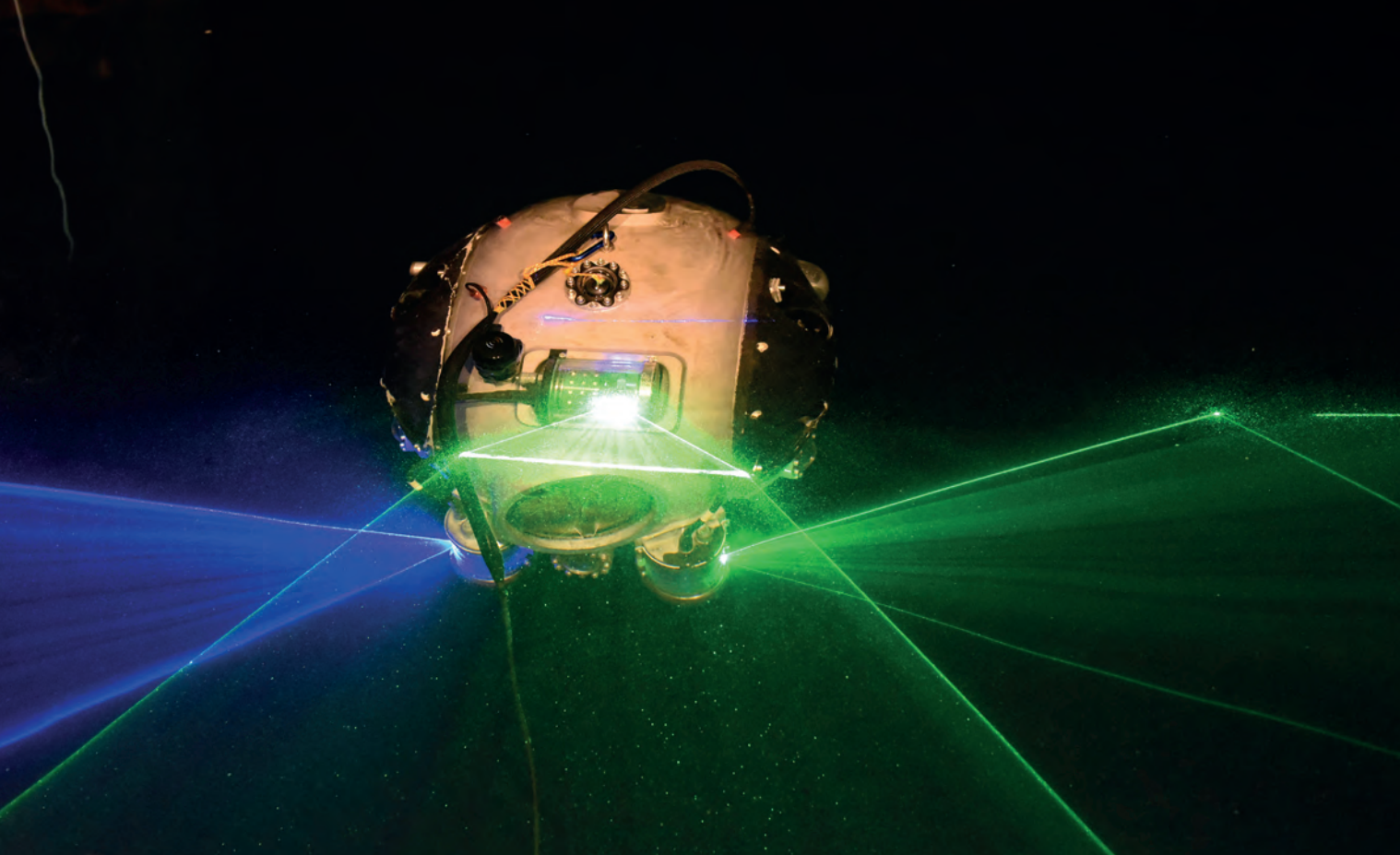
ÁRA: 1450 Ft

Előfizetőknek: 1350 Ft



KUTATÓROBOT TESTKÖZELBŐL
VÍZJÉG KERESÉSE A HOLDON
KORAI KLÍMAKATASZTRÓFA
MEDITERRÁN LEPKEFAJOK
ÚJRA A HOLDON!
ŰRGERÉT





Autonóm búvárrobot bányák,
barlangok felderítésére, kutatására
(lásd: *A kutatórobot testközelből* című cikkünket)





A TUDOMÁNYOS ISMERETTERJESZTŐ
TÁRSULAT FOLYÓIRATA

Megindította 1869-ben

SZILY KÁLMÁN
KIRÁLYI MAGYAR
TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT

A TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY
154. ÉVFOLYAMA

2023. 1. sz. Január
Magyar Örökség-díjas és
Millenniumi Díjas folyóirat



Megjelenik a Nemzeti Kulturális Alap,
a Kulturális és Innovációs Minisztérium,
az Emberi Erőforrás Támogatáskezelő
támogatásával.

Főszerkesztő: GÓZON ÁKOS

Szerkesztőség:
1088 Budapest, Bródy Sándor u. 16.
Telefon: 06-30-755-5691
E-mail-cím: info@termvil.hu
Internet: termvil.hu

Felelős kiadó:
PIRÓTH ESZTER
a TIT Szövetségi Iroda igazgatója

Kiadja a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat
1088 Budapest, Bródy Sándor utca 16.
Telefon: 06-1-327-8900

Nyomás:
PAUKER Nyomda

Felelős vezető:
Vértes Dániel

INDEX25 807
HU ISSN 0040-3717

Hirdetésfelvétel a szerkesztőségben

Korábbi számok megrendelhetők:
Tudományos Ismeretterjesztő Társulat
1088 Budapest, Bródy Sándor utca 16.
Telefon: 06-1-327-8950
e-mail: info@termvil.hu

Előfizetés, reklamáció:
Magyar Posta Zrt.
Telefon: 06-1-767-8262
E-mail: hirlapelofizetes@posta.hu
Internet: eshop.posta.hu
Postacím: MP Zrt., Budapest 1900.

Előfizetésben terjeszti: Magyar Posta Zrt.
Árusításban megvásárolható a Lapker Zrt.
árusítóhelyein.

Előfizetési díj:
fél évre 8160 Ft, egy évre 16 200 Ft

BABINSZKI EDIT: A kutatórobot testközelből –

Egy tudományos világcsúcs rövid története 1

JÁRAI ANTAL: Lakásunk fűtése és a kémia alaptörvényei –

A hőtan főtételei 7

EMBEY-ISZTIN ANTAL Egy korai klímakatasztrófa –

Amikor a kék bolygó fehér hógolyóvá változott 14

VINCZE-TISZAY GABRIELLA:

Békésy György személyisége – Egy Nobel-díjas egyéniség 20

PÁLYÁZATI FELHÍVÁS 25

PÁL BERNADETT: A vízjég keresése a Holdon –

Kutatási tapasztalatok Japánban 26

FARKAS CSABA: Ha meglepő a téli hóesés –

Mediterrán lepkefajok megjelenése is várható 32

F. Cs.: Ürgerét létesült Solymáron – Együtt a természetért 35

SZENTPÉTERI LÁSZLÓ: Az Orion űrhajó – Újra a Holdon! 38

Földtudományi figyelő (Szoucssek Ádám) 42

FOLYÓIRATSZEMLE (Landy-Gyebnár Mónika) 45

Címlapképünk: Az UX-1 Neo robot rekordmerülés közben (Fotó: UNEXUP)

Borítólapunk második oldalán: Autonóm bűvárrobot bányák,
barlangok felderítésére, kutatására

Borítólapunk harmadik oldalán: Mediterrán lepkefajok
(Illusztrációk a *Ha meglepő a téli hóesés* című cikkünkhöz)

Mellékletünk: A XXXI. Természet–Tudomány Diákpályázat cikke
(Pocsay Sára: Hihetünk-e a szemünknek?)

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Elnök: VIZI E. SZILVESZTER

Tagok: **ABONYI IVÁN**, BACSÁRDI LÁSZLÓ, BOTH ELŐD, HORVÁTH GÁBOR,
KECSKEMÉTI TIBOR, KORDOS LÁSZLÓ, LOVÁSZ LÁSZLÓ, NYIKOS LAJOS,
PAP LÁSZLÓ, PATKÓS ANDRÁS, RESZLER ÁKOS, SCHILLER RÓBERT, CHARLES SIMONYI,
SÓTONYI PÉTER, SZATHMÁRY EÖRS, SZERÉNYI GÁBOR, VIDA GÁBOR

Főszerkesztő-helyettes:

PÁSZTOR BALÁZS (pasztor.balazs@eletestudomany.hu)

Szerkesztők:

TEGZES MÁRIA (tegzes.maria@termvil.hu)
LŐRINCZ HENRIK (lorincz.henrik@termvil.hu)
NYERGES GYULA (nyerges.gyula@termvil.hu)
SZOUCEK ÁDÁM (szoucssek.adam@termvil.hu)

Tervezőszerkesztő: LÉVÁRT TAMÁS

Gazdasági ügyintéző: FARKAS VIKTÓRIA

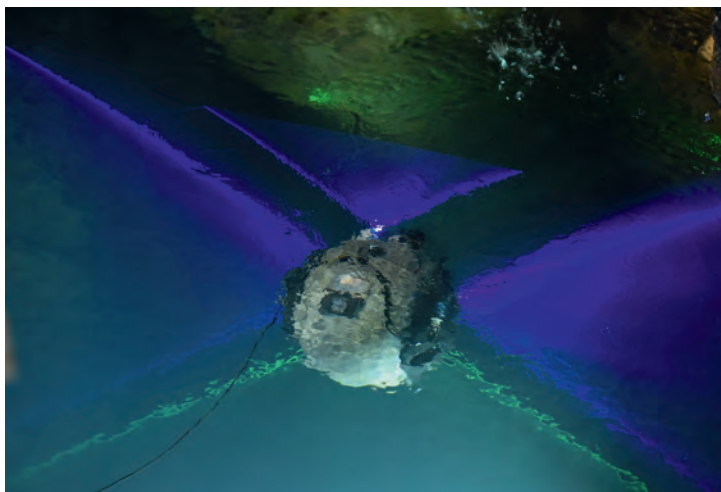
Partnerkapcsolati ügyintéző: SZALAI ZSUZSANNA (info@termvil.hu; 06-30-755-5691)

A kutatórobot testközelből

Képzeljük el: egy kilométerrel a felszín alatt, egy vízzel elárasztott bányarendszer legmélyén vagyunk, ahol nem járt ember már 150 éve. Minden csendes, a kristálytiszt vízben életnek semmi nyoma. Sötét van. Halk zümmögés hallatszik, majd a sarkon befordul egy 60 cm átmérőjű fémgömb. A navigációs fények visszaverődnek a kőfalon. Hirtelen zöld fénykontúr tűnik fel az alagút falán és a robot munkához lát: elkezdi felmérni a járatot. Nem messze ettől az egységtől két ugyanilyen robot dolgozik: halk zümmögéssel, lassan haladva egy bonyolult járatrendszer mélyén térképeznek, vízmintákat gyűjtenek, ásványtani méréseket végeznek, és közben valós-időben kommunikálnak egymással. Mikor befejezik aznapra kitűzött feladataikat, 10–15 TB adatmennyiséggel a memóriájukban, külső segítség nélkül visszatérnek a felszínre, ahol már várják őket a kutatók.

Nem, ez nem egy tudományos-fantasztikus film felütése, hanem a nagyon is közeli jövő. Azon kevés szerencsések közé tartozom, akik figyelemmel kísérhették, hogy egy elsőre igencsak futurisztikusnak hangzó ötletből hogyan született meg a kézzel fogható valóság és — csak úgy mellékesen, „balkézről” — hogyan dőlt meg egy különleges világcsúcs. De kezdjük az elején!

Hat évvel ezelőtt, egy tavaszi reggelen épp az Etna oldalában, egy frissen facsart narancslével a kezemben üldögéltem és élveztem a Jón-tenger fe-
lől fújó enyhe szelet, amikor csörgött a telefonom. Egyik kedves kollégám,
Zajzon Norbert hívott azzal, hogy a Miskolci Egyetem vezetésével,
pán-európai összefogással az UNEXMIN Európai Unió projekt
keretében egy nyolc európai országot lefedő kutató-fejlesztő



Lézerek felkapcsolva, kezdődhet az új küldetés, irány a mély!

csapat olyan különleges robotrendszert fejleszt, amely vízzel elárasztott mélyművelésű bányák önálló térképezésére és kutatására lesz képes. Szeretné, ha kameráinkkal ott lennénk a fontosabb eseményeknél, dokumentálnánk a fejlesztést, hogy a végén a nagyközönség is megismerhesse a projektet.

Halk hümmögéséből Norbi, a projekt vezetője is érezhette, hogy valami izgalmasabbal kell előállnia, ha el akarja terelni a figyelmem a reggeli napsütésben, a vízen ringatózó hajókról. Így folytatta: ilyen robotok ma még nem léteznek. A projekt által kifejlesztett UX-1-es lesz az első! A kihívás hatalmas: míg a Marsra induló szondákkal tudunk kommunikálni, tudjuk őket távolról segíteni, ha elakadnak, addig ezeknek a robotoknak önállóan kell majd döntéseket hozniuk, visszatalálni a legbonyolultabb járatrendszerekből is a felszínre, az akkumulátoraik által biztosított öt óra alatt. A robotrendszer különlegességét a miniatürizált műszerezettség és a teljes autonómia igénye adja. A technológiai kihívás tehát óriási.

Érdeklődésem kezdett egyre inkább a telefonban elhangzottak felé irányulni, amikor megérkezett a végső mondat, ami eldöntötte, hogy az elkövetkező években beleássuk magunkat a robotikába: ilyen autonóm rendszert még a NASA sem tudott eddig kifejleszteni!

Nyersanyagok nyomában

De vajon miért támogat az Európai Bizottság egy ilyen borzasztóan kockázatos projektet? Az ok a már 2016-ban is jelen lévő és azóta csak még hatványozottabban jelentkező nyersanyaghiány, amely nem csak Európát sújtja, de az öreg kontinens ipari termelését kifejezetten nehezíti. Csak Európában ugyanakkor közel 30 000 bezárt bánya található, amelyekről csak érintőleges – adott esetben akár 100-150 éves – információk

állnak a rendelkezésre, a bányák jelentős része pedig az évtizedek/évszázadok során vízzel telt meg. Mivel egy bányafelhagyás sok esetben nem a lelőhely teljes kimerülésével, inkább az aktuális technológiai fejlettséggel és a globális nyersanyagpiac aktuális helyzetével függ össze, így joggal feltételezhetjük, hogy értékes, potenciálisan kiaknázható készletek maradtak még a föld alatt.

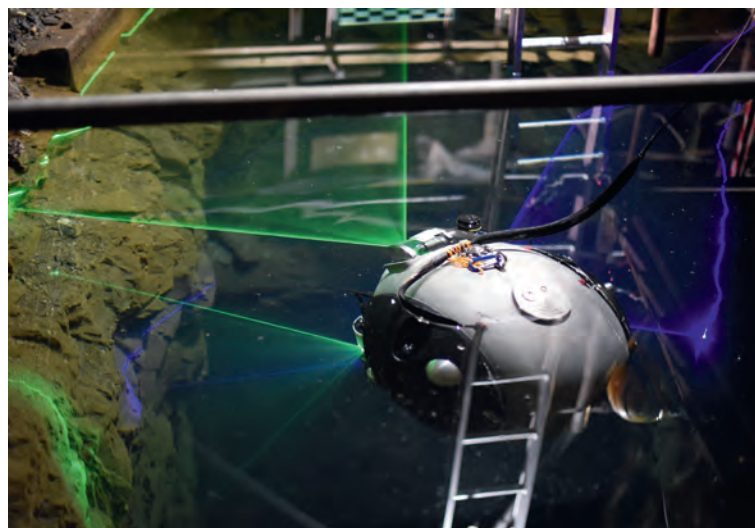
Ezek a készletek több tíz, sőt akár sok száz méter mélyen találhatók. Felmérésük, feltérképezésük, az adatok megszerzése a még felszínre nem hozott nyersanyagok mennyiségének becsléséhez azonban eddig veszélyes és/vagy borzasztóan drága volt: a felszínhez közeli régiókban a bűvároknak felhagyott, beomlásra hajlamos járatokban kellett mintavételt végezniük, a mélyebb részek pedig a víz kiszivattyúzása nélkül teljesen elérhetetlenek voltak. Ez utóbbiak idő- és pénzigénye pedig hatalmas. Ezt a problémát orvosolja a kutatórobot, amely merülései során érintésmentes technikák segítségével végez méréseket.

A fejlesztésben Magyarország vállalta az egyik legnehezebb feladatot: a projekt koordinálását. A Miskolci Egyetem ezen kívül a „geo”-tudományos műszereket fejlesztette ki: többek között a multispektrális és UV kamerát, a pH és EC mérőket, a gammamérőt, egy szonárt, a vízmintavevőt és a mágneses térerősségmérőt, amelyek a még mélyben lévő nyersanyagok pontosabb megismerését, a bányák geológiájának, ásványtanának, vízkémiájának megértését segítik.

Tanulófázis

A hazai fejlesztésű műszerek megismerése után első külföldi utunk Portugáliába vezetett. Portóban, az INESC TEC laboratóriumában „tanították meg” fejlesztői

Indulás előtti, felszíni kalibrálás az ectoni bányában





A 112 kg-os robot vízre tétele általában több ember összehangolt munkáját igényli

A portói mérnökök két merülés között is tökéletesítik a technikát



a robotot tájékozódni. Az itteni mérnökcsoport felel ugyanis a robot navigációjáért, a járatokban történő tájékozódásért, a lézeres letapogatásért és a 3D térképek készítéséért. Az INESC TEC hatalmas „hangárjának” egy kis zugában kapott helyet a robotot összeszerelő csapat, ahol gyakorlatilag éjjel-nappal folyt a munka. Az elsődleges kalibrálás is itt történt, az INESC TEC laboratóriumának óriási medencéjében. Izgalmas volt figyelemmel kísérni, ahogy óráról órára tökéletesítették a robot úszóképességét. A fő cél ugyanis az volt, hogy a 112 kilogrammos, 60 centiméter átmérőjű, gömb alakú test pontosan ki legyen egyenlítve a víz alatt: ne süllyedjen a mélybe és ne jöjjön fel a vízfelszínre, hanem mozdulatlanul lebegjen egy helyben.

A projekt főbb partnerei közül a finnországi Tamperei Egyetem csapata a berendezés mozgáshoz szükséges eszközöket, valamint a különleges, nyomásálló vázat fejlesztette ki, a Madridi Műszaki Egyetem programozói pedig az autonóm funkciók létrehozásán dolgoztak. A brit RCI pedig az adattárolásért, feldolgozásért és vizualizációért felelt.

Az első éles bevetés 2018 júniusában, a finnországi Kaatila egyik elhagyatott, felszíni bányatavában történt. Ez a terület tökéletes helyszín volt az első robot számára, hiszen óriási vízfelszín állt rendelkezésre és bűvárok is biztosították a küldetést. Bármilyen esetleges probléma esetén a felszínre tudták volna hozni a robotot. A csapat és a kutatók felkészültségét mutatta, hogy mentésre nem volt szükség, a navigáció, a tudományos szenzorok sikeresen tesztelve lettek, és elkészültek az első háromdimenziós pontfelhők, belőlük pedig a víz alatti térszín térképei.

Pár hónappal később a szlovéniai Idrija higanybányájának egyik függőleges aknájában merült az UX-1, ahol mindössze 40 centiméteres látótávolság mellett kellett navigálni nagyon szűk térben, drótkötelek, rácsok, fagerendák között. Itt már a vízfelszínnek a megközelítése is sokkal nagyobb feladat volt! A föld alá egy teherlift segítségével jutott a robot és a csapat, ahonnan még közel 100 métert kellett leereszkedni létrákon, az UX-1-et pedig csörlőkkel engedték le. Itt került először kiépítésre egy „irányító terem”, amely a felszínen, a robothoz képest mintegy 200 méteres magasságban helyezkedett el. A nagy sebességű kommunikáció eléréséhez optikai kábelt használtak a kutatók. A portugáliai Urgeirica uránbányájában már 108 méteres mélységig jutott a robot. A bánya felderítése során – az idrijaihoz hasonlóan – egy függőleges aknában kezdődtek a merülések, majd az onnan induló oldalvágatokat kutatták.



Az UX-1 legelső merülése nem laboratóriumi körülmények között

Nehezített pályán

Az igazi kihívást a 2019. május 31-én befejeződött, Egyesült Királyságban található Deep Ecton Mine felderítése jelentette. Az angliai, közel 160 éve bezárt rézbánya felmérését már két robot végezte, három különböző merülési helyszínen, három héten keresztül. A robotok a 125 méteres mélységet is elérték és számos, addig nem ismert tárot és járatot derítettek fel, tapogattak le. A miskolci csapat által kifejlesztett speciális szenzoroknak és berendezéseknek köszönhetően víz-mintákat gyűjtöttek nagy mélységből, valamint a multispektrális kamerának köszönhetően a járatok falán található ásványokat is meg tudták határozni. Habár ez a terület bányászati szempontból már biztosan nem aktuális — lévén egy fokozottan védett nemzeti park közepén terül el, és National Monument védelmi besorolású — azonban régészeti szempontból számos

A kaataliai küldetés „irányítóterme”



érdekességet nyújt. A vízfelszín közeli járatoknak is csak egy csekély része volt ismert, nagy mélységben pedig az egykori (közel 200 éves) térképek maradványaira kellett támaszkodni. Az eredeti járatok a víz miatt sok helyen beomlottak vagy adott esetben valamelyest tágultak, ha a leomló törmelék utat talált magának.

Ez után került sor az első, előre nem tervezett küldetésre: a csapat egy különleges magyarországi helyszínt, a budapesti Molnár János-barlangot választotta az UX-1 prototípus utolsó merülési pontjának. A kutatók 2019. június 24. és július 5. között Budapest egyik termálvizes járatrendszerét derítették fel. Azért esett a választás erre a helyszínre, mert a járatok elhelyezkedése jól ismert, rengeteg bűvár merül a helyszínen nap, mint nap, azonban milliméter pontos, háromdimenziós térképek addig nem álltak a rendelkezésre. A merülések alatt két robot járta be és térképezte fel ennek az unikális barlangrendszernek a járatait, amely során



A UX-1 a finnországi tajga mélyén

tapasztalt, helyi bűvárok a kontrollszobában segítették a navigációt, hiszen ők minden szegletét ismerik a járatoknak, több száz alkalommal úszták már végig azokat.

Új feladatok, új rekordok

Az Európai Bizottság közvetlen támogatásával megvalósult UNEXMIN projekt a 2019. év végén zárult, de a munka nem fejeződött be: a következő évben, UNEXUP néven folytatódott. Az EIT Raw Materials keretében finanszírozott, 2022. év végén záródott UNEXUP projektben a technológia piacra dobása volt a cél, a rendszer hardverének, szoftverének és képességeinek további fejlesztése mellett. A projekt iránt ugyanis rendkívüli az érdeklődés, nemcsak Európából, hanem a világ

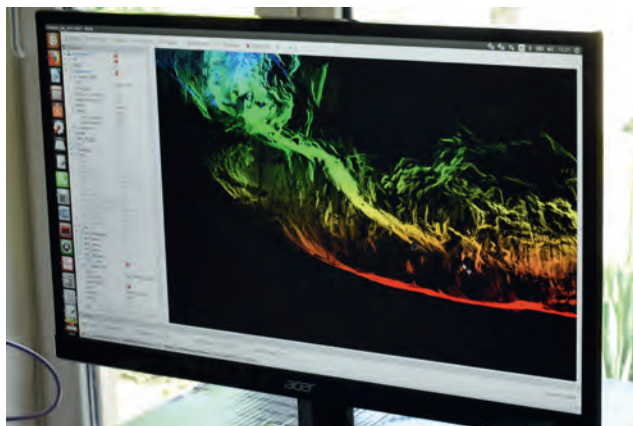


A robot vízbe engedése Kaatialában

minden tájáról. Ráadásul, bár az elsődleges cél a nyersanyagkutatás, a robotok – mint azt már be is bizonyították – segítséget nyújthatnak a barlangok kutatásában, sőt nukleáris létesítmények, vízhálózatrendszerek vizsgálatában, különleges bányászati emlékhelyek megőrzésében, vagy akár elsüllyedt hajók feltárásában is.

Az új, továbbfejlesztett UX-1Neo robot első, megrendelésre végrehajtott merülésére 2021 júniusában került sor. A küldetés helyszíne egy magyarországi ivóvízforrás – a csóri vízkút – volt. A feladat az volt, hogy részletes 3D-s térképet készítsen a kút szerkezetéről anélkül, hogy leállítanák a szivattyúkat, víztelenítenék a kutat, vagy embereket küldenének le a felmérés elvégzésére, ami szennyezné a vizet. A cél az volt, hogy olyan értékes adatokhoz jussanak a mérnökök, amelyek segítségével megtervezhetik a kút rekonstrukcióját.

A Molnár János-barlang merülés közben, valós időben kirajzolódó járatrendszere



A robotot fertőtlenítették, és körülbelül 66 méteres mélységig eresztették le az aknában. A küldetést az UX-1Neo egyetlen merülés során teljesítette!

Szintén még 2021-ben merült a robot Ukrajnában, a szolotvinói sóbányában. Ezen a helyszínen a cél az volt, hogy a csapat minőségi térképet készítsen, vízmintákat gyűjtsön, valamint vízkémiai méréseket végezzen a sóbánya aknáiról és tavairól. A robot 435 méteres mélységet ért el, 47,5 bar nyomás alatt. Az egyik merülés során az UX-1Neo érzékelni tudta a telített zónába való átmenetet, ahol sókristályok kezdenek ki-csapódni a falakra.

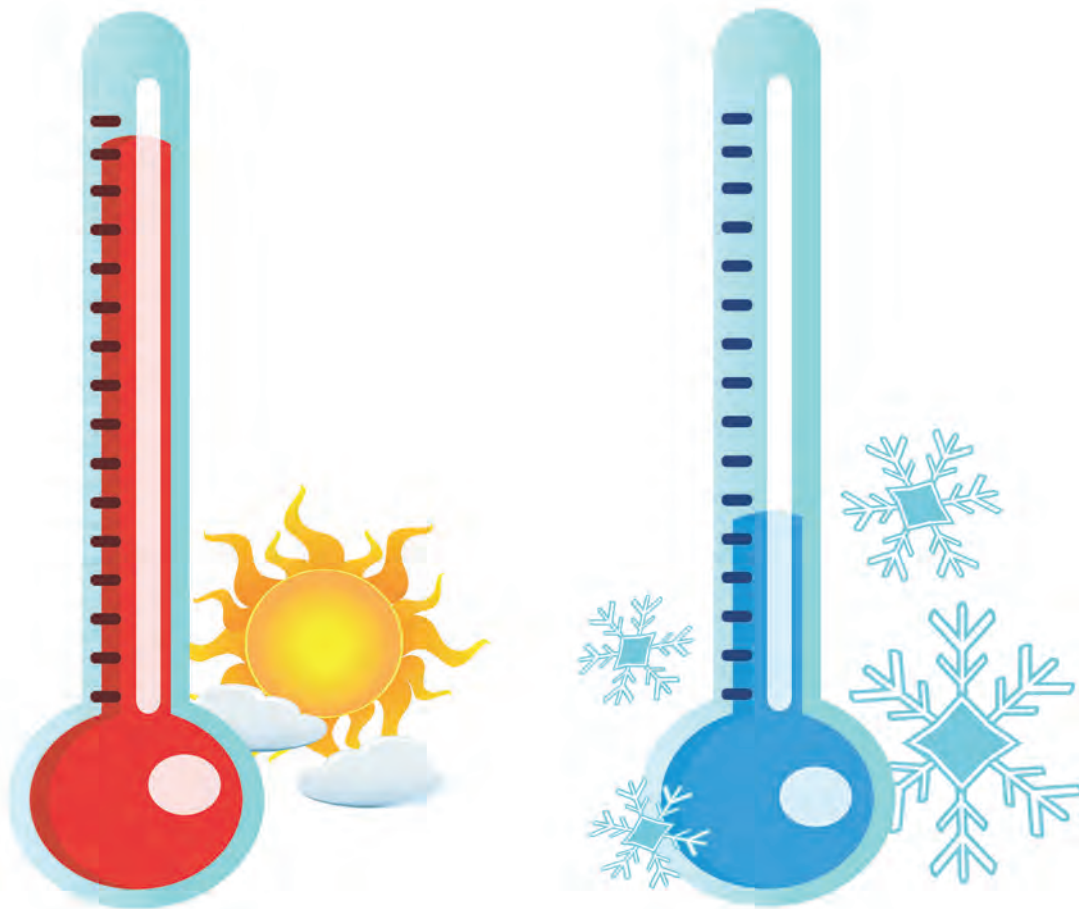
Ezután, 2022 nyarán került sor a második, előre nem tervezett küldetésre. Balázs Gergely és Lerner Balázs barlangi bűvárok és a robotot bemutató filmek készítői már évek óta rágták a robotot üzemeltető csapat fülét, hogy merüljenek le a világ legmélyebb vízzel elárasztott barlangjába. Kívánságuk végül teljesült: az UNEXMIN Georobotics Kft., az UNEXUP projekt nemzetközi kutatói és a Cseh Barlangkutató Szövetség Hranický Kras csoportja összefogott, hogy a csehországi Hranice üdülőváros határában található Hranická propast barlangot az UX-1Neo robottal feltérképezzék.

A barlangot már 1961 óta rendszeresen kutatják: a 200 méternél sekélyebb részeket barlangi bűvár technikával, míg a bűvárok számára elérhetetlen mélységeket különböző bűvárrobotok, úgynevezett ROV-k segítségével. Tavaly nyárig -404 méteres mélységig jutottak, ám a robotok által készített térképek igen kezdetlegesek voltak. Az UNEXUP expedíció fő célja éppen ezért a barlang ismert részeinek pontos, modern 3D-s feltérképezése és folyamatos vízminőség-vizsgálatok végzése volt.

A gördülékeny, eredményes térképezésnek, a jó csapatnak, valamint a kedvező feltételeknek köszönhetően az augusztus 1-i merülés során 46 méterrel mélyebbre merültek, mint eddig a barlangban bárki bármikor. Ezzel megnövelték a világ ismert legmélyebb vizes barlangjának bejárt mélységét 450 méterre. Az új, háromdimenziós adatokból egyértelműen látható az is, hogy még nem érték el a barlang legalját.

Az UNEXUP csapata időközben továbbfejlesztette az UX-1Neo robotot: most már biztonságosan tud lemerülni akár 1,5 kilométeres mélységbe is. Ami azt jelenti, hogy az idei évben – ha a szükséges támogatást sikerül megszerezni – akkor adott a lehetőség a világ legmélyebb vizes barlangjának további kutatására és esetleg – a korábbi geofizikai mérések alapján 800-1300 méter mélységűre becsült – végpont felmérésére is.

BABINSZKI EDIT



LAKÁSUNK FÜTÉSE ÉS A KÉMIA ALAPTÖRVÉNYEI

A hőtan főtételei

1. RÉSZ

Az energiaárak növekedése miatt sokan gondolnak lakásuk fűtésének korszerűsítésére, áttérésre hőszivattyús fűtésre. Hogyan működik a hőszivattyú, mit várhatunk tőle? Ennek megértéséhez meg kell ismernünk a hőtan főtételeit. Ezek viszont elvezetnek a kémia alaptörvényeihez. Tegyük egy kirándulást erre a területre!

A hőtannal (idegen szóval termodinamikával), mint a fizika, kémia, és egyéb kísérleti tudományok minden ágával, legcélszerűbb kísérleteken keresztül megismerkedni. Az Olvasó is könnyen megteheti ezt például *Kedvenc kémiai kísérleteim* című, középiskolásoknak szóló könyvem alapján [3]. Különösen ajánlatos a kísérleteket elvégezni, ha van iskolás a családban. Az itt le nem írt kísérletek részletes leírása — sok más kísérlettel — megtalálható a könyvben (elérhető a honlapomon, *Hobby* címszó alatt). Semmilyen drága berendezés nem kell az elvégzésükhöz.

A hőmennyiség

Az egyik alapmennyiség, amit a hőtanban mérünk, a *hőmennyiség*. Könnyen elkészíthetjük az **1. ábrán** látható egyszerű szerkezetet, egy *kalorimétert*, amivel

a hó mennyiségét mérhetjük. A külseje egy műanyag palackból készül, és 2 cm vastag kemény műanyag habból (úgynevezett polisztirol habból) éles késsel vágunk néhány beleillő korongot. (Ilyen habot csomagolásra használnak, így hulladék anyag.) Egy korongot alulra teszünk, belerakunk két egymásba rakott 2 dl-es műanyag poharat, és körbetömködjük a műanyag hab szétmorzszolt darabjaival. A belső poharat kivesszük, kiborítjuk az esetleg belehullott habdarabokat, öntünk bele fél dl vizet, visszateszszük. Egy harmadik pohár aljának a szélén néhány kis lyukat fúrunk vagy vágunk egy ollóval, teszünk bele egy dl jeget, és lassan beleeresztjük a belső pohárba. A jég teljesen legyen átfagyva, legalább egy napig legyen a mélyhűtőben, mert ha víz maradt a belsejében, az hibát okoz! Egy korongon lyukat vágunk



1. ábra. Kaloriméter

egy műanyag hőmérőnek. Átdugjuk a hőmérőt a lyukon, lefedjük a koronggal a poharat, és a hőmérőt betuszkoljuk a jégkockák közé. A hőmérőt forgatva a koronggal, kevergetjük a jeges vizet. Lehet, hogy a hőmérő nem mutat nulla fokot: pontatlan. Ezeket az olcsó hőmérőket nem állítják be pontosan. Várunk egy pár percet, kevergetjük a jeges vizet: ha már nem mozdul a hőmérő folyadékszála, leolvassuk, hogy mennyit mutat. A én hőmérőm $-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot mutatott, erre ráírtam, hogy $+0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$; ez arra emlékeztet, hogy mindig, amit mutat, ahhoz $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot hozzá kell adni.

A kalorimétert azért burkoltuk be ilyen gondosan műanyag habbal, mert az jó hőszigetelő. Próbáljuk ki, mennyire jó a hőszigetelés! Tegyük elektromos mérlegre a kalorimétert, vegyük le a fedelét a hőmérővel, kapcsoljuk be a mérleget, és vegyük ki a belső, lyukas poharat, a vizet óvatosan visszacsorgatva. A súlycsökkenés a jég súlya. Rakjunk vissza mindent, és egy óra múlva ismételjük meg az egészet. Így látjuk, mennyi jég olvadt el egy óra alatt, és a méréseknél ezt

figyelembe vehetjük. A hőmérő folyadékszála egész idő alatt nem mozdul: amíg víz is, jég is van, a hőmérséklet $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Könnyen megvizsgálhatjuk, hogy különböző hőmérsékletű és mennyiségű víz mennyi jeget olvaszt el. Azt találjuk, hogy 1 g jég elolvasztásához (majdnem pontosan) 2 g $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os, vagy 4 g $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os, vagy 8 g $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os víz kell. Így adódott a hőmennyiség első egysége, a kalória, jele cal (a latin 'calor' szóból): az a hőmennyiség, ami 1 g víz hőmérsékletét $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal emeli. Ma is előfordul még élelmiszerek tápértékének megadásánál. Pontosabb mérésekből kiderült, hogy hideg és a forró víznél is kb. 1% -kal több hő kell $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőfokemeléshez, mint $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ körül, így a kalória nem valami jó egység. Mérésünk szerint 1 g jég elolvasztásához jelentős mennyiségű hő kell, kb. 80 cal .

Más anyagok felmelegítéséhez általában kevesebb hő szükséges, mint a víznél. Az 1 g anyag hőmérsékletét $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal emelő hőmennyiséget az adott anyag *fajhőjének* nevezzük. Persze ez függhet a hőmérséklettől (bár általában nem nagyon gyorsan változik, ugyanúgy, mint a víznél), így csak valami átlagfajhőt mérünk. Például mérjük meg az alumínium átlagfajhőjét szobahőmérséklet és $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ között! Egy minél nagyobb alumíniumdarabot forrásba lévő vízből tegyük át a kaloriméter vizébe; jég nem is kell. A víz és az alumínium tömegét ismerve, kiszámíthatjuk a fajhőt.

A vegyészt gyakran érdekli, hogy egy reakcióban mennyi hő szabadul fel vagy nyelődik el. Például híg sav és lúg reakciójakor felszabaduló hőmennyiséget a kaloriméterben meg lehet mérni: a híg oldatok fajhője nagyon közel van a vízéhez, így elég a hőmérsékletemelkedést megmérni. Sok más mérés is lehetséges, például mérhetünk *hővezetőképességet*.

Energiamegmaradás

Eddig úgy beszéltünk a hőről, mintha valami folyadékszerű anyag volna, ami egyik testből átfolyik a másikba. Pedig elég a kezünket jó erősen összedörzsölni, hogy érezzük, hő keletkezik. Ugyancsak felmelegedést érzünk, ha egy fémdrótot hajtogatunk, fémeket fűrészelünk, fűrünk, kalapálunk. Az ősember úgy gyújtott tüzet, hogy egy keményfa pálcát erősen nyomva egy puhafa léce gyorsan forgatott. Tulajdonképpen ha bármilyen más energiafajta „elveszni” látszik súrlódáskor, akkor hővé alakul. A hőenergia (pontosabb nevén a belső energia) az energia egy fajtája, az anyag atomjainak rendezetlen mozgási-forgási-rezgési energiája. Ha például leejtünk valamit, a test helyzeti energiája mozgásivá alakul, közben kis része

a levegőhöz való sűrűdással hővé alakul, majd mikor a test a padlóhoz csapódik, az energia egy kis része továbbterjed hangként, egy másik kis része esetleg a test eltörésére fordítódik, de a nagy része hővé alakul. Miért nem vesszük ezt észre? Mert kevés a keletkezett hő, nagy a test, és így csak igen kicsit melegszik fel. Fontos felismerés volt, hogy az energiafajták átalakulásakor energia nem vész el és nem is keletkezik. Ez az *energiamegmaradás törvénye*.

Megpróbálhatjuk meghatározni, hogy mechanikai munkából mennyi hő keletkezik. Ez többek között joule mérte meg először. Sokkal pontosabb eredményt kaphatunk, ha az elektromos munkát közvetlenül alakítjuk hővé egy elektromos vízforralóban: megmért mennyiségű és hőmérsékletű vizet teszünk bele, és megmérjük, mennyi idő alatt forralja fel (a teljesítmény rá van írva). A mérésünk pontatlan lesz, mert a vízforraló nincs hőszigetelve. A pontosabb mérések szerint kb. 4,2 joule (J) 1 kalória, a pontos érték attól

2. ábra. Házi készítésű Galilei-hőmérő



függ, a kalóriát hogyan értjük. Mivel már úgyis vagy négy féle kalória volt forgalomban, számúzták az energiamértékegységek közül, és csak a joule-t tartották meg. Pontosabban azt mondták, legyen ezen túl $1 \text{ cal} = 4,1868 \text{ J}$. Ugyanígy meghatározhatjuk a víz *forráshőjét*, azaz hogy 1 g víz gőzzé alakításához 100°C -on mennyi hő kell. Tartsuk nyitva a vízforraló tetejét, és mérjük meg, hogy adott idő alatt mennyi víz forrt el! A víz forráshőjének pontos értéke 2257 J/g . Talán megdöbbenő, de a forráshő ismeretében meghatározhatjuk a vízmolekulák méretét; ezt itt most nem részletezem.

A hőmérséklet

A másik fontos adat, amit a hőtanban mérünk, a *hőmérséklet*. Eddig folyadék (színezett vizes alkohol) hőtágulásán alapuló hőmérőt használtunk. (Kísérlet mutatja, hogy a víz nem jó hőmérőbe: 0 és 4°C között nem kitér, hanem összehúzódik.) A gázok hőtágulására alapozva a világon először Galilei készített hőmérőt. Magunk is nagyon könnyen elkészíthetjük: egy befőttes üvegbe némi vizet töltünk, és fejjel lefelé beleállítunk egy boros üveget (2. ábra). Ha kezünkkel megmelegítjük, némi levegő buborékol ki. Ha hagyjuk lehűlni, a víz felemelkedik a boros üveg nyakában. Beosztást ragasztva a nyakra, megmérhetjük a hőmérsékletet. Persze, tudnunk kell, mennyivel nő a levegő térfogata a hőmérséklet növekedésekor. Ezt megmérhetjük egy kísérletben, amit itt nem részletezek. Az derül ki, hogy minden gázra, nem csak a levegőre, többé-kevésbé pontosan a 0°C -on mért térfogat $1/273$ -ad részével nő a térfogat. Ezt a törvényt Jacques Charles francia fizikus fedezte fel, de sokszor Joseph Louis Gay-Lussac nevéhez kapcsolják, aki később végezte méréseit. Kissé merész következtetéssel arra gondolhatunk, hogy -273°C -nál (pontosabban $-273,15^\circ\text{C}$ -nál) alacsonyabb hőmérséklet nincs is, mert azon a gázok térfogatának negatívnak kellene lenni, és innen érdemes mérni a hőmérsékletet. Ez valóban így van. Ha innen mérjük a hőmérsékletet, de a skála beosztása ugyanolyan sűrű, mint Celsius skáláján, akkor a Lord Kelvin angol fizikusról elnevezett abszolút hőmérsékleti skálát kapjuk, ezen az egység a kelvin (jele: K). Ezen a skálán a víz fagyáspontja $273,15 \text{ K}$, forráspontja pedig $373,15 \text{ K}$. Charles törvénye ekkor úgy hangzik, hogy a gázok térfogata arányos az abszolút hőmérséklettel. Ez annál jobb közelítés, minél távolabb van a gáz a cseppfolyósodástól.

Ha Galilei-hőmérőnk üvegét megemeljük, az üveg nyakában lejjebb száll a vízszint, ha jobban belenyomjuk a vízbe, akkor feljebb: a víz nyomásának változása



3. ábra. Jacques Charles (1746–1823) francia fizikus
1787 körül dolgozta ki a gázok hőtágulásával
foglalkozó törvényt

tágítja, illetve összenyomja a benne lévő levegőt. Ezt a hatást könnyen kiküszöbölhetjük, ha leolvasás előtt az üveget addig emeljük, míg a külső és a belső vízszint egyforma, azaz kiegyenlítjük a vízszint változását. Hogy a hőmérőnket a kezünkkel ne melegítsük, kötözzünk rá három madzagot, és azoknál fogva emeljük. Sajnos a levegő nyomása egyébként is változik, a magassággal és az időjárással. A magassággal való változást könnyen kimutathatjuk, sőt, megmérhetjük egy érzékenyebb tett Galilei-hőmérővel, ha liftes házban lakunk. A kísérletről azt is megkapjuk, hogy a víz nagyságrendben 1000-szer sűrűbb, mint a levegő.

Egy filléres műanyag orvosi fecskendővel és egy mérleggel megmérhetjük a levegő nyomását, és ki-mérhetjük a nyomás és a térfogat közötti összefüggést is: a nyomás és a térfogat szorzata állandó (ha nem túl nagy a nyomás). Ezt a törvényt Robert Boyle angol vegyész és (jóval később) Edme Mariotte francia fizikus találta. Charles törvénye szerint a térfogat (adott nyomáson) arányos az abszolút hőmérséklettel. Így ha a nyomás és a térfogat szorzatát osztjuk az abszolút hőmérséklettel, a hányados állandó. A két törvényt összekombinálva kapjuk az *egyesített gáztörvényt*: ha p a gáz nyomása, V a térfogata, és T az abszolút hőmérséklete, akkor pV/T mindig ugyanannyi egy adott gáz adott mennyiségére. Elég tehát adott gázra 1 g gáz térfogatát tudnunk egy adott nyomáson és egy adott hőmérsékleten, akárhány gramm gáz térfogatát ki tudjuk számolni akármilyen hőmérsékleten és

nyomáson. A gáz sűrűségét is elég ismernünk. Legtöbbször 25 °C-ot, azaz 298,5 K-t szokás „adott hőmérsékletnek” választani. Ezt *normál hőmérsékletnek*, idegen kifejezéssel *standard hőmérsékletnek* nevezzük. „Adott nyomásnak” 1 bar = 1000 hPa nyomást szokás választani, ez a *normál nyomás*, ez nagyjából a levegő nyomása a Duna szintjén. Az általános gáztörvény nem lehet teljesen pontos, mert nagyon nagy nyomáson a térfogatnak kisebbnek kellene lennie, mint maguknak a molekuláknak a térfogata, továbbá a nyomást némileg csökkenti a molekulák vonzása, de a normál nyomás körül és az alatt, a cseppfolyósodástól távol álló gázra elég pontos.

Az egyesített gáztörvény az általános gáztörvény speciális esete. Amedeo Avogadro olasz tudós fedezte fel – gázreakciók térfogati viszonyainak tanulmányozásával –, hogy adott nyomáson és hőmérsékleten minden gáz ugyanannyi térfogatában ugyanannyi molekula van. Egységnek a legkönnyebb gáz, a hidrogén 1 g-jában lévő atomok számát választották, ez a mól (az egység neve mol). Ma gyakorlati okokból mól alatt nem pontosan ennyi, hanem $N_A = 6,02214076 \times 10^{23}$ molekulát értünk; N_A az *Avogadro-szám*. (A vegyészek szeretnek mol-ban számolni, így nem túl nagy molekulájú anyagokra néhány dekagramm tömeg adódik. A koncentrációt is mol/l-ben szokták mérni, ennek az egységnek a jele M.) Az általános gáztörvény szerint minden gázra $pV/T = nR$, ahol n a mólok száma, R a *gázállandó*,

4. ábra. Joseph Louis Gay-Lussac (1778–1850) francia fizikus, vegyész. Az 1802-ben általa felismert, a gázok állapotváltozásaira vonatkozó Gay-Lussac-törvények az ő nevét őrzik.

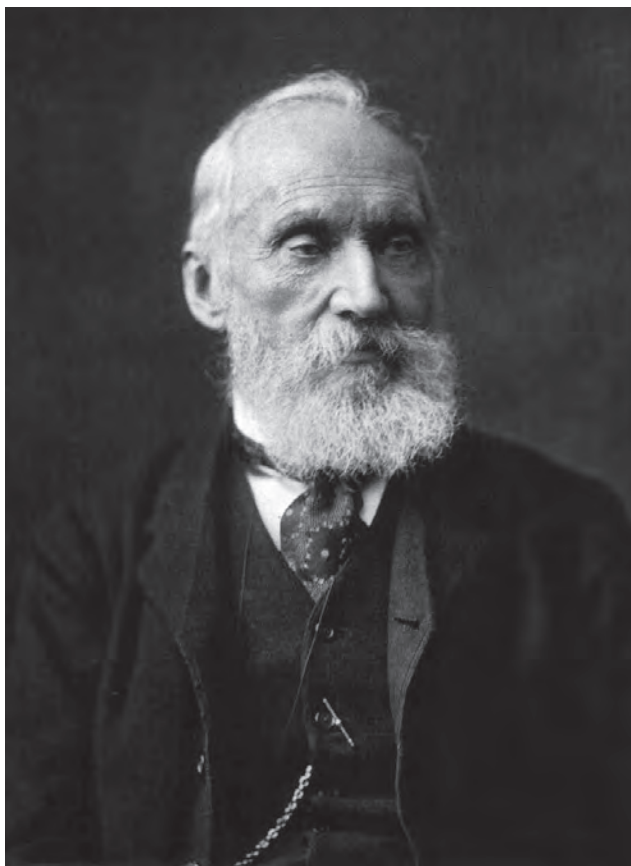


kb. $8,314 \text{ J}/(\text{mol} \times \text{K})$. Ugyanolyan pontos, mint az egyesített gáztörvény. Kísérletek bizonyítják, hogy ha több gáz is van jelen, akkor mindegyik annyival járul hozzá az össznyomáshoz, amennyi a nyomása lenne, ha egyedül lenne jelen; ez a *parciális nyomás*. A vegyészek több más dolgot is mólra számolnak. Például a *mólhő* egy mol anyag hőmérsékletének 1°C -kal való emeléséhez szükséges hőmennyiség. Értéke fémekre kb. $3R$; ez az összefüggés fontos szerepet játszott a fémek móltömegének és vegyértékének meghatározásában.

Nem magyaráztuk meg Avogadro törvényét és az általános gáztörvényt. A pontos magyarázat kissé bonyolult és a statisztikus mechanika adja meg, legyszerűbb, ha elfogadjuk mint tapasztalati tényt. Ha valakit érdekel, hogyan következnek a gáztörvények a mechanika törvényeiből, az a számítógépes kísérletek segítségével adott részletes magyarázatot megtalálhatja a könyvemben, a molekulák mozgása címszó alatt. A mozgás számítógépes szimulációjakor nem használok véletlen számokat, így az is kiderül, hogyan alakul ki egy többé-kevésbé rendezett mozgásból a véletlenszerű mozgás. A hőmérsékletről is kiderül, hogy az lényegében az egy szabadsági fokra eső átlagenergia. Ezeket itt most nem használjuk fel.

Első főtétel

Mindenki tapasztalta, hogy ha huzamosabb ideig pumpálunk például egy biciklipumpával, akkor felmelegszik. Ezt főleg az okozza, hogy a levegő összenyomáskor felmelegszik. A pumpa is alul a legmelegebb, nem feljebb, tehát nem a sűrűlőds játssza a fő szerepet. Hogy pontosabban megértsük, honnan is ered ez a felmelegedés, kezdjük egy egyszerű kísérlettel. Egy kémcsőbe tegyünk harmadáig vizet, és egy uzsonnás zacskóból kinyomva a levegőt, ragasszuk celluxszal a kémcső szájára a zacskó száját úgy, hogy jól zárjon. A zacskót például egy ruhacsipesszel megfogva, lógassuk a kémcsövet borszeszégő, gázláng, esetleg gyertya fölé. A víz felforr, a gőz egy része lecsapódik, felmelegíti a kémcsövet, majd a zacskót is, végül a gőz felfújja a zacskót. Ne melegítsük tovább, mert kidurran! Mi itt a meglepő? Ha jól meggondoljuk, a gőz munkát végzett, amikor a zacskót felfújta. Ne mondjuk rögtön, hogy ez nekünk haszontalan munka! Vezethettük volna a gőzt egy hengerbe, amiben egy dugattyú van, például egy felfelé fordított fecskendőbe. Ha engedjük az egészet lehűlni, a levegő nagy erővel nyomná vissza a dugattyút, és valamit felemelhetnénk vele. Tehát hőből munkát kaphatunk! Így működött az első gőzgép, Denis Papin gőzgépe. Mennyi munkát kaphatunk így? Tudnunk kellene, 1 g vízből mennyi 100°C -os gőz fejlődik. Ezt



5. ábra. Lord Kelvin (1824–1907) ír nemzetiségű brit matematikus, mérnök, a XIX. század meghatározó fizikusa

is megmérhetjük, ha egy kimosott, kilapított és kiszáritott gyümölcsleves dobozba $0,5 \text{ g}$ vizet teszünk, jól lezárjuk, majd forrásban lévő sós vízbe (több, mint 100°C -os) nyomjuk, és megmérjük a vízszint emelkedését. 1 bar nyomáson 1 g 100°C -os gőz kb. $1,7 \text{ dm}^3$. Ha ezt egy 1 cm^2 keresztmetszetű hengerbe vezetjük, akkor a dugattyú $1,7 \text{ dm}^3 / 1 \text{ cm}^2 = 1700 \text{ cm} = 17 \text{ m}$ hosszszon mozdul el, az erő pedig $1 \text{ bar} \times 1 \text{ cm}^2 = 100\,000 \text{ N/m}^2 \times 0,0001 \text{ m}^2 = 10 \text{ N}$ (nagyjából 1 kg súlya). Innen a végzett munka $10 \text{ N} \times 17 \text{ m} = 170 \text{ J}$. Ha a keresztmetszet valahányszor nagyobb, az erő is annyiszor nagyobb, viszont az út annyiszor kisebb: a munka mindig a nyomás szorozva a térfogattal. Mennyi hőt fektettünk be? Ha 20°C -ról indultunk, akkor $80 \times 4,1868 + 2257 \approx 2592 \text{ joule-t}$. Ennek legjobb esetben is csak $5,7$ százalékát kaptuk vissza munkaként. Később majd foglalkozunk a gőzgép tökéletesítésével.

Térjünk vissza a pumpához. Az összenyomáskor munkát végzünk. Ez a munka alakul át hővé, ezért melegszik fel a levegő. Mivel a gáznak kicsi a tömege, nem olyan könnyű a felmelegedést kimutatni, pláne pontosan mérni, pedig elég erős. A fordítottját egyszerűbb kimutatni: a kitáguláskor lehűlés következik be,

mert a gáz munkát végez a környezetén (arrébb tolja a levegőt). Észrevehetjük ezt, ha szódavizet készítünk: a szén-dioxid patron igen erősen lehűl. Sokkal egyszerűbben is észlelhetjük a lehűlést. Ha a kézfejükre lehelünk, meleget érzünk: a kilehelt levegő olyan meleg, mint a testünk belseje. Ha azonban jól felfűjt szájjal, vékony sugárban fújjuk a levegőt kézfejükre, hideget érzünk, minél nagyobb nyomással fújjuk, annál inkább. Az összenyomott, testhőmérsékletű levegő táguláskor lehűl, mert munkát végez (arrébb nyomja a többi levegőt).

Vajon akkor is lehűl a táguló levegő, ha nem végez munkát? Ezt először James Prescott Joule vizsgálta meg. Egy tartályból egy légüres tartályba engedett át levegőt, amíg a nyomás ki nem egyenlítődt. Az egész kaloriméterbe tette. Nem tapasztalt hőmérsékletváltozást. (Későbbi, pontosabb mérések a legtöbb gáznál némi lehűlést, néhánynál némi felmelegedést mutattak ki, és a hőmérséklettől meg a nyomástól is függ, hogy mi történik. Ezt a molekulák közötti erők

6. ábra. Anders Celsius (1701–1744) svéd természettudós, csillagász, a Celsius-skála megalkotója. A svéd és a berlini akadémia, valamint a londoni Royal Society tagja volt (Olof Arenius festménye)



és az általuk elfoglalt térfogat okozza, és kis nyomásváltozásoknál a hatás elhanyagolható, jóval kisebb, mint amit a kézfejükön érzünk.) Fontos, hogy jól megértsük: „ideális gáz” esetén lehűlés akkor következik be, ha a gáz munkát végez, és a lehűlés a végzett munkának megfelelő. Ha egy henger dugattyúval elválasztott egyik felében valamilyen gáz van, a másik felében pedig légüres tér, akkor ha a dugattyút fogva, engedjük a gázt kitágulni, az munkát végez nekünk, és lehűl. Ha csak elengedjük a dugattyút, az jól felgyorsul, nekiütközik a henger másik végének, energiája hővé alakul, és visszamelegíti a gázt, végül is nincs hőmérsékletváltozás. Hasonló jelenség játszódik le, ha a dugattyú helyén csap van. Ha kinyitjuk a csapot, a gáz nagy sebességgel áramlik át a légüres térbe. Ha útjába egy kis gázturbinát teszünk, és ezen keresztül munkát végeztetünk a gázzal, akkor lehűl. Ha ki se vezetjük a gázturбина tengelyét, jól felpörög, majd lassan megáll, mozgási energiáját visszaadja a gáznak, és végeredményben a hőmérséklet nem változik. Ha mi hajtjuk kívülről a gázturбина tengelyét, akkor tovább melegíti a gázt.

A molekuláris magyarázat egyébként az, hogy a gáz-molekulák rendezetlen mozgásának, forgásának, rezgésének energiája adja a gáz energiáját, az úgynevezett *belső energiát*. A belső energia csak a hőmérséklettől függ, nem függ attól, hogy a molekulák milyen sűrűn vannak. Tehát nem függ a nyomástól mindaddig, amíg a molekulák térfogata és a közöttük ható erők nem játszanak lényeges szerepet. Az „ideális gáz” fajhője sem függ a nyomástól. Ez is azért van, mert a gáz hőmérsékletének emelése csak a gázmolekulák rendezetlen mozgásában tárolt belső energiát növeli, és ez csak a hőmérséklettől függ. Pontosabban, ez csak akkor igaz, ha a gáz térfogata állandó. Ha a nyomása állandó, akkor a gáz melegítéskor munkát végez: a munkája nyomásszor a térfogatváltozás. Ezt a munkát is hő alakjában veszi fel, a belső energia növeléséhez szükséges hő mellett. Tehát a gázok állandó nyomáson mért fajhője nagyobb, mint az állandó térfogaton mért fajhője. Azonban „ideális gáz” esetén a térfogati munka sem függ a nyomástól: ahányszor kisebb a nyomás, annyszor nagyobbak a térfogatok, és így a térfogatváltozás is. A továbbiakban, ha külön nem mondjuk, az állandó nyomáson vett fajhőre gondolunk, mivel rendszerint állandó, légköri nyomáson dolgozunk. Van, amikor az állandó nyomáson mért fajhőnek az állandó térfogaton mért fajhő csak a 60%-a, a hőfelvétel 40%-a a térfogati munkára fordítódik. Tulajdonképpen nem csak gázoknál van térfogati munka, de szilárd anyagoknál



7. ábra. James Prescott Joule (1818 –1889) angol fizikus
(John Collier festménye, 1882)

és folyadékoknál, mivel a térfogatváltozás kicsi, közönséges nyomáson elhanyagolható. Ennek ellenére a szilárd anyagok és folyadékok állandó térfogaton mért fajhője jelentősen kisebb az állandó nyomáson mért fajhőnél – bár nem annyival, mint a gázoknál – mert állandó térfogaton óriási erők lépnek fel.

A matematikában, fizikában és kémiában szokás a változásokat a görög Δ betűvel jelölni. Így a hőtan első főtétele a következőképpen fogalmazható meg: $\Delta U = Q + L$, itt U a belső energia, tehát ΔU a belső energia változása, Q a hőmennyiség, L pedig a munka (latinul 'labor'). Azt fejezi ki, hogy egy rendszer belső energiája annyival változik, amennyi hő áramlott bele plusz amennyi munkát végeztünk rajta. Ha a pumpában a levegőt hirtelen összenyomjuk, felmelegszik: munkát végeztünk rajta. Egy idő után lehűl, hő áramlik ki belőle, belső energiája csökken. (Tulajdonképpen hőnek jobb lenne a belső energia hővezetés útján való átadását nevezni, de maradunk a pontatlanabb, ámde megszokottabb elnevezésnél.) Az olvadáshőnél meg a forráshőnél már letettük a garast, hogy milyen előjelet kell választani: mindig a rendszer szempontját kell nézni, pozitív az az energia, amit a rendszer felvesz, negatív, amit lead. Az első főtételben tulajdonképpen semmi új sincs, az energiamegmara-

Nézzünk bonyolultabb, de érdekesebb eseteket. Ha hűtőszekrényünket bekapcsoljuk, a benne lévő motorral hajtott kompresszor egy könnyen cseppfolyósítható gázt (például ammóniát) nyom össze. Az összenyomástól felforrósodott gáz a hűtőszekrény hátulján lévő csőkégyőben lehűl és a nagyobb nyomáson cseppfolyósodik. Egy kis lyukon keresztül a folyadék a szekrény belsejében lévő csőkégyőbe jut. Itt kisebb nyomáson (innen szívja a kompresszor a gázt) elpárolog, forráshőjét a szekrény belsejéből véve fel, így azt hűtve. A belső energia csökken, a leadott hő a belső energia változása plusz a bevezetett energia, mindkettő pozitív. Ha a hűtőszekrény belseje már jól lehűlt, állapota állandósulhat: a belső energia nem változik, a bevezetett energia a hőszigetelésen át beáramló káros hő „szivattyúzása” fordítódik. A hátulján leadott hő a bevezetett energia és a szigetelésen beáramló káros hő összege. Ha kinyitjuk a hűtőszekrény ajtaját és úgy működtetjük, nem hűt, hanem fűt! Van olyan hűtőszekrény, amelyben nincs kompresszor. Teljesen elektronikusan működő hűtőtáska is kapható, melyben félvezető szivattyúzza a hőt.

A nyáron használt *légh Kondicionálók* hasonlóan működnek, mint a hűtőszekrény: a hideg oldallal levegőt hűtünk, amit a helyiségbe fújunk. A meleg oldalt levegővel hűtjük, amit a szabadba fújunk, vagy az egész meleg oldali rész már eleve a szabadban van.

Teljesen hasonlóan működnek a *hőszivattyúk*, csak a meleg oldal van a szobában, a hideg oldal a szabadban. A hideg oldal a hőt a környezetből (levegőből, földből vagy vízből) veszi. Természetesen a hőszivattyúnál az a fontos, hogy a meleg oldalon leadott hő hányszorosa a felvett elektromos energiának. Nevezzük a kettő hányadosát *sokszorozási tényezőnek*. Azt szeretnénk, hogy ez minél nagyobb legyen, hiszen csak az elektromos energiáért kell fizetnünk. Vajon a szerkezet javításával, a töltőgáz alkalmas megválasztásával meddig tudjuk ezt fokozni? Esetleg elektronikus megoldás ad jobb sokszorozási tényezőt? Egyelőre nem látszik semmilyen korlát, pedig van.

JÁRAI ANTAL

IRODALOM

- [1] Atkins, P. W.: Fizikai kémia I–IV., Tankönyvkiadó, Budapest, 1992
- [2] Feynman, R. P.—Leighton, R. B.—Sands, M.: Mai fizika I–X., Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1968
- [3] Járai A.: Kedvenc Kémiai Kísérleteim. <http://compalg.infelte.hu/ajarai/hobby.html>
- [4] Juhász András (szerk.): Fizikai Kísérletek Gyűjteménye I–III, Arkhimédész Bt., TypoTeX, Budapest, 2001, 1995, 1996



AMIKOR A KÉK BOLYGÓ FEHÉR HÓGOLYÓVÁ VÁLTOZOTT

Egy korai klímakatasztrófa

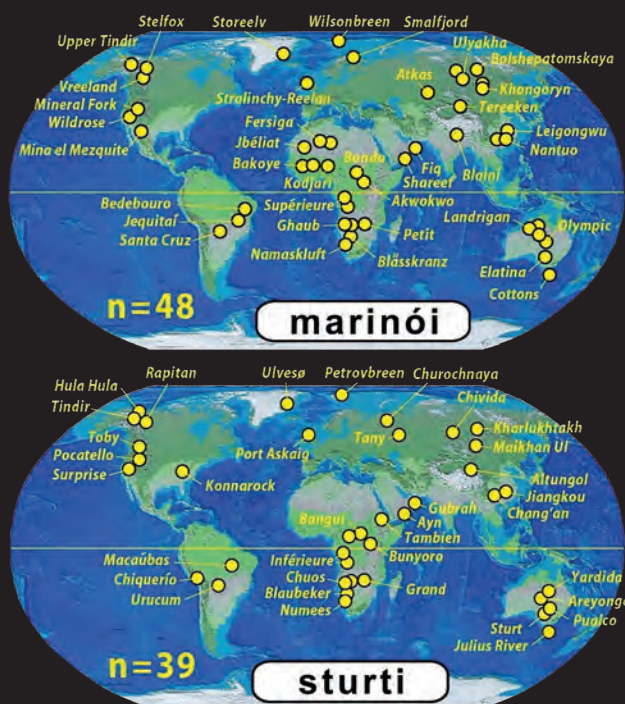
Napjainkban a hírek a globális felmelegedés okozta időjárási katasztrófáktól hemzsegnak, ezért különösnek tűnhet az a kijelentés, hogy elvben mi még mindig a jégkorszakban élünk. Pedig ez így igaz.

A Föld az utóbbi 2,6 millió éven keresztül hosszú eljegesedések és rövid, meleg interglaciális periódusok között ingázott. Az utolsó eljegesedési korszak, amelynek során Európa és Észak-Amerika jelentős része jég alá került, 12 ezer éve fejeződött be, és most a Föld eljegesedések közötti rövidebb, interglaciális periódusát éli. A periodicitást a kellően alacsony üvegházgáz-tartalmú légkör esetén a Föld dőlésszögében és keringési pályájában bekövetkező ingadozások, az úgynevezett Milankovič-ciklusok okozzák. A korábbi ciklusok alapján a Föld valószínűleg most tartana egy újabb eljegesedés felé. Valójában már 6000 éve indult el a lehűlési folyamat. Emberi beavatkozás nélkül ugyanis a jégmezőknek most már növekedni kellene és az újabb eljegesedés valamikor a következő pár ezer évben be is következhetne [9]. Az általunk idáig kibocsátott üvegházhatású gázok azonban nem kevesebb, mint 60 000 évvel tolta el a következő jégkorszakot [3]. Ha a jövőben a kibocsátás elérné a legmagasabb megjósolt szintet, az eljegesedés 0,5 millió évvel tolódna el. Többek között ezért is neveztük el jelenlegi geológiai korunkat antropocénnek, a korábbi holocén helyett. Az emberiség fosszilis energiafelhasználása ugyanis egy szuper-interglaciális periódust eredményezett, amely felülírta azt a természetes keringési hatást, mely a Föld éghajlatát a múltban szabályozta.

Bekövetkeztek-e jégkorszakok még korábban is?

A Föld csillagászati paraméterei meglehetősen stabilisak, a Milankovič-ciklusok mindig is működtek, mégis a Föld 4,56 milliárd éves múltjának túlnyomó részét nem alakították jégkorszakok. A mostani, 2,6 millió

éve tartó pleisztocén jégkorszak kivételével az utolsó 251 millió év során a mezozoikum és kainozoikum teljesen jégmentesnek bizonyult **(1. ábra)**. Ugyanez elmondható az 540 és 256 millió év közötti paleozoikumra is, bár az Andok-szaharai és a Karoo jégkorszakok sokkal hosszabb ideig tartottak. A földtörténet még korábbi, mintegy 4 milliárd évnyi szakaszában azonban mindössze három jégkorszakot ismerünk, és mind a hármat a proterozoikumban (huroni az elején, sturti és marinói a végén). Eljegesedésre a geológusok nem találtak bizonyítékot sem az archaikumban, sem pedig előtte. Arra viszont létezik bizonyíték, hogy folyékony állapotú víz már 4 milliárd évvel ezelőtt is létezett a Földön. E felsorolásból levonhatjuk azt a tanulságot, hogy bár jelenleg a Milankovič-ciklusoknak jelentős szerepe lenne az eljegesedések kiváltásában, de nagy általánosságban nem elegendőek ilyen drasztikus éghajlatváltozások létrehozásához. Valójában nincs egyszerű válasz arra, hogy miért alakulnak ki jégkorszakok, sok különböző és egymással kapcsolatos tényező létezik. Ilyen például az óceáni és szárazföldi területek részaránya. A földtörténet elején nem alakultak még ki földrészek, bolygónk felszínét csaknem teljesen víz borította és ez is hozzájárulhatott ahhoz, hogy akkor nem következett be eljegesedés. A később megjelent lemeztectonika nagyon jelentős tényező, hiszen a földrészeket állandóan mozgatja a pólusok vagy az Egyenlítő felé, időnként szuperkontinenseket hoz létre, mint legutóbb a Pangea, majd szétválasztja azokat. A felhőtakaró mértéke, a hegységképződés, a vulkanizmus, a légkör összetétele és az óceáni áramlások megváltozása mind-mind fontos tényező lehet.



2. ábra. Kriogéni jégkorszaki üledékek jelenkori elterjedése: marinói (körülbelül 645-635 millió év között) és sturti (717-659 millió év között) (Paul Hoffman nyomán)

sze 70 százaléka lehetett a jelenleginek. Éghajlati modell numerikus szimulációk azt mutatták, hogy a Föld hógolyó állapota alacsony CO_2 -szint és a jelenleginél 6 százalékkal kevesebb napsugárzás következménye lehetett [5]. A szén-dioxid csökkenése végső soron tektonikai okokra vezethető vissza, ugyanis a riftesedés (a tektonikai lemezek szétválása), valamint a hegységképződés a kőzetek mállását felpörgeti. A szilikátos kőzetekből kiszabaduló kalcium a légkörből szén-dioxidot von ki és mészkő (kalcium-karbonát, CaCO_3) keletkezik. A szubdukciós övekben a karbonátok egyéb kőzetekkel együtt a köpenybe kerülnek és e folyamatok lehűlést eredményeznek.

A neoproterozoikus eljegesedések bizonyítékai

Az eljegesedés alapvető bizonyítékai azok a különleges üledékes kőzetek, amelyek kizárólag ilyen körülmények esetén képződnek. Leggyakoribb a diamiktit, vagy más néven tillit, melynek anyagát gleccserek szállították és rakták le, majd később összenyomva közötté cementálódtak. Jellemző rájuk az osztályozatlanság, azaz különböző típusú, nagyságú és alakú kőzettöredékek, tömbök beágyazódása finomabb alapanyagba (4. ábra). Jellemzőek a karcolt kavicsok és sziklák,

melyek a gleccser aljába szorulva és annak mozgásával lefelé haladva az alapkőzetet végigkarcolják, továbbá a lezuhant kövek (drop stones), melyek lebegő jégtáblákból a fenékre hullva, az üledékrétegekbe hatolva azokat megcsonkítják és deformálják. Mint már említettük, fontos bizonyíték az, hogy ezek a formációk a kérdéses időszakokban világszerte elterjedtek. A napjainkban már nagy számban rendelkezésre álló radiometrikus kormeghatározások szerint e formációk egyidejűleg jelentek meg szélesen elkülönült területeken (Afrika, Ausztrália, Észak-Amerika, Európa). 720-635 millió év környékén azonban nagyon másképp nézett ki a világtérkép (5. ábra). A paleomágneses adatok, melyeket ezekből az összeletekből határoztak meg, egyöntetűen alacsony szélességi fokokat jeleztek, azt mutatva, hogy a jeges óceánok szintje elérte az Egyenlítőt (például [2]). Ráadásul az ősi földrészek ez idő tájt egy szuperkontinensben egyesültek (Rodinia), mely azután riftesedéssel kezdett szétválni. Nagy területek húzódtak az Egyenlítőtől 10° távolságon belül és lényegében a 60° szélességi fokon túl már nemigen terjeszkedtek. Az eljegesedés globális jellegére utal továbbá, hogy a sturti és marinói jégkorszaki képződmények többségére világszerte egy több méter, olykor több 10 méter vastag tengeri fedőkarbonát (mészkő vagy dolomit) képződmény települt, méghozzá közvetlenül, azaz jelentős rétegtani hézag nélkül (6. ábra). További bizonyíték az óceánok kémiai összetételének megváltozása. Mint legfontosabb CO_2 -süllyesztők, az óceánok a Föld éghajlati rendszerének meghatározó tényezői. A globális jégtakaró azonban hermetikusan elválasztotta az óceánokat a légkörtől, így az anyagcsere közöttük megszűnt. Az oxigén sem juthatott be a légkörből az óceánokba. Az óceánokban lévő mikrobák lebomlása a még jelen lévő oldott oxigént is felhasználta, emiatt súlyos oxigénhiány, anoxia jött létre.

3. ábra. Hógolyó-Föld. Így nézhetett ki bolygónk az űrből 700 millió évvel ezelőtt.





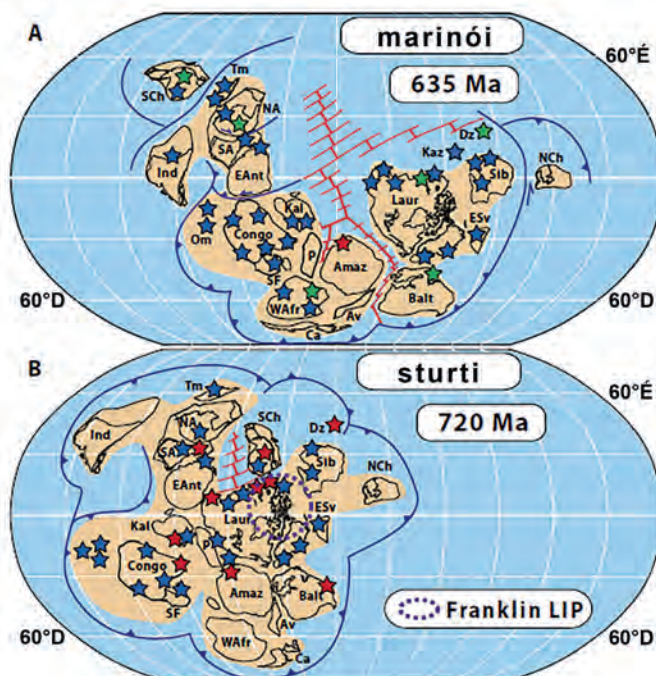
4. ábra. Tipikus jégkorszaki képződmények.
Felül: diamiktit; középen: karcolt kődarabok;
alul: jégtablából lehullott kő (Paul Hoffman nyomán)

Hogyan ért véget az eljegesedett világ?

Ez sem kisebb probléma annál, hogy miképpen jött létre. A több 10 millió évig létező, több kilométer vastag jégtakaró albedója olyan nagy, hogy a Naptól kapott energiát nagyrészt visszaveri a világűrbe, és mint említettük, a Nap is sápadtabbnak bizonyult még ebben a korban. A sturti és marinói eljegesedések évmilliói során a Milankovič-ciklusok sem tudtak interglaciális melegebb periódusokat létrehozni, legfeljebb a jég

vastagodásának mértékét befolyásolhatták. Mégis, a fedőmész- és dolomitösszletek meleg éghajlatba történő hirtelen visszafordulásra utalnak és egyben a jelenség globális jellegét jelzik, hiszen majdnem minden földrészen megtalálhatók. Továbbá a fedőkarbonátok transzgresszívek, azaz túlterjednek az alattuk lévő korábbi glaciális összleteken. Ez viszont a posztglaciális tengerszint hirtelen megemelkedését jelzi, mely a glaciális időkben nagyon alacsony lehetett. Az erőteljes éghajlatváltozások miatt, a fedőkarbonátok üledék-kőzettani, geokémiai és izotópjellemzői sajátosságok, ezek így – a neoproterozoikumi kriogéni kivételével – sehol sem fordulnak elő a földtörténet korábbi és későbbi szakaszaiban. Földünk történetében a fedőkarbonátok és az alattuk lévő globális glaciális rétegek ezért kivételes unikumnak számítanak. A hirtelen felmelegedés annak köszönhető, hogy a vulkanizmus lassan, de végül is felülkerekedett és „bosszút állt” az eljegesedett világon. Amíg globális jégtakaró uralta a Földet, a vulkánok által kilövellt szén-dioxid már nem tudott a légkörből távozni. A jéggel borított óceánokból a víz képtelenné vált elpárologni, ezért nem képződött felhő, így csapadék sem, emiatt pedig a kőzetek mállása – mely szén-dioxidot von ki a légkörből – leállt. A sok millió év alatt a CO_2 -szint csak növekedett, a kutatók szerint akár a mai értékének százszorosára is. Ennél a

5. ábra. Kriogéni paleogeográfia és a Rodinia szuperkontinens marinói riftesedése. A vörös vonalak óceánközépi táglási hátságok; a kék vonalak szubdukciós zónák; a csillagok különböző glaciális képződmények.
(Paul Hoffman nyomán)





6. ábra. Sturti glaciális diamiktit, amelyre közvetlenül, hégáz nélkül fedődolomit települt. Jebel Akhdar hegység, Omán
(Fotó: Henrik Rother és Martin Meschede)

pontnál az üvegházhatás felülkerekedett, a jég—albedó visszacsatolás megint működött, de ezúttal az ellenkező irányban, és a jelek szerint katasztrofálisan gyors olvadás kezdődött. Az olvadó jégből kőtömbök hullottak az üledékbe. Az eső újból elkezdett esni és a keletkező szénsav újból mállasztotta a kőzeteket, a légkör ismét összekapcsolódott az óceánokkal és az egész körforgás újra beindult. A CO₂-szállítás a légkörből, valamint a mállásból származó alkalinitás — a mélységi és a felszíni kalciumban gazdag vizek keveredése — a tenger fenekére került glaciális rétegekkel a fedőkarbonátok képződését eredményezte.

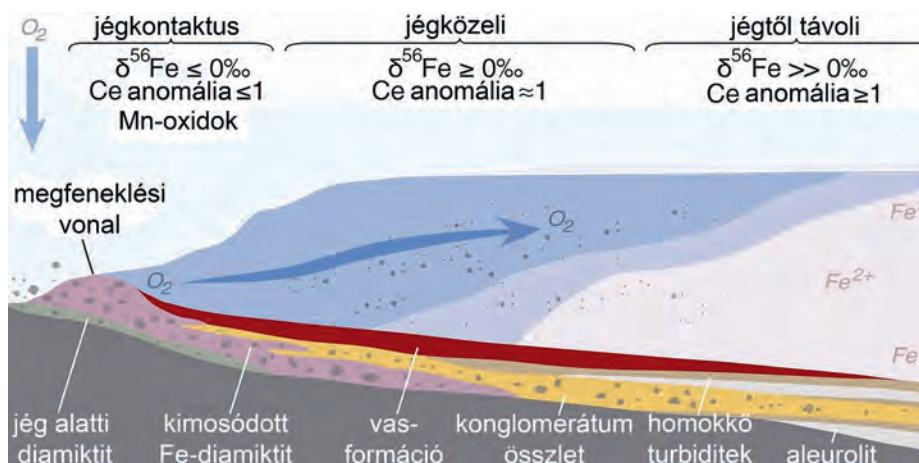
Túlélés a sok millió évig tartó jeges pokolban

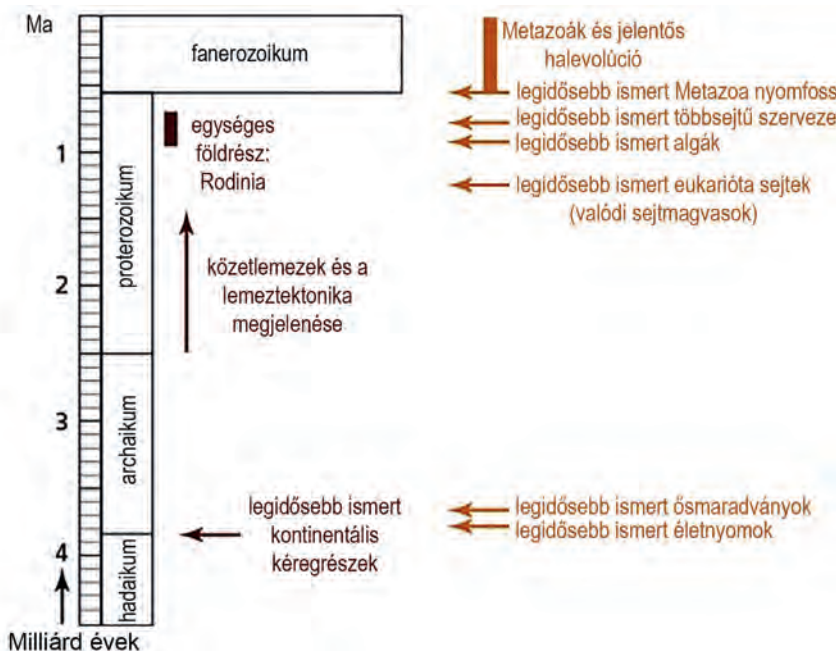
Tekintettel a késő neoproterozoikumi éghajlati sokk paleomágneses, geokémiai és geológiai bizonyítékaira, melyeknek nincs párja a fanerozoikumban, elképzelhetetlennek tűnik, hogy az élet történetét ne befolyásolta volna, méghozzá alapvetően. Amikor a maximum hőmérséklet alig éri el a -40 Celsius-fokot, kevés élőlény maradhat meg. Esetleg algák, például a vulkáni források csekély melege körül és baktériumtelepek az óceánfenéki hidrotermális csatornák mellett. Évmilliók alatt pedig semmi sem változik. A szárazföldön korábban sem burjánzott még élet és hosszú ideig nem is lett, az óceánok vastag jégtakarója miatt pedig alig, vagy egyáltalán nem maradt oxigén az ott élők számára. Majd egy évszázadig

törték a fejüket a kutatók, hogy ilyen körülmények között egyáltalán hogyan maradhatott meg valami is. Mégis, az ösztönös várakozásokkal szemben valami nagyon váratlan kép kezdett kibontakozni. Kiderült, hogy az élet nemcsak egyszerűen túlélte a legszélsőségesebb éghajlati állapotot, melyet bolygónk valaha is átélt, de úgy tűnik, hogy egy teljesen új élet az összetett életformák megjelenését is elősegítette. A tény, hogy a globális eljegesedés az összetett élet megjelenése előtt történt, a hógolyó-Föld és az állati evolúció közti szoros kapcsolatra utal. 635 millió éve, a marinói globális eljegesedés végét közvetlenül követte az eukarióták (valódi sejtmagvasok) diverzifikációja és talán az egyszerűbb állatok megjelenése is. Úgy sejtjük, hogy a poszt-glaciális eukarióta forradalmat az a környezeti stressz váltotta ki, melyet a pánglaciális periódus szélsőséges körülményei kényszerítettek ki. De ezzel még mindig kérdéses marad, hogy hogyan történhetett meg mindez. Nem tudjuk ugyanis, hogy milyenek az élıhetőségi lehetőségek, ha egyáltalán léteznek ilyenek, amikor az óceánok teljesen, vagy majdnem teljesen befagynak. A hógolyó-Föld 50 millió évig tartó eljegesedése évtizedekig okozott fejtörést a kutatóknak.

Csak korunkban született meg az első közvetlen bizonyíték arra, hogy a hógolyó-Föld idején mégis működött egy mechanizmus, mely élılelıhetőséget biztosított egyszerűbb eukarióták, azaz a valódi sejtmagvasok részére, amikor az óceánok az élıtadó oxigéntól elzárva léteztek [7]. Ez az „oxigénpumpa”, mely úgy működik, hogy kontinentális talpazat és óceán jégtömegeinek ütközési, megfeneklési vonalában a jég alja a sűrűlódás és esetleg geotermális hő hatására megolvad. A glaciális jégbe zárt levegőbuborékok az olvadás során az olvadékvízbe kerültek és feldúsították azokat oxigénnel (7. ábra). Ettől még az óceánok zöme továbbra is lakhatatlan maradt, de az ütközési zónák környéke mintegy menedéket,

7. ábra. Vázlatos modell oxigéndús fenéki olvadékvíz kifolyására az anoxikus jeges óceánba (nem méretarányos). A vas oxidálódva a jégkontaktusnál ülepedett le (vörös réteg) és azoktól távol már redukált állapotban maradt (Fe²⁺). Ez a trend oxigenizált glaciális tengeri környezetre utal.
(Forrás: Lechte et al., 2019)





8. ábra. A kambrium előtti időszakok alapvető geológiai változásai és a biológiai evolúció időskálája. Az élet mintegy 3,8 milliárd éve jelenhetett meg, ebből több mint 3 milliárd évig csak primitív formák léteztek. A forradalmi változások az összetett életformák megjelenésekor, a Rodinia szuperkontinens létrejötté idején kezdődtek el. Ezt segítő alapvető geológiai forradalmat jelentett a ma is működő lemeztektonika megjelenése valamikor az archaikum végén vagy a proterozoikum elején.
(Olga Otero nyomán)

valódi oxigénoázist jelentett az élet számára. Korábbi kutatások azt sugallták, hogy az oxigéntől függő élet a jég felszínén lévő pocsolyákra szorítkozott, de az oxigénpumpa az első bizonyíték oxigéntartalmú tengeri környezetre, még ha ezek csak helyinek bizonyultak is. Az új tanulmány valójában a hógolyó-Földdel kapcsolatban egyszerre két rejtélyt old meg. Nemcsak arra ad magyarázatot, hogy hogyan maradhattak meg a legprimitívebb állatok, mint a szivacsok, de frappánsan megmagyarázza a jégkorszakokhoz köthető vastartamú üledékek visszatérését egymilliárd évnnyi szünet után. A vasérc ugyanis csak oxigénben dúsabb vízből képződik, és mint a hetedik ábra is mutatja, glaciális környezetben a jégkontaktusok környékén képződtek. A kontaktustól számítva körülbelül 10 kilométer hosszú vasrétegek egyértelmű bizonyítékai oxigénoázisok jelenlétének óceáni környezetben.

A legkorábbi életformák, a mikrobák 3,7 milliárd éves kőzetekben hagytak magukról jeleket, és a földtörténet zömében csak primitív életformák uralkodtak (8. ábra). Paradox módon 715 és 635 millió év között, amikor csak egy szuperkontinens létezett, és a Föld

legnagyobb éghajlati katasztrófája fenyegette az élet fennmaradását, meglepetésre ennek éppen az ellenkezője történt. Nem sokára beindult a makroszintű tengeri élet evolúciója és diverzifikációja. Megjelentek az összetett formák, és a már korábban is jelen lévő szivacsokon túl, az állatok sokasága is. 580 millió év körül jelent meg a titokzatos ediacarai életközösség, amelynek mibenlétéről sok vita folyik. Talán az evolúciónak csak egy vakvágánya lehetett, és már a kambrium során kihalt. 541-485 millió év között történt meg az evolúció legfantasztikusabb eseménye, a kambriumi robbanás. Törzsi szinten a gerincesek kivételével, a máig is létező állatvilág ősi képviselői a kambrium végéig már mind megjelentek Földünkön.

EMBEY-ISZTIN ANTAL

IRODALOM

- [1] Calver, C. R., Crowley, J. L., Wingate, M. T. D., Evans, D. A. D., Raub, T. D. & Schmitz, M. D. (2013). Globally synchronous Marinoan deglaciation indicated by U-Pb geochronology of the Cottons Breccia, Tasmania, Australia. *Geology*, 41(10), 1127-1130.
- [2] Evans, D. A. (2000). Stratigraphic, geochronological, and paleomagnetic constraints upon the Neoproterozoic climatic paradox. *American Journal of Science*, 300(5), 347-433.
- [3] Ganopolski, A., Winkelmann, R. & Schellnhuber, H. J. (2016). Critical insolation-CO₂ relation for diagnosing past and future glacial inception. *Nature*, 529(7585), 200-203.
- [4] Hoffman, P. F., Abbot, D. S., Ashkenazy, Y., Benn, D. I., Brocks, J. J., Cohen, P. A. & Warren, S. G. (2017). Snowball Earth climate dynamics and Cryogenian geology-geobiology. *Science Advances*, 3(11).
- [5] Hyde, W. T., Crowley, T. J., Baum, S. K., & Peltier, W. R. (2000). Neoproterozoic 'snowball Earth' simulations with a coupled climate/ice-sheet model. *Nature*, 405(6785), 425-429.
- [6] Kirschvink, J. L. (1992). Late Proterozoic low-latitude global glaciation: the snowball Earth. In *The Proterozoic Biosphere: A Multidisciplinary Study*, edited by J. W. Schopf & C. Klein, pp. 51-52, Cambridge University Press, New York.
- [7] Lechte, M. A., Wallace, M. W., Hood, A. V. S., Li, W., Jiang, G., Halverson, G. P. & Planavsky, N. J. (2019). Subglacial meltwater supported aerobic marine habitats during Snowball Earth. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(51), 25478-25483.
- [8] Shakun, J. D., Clark, P. U., He, F., Marcott, S. A., Mix, A. C., Liu, Z. & Bard, E. (2012). Global warming preceded by increasing carbon dioxide concentrations during the last deglaciation. *Nature*, 484(7392), 49-54.
- [9] Tzedakis, P. C., Channell, J. E. T., Hodell, D. A., Kleiven, H. F. & Skinner, L. C. (2012). Determining the natural length of the current interglacial. *Nature Geoscience*, 5(2), 138-141.



EGY NOBEL-DÍJAS EGYÉNISÉG

Békésy György személyisége

Békésy György tudását egész életén át folyamatosan, önerőből bővítette, mert a felszínességgel, a csak láthatóval nem elégedett meg. Az akarat, a kitartás, a sok életörömről való lemondásokkal – sokszor „magányos utazóként” vált zseniális tudóssá.

Békésy, apai ágon, egy erdélyi nemes család leszármazottja. A nemességet és előnévadományt későbbiekben kiterjesztették – 1913. május 24-én – dr. Békésy Sándorra (az apára) és gyermekeire. Békésy György ledoktorált és így a teljes neve: Dr. nemes Békésy György János József. A későbbiek folyamán, külföldön így használta a nevét: George von Békésy. E néven állították ki a Nobel-díjat adományozó oklevelét is.

A nemes emberek, ritkán kötöttek rangon aluli házasságot. Békésy György soha az életében nem nősült meg. A nemes származásúak, amennyiben külön értékek domináltak azt párosíthatták a házasulandók a kíváncsimaiknak megfelelően: így lehetett tehetős idős férfinek fiatal színésznő felesége, legényembernek özvegy feleség, dzsentrí úrnak gazdag hajadon. A társadalmi távolságtartás nemes szándéka érvényesült a frigykötésben. S bár voltak úrgazdagok, ők nem állhattak a szenteltvíz áldozata alá nemes leszármazottakkal. Arról sajnos tudomása van a világnak, hogy közember nemességet vett magának. A titulus megszerzésével viszont nem jár együtt az a tudás-viselkedési

elvárás komplexuma, amit nem lehet pénzért megszerezni. A közmondás egyszerűen fejezi ki „suszter maradjon a kaptafánál”.

Mi szeretne lenni?

Talán minden embert megkérdeznék egyszer kiskorban, hogy mi szeretne lenni, ha nagy lesz, vagy mit csinálna másképpen, ha újra kezdené az életet. Ezt megkérdezték Békésytől is: „Sokan kérdezik tőlem: mit tennék, ha az életet újra kellene kezdenem. Azt hiszem, akkor is a tudománnyal szeretnék foglalkozni. Iskolatársaim közül egyesek milliomosok lettek és igen kellemesen éltek. Alig kellett küzdeniük az életben, mindent meg tudtak vásárolni, ami megvásárolható. Én mégis azt gondolom, hogy az életben szükségünk van a harcra, az akadályok leküzdésére. Életemben háromszor elvesztetem mindenemet, mégis mindig engem irigyeltek és én sohasem irigyeltem másokat. Mindennek vannak előnyei és hátrányai és az egyensúly a kettő között igen kevésen múlik. Minden attól függ, hogyan használjuk fel lehetőségeinket.

Nem az a fontos, hogy mink van, hanem az, hogy hogyan használjuk” (...) „Visszatekintve mindig felmerült az a kérdés, hogy mit tanultam az egyetemen. Általában az emberek azt mondják keveset, nagyon keveset tanultak. Ezzel jórészt egyetértek, mert ezek túlságosan sok tantárgyat hallgattak. Én meggyőztam magam arról, hogy szükségem van bizonyos alapismeretekre, de ezután úgy találtam, hogy valamennyi tudomány a könyvtárakban van felhalmozva és nem a professzorok fejében. Manapság ez még inkább így van.”

A magányos utazó

Békés mosolygós, de zárkózott természetű. Baráti kapcsolatot nem alakít ki munkatársaival. Szerintem ez annak datálható, hogy iskolatársaival sem voltak tartós kapcsolatok, tartós barátságok, magántanulóként, egyedi tanulási programmal, amiből pont a közösség hiányzott, az a bizonyos közösségi érzés-szellem és ami alapja lenne, mintát adna a munkahelyi közeledés és kollegialitáshoz. „Nomád vándorló tanuló” — mai modern elnevezéssel. Minden esetre fantasztikus alkalmazkodási képességgel kellett rendelkezzen. Sehol nem került sor minimális nézeteltérésre sem, összeütközésbe sem került senkivel, mindenhol tiszteletben tartotta a „házszabályt”. Ő maga elfogadta a belső működési, kialakított törvényeket, — bár nem biztos, hogy mindenben egyetértett velük — nem vonta kétségbe, hanem tiszteletben tartotta azokat. A belső fegyelme is óriási volt.

A derűsen, de magányosan utazó Békésy



Személyisége: felsorolva címszavakban: zárkózott, gyanakvó, kerüli az embereket, félszeg néha, bogaras, különc, munkamániás, pesszimista, hajlik a depresszióra, élénk, szomorkás kétkedő és bizakodó. Tekintében van a gunyoros árnyalat mintha azt mondaná: Azt hiszitek nem látom mi van körülöttem? A háttér és színjátékot nem látom át? Igenis érzékelem, de engem csak a munka érdekel. Ezért van az, hogy néha úgy érzí ártani akarnak neki, élete több fázisában érzi, hogy irigyei vannak, és hogy követik, megfigyelik. Puritán „magának való” személyiség. Fiatal korától sokrétű tehetsége bontakozik ki: fest, rajzol, virtuóz módon zongorázik, érdeklődik az esztétika és művészetek iránt. Olyan tudós, aki nem csupán egy szűk szakterületet tekint magának, hanem széles spektrumú az érdeklődése, analizálja és szintetizálja a tapasztalatokat. A tudásért nem sajnálta az időt, az ismeretek megszerzésére szorgalommal tanult. A szorgalom és céltudatosság volt egyik alapvető tulajdonsága a receptivitáson kívül. [2]

Szerette a jó értelmes társaságot, a filozofikus eszmecseréket, az értékest és a szépet kereste. Mivel nemcsak egy szűk területtel foglalkozott, ahogy valami új számára kevésbé ismert területre tévedt, rögtön tanulmányozni, kutatni és tanulni kezdte. Ismerete interdiszciplináris lett. Mindezek sikertelenek maradtak volna, ha nincs a fantasztikus szorgalma, kitartása, szívóssága. Ismert volt, hogy egy sikertelen kísérlet után nem torpant meg, hanem a hibás eredmények ellenére folytatta a munkáját. A célt tartotta szem előtt.

Az előzékeny, kedves, udvariasan megnyerő követelés, a munkafegyelem példaadó mintázataként a munkatársai szerették és a néha monoton munkát is precizitással végezték. Szociabilitási stílusa kisugárzott és összefogta a kutató csoport minden tagját egy csapatba és szakmai lelkesedéssel vezette kísérleteit. Világpolgár volt, nem tagadta meg szülőföldjét, gyökereit, bár több kontinensen dolgozott, mindenki felsőfokon beszélt személyéről, büszke magyarságáról.

Plátói barátságai voltak, futó ismeretségekkel. A kecseryés mosoly, a lemondás röpke árnyalatával, a változást hozó percekkel mely napok-hónapok évekké duzzadtak életében. Barátságok gyermekkorban kötődnek. Voltak elemi iskolás barátságok, az osztályközösség tanulói, amelyek az ország változás gyakorisága miatt, mulandóvá váltak. Gyermekkori pajtások nem kísérték élte viharában, és nem találkozott velük életében többször, mint akkor „pont ott és pont akkor”. A sok apró élmények, közös csínyek társakká avanszálódnak érzelmi téren pozitív töltéssel maradandókká válnak. Hazát váltva minden érzékszervünkkel, énünkkel,

gondolatainkkal görcsösen ragaszkodunk hozzá, bár hangosan nem mondjuk. A nemzet érzése, a hovatarozás belső magánügy. Csak a statisztika érdeklődhet iránta — kimutatás érdekében, hivatalosan - más ember, magán ember nem. De bárhová nézünk, bármit látunk, bármit hallunk, minden fűszál és érzés a csodálatos múltat idézi fel. Az életünk egy-egy színes darabját. És ami elmúlik kronológiailag, azt pótolni nem lehet. A fiatal éveket újból megélni csak képzeletben lehetséges. Az élet csipke szélű hímzésében a csodálatos gyermekkor selyemszállal van hímelve. [1]

Készült egy pár portré róla. A fényképek más és más időben, helyen és alkalmakkor készültek róla. Mindig önmagát adja adott pillanatban: derűs, jókedvű, kiáll határozottan mondandójáért, véleményéért. Fiziognómiai jellegzetességei többek közt, hogy egész arca kiváló intelligenciára vall, a szellemi tulajdonságai dominálnak és féken tartják az anyagi hajlamosságokat. Nagyszabású, idealista hajlamú természet, melegszívű, érzelmi élete erősen kiemelkedő, sokszor gyakorlatiatlan főleg üzleti téren, naivitásra való hajlamosság mellett jó ítélőképessége van.

Gondolkodó inkább teoretikus, mint praktikus, erélyes, tevékeny, heves néha erőszakos, hűvös, de rugalmas természet, néha gyerekes az érzékenysége, túlsúlyban van az általános érzékenység, a szenzibilitás. Intellektuális élvezetekre érzékeny, nyíltszívű, becsületos, szívélyes, szeretetreméltó, de aggodalmaskodó, néha félénk, túlzástól mentes, éber.

Esztétikai érzéke és nagy áttekintése van, de mindenben az igazságszeretet dominál, ehhez párosul a jó emlékezet, gyakran zenei tehetség. Élénk mozgékony a természete, gyors hangulatváltozásai vannak, de hangulatai nem öncélúan változnak. Változásait a külső tényezők, észrevételek vagy tudatos dolgok befolyásolják. Tudjuk, hogy jó megfigyelő és a környezetével valósággal szimbiózisban él, együtt érez vele, harmóniában van a környezetével. Könnyű az életfelfogása, a dolgok szellemes oldalát értékeli, megfontolt szereti túlbecsülni önmagát és másokat tehát rossz az emberismerete: eleinte naivan bízik mindenben, ami hirtelen átcsaphat gyanakvássá, ha okot



Békésy György kutatás közben

lát benne és ez tartóssá válik, nem rehabilitál önmaga előtt senkit, egyenlőtlen lelki egyensúlya van.

Békésy kolerikus típus is, kezdetben nem elégszik meg a benyomásokkal, nem nyugszik bele, hanem összeszorítja az öklét és csinál valamit. A tapasztalatokat megtartván tarsolyában nevelő hatásúak lesznek, újra kezd, mert ismeri a célt, amit el akar érni, tehát az eszközöket is ismeri, amivel el tudja célját érni. A sikertelenségtől, a kudartól megkétszereződik az ereje, akaratja ekkor szélsőségesen makacssá válik. Megkeményedik. [3]

A titkos szolgálatok

Feltűnik, ha valami környezetében nem ott van, nem úgy van mint máskor; észreveszi ha egy munkatársa rosszabb vagy jobb kedvű mint általában és azt is ha valami bántja őket. De észreveszi a rá ható környezeti változásokat, „mintha valaki követne” érzéssel. [4]

A pszichológiai gyakorlatban, egy időben gyakori volt a paranoja diagnózis a beutalón, akit kivizsgálásra küldtek és kezelésre. Sajnos ez nem pszichiátriai betegség tünettana volt, hanem a legtöbbször valós érzés. Követték az embereket okkal és ok nélkül. Méterekben mérhető a leírt semmi esemény, amivel beszámoltak a titkos szolgálatoknak: mikor, merre, kivel találkozott és hol. Provokálták beültetett emberekkel, akik megpróbálták a közelébe jutni a kiszemelt embernek, a bizalmá-

Békésy Honoluluban



ba férközni. A családba is beépítették sokszor a házastársat, aki jelentett a párjáról. „A nagy szem mindent lát” megfélemlítő szlogenjével, halk figyelmeztetés, hogy megelőzzék a konspirációs találkozásokat, mert csak arra gondolhat mindenki, amire szabad, ami meg van engedve.

Általában kételkedő, tele megválaszolatlan kérdésekkel. Egy elmés flegmatikus, akit nem lehet meglepni... Elmélázó, derengő a múlton, cinikus mosoly a tudok mindent háttérből politikai megérzései miatt és azt a bölcséletét, hogy titkot csak magányosan önmagában lehet tartani, és amit csak egyedül tud, azt nem veheti el más. A portréiban van közös mondanivaló és van egyedi vonás is.

Hitvallás

Békésy György egy elme, individuum, egyéniség, génusz, kiemelkedően kreatív, innovatív tudós, korát és korszakát meghaladó gondolkodó. A zsenit köznyelven úgy határozzák meg, hogy „akkor kezd gondolkozni, amikor más abbahagyja”! Ezért lángész, mert alkot és újat teremt.

Nem gyermeki kíváncsiság motiválja, hanem a természettudományban ismeretlen mechanizmusokra, azoknak értelmezésére kérdéseket tesz fel, s a feltett kérdésekre keresi a válaszokat. Megszállottság, elhivatottság? — amely hatalmába keríti. Nem tud másra gondolni. Zseniből nem „terem” sok, azért általában társtalanok, mert a magas röptű gondolatait a környezet nehezen tudja követni. Talán ezért tűnik úgy, mintha önmagával társalogna. A hegycsúcs tetején áll egyedül. Ő van a legmagasabban, ami helyzetéből adódóan az egyedüllétet vonja maga után. Csak egy másik hegy csúcsán levő emberrel találja meg a közös hangot,

de ahogy a két zseni megy felfelé a hegycsúcsra, egyre jobban távolodnak vízszintes vonalban egymástól és függőlegesen vonalban is, az átlagos társadalmi környezetüktől.

Nagyon elkésztő tudomásul venni, hogy a zsenit nem értik meg — a tudásból fakadó korlátok miatt — és elhagyatottá, izolálttá válik. Az eldöntendő kérdés az,



Békésy György nagyapjának a háza,
a „Békésy-fészek” Kolozsvárott, a Majális utca 38. szám alatt
(Kocsis Ildikó, Kolozsvár)

hogy Ő nem találja helyét társaságban és kihúzza magát ebből a szabadság korlátozó csoportosulásból, ill. időpocséklásból, mert alkalmakkor nem tud előrehaladni, többlettudást szerezni, vagy lassan kizárják, kinézik a középszerűnél azért magasabb fokú társaságok is, saját elveiket követve, mert a megszokott egységet megbontja, például nem értik okfejtését, felsőbbrendűséget éreznek magyarázataiban, kisebbségi komplexusuk ébred miattuk a társaságban az embereknek.

A társadalmi életben — a több szinten zajló interakciók személytől függetlenek —, a közös normákat betartják. Ezt a személytelen alkalmazkodást még gyermekkorában interiorizálta az otthoni értelmiségi légkör elvárásaként. A nevelés determináló jellegű. A szülők, mint élő környezet adták az értelmi-érzelmi mindent meghatározó szellemi légkört, a szülői ház a tökéletességgel ható igényesség; a tárgyi környezete pedig a mintaadó esztétikai élmény, a tárgyi igényesség kifejezője: a ház, a lakás, azoknak külső kinézete és belső berendezései hasonlóképpen. [5]

Békésy személyisége tükrözi a kompetens interperszonális viselkedést. Nemesi család, egyetemi tanári rangban nevelő szülei, a globális





Békésy György a Nobel-díj átvételekor, Stockholm, 1961

szellemi milió, a motiváció és érzelmi kontroll a szociális attitűdöt, az autonóm viselkedési formát példázza. Ezért tartja a szakirodalom azt, hogy a kulturált környezet és a kreativitás kölcsönhatásban vannak egymással, magas fokú igényesség úgy önmagával, mint környezetével szembeni elvárás az értelmiségi családok alapvető feltétele. A nemesi családok átadták az évszázadokon keresztül örökölt és ápolt hagyományok mellett, az egymás iránti tiszteletet (felmenő, leszármazott, kortárs, függőleges és vízszintes interperszonális szinten), hazaszeretetet, tudás iránti vágyat, a fejlődés igényét (jóindulat, szociabilitás, talpraesettség-rátermettség) és még végtelenségig lehetne sorolni azon írott s íratlan elvárásokat, aminek eleget téve — egy életen át megőrizhette „identitását” s kiemelkedett még a nagypolgári szintből is. A nemes, az arisztokrata a távolból érkező hangokban is ráismer a szellemi rokonra, felismeri a karizmatikus embereket. Ez jellemző rá szakmai téren is.

Emberi, munkatársi/munkahelyi közegben a kérdés és megoldás lehetőségeinek, változatainak a kitalálására volt szüksége. Megannyi újabb megpróbáltatás volt, mindennap számára. Az egyedi, szakmai és általános környezeti érthetatlenségen túl kellett lépnie, figyelmen kívül kellett hagynia, különben a szürke, középszintű emberek nagy tömege lehúzhatta volna a többség szintjére. Summázva a gondolatokat, talán összefoglalta, hogy mit kell, hogyan és meddig kell lépnie, mit él át és milyen hatások érik, és hogyan kell reagálni mindenre. Néha szorong, de élte a remény mikor állásokat vált, mert mihelyt más környezetbe kerül, a legtöbbször (önéletrajza alapján) hamar megbékél. Beilleszkedik a környezetébe, mert a közmondás szerint is „az okos enged” — egy bizonyos érték nivóig.

Miért nem nősült meg? Erre azt válaszolja: Én meg-nősültem, nekem a feleségem a tudomány!

Mit állít Békésy? Van felesége. Tehát a magyar társadalom fennmaradásának záloga a család a gyerekek, majd ők családot alapítanak és jön a következő nemzedék gyerekei.

Mit állít Békésy? Tudomány. Véleménye szerint a társadalmak továbbfejlődésének egyetlen záloga, minden emberi tevékenység közül a tudomány művelése. A tudományok viszik előre a társadalmak fejlődését!

VINCZE-TISZAY GABRIELLA

Nyitóképünkön: Jan Brueghel: A hallás allegóriája

IRODALOM

- [1] Tiszay Gabriella: *Szerelmes szerelemmel szeretlek*. NDP K., Budapest, 2007.
- [2] Geréb György: *Pszichológia*. Tankönyv K., Budapest, 1989.
- [3] Bárdos György: *Pszichovegetatív kölcsönhatások*. Solar Kiadó, 2003.
- [4] Gervai András: *Titkos Magyarország*. Kalligram K., Budapest, 2015.
- [5] Vincze János. *A Nobel-díjas, biofizikus nemes Békésy György — életútja*. NDP K., Budapest, 2022.

E SZÁMUNK SZERZŐI

BABINSZKI EDIT: PhD, geológus, Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat, Budapest; **EMBEY-ISZTIN ANTAL:** geológus, professor emeritus, Magyar Természettudományi Múzeum, Ásvány- és Kőzettár, Budapest; **FARKAS CSABA:** tudományos újságíró, Szeged; **JÁRAI ANTAL:** professor emeritus, ELTE Informatikai Kar, Komputeralgebra Tanszék; **PÁL BERNADETT:** Tudományos segédmunkatárs, Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet; **SZENTPÉTERI LÁSZLÓ:** tudományos újságíró, az Űrvilág webmagazin alapítója; **VINCZE-TISZAY GABRIELLA:** klinikai szakpszichológus, Békésy György Emlékbizottság tagja

KÖVETKEZŐ SZÁMUNKBÓL

TÓSZEGI ZSUZSANNA: Az év természetfotósa – 2022

PATKÓS ANDRÁS: Kvantumállapotok összefonódása és a megfigyelő szabad akarata

KOCSIS ERZSÓ: Hibafa-elemzés

Cikkpályázati felhívás doktoranduszok számára

A fiatal kutatók jelentik a jövő ígérteit a tudományban és a tudománykommunikációt frissítő munkában. A Tudományos Ismeretterjesztő Társulat (TIT) és a Doktoranduszok Országos Szövetsége (DOSZ) ezért ismeretterjesztő cikkpályázatot hirdet a doktori tanulmányaikat határainkon belül, valamint külföldön jelenleg folytató, tudományos fokozattal még nem rendelkező fiatal kutatóknak. A pályázat tematikus: a kiírók olyan pályamunkákat várnak, amelyek teljes terjedelmükben vagy egy jelentős részükben *a körforgásos gazdaság, a hulladékhasznosítás, tágabb értelemben pedig a fenntarthatóság* témakörével foglalkoznak. A pályázat célja, hogy a doktoranduszok elsősorban saját kutatásaikat, illetve azok tudományos háttérét és összefüggéseit közérthető módon közkinccsé tegyék.

A pályázatot három kategóriában lehet benyújtani:

- 1.) *Élet és Tudomány* kategória: a pályázók ebben a kategóriában a széles nagyközönség számára írott, figyelemfelkeltő, az Élet és Tudomány stílusában készülő népszerűsítő cikkel pályázhatnak. A cikk terjedelme: 10-12 ezer n (szóközökkel). Ehhez 4-6 színes kép vagy ábra, grafikon, illusztráció is csatolandó.
- 2.) *Természet Világa* kategória: a pályázók ebben a kategóriában a természettudományok és a műszaki tudományok iránt érdeklődő olvasók számára írott, figyelemfelkeltő, a Természet Világa stílusában készülő ismeretterjesztő közleménnyel pályázhatnak. A cikk terjedelme: 15-18 ezer n (szóközökkel), amihez 5-7 színes illusztráció vagy magyarázó ábra is csatolandó.
- 3.) *Valóság* kategória: a pályázók ebben a kategóriában a társadalomtudományokhoz kapcsolódó, figyelemfelkeltő, a Valóság stílusában készülő cikkel pályázhatnak. A cikk terjedelme: 20-40 ezer n (szóközökkel).

Pályázni csak eredeti, máshol még nem közölt, illetve máshova közlésre be nem küldött, egyszerűs cikkel lehet.

A pályaműveket a www.termvil.hu oldalon található pályázati felületre kell feltölteni. A pályázat feltétele az ott található Pályázói adatlap hiánytalan kitöltése.

A pályázatok beérkezési határideje: 2023. január 15.

A pályaműveket a három lap szerkesztősége, a TIT, valamint a DOSZ által felkért zsűri bírálja el.

Mindhárom kategória pályadíjai – első díj: 100.000 Ft, második díj: 75.000 Ft, harmadik díj: 50.000 Ft.

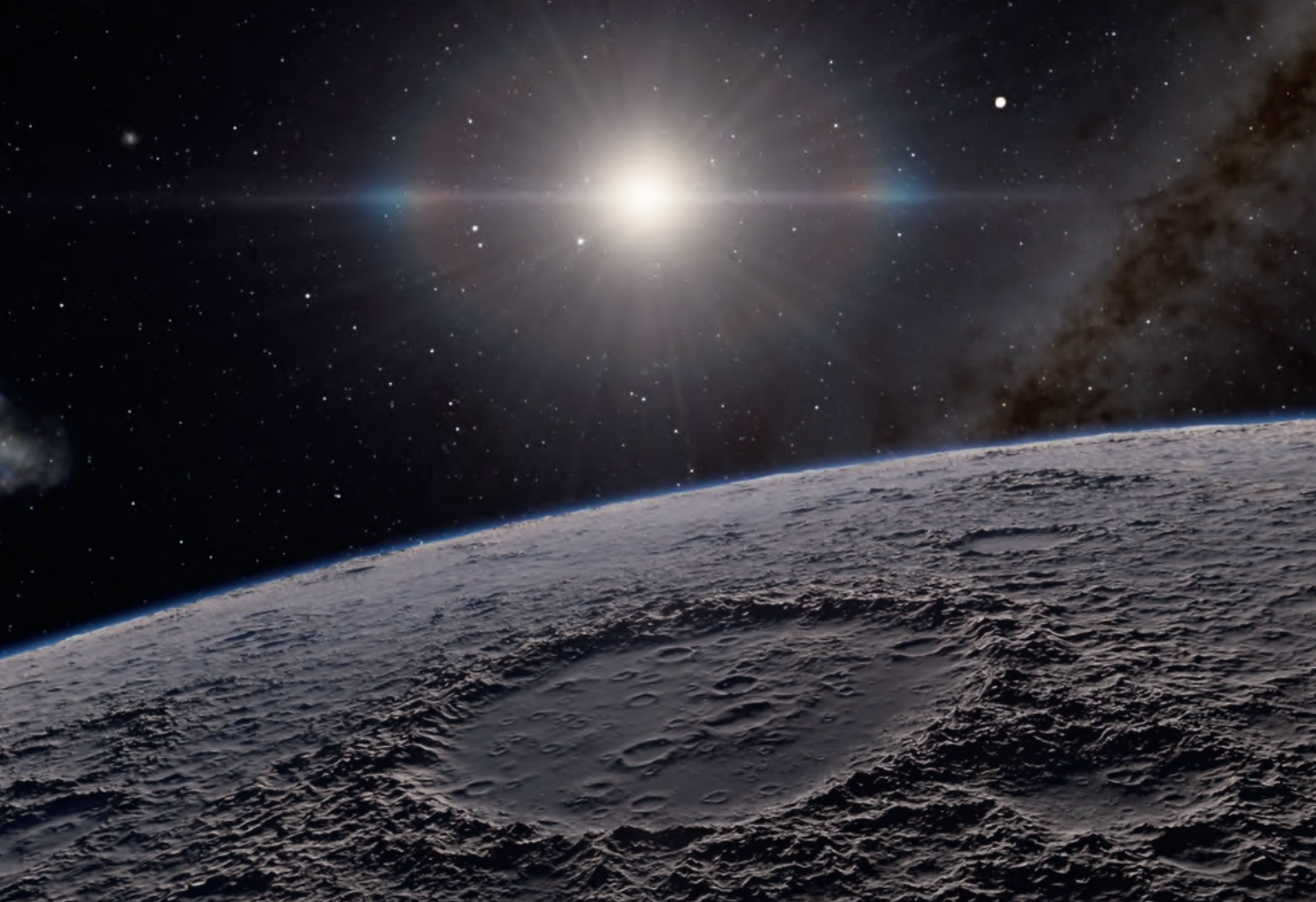
A zsűri mindhárom kategóriában *körforgásos gazdaság különdíj* odaítéléséről is dönt, a különdíjasok értékes vásárlási utalványban részesülnek.

A díjazottak számáról a zsűri dönt.

A cikkpályázatot a *Magyar Nemzeti Bank* és a *Pallas Athéné Domus Meriti Alapítvány* támogatja. A KEHOP-3.1.5-21-2021-00003. sz. projektet támogatta Magyarország Kormánya és az Európai Unió.

A szerkesztőségek a díjazott és a díjazásban nem részesült, de közlésre alkalmas cikkeket – a szerzőikkel egyeztetett szerkesztés után – ellenszolgáltatás nélkül megjelentetik. A pályázat beküldői a pályázaton való részvétellel egyben hozzájárulnak cikkük online közléséhez is a lapok internetes változatában.





KUTATÁSI TAPASZTALATOK JAPÁNBAN

A vízjég keresése a Holdon

A holdi víz jelenlétének kérdése évszázadok óta foglalkoztatja az emberiséget. Michael van Langren holland csillagász 1645-ben publikálta az első ismert Holdtérképet, amin a sötét területekre maria, azaz tengerek (latin) névvel hivatkozott. Ezzel egyben papírra is vetette azt a széleskörben elterjedt nézetet, hogy a sötét foltok a Hold felszínén valójában óceánok.

A következő néhány évben több hasonló térkép is megjelent, 1647-ben Johannes Hevelius, 1651-en pedig Giovanni Riccioli és Francesco Grimaldi jelentették meg saját térképeiket. Ma már tudjuk, hogy valójában nem tengerek, hanem a Hold fejlődéstörténetének korai szakaszában lezajlott vulkánkitörések bazaltos nyomai ezek, a *maria* (többes szám), avagy *mare* (egyesszám) elnevezés viszont a mai napig velünk maradt.

A XIX. század közepén William H. Pickering csillagász alapos megfigyelések sorozatával megállapította, hogy a Hold légköri nyomása kevesebb, mint a földi légnyomás négyezred része [1]. Az apró holdrészeket kitakaró, elképzelése szerint holdi felhőkről úgy vélte, hogy jégkristályokból lehetnek. Pickering 1937-es cikkében a Holdon található életformákról,

növényekről publikált, megfigyeléseit az olykor vöröses-barnás-zöldes színben játszó kráterek látványára alapozta [2]. Az általános vélekedés viszont az volt, figyelembe véve, hogy a megfigyelések szerint a Holdnak gyakorlatilag nincsen légköre, hogy égi kísérőnön egyáltalán nem található víz.

Először Kenneth Watson 1961-es cikkének nyomán vált népszerűvé az az elmélet, hogy a kráterek alján esetleg vízjég lehet a Holdon [3]. Harold Urey 1952-ben publikálta kutatását, miszerint létezhetnek olyan mélyedések a Hold felszínén, ahová soha nem jut be a napfény [4]. Watson és munkatársainak kutatása szerint sokkal stabilabb a víz a Hold felszínén, mint például a nemesgázok, így az ilyen állandóan árnyékos területeken (angol szakszóval *permanently shadowed regions*,



1. ábra. Michael van Langren holland csillagász 1645-ben publikált holdtérképe

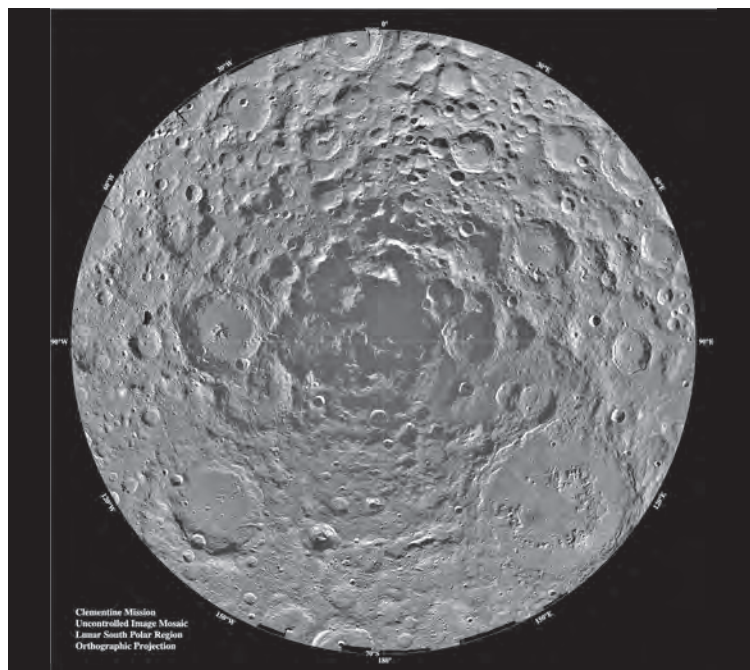
vagy PSR) jelentős mennyiségben lehet vízjég. A holdi víz létezése olyannyira népszerű téma lett később, hogy Harold Urey 1967-es cikkében már-már viccet csinált abból, hogy van még aki szerint a például Lunar Orbiter 4 és 5 felvételein látható csatornákat láva, por, gáz vagy éppen vodka hozta létre, folyékony víz helyett [5]. Vélekedése szerint a *mare* területek kiszáradt vagy fagyott óceánok lehetnek, és a Hold ma látható formáját minden kétséget kizáróan víz alkothatta meg.

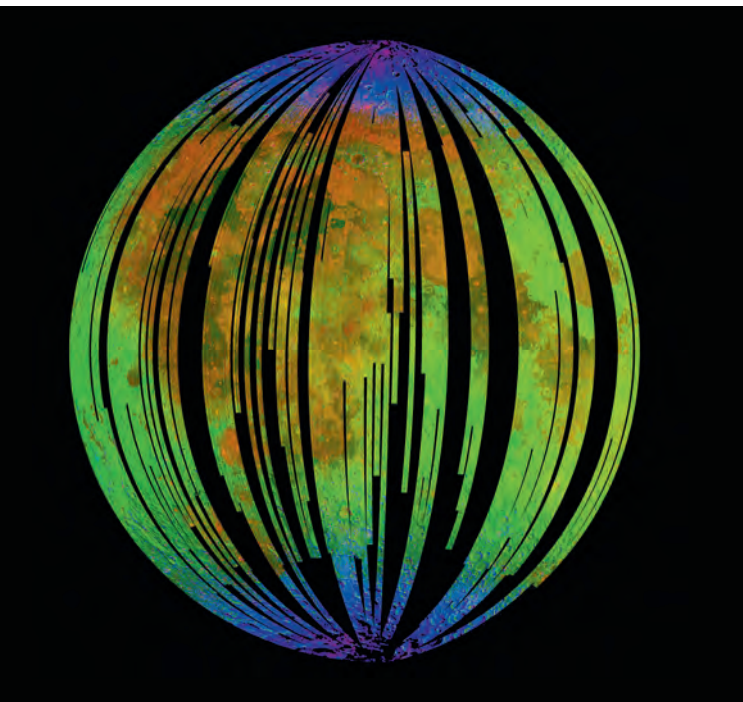
Urey fontos szerepet játszott abban, hogy az 1950-60-as években az Apollo küldetések keretén belül mintákat hozzanak a Holdról. A mintákat elemezve csak kis mennyiségű vizet találtak, amiről feltételezték, hogy földi szennyeződések lehetnek, mert a tárolók szivárogtak. Továbbra is gyanakodtak, hogy a déli pólus környéki, állandóan árnyékolt régiókban vízjég lehet, az általános konszenzus viszont az lett, hogy a Hold többi része teljesen száraz. Ezt a vélekedést az 1994-ben startolt, amerikai Clementine szonda kérdőjelezte meg, ami bisztatikus radaros kísérletével a Hold déli sarkának közelében jeges felszínre utaló jeleket talált [6]; a mérések viszont nem voltak egyértelműek (2. ábra). A PSR-ek kutatásának egyik nagy kihívása, hogy nem

lehet egyszerűen lefényképezni ezeket a területeket. A Clementine S sávú (2-4 GHz) rádiójeleket bocsátott ki a Holdon található célpontjának irányába, majd a jel visszaverődését rögzítette a Földön a Deep Space Network antennahálózatának egyik 70 méter átmérőjű antennája. A fagyott illóanyagok, mint például a vízjég is, erősebben verik vissza az S sávú rádiójeleket, mint a holdi kőzetek, továbbá a kibocsátott rádióhullám tulajdonságait is befolyásolja, hogy milyen felületről verődik vissza. A déli pólus közelében végzett mérések szerint 234 jel tulajdonságai voltak a vízjégre jellemzőek. Ugyanakkor az Arecibo rádióteleszkóppal azonos frekvencián végzett mérések más területeken is a Clementine eredményeihez hasonló visszaverődési mintázatokat mutattak, így felmerült a kérdés, hogy talán a Clementine adataiban sem vízjeget, hanem például durva borítású felszínt találtak.

Nem sokkal később, 1998-ban indult a Lunar Prospector szonda, ami neutron spektrométerrel keresett hidrogént a holdi regolitban, különös tekintettel a poláris régiókra. Méréseivel nagyon kis mennyiségű vízjeget is ki tudott mutatni. Úgynevezett lassú (avagy termális) és közepes (epitermális) neutronokat keresett, ami normál „gyors” neutronok és hidrogén atomok ütközése során jön létre. A jelentős mennyiségű hidrogén jelenlétéből arra következtethetünk, hogy víz is található az adott régióban. A Lunar Prospector körülbelül fél méteres mélységig volt képes vizet detektálni. A szonda eredményei szerint vízjég található mindkét

2. ábra. A Clementine űrszonda mozaikfelvétele a Hold déli sarkvidékéről (Forrás: NASA/NSSDC Image Catalog)





3. ábra. Az ISRO Chandrayaan-1 űreszköz NASA M3 műszereivel készített ásványi összetétel térkép a Hold felszínéről (Forrás: ISRO/NASA/JPL-Caltech/Brown Univ./USGS)

sarkvidéken [7], de a felbontás nem volt elég nagy ahhoz, hogy igazán messzemenő következtetéseket vonhassunk le belőlük.

Az Apollo-korszak óta lezajlott technológiai fejlődést kihasználva a 2000-es években a Brown Egyetem kutatói ismét megvizsgálták az Apollo mintákat: benne pedig az ősi holdi víz bizonyítékaira bukkantak. Több mint három milliárd évvel ezelőtt keletkezett, vulkanikus eredetű kavicsokban, avagy vulkanikus üvegben fedték fel a víz nyomait, klór, fluorid és kén társaságában [8]. Az összes illóanyag koncentrációja a minták szélei felé csökkenő trendet mutatott, így egyértelműen nem földi szennyeződések voltak. Az igazi fordulópont három küldetésnek, az indiai Chandrayaan-1, illetve a NASA Cassini és Deep Impact egységeinek köszönhetően érkezett el a 2000-es évek vége táján.

A Cassini 1999-ben a Szaturnusz felé tartó útján haladt el a Hold mellett, a közben végzett mérései is megerősítették a víz/hidroxil nyomait. Az űrszonda adatai globális eloszlást mutattak, a pólusokhoz közel erősebb jelekkel és gyengébbekkel a *mare* területeken [9]. A Deep Impact először 2005-ben szerzett bizonytalan eredményeket a holdi víz megjelenéséről. Később, már az EPOXI névre keresztelt hosszabbítása során egy újabb megközelítés alkalmával infravörös tartományban végzett méréseket, vízre és hidroxilra vadászva. A mérések szerint 10° északi szélesség felett mindenhol található hidratációra utaló nyom, legerősebben

a sarkvidékek közelében [10]. Összességében megállapítható volt, hogy minden kétséget kizáróan található hidroxil vagy víz a Holdon; égi kísérőnk tehát korántsem olyan száraz, mint amilyennek korábban elkönyvelték. Az eredményeket a NASA *Lunar Reconnaissance Orbiter* (LRO) egységével együtt utazó *Lunar Crater Observation and Sensing Satellite* (LCROSS) is megerősítette, mely 2009-ben egy becsapódó szondát indított egy vélhetőleg vízjeget tartalmazó kráterbe; majd kissé később maga az LCROSS is becsapódott, a kidobódó törmelék és gázfelhőt pedig az LRO is végig figyelemmel kísérte. A mérések vízjégszemcséket mutattak ki a kidobott anyagban.

Az Indiai Űrkutatási Szervezet (ISRO) Chandrayaan-1 keringőegysége 2008. október 22-én indult útnak, majd egy sor manőverezés után november 8-án állt pályára a Hold körül és egészen 2009. augusztus 29-ig működött. Elsődleges tudományos célja a holdi víz jelenlétének megerősítése volt, két különböző NASA eszközzel is felszerelték. A Mini-SAR (*Miniature Synthetic Aperture Radar*) eszközével több, mint negyven poláris kráterből érzékelt vízjéggel konzisztens jeleket, de önmagában ez még nem volt elegendő. Az egyértelmű bizonyítékot a *Moon Mineralogy Mapper* (M3) eszközének köszönhetjük, ami képes volt különbséget tenni vízjég, folyékony víz és vízpára között is attól függően, hogy a Hold vizsgált területe hogyan verte vissza és nyelte el az infravörös sugárzást. Az eredmények szerint a déli sarkvidéken főként kráterek belsejében található vízjég, míg az északi poláris régióban nagyobb területen szétszóródva, de ritkábban találhatóak lerakatok [11].

A Chandrayaan-1 M3 műszer méréseinek köszönhetően készült az első nagyfelbontású térkép is a Hold felszínének ásványi összetételéről [12] (3. ábra). A háromféle színből összeállított kompozit képen a Naptól érkező közel-infravörös sugárzás visszaverődése látható a felszínről. Kis mennyiségű víz és hidroxil található különböző területeken, ezek az ábrán kékkel láthatóak. Megfigyelhető, hogy leginkább magas szélességeken, a pólusokhoz közel gyakoriak. Zölddel látható a felszín fényessége a napsugárzás visszaverődése alapján, 2,4 mikrométeren, pirossal pedig a vastartalmú ásványok, piroxének eloszlása a 2,0 mikrométeres infravörös fény elnyelődése alapján. Az M3 teljes adatbázisának elemzése után 2018-ban jelentették be, hogy egyértelmű bizonyítékot találtak a Hold poláris régiójában a felszíni vízjég létezésére [11]. Az eredmények szerint a vízjég gyakorisága és eloszlása eltérő más, légkörrel nem rendelkező égitestekhez képest (például a Merkúr vagy a Ceres), ami a Holdunk egyedi kialakulásának és fejlődésének következménye lehet.

Tekintve, hogy égi kísérőnknek se légköre, sem más védőpajza nincsen, így ki van téve az űridőjárás viszontagságainak, a Napból érkező töltött részecskék áramának és az űr vákuumjának is. Nappal akár 120 °C-os hőmérsékletek is lehetnek, így, ha lenne is víz a nap-sütötte területeken, azok hamar elpárolognának és elszöknének a világűrbe. A Hold forgástengelye csak körülbelül 1,5°-kal dől a Föld-Hold rendszer Nap körüli keringési pályájához képest, emiatt fordul elő, hogy a Hold pólusaihoz közel számos kráterbe soha nem ér el a napfény (PSR-ek).

A Naprendszer fejlődéstörténete során többször jutottak be vízjeget tartalmazó üstökösök, aszteroidák a belső Naprendszerbe, melyek sokszor a korai Föld-Hold rendszerbe is becsapódtak [13]. Ha helyes az elmélet, miszerint a Hold a Föld anyagából keletkezett egy körülbelül Mars-méretű bolygómaggal való ütközés következtében, akkor akár a korai Földről is juthatott víz a Holdra. A Hold vízkészleteinek java része az idők során elszökhetett, de a PSR kráterekben lerakódott víz akár évmilliárdokon keresztül megmaradhatott. Az így megőrződött vízjég-készletek több űrügynökség és privát cég érdeklődését is felkeltették. Egyrészt a jövőben tervezett emberes holdi küldetések során fontos erőforrásként hasznosíthatók: kibányászva a vízjeget például oxigént, folyékony vizet, üzemanyagot lehet belőle előállítani. Tudományos szempontból is kiemelt célpontnak számítanak, a vízjég lerakatokban megőrződött kémiai összetétel ugyanis

a korai Naprendszerben előforduló üstökös és aszteroida bombázás érintetlen nyomait őrizheti. A PSR-ekben található vízjég alapos vizsgálatával a Föld-Hold rendszer kialakulásáról, a korai Naprendszer fejlődéséről és akár a földi élet megjelenéséről is többet tudhatunk meg.

A holdi vízkészletek feltérképezése napjainkban is aktívan kutatott terület. A teljesség igénye nélkül: aktív a Chandrayaan-2 küldetés és Dél-Korea első kerin-gőegysége, a Danuri is, fedélzetén a NASA *ShadowCam* műszerével, ami megkísérel majd belátni álladóan árnyékolt kráterek belsejébe is. Tervek szerint a kínai Chang'e 6 mintákat is hoz majd a Földre a Hold déli sarkvidékéről, a NASA 2024-re tervezett VIPER holdjárója pedig begurulna egy ilyen PSR kráterbe, hogy közelebről megvizsgáljon egy vízjég lerakatot. Az eredmények egyben a NASA Artemis III küldetést is előkészítik majd, hiszen a tervek szerint az Artemis III űrhajósai egy PSR közelében landolnak majd, mintát gyűjtenek és ezeket gondosan fagyasztva visszahozzák a Földre alapos kivizsgálásra.

Szintén a Hold és a holdi vízjég felkutatására indul valamikor 2024-25 táján a TSUKIMI (*Lunar Terahertz SURveyor for Kilometer-scale Mapping*) küldetés, melyet részben a Japán Belügyi és Kommunikációs Minisztérium (MIC)

4. ábra. A Tokyo Dome épületében található TeNQ űrmúzeum részlete. A kép bal oldalán látható kutatósobában a Miyamoto Laboratórium kutatóinak mindennapjaiba pillanthatunk be, munka közben lehet figyelni őket egyfajta „emberi kiállítás”-ként. (Forrás: TeNQ/Tokyo Dome)





5. ábra. A Fuji 2600 méteres magasságban található Hoei-krátere (A Szerző felvétele)

illetve a JAXA Japán űrügynökség finanszíroz. A kutatócsoport fő tagjai a Nemzeti Információs és Kommunikációs Technológiai Intézet (NICT), a Tokiói Egyetem, Oszaka Prefektúra Egyeteme (OPU), a JAXA valamint a SpaceBD űrtechnikai cég munkatársai. A TSUKIMI terahertz tartományon, több különböző frekvencián fogja vizsgálni a Hold felszínét passzív szenzorok segítségével, feltérképezve, hogy a holdi vízkészletek ténylegesen milyen mértékben hasznosíthatók erőforrásként.

Ennek az új műszernek a fejlesztésébe kapcsolódhattam be 2022 nyarán három hónapra a Magyar Állami Eötvös Ösztöndíj pályázatának köszönhetően. Korábban, 2019-ben már megismerkedtem a TSUKIMI kutatócsoport egyik fő tagjának, a Miyamoto Laboratórium (Tokiói Egyetem) munkacsoportjának vezetőjével és kutatóival. Három évvel ezelőtt három hetet töltöttem kint, akkor a Tempus Közalapítvány rövid tanulmányút pályázatának támogatásában, mely látogatásom alatt a Mars Phobos és Deimos holdjaihoz induló MMX (*Martian Moons eXploration*) küldetéssel kapcsolatban dolgoztam. Egy új keringőegység előkészítésekor egy fontos szempont, hogy a későbbi kalibrációkat, várható

adatokat minél pontosabban meg tudjuk becsülni. A három hónap során azon kezdtünk dolgozni, hogy korábbi holdi mérési adatok alapján előre tudjuk jelezni, hogy a TSUKIMI várhatóan milyen térképeket tud majd készíteni. Ehhez főként a NASA LRO Diviner műszerének adatait használtuk fel, aminek a hosszabb hullámhosszú adatai már egészen közel esnek a készülő japán eszköz várható méréseihez. A projektet hazatérésem után is folytattam, az online térben azóta is rendszeresen részt veszek a heti kutatócsoporti üléseken, illetve folytatok megbeszéléseket a holdszonda előkészítésével kapcsolatban. Mivel ez a kutatás még nagyon friss, egyelőre részleteiben nem számolhatok be róla, de véleményeim szerint néhány év múlva az űrszonda eredményei pótolni fogják ezt a hiányt.

Számomra a japán kutatásban két szenvedélyem is egyesül, a kutatás és a japán nyelv, japán kultúra iránti érdeklődésem. Körülbelül öt évvel ezelőtt kezdtem komolyan tanulni a Japán Alapítvány éves kurzusain, mára pedig, bár még roppant messze van, hogy igazán mélyen megértsem a nyelvet, de egy magabiztos középfokú nyelvtudást sikerült elsajátítanom. Ezért esett a választásom a magyar pályázatok böngészése közben a távolkeleti országot célzó lehetőségekre, hogy így

nem csak látogatóként ismerhessem meg az országot, de kipróbálhassam magam vendégkutatóként is. Eddig csak összesen alig négy hónapot tartózkodtam kint, de volt lehetőségem bepillantani a kutatólabor hétköznapijaiba, megtapasztalni az ottani életritmust és szokásokat. Aki hallott már arról, hogy esetenként milyen hosszúra is nyúlhatnak a munkanapok Japánban, annak nem lesz meglepő, hogy bizony sokszor én is akár este 10-11 órakor is még a laboratóriumban találtam magam. Reggel 8-9 óra felé általában még egyedül voltam bent, a többség csak délután kezdett beszívárogni, de rendszeresen bent maradtak késő éjszakáig, sőt esetenként akár másnap reggelig is.

Ami az ellátást illeti, minden adott az akadálytalan, hosszú munkanapokhoz. Az egyetem épületén belül reggel 6 órától este 9 óráig nyitvatartó, friss reggelit, ebédet és vacsorát tartó üzlet (avagy *konbini* az angol *convenience store* rövidítéséből) található, ahol sosem fogy el a rengetegféle elérhető kávé és energiaital sem. De, ha mégis tovább maradnánk, az épület előtti üzlet már éjjel-nappal nyitva tart és onnan is bármikor beszerezhető a teljes értékű étkezést biztosító *bento* ételdoboz – ezt kérésre még meg is melegítik nekünk. Három hónapos nyári tartózkodásom során mindössze kétszer főztem, mindkét alkalommal pedig pörköltet készítettem a magyar konyha iránt érdeklődő kollégáimnak és barátaimnak. Az élelmiszerüzletekben óriási választékban kaphatók frissen készített reggelik, ebédek és vacsorák is, így szinte minden alkalommal csak egy kis salátát kevertem az egy személyre kiporciózott, finomabbnál finomabb sültnek, halak és zöldségek mellé. A kutatólabor életéhez tartoznak a közös vacsorák, iszogatások is, amikor a munkától kicsit elszakadva szabadon lazíthatunk és beszélgethetünk.

Így teltek a hétköznapijaim, hétvégéken viszont külön engedély kell ahhoz, hogy a laboratóriumban tartózkodhassunk, ezért általában ilyenkorra időzítettem a városnézést, kirándulásokat. Messzire nem jutottam, de meglátogattam Tokió környékén Kamakura térségét, az olykor „Kis-Kiőtő”-ként is emlegetett Kawagoe városát, illetve sokszor csak az orrom után barangolva felfedeztem Tokió eldugott kis utcáit. Legtávolabbi utam a Fuji-hoz vezetett, becsatlakozhattam ugyanis az aszteroidák felszínét borító közettakaró mozgásait vizsgáló kísérletbe, ami a körülbelül 2600 méteres magasságban található Hoei-kráterében található (5. ábra). Egy kétnapos kirándulás keretein belül elautóztunk a vulkánhoz, felmáztunk a kráterhez, és míg a szakértők a mérőeszközöket telepítették, én leginkább a látványban gyönyörködtem, illetve cipeltem a szükséges felszereléseket. Így történt meg, hogy két nap alatt

háromszor is felkapaszkodtam, ugyanis akárcsak a filmekben, a körülbelül egy órás mászás teljesítése után a Hoei-kráter közepén vettük észre, hogy a telepítéshez elengedhetetlenül fontos ragasztószalagok bizony az autóban maradtak.

Amilyen száraz a Holdunk, legalább annyira párás a japán nyár, ami idén a vártnál korábban érkezett az esős évszak lerövidülése miatt. A kellemes május végi 20-25 °C-ok után hirtelen köszöntött be 32-35 °C-os hőségével a nyár, ami a sokszor közel 90%-os páratartalom miatt igen megterhelő azoknak, akik nincsenek ehhez hozzászokva. A párás melegben egészen új trükköket kellett elsajátítanom a mosott ruháim szárítására (éjszakára a fürdőszobai páraelszívó működtetése mellett a zuhanyfüggöny rúdja akasztva reggelre megszáradnak), illetve megdöbbenem tapasztaltam, hogy még az útlevelem lapjai is hullámosak lettek. Sok tekintetben valóban teljesen más világ a messzi Japán, de annyi biztos, hogy a kutatás szeretete és a közös tudományos céljaink még több mint 9000 kilométer távolságból is összekötnek bennünket.

PÁL BERNADETT

IRODALOM:

- [1] William H. Pickering (1892): The Lunar Atmosphere and The Recent Occultation of Jupiter, *Astronomy & Astrophysics*, Carleton College Goodsell Observatory, 11, 778
- [2] William H. Pickering (1937): Life on the Moon, *Popular Astronomy*, 45, 317
- [3] Watson és mtsai. (1961): On the Possible Presence of Ice on the Moon, *Journal of Geophysical Research* 66, 1598-1600, doi:10.1029/JZ066i005p01598
- [4] Urey, H.C. (1952): The Planets: Their Origin and Development, *Yale Univ. Press*, New Haven. 17-18
- [5] Urey, H. C. (1967): Water on the Moon, *Nature* 216, 1094-1095
- [6] McEwen és Robinson (1997): Mapping of the Moon by Clementine, *Advances in Space Research* 19, 1523-1533
- [7] Feldman és mtsai. (1998): Fluxes of Fast and Epithermal Neutrons from Lunar Prospector: Evidence for Water Ice at the Lunar Poles, *Science* 281, 1496
- [8] Minkel, J. R. (2008): Moon Once Harbored Water, Lunar Lava Beads Show, *Scientific American*, 2008. július 9.
- [9] Clark, R. N. (2009): Detection of Adsorbed Water and Hydroxyl on the Moon, *Science* 326, 562.
- [10] Sunshine és mtsai. (2009): Temporal and Spatial Variability of Lunar Hydration as Observed by the Deep Impact Spacecraft, *Science* 326, 565.
- [11] Li, S és mtsai. (2018): Direct evidence of surface exposed water ice in the lunar polar regions, *Proceedings of the National Academy of Science* 115, 8907-8912.
- [12] Pieters és mtsai. (2009): Character and Spatial Distribution of OH/H₂O on the Surface of the Moon Seen by M³ on Chandrayaan-1, *Science* 326, 568.
- [13] Barnes, J. J. és mtsai. (2016): An asteroidal origin for water in the Moon, *Nature communications* 7.



MEDITERRÁN LEPKEFAJOK MEGJELENÉSE IS VÁRHATÓ

Ha meglepő a téli hóesés

Télen, enyhe időben is repülhetnek a kifejlett alakban, imágóként áttelelő lepkefajok egyedei – s ez a mostani, klímaváltozásos korszakban egyre gyakrabban fordulhat elő. November végén, december elején ha erdőben kirándulunk, alkonyattájt olykor meglepődve vesszük észre: mintha hóesésbe kerültünk volna, pedig dehogy hó az, hanem a kis téliaraszoló (*Operopthera brumata*) hímjeinek ezrei repülnek. De nemcsak az araszolóknak, hanem más lepkecsaládoknak is vannak olyan fajai, amelyek repülhetnek télen – akár januárban előbukkanva.

A télen repülő araszolólepke-féléknek, többek között a kis (*Operopthera brumata*) és a nagy téliaraszolónak (*Erannis defoliaria*) érdekes tulajdonsága, hogy a nőstényeknek csökevényes a szárnyuk – bizonyos araszolófajoknak nincs is –, így röpképtelenek. A nőstények kiülnek ágakra, illetve lágyszárúak csúcsára, és feromont kibocsátva várják a repülő hímeket. A nőstények röpképtelenségének az lehet a biológiai előnye, hogy télen kevés a lepkéket fogyasztó ragadozó, amelyektől repülve kell menekülni, így meg lehet spórolni a repülőizmok kifejlesztését, illetve rengeteg energiát fogyasztó repülést. Az így felszabaduló energiát a minél több pete termelésére tudják ezeknek a fajoknak a nőstényei fordítani. E fokozott petetermelésnek sajnos emberi

szempontból is van jelentősége: a télen lerakott petékből tavasszal kibúvó hernyók nagy pusztítást tudnak okozni erdeinkben. A kis téliaraszoló hernyója erdei lombos fákon, de gyümölcsfákon, főleg almafán is él. A nagy téliaraszoló hernyója a gyümölcsfákon lehet kártevő, de a tölgyön, bükkön, nyírfán is él – mondja Tóth Balázs, a Magyar Természettudományi Múzeum lepkegyűjteményének kurátora.

Mint a szakember részletezi, magának a téli repülésnek is az az előnye, hogy ilyenkor kevés a ragadozó: a denevérek téli álmat alszanak, a rovarfogyasztó madarak egy része elköltözött délre – így nem meglepő: nemcsak az araszolólepkék egyes fajaira jellemző, hogy kihasználják a kevesebb veszélyt rejtő időszakot,



Nagy téliaraszoló hím

(Szerző: Nagy Sándor, forrás: izeltlabuak.hu, licenz: CC BY 4.0)



Nagy téliaraszoló nőstény

(Szerző: Kárpáti Marcell, forrás: izeltlabuak.hu, licenz: CC BY 4.0)

és repülnek télen. A bagolylepkéfélék családjából áttelelők, így télen is repülnek bizonyos őszi- és télibaglyok, például a változó őszibagoly (*Conistra vaccinii*), s az elég látványos holdacska télibagoly (*Eupsilia transversa*). A nappali lepkék közül a fehérlepkéfélék családjába tartozó citromlepke vagy citromsín rőtcsáp (*Gonepteryx rhamni*) például már január végén, február elején megjelenhet, ha enyhe az idő. A tarkalepkéfélék családjából több faj is említhető, például a nappali pávaszem vagy pávaszemes szöglenc (*Aglais io*), a C-betűs lepke vagy C-betűs szöglenc (*Polygonia c-album*), a gyászlepke vagy gyászos szöglenc (*Nymphalis antiopa*) különféle rókalepkék, például a nagy rókalepke vagy nagyróka szöglenc (*Nymphalis polychloros*) a kis rókalepke vagy kisoróka szöglenc (*Aglais urticae*), és a vörösrókalepke vagy vörösszöglenc (*Nymphalis xanthomelas*), illetve a csőrös lepke vagy ostorfa-csőrke (*Libythea celtis*) is áttelel imágó alakban, s a tél második felében, ha enyhe, napos az idő, repülhetnek. Megfigyelhetők olykor táplálkozás

közben is, amikor például nedves talajon próbálnak szívogatni, illetve kicsorgó fanedveken. Létezik egy imágó alakban áttelelő szenderfajunk is, a kacsafarkú szender (*Macroglossum stellatarum*), amely az ország nagy részén csak az utóbbi időkben vált képessé az áttelelésre, mert akkor váltak annyira meleggé teleink, hogy elviseli azokat. Barlangokban, faodvakban telel át, de gyakran behúzódik épületekbe is, és ha nagyon enyhe az időjárás, repülhet. De például az Atalanta-lepke vagy Atalanta-szöglenc (*Vanessa atalanta*) is áttelelő, esetenként télen is repülő fajnak számít bizonyos esetekben – régen ez sem volt jellemző. S a közönséges gyöngyházlepkéből vagy vándor csillérből (*Issoria lathonia*) is megfigyeltek már áttelelő, akár télen is repülő egyedeket, ez sem fordult elő régebben.

Változó őszibagoly

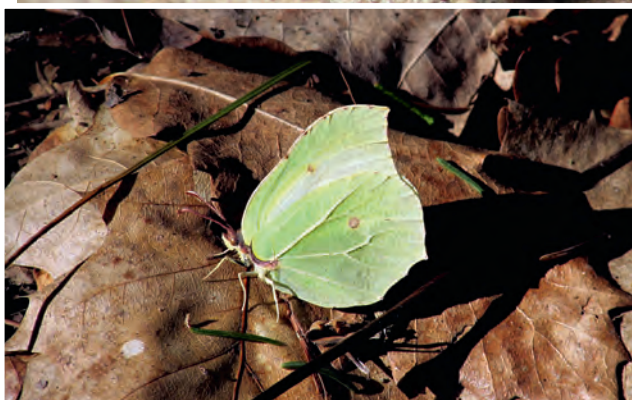
(Szerző: Kárpáti Marcell, forrás: izeltlabuak.hu, licenz: CC BY 4.0)





Nappali pávaszem

(Szerző: Paulik Péter, forrás: izeltlabuak.hu, licenz: CC BY 4.0)



Citromlepke

(Szerző: Dr. Bathó Imréné, forrás: izeltlabuak.hu, licenz: CC BY 4.0)

Holdacskás télibagoly

((Szerző: Pintér Balázs, forrás: izeltlabuak.hu, licenz: CC BY 4.0)



Egyébként az éghajlatváltozás következtében tovább bővíülhet a télen repülő lepkéink fajarzenája. Akadnak olyan, vándorló fajok, melyek ma még csak nagy ritkán vetődnek el a Kárpát-medencébe, de ha folytatódik a globális felmelegedés, akkor előfordulhat, hogy rendszeressé válik a megjelenésük. Ilyen például a C-betűs lepke Mediterráneumban honos, közeli rokona, amelyet égei C-betűs lepkének vagy égei szöglencnek (*Polygonia egea*) szoktak nevezni, de a citromlepkének is van egy rokona, amely hímjeinek narancssárga folt van az elülső szárnypárján, ezt Kleopátra-lepkének vagy Kleopátra-rőtcsápnak (*Gonepteryx cleopatra*) nevezik.

A különféle molylepkékből nagyon sok faj akad, amelyekkel télen is találkozhatunk, a tollasmolyok (*Pterophoridae*), sodrómolyok (*Tortricidae*), laposmolyok (*Depressariidae*) között egyaránt vannak ilyenek. Azok a készlet- és ruhakártevők – mint például az aszalványmoly (*Plodia interpunctella*) vagy a ruhámoly (*Tineola bisselliella*), amelyekre az ember általában gondol, ha a molyokról van szó, teljes életciklusa a lakásban zajlik, így télen-nyáron egyaránt képesek repülni.

FARKAS CSABA

Nyitóképen: Kis téliaraszoló pár (Szerző: Mészáros Ádám, forrás: izeltlabuak.hu, licenz: CC BY 4.0)

EGYÜTT A TERMÉSZETÉRT

Ürgerét létesült Solymáron

Ürgék élnek közvetlenül a solymári Auchan parkolójához közeli területen – immár biztonságban, egy bekerített „ürgeréten”, azaz Ürgerezervátum és Génbankban. A biztonság korántsem magától értetődő – arról, hogy ez így legyen, sokat tett az ürgék védelmével is foglalkozó szakemberek mellett a terület tulajdonosa, az Auchan Kereskedelmi Központ is. Minderről az ürgevédelmi programban résztvevő Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft. szakembere beszélt lapunknak. A történet azért is érdekes, mert sajnos egyáltalán nem magától értetődő, hogy nagy cégek ilyen pozitívan viszonyuljanak az őket körülvevő természeti környezethez.

A biológusok onnan szereztek tudomást az ürgék jelenlétéről, hogy valaki jelezte az Agrárminisztérium Természetmegőrzési Főosztálya és a Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft. által jelenleg közösen üzemeltetett Vadonleső Programjának weboldalán, hogy a solymári Auchan parkolójához közeli területrészeken ürgéket látott. „Véleményünk szerint nagyon kevésbé volt valószínű, hogy egy ennyire beépített terület közvetlen szomszédságában jelen lehetnek ezek az alapvetően emberi településektől távol eső, száraz gyepes pusztákat kedvelő állatok, de egyszer, amikor más ügyben ott mentünk el a multinacionális nagyvállalat solymári központjának parkolója mellett, gondoltuk, adunk egy esélyt a dolognak, és elkezdtük „ürgész szemmel” nézni a területet” – mondja Váczi Olivér. S valóban, csakhamar ürgelyukakat fedeztek fel, s aztán megtalálták magukat az állatokat is, s akkor lett számukra egyértelmű, hogy komoly ürgeállomány él ott. Hogy honnan jöhettek, az a mai napig rejtély, mert nem találtak a közelben olyan gypet, ahol ürgeállomány lenne.

Nagy érdeklődés az ürgék ügyében

Akkor már a Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóságának munkatársai is tudtak az ügyről, és egyetértettek abban, hogy az egyébként beépítésre szánt területet



meg kellene őrizni az ürgeék számára. Az Auchan nagyon pozitívan állt hozzá az ügghöz, és még a beépítést is áttervezték, hogy megmaradjon az ürgeélőhely. Az Agrárminisztérium Természetvédelemért felelős Helyettes Államtitkársága is foglalkozott a kérdéssel, egészen pontosan az államtitkárság Földikutya- és Ürgevédelmi Szakértői Csoportja segítette az ürgeék számára leginkább megfelelő megoldások megtalálását – tehát nagy érdeklődést váltott ki természetvédelmi körökben az üggy.

Közben az ürgeék terület egy addig kaszátlan részén elkezdtek kaszálni, rövid gyepes élőhely alakult ki, és a szakemberek azt vették észre: az ürgeék a hosszú füves, kaszátlan területéről valóban ide kezdenek vándorolni, mert ez hasonlít leginkább a természetes élőhelyükhöz. Sőt a kaszált területnek azt a részét is elkezdtek benépesíteni az ürgeék, ahol addig nem voltak jelen. Az Auchan saját pénzén, a természetvédelmi szakemberek tanácsait is szem előtt tartva körbekerítette és kezelte a mintegy 2 hektáros ürgeék területet, hogy oda kóbor kutya, macska ne jöhessen be. A kerítést kezdetben úgy alakították ki, hogy alatta azért még bejöhettek további ürgeék, majd az ősszel teljesen bezárták. Időközben felépült egy ürge-bemutatóközpont is, azt is az ősszel adták át. S bekamerázták a területet, hogy távolról, az interneten keresztül is megfigyelhessék majd az érdeklődők az állatokat – mondta Váczai Olivér.

Mint részletezte, a bekerített területen nyilvánvalóan szaporodni fognak az ürgeék, viszont nem tudnak majd további alkalmas területekre továbbterjedni. Ezért a szakemberek a szaporulat egy részét majd mindig olyan helyekre viszik el, ahol új állományt akarnak kialakítani, vagy a meglevő állományt erősíteni szeretnék. Mint látható, tenyészközpont-feladatot is ellát az Auchan melletti ürgeék rét.



Ökológiai szerepe

Miért fontos természetvédelmi szempontból az ürge, mi az ökológiai szerepe? A 70-es évekig kártevőként tartották nyilván a rágszálót, irtották, sőt a beszolgáltatott ürgefarkakért fizettek is. De aztán az élőhelyszűkülés miatt annyira lecsökkent országszerte az ürgeállomány, hogy védetté, majd fokozottan védetté kellett nyilvánítani az állatot; természetvédelmi értéke egyedenként 250 ezer forint. Ökológiailag sok szempontból is fontos, „központi” faj. Sok értékes ragadozómadárnak, sólymoknak, ölyveknek, sasoknak tápláléka – ezek a madarak kilométereket is képesek megtenni, hogy elérjék az ürgeék helyeket. Ma, amikor Magyarországon nagyon lecsökkent az ürgeállomány, e madarak, bár táplálékot váltottak, fészekaljméretük csökkent. Ebből is látható, hogy milyen nélkülözhetetlen volt számukra az ürge mint táplálék. Ugyanakkor élőhelyteremtő szerepe is van az ürgeéknek. Lyukfúrási tevékenységével szabad felszínt állít elő a száraz gyepes ökoszisztémában, amelynek hatására olyan zavarástűrő kétszikű növényfajok is fennmaradhatnak,





Váczi Olivér felvételei

amelyek különben egy zárt gyeptől hosszú idő alatt kiszorulnának. Talajlakó állatok, tipikusan például az ürgevendég trágyatúrónak nevezett bogárfaj, de más ízeltlábúak faj- és egyedszáma is növeli az ürgék lyukkészítési tevékenysége. Emellett olyan állatok is használják az ürgék által készített üregeket, melyek ezekben laknak, anélkül, hogy ők maguk üregeket tudnának előállítani. Ilyen például a zöld varangy, ami behúzódik a nappali hőség elől az ürgelyukba, de említhetjük a rákosi viperát, s a különféle gyíkokat, például a homoki és a fürgye gyíkot; a rovarokról már beszéltünk.

Aktív ürgevédelem Magyarországon

Hol fordul elő az ürge Magyarországon? Például a Hortobágyon, a Kiskunságban; a Dunántúlon ritkább, de például a Balaton-felvidéken gyakoribb. Van egy jelenség, hogy a füves repülőterek sokszor fontos élőhelyet biztosítanak neki, mert a repülés miatt muszáj, hogy az ember fűnyírással röviden tartsa a gyept, márpedig a rövid gyepter az ürge számára nélkülözhetetlen. Azért is jó számukra a rövid gyepter, mert e területeken a ragadozók sem tudják őket olyan könnyen megközelíteni, mint magas fűben.

Egy közelmúltbeli Európai Unió LIFE-projekt a kecsenszélyom táplálékbázisának megteremtése okán az ürgékre is összpontosított. Ezen belül is voltak ürgeélőhely-helyreállítások, ürgeáttelepítések oda, ahol korábban élt ez a rágcsáló, de mert például a területtulajdonosok felhagytak a legeltetéssel, becserjésedett a hely, s amikor kiirtották a cserjéket, „magától” már nem tudott „visszaürgésedni” a térség. Az ürgeélőhely-foltok egymástól nagyon izoláltak, egyik élőhelyről nem tudnak átvándorolni a másikba az ürgék, ezért fontos, hogy e területeket összekössék egymással, s az ürgeállomány genetikailag ne legyen



beszűkülve. Ilyenkor szoktak állatokat is telepíteni olyan erős állományokból, amelyek ezt elbírják. Már zárttéri ürgetenyésztet is létrehozta a szakemberek — kidolgozva a mesterséges körülmények közötti ürgegyerítés módszertanát —, s ez biztosíték lehet arra, hogy ha a természetes állományok valamilyen okból összeomlanának, innen lehessen kihelyezni új állatokat. Ürgementési akciók történtek már a program keretében a Balaton-felvidéki, a Fertő-Hansági, az Őrségi, és a Kiskunsági Nemzeti Parkok területein. Ezekben a nemzeti parkok igazgatóságai mellett részt vettek többek között civil szervezetek, a Fővárosi Állat- és Növénykert, a Kaposvári Egyetem (jelenleg Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campusa). Áttelepítést szoktak végrehajtani repülőterekről is, ahol túlzottan elszaporodtak az ürgék, ami vonzza a ragadozó madarak megjelenését, mely pedig a repülés biztonságának csökkenésével jár. Ha az itteni ürgegyerítés egy részét elviszik máshova, emberlaktá területektől távoli ürgeélőhelyre, a repülőtereket felkereső ragadozó madarak száma is csökken, így a repülésbiztonság növekszik.

Európai elterjedtsége

A törzsállomány magja a Pannon régió, tehát Magyarországa a legerősebb állomány. Tőlünk nyugatra csak Ausztriában él ürge, a síkvidéki területeken, megtalálható továbbá Csehországban, Szlovákiában, s Lengyelországban is él egy visszatelepített állomány. Tőlünk keletre, délkeletre él ürgepopuláció Romániában, Szerbiában, Bulgáriában, Ukrajnában, Görög- és Törökország egyes részein. Ha ezeken a helyeken is alkalmazzák a nálunk kidolgozott ürgegyerítés eljárásokat, azok az állományok is biztonságban maradhatnak.

F. CS.

Az Orion űrhajó

A tavaly decemberi számunkban bemutattuk az emberiség jelenlegi egyik legnagyobb vállalkozásának, az amerikai vezetéssel zajló holdprogramnak, az Artemisnek háttérét és történetét. Jelen írásunkban ennek személyszállító űrhajójára, az Orionra koncentrálunk.

Európa már az Artemis-program építési szakaszában is képviselteti magát, három űrhajóssal is. Ennek nemcsak az az oka, hogy Európa építi az ESPIRIT-et és jelentős részben az I-HAB-et is, hanem az is, hogy kontinensünkön készül a személyszállító Orion űrhajó műszaki/hajtóműegysége! A hivatalos nevén ESM (European Service Modul) fővállalkozója az Airbus. Ez a blokk tartalmazza többek között a manőverhajtóműveket, az üzemanyag-tartályokat, a térbeli helyzetmeghatározó és beavatkozó rendszereket, valamint gondoskodik a hőszabályozásról.

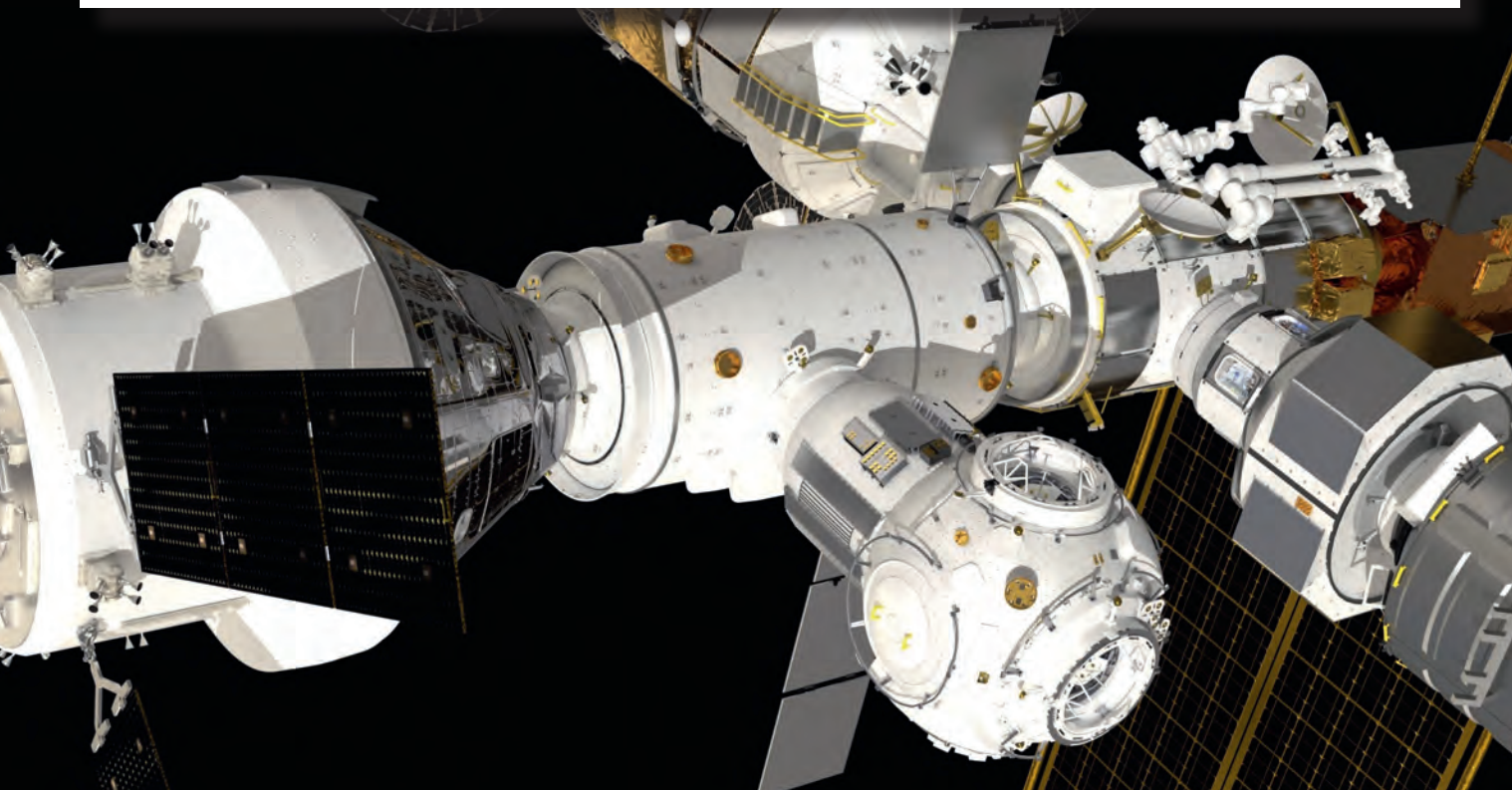
Személyszállító modul

A személyszállító (parancsnoki/visszatérő) modul az Egyesült Államokban készül, kivitelezője a Lockheed Martin. Az Orion hermetikus parancsnoki kabinjának műszerpaneljét képernyők uralják, a „hagyományos” tablók, kapcsolók és gombok száma minimális. Ezt úgy érték el – viszonylag költséghatékony módon –, hogy amit lehetett, átvettek a Boeing-787 Dreamliner nagy hatótávolságú utasszállítóból, így a fejlesztés nem a nulláról indult. Az orbitális pályán az egységes és univerzális ülések természetesen összehajthatók. Ezekből a jelenlegi és az első személyzetes repüléseken négy kerül beépítésre. Indítási helyzetben gondolkodva

legfelül a műszerpanel, alatta a parancsnok és a pilóta ülése, ez alatt további kettő (küldetés-specialista) ülés. Az űrhajó legénysége 2-6 fő között változhat (a Holdhoz tipikusan 4 fő), és 21 napig működőképes. Az Orion űrhajó teljes starttömege majd' 26 tonna, ebből a kabin önmagában 10,4 tonna. (A műszaki egység üres súlya 6,2 t, míg a kabiné 9,4 t. Összesen tehát 10 tonnát tesznek ki a különféle folyadékok, gázok, üzemanyagok, a 4 űrhajós és felszerelésük, valamint elátmányuk.) A műszaki fejlődést jól mutatja, hogy bár a teljes űrhajó 4 űrhajóst szállíthat az 50 évvel ezelőtti Apollok 3 utasához képest, azaz a hermetikus kabin nagyobb, a műszaki-hajtóműegység mérete mégis jóval kisebb az Apollok hasonló eleménél!

A 2022. november 16-án 25,5 napos útra indított Artemis 1 Orion űrhajójában három emberméretű „utas” utazik. A parancsnoki ülésben – a műszerfal előtt – a teljes testű *Captain Moonikin Campos* nevű bábú ül az Orion űrhajók mentőszkafanderében. (Arturo Campos az Apollo-programban dolgozott mint az elektromos áramot előállító és biztosító alrendszerek vezető mérnöke. Kiemelkedő szerepe volt abban, hogy 1970-ben, az Apollo 13 űrhajóban bekövetkező robbanás után, annak űrhajósai épségben hazatérhettek.

A Gateway és az Orion





Az Artemis 1 SLS rakétájának startelőkészítése

A „Moonikin” pedig egy szójáték az angol Moon (Hold) és a mannequin (manőken) szavak összevonásából.) Campos „kapitány” testében két sugárázmérő-szenzort helyeztek el. Campos úrruhája azonos azzal a mentő/túlélő szkakafanderrel, melyet az űrhajósok majd a start, a visszatérés, illetve ezek között az úgynevezett „dinamikus” feladatoknál (például dokkolásnál) fognak viselni. Ülésében egy sor gyorsulásokat és vibrációkat mérő szenzor működik.

Magyar részvétel

A két alsó utasülésen egy-egy női felső-test torzót helyeztek el egy német és izraeli vezetéssel zajló projekt keretében. A két női torzó a *Helga* és a *Zohar* nevet viseli és az emberi izomzatra és szövetekre emlékeztető testrészeik vannak. Ezek belsőjében nagy számban helyeztek el japán, magyar és más országok által fejlesztett passzív sugárázmérő szenzorokat. Zohar ráadásul az AstroRad elnevezésű mellényt viseli, így majd vizsgálni lehet nem csak azt, hogy Helgát hol, mikor és milyen

Egy Orion kabinmakett ejtőernyőrendszerének tesztelése



sugárzás érte, de azt is, hogy eközben a sugárvédő mellényt viselő Zohar mennyivel kisebb sugárterhelésnek volt kitéve. A fenti két torzóban található magyar eszközöket az ELKH Energiatudományi Központ (EK) Űrkutatási Laboratóriumának munkatársai fejlesztették.

Az Artemis 1 „utasai” és a jövő Orion űrhajóinak igazi, élő űrhajósai sem élvezhetik — az alacsony Föld körüli pályán, azaz maximum 500 km magasan üzemelő űrállomások utasaival ellentétben — a Föld magnetoszférájának sugárvédelmét! Az Orion űrhajók, a Gateway mini-űrállomás, illetve a holdi leszállóegységek asztronautái közvetlenül lesznek kitéve a világűr veszélyes sugárzásának, mely a Gateway pályáján akár a földi sugárterhelés 700-szorosa is lehet.

A Gateway pályáját nem véletlenül említettük. A mini-űrállomás sugárásvédő burkolatot kap, és természetesen a személyzet sugárterhelését is folyamatosan figyelni fogják. A jelenleg fejlesztés alatt lévő Gateway-kísérlet sugárázmérő rendszerének (IDA)



A négyfős személyzet leszállás utáni mentését gyakorolják egy űrhajó-makettal 2017-ben

fejlesztésére az Európai Űrügynökség pályázatot írt ki, melyet az ELKH EK Űrkutatási Laboratóriuma vezette konzorcium nyert el. A konzorcium tagjai a magyar REMRED Kft., a Német Űrügynökség (DLR), az AIRBUS DS, és a cseh ADVACAM s.r.o. (Kft.). Ez azt jelenti, hogy Hazánk most az Artemis 1-ben egy kísérlettel, míg a teljes Artemis/Gateway programban egy fedélzeti eszközzel van és lesz jelen a Hold meghódításában.

Kétségek és kérdések

Mint minden jelentős űrprogram, „természetesen” az Artemis is nyúlik, mint a rétestészta, miközben persze nem csak a határidők csúsztak, de a költségek is az egekbe szöktek. Épp ezért az egész programot végigkísérték a kérdések, kritikus észrevételek, sőt, többször felmerült a leállítás ötlete is. Épp ezért érdemes áttekinteni és kicsit elemezni pár felvetést.



Az Orion parancsnoki fülkéjének makettjében vizsgálják négy űrhajós elhelyezését



Az Orion szimulátorában egy-egy parancsnok és pilóta gyakorol

Az egyik ilyen vélemény az, hogy az Artemis csak egy újra gondolt Apollo-program. Nos, teljesen igaz, hogy az Orion űrkabin (aerodinamikai okokból) nagyon hasonlít az egykori Apollo űrkabinokhoz, és a visszatérés is ejtőernyőkkel, vízre történik – de itt tulajdonképpen meg is szűnnek a hasonlóságok. Az Orionon 3 helyett 4 űrhajós utazik fejenként 10%-kal nagyobb hermetikus térben maximum 2 helyett akár 3 hetes útra (+50% űrben töltött idő). Az Apollo űrhajók robbanásveszélyes üzemanyagcellái helyett az Orion a biztonságosabb napelemeket használja, ráadásul a teljes űrhajó 10%-al kisebb tömegű mint az Apollo űrhajó. De nem csak az űrhajó más, hanem az egész elképzelés. Az Apollok esetében egy rövid időre (pár órára, pár napra) szállt le két fő viszonylag közel a Hold egyenlítőjéhez. Az Artemis esetében a cél a déli pólusvidék (melynek sötét kráterei vízjeget rejtene), és bár egyelőre

Arturo Campos



csak két űrhajós jut el oda, de ők akár 1-2 hétig (!) is ott tartózkodhatnak. Ez azt jelenti, hogy az első két Artemis-landolás 2-2 űrhajója több időt fog a Holdon tölteni, mint a hat Apollo leszállás 12 űrhajója összesen! Azt se felejtsük el, hogy évtizedünk végére felépül egy Hold körül keringő kis űrállomás (bázis), melyet majd egy déli pólusi felszíni állomás (labor) követ valamikor a 2030-as években. Ilyen lehetőség pedig az Apollo-program esetében egyszerűen nem létezett.

Azt is gyakran felvetik, hogy „*a hordozórakéta nem más, mint egy felfűjt, de űrrepülőgép nélküli Shuttle, ráadásul nem újra felhasználható*”. Nos, ez igaz – de nagy kérdés, hogy ha a NASA kidobja a 16 még működőképes Shuttle-főhajtóművet, nem használja fel a nagyméretű (és a gyorsítórakéták és a központi rakéta méretét meghatározó) szerszámgépeket, összeszerelőcsarnokokat és indítóasztalt, hanem ezek helyett teljesen újakat épít, akkor mit mondtak volna a mostani tamaskodók? Az is gyakran elhangzik, hogy „*ritkák a leszállások, nem motiválja az űrhajósokat*”. Nos ez részben igaz, hisz 2025 és 2030 között maximum évi egy Artemis Hold-landolással számolnak – miközben az Apollok esetében az évenkénti két leszállás volt a terv. Ugyanakkor (ahogy korábban írtuk) egy-egy felszíni tartózkodás nem 1-2-3 napos, hanem 1-2 hetes lesz! Másrészt, eközben további két űrhajós a Hold körüli pályán fog komoly kutatómunkát végezni. Végül, de nem utolsó sorban a hosszútávú cél az, hogy a Hold körüli pályán és a Holdon is folyamatos legyen a jelenlét. A 2020-as évek Artemis küldetesei ezt készítik elő, hogy a 2030-as években ez megvalósulhasson. Szóval az Apollo-program a látogatások, a 20-as évek Artemise a jelenléthez szükséges technológia fejlesztésének, a 2030-as évek pedig a folyamatos jelenlét és kutatás kora volt és lesz.



Az Orion parancsnoki fülkéjének makettjében vizsgálják a személyzet munkavégzését

Végül a leggyakoribb felvetés az, hogy a program irtózatosan drága! Kezdjük az Apollo-program költségvetésével. A The Planetary Society (www.planetary.org) szerint „1960 és 1973 között 25,8 milliárd dollárt költött az Apollo-programra. Ez 2020-ban 257 milliárd dollárnak felelt meg.” (Azaz mai áron a NASA évente, átlagosan 18,35 milliárd dollárt költött az Apollóra — a szerző megjegyzése.)

Mi a helyzet az Artemis-sel? Az Amerikai Számvevőszék 2022. februárjában jelezte, hogy a program „jóval többbe kerül az amerikai adófizetőknek, mint prognosztizálták. Az első négy repülés (Artemis 1-4) mindegyike 4,1 milliárd dollárba kerül.” Becslésük szerint a NASA 2012 és 2025 között 93 milliárd dollárt költ az Artemisre. (Ez évi 6,64 milliárd dollárt jelent átlagosan — a szerző megjegyzése.)

Szóval a NASA 14 éven keresztül az Apollóra mai áron évi 18,35 milliárd dollárt költött, miközben az Artemisre a 2012 és 2025 közötti 14 éves időszakban évi 6,64 milliárd dollárt költ. Az pedig teljesen kizárt, hogy az Artemisben résztvevők (az Artemis Accordot aláíró másik 22 ország és az ESA) „összedobják” azt az évi 11,7 milliárd dollárt, ami ahhoz kellene, hogy az Artemis évi költségvetése elérje az Apollo (mai árfolyamra kalkulált) éves költségvetését.

Helga és Zohar (az utóbbin a sugárvédelem mellény)
(Képek forrása: NASA)

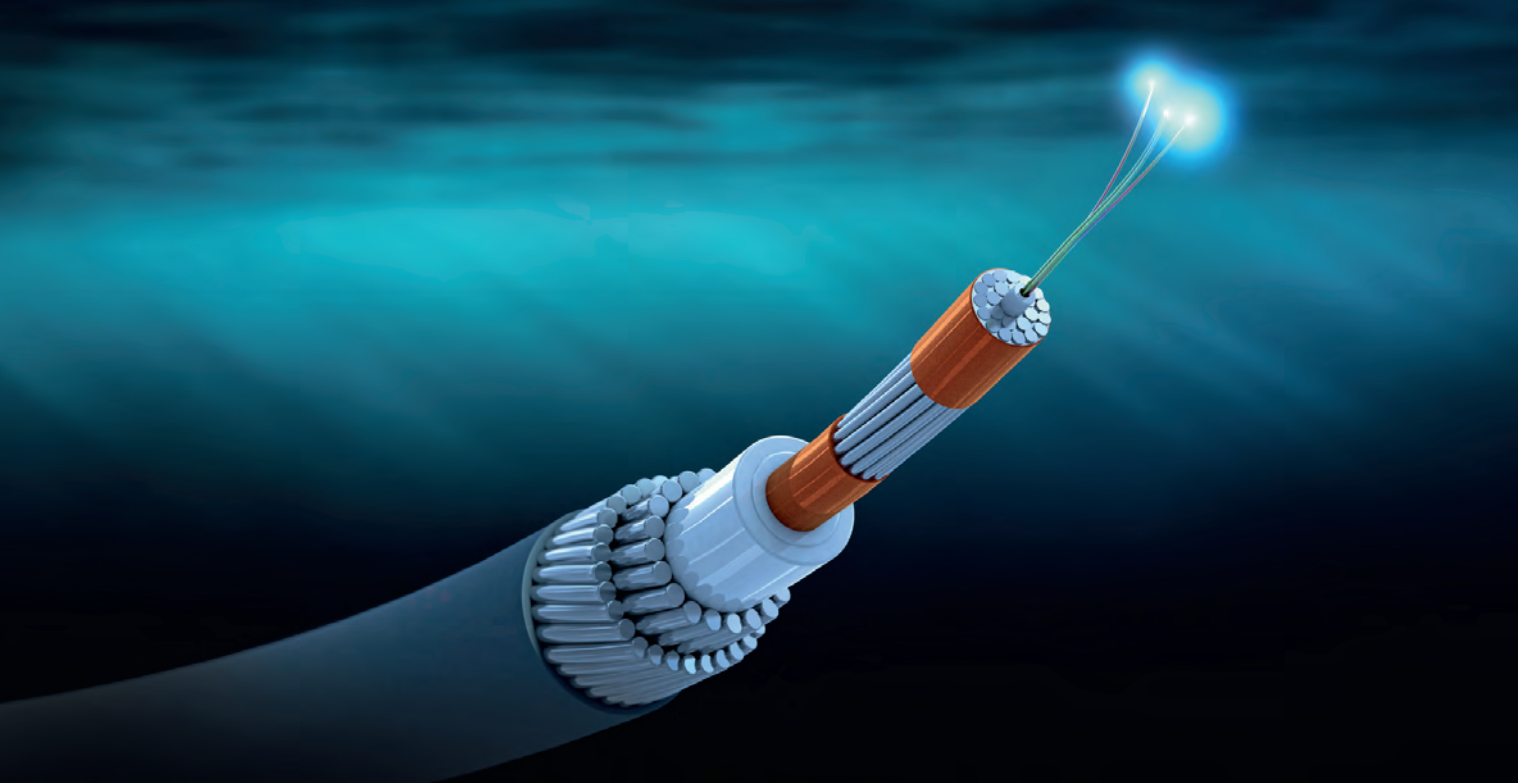


Az Artemis 1 Orion kabinjának két ülése Helgára és Zoharra vár.
A pilóta ülésen különböző tartozékok. (A parancsnoki ülés takarva)

Tehát valóban, az Artemis-program drága, rettenően drága. Ám mégis „csak” 36%-a évente annak, amennyibe az amerikai adófizetőknek az Apollo program-került. A helyzet ugyanis az, hogy a két korszakot nem lehet összehasonlítani. Akkor egy hidegháború zajlott, melyben az űrkutatás, a Holdraszállás a technológiai felsőbbrendűséget volt hivatott demonstrálni. Tulajdonképpen egy fegyverek nélküli háborút vívott az Egyesült Államok és a Szovjetunió a világűrben, s ez akkor minden pénzt megért. Az 1960-as években az USA GDP-jének (százalékosan) jóval jelentősebb részét fordították kizárólag az Apollo-programra, mint a későbbi évtizedekben (vagy akár most) az egész amerikai űrtevékenységre. Ráadásul a NASA úgy kénytelen ma hatalmas pénzeket költeni az Artemisre, hogy közben fut a Nemzetközi Űrállomás (ISS) programja, és ha az Artemis beindul, az USA akkor is jelen akar lenni személyzetrel a Föld körüli térségben is (hasonlóan a CSA-hoz, az ESA-hoz, vagy a JAXA-hoz). Végeredményben ma — bármennyire is meglepő — közel egy nagyságrenddel kevesebből kell a NASA-nak többet (ISS és Artemis egyidőben) megvalósítania, mint az 1960-as években!

Mint látható, a visszatérés a Holdra ezúttal végleges lesz és nem csak a Hold felszínét, hanem az a körüli pályát is jelenti. Miközben kiterjedt nemzetközi és ipari együttműködéssel valósul meg aközben egy újabb „nyugat-keleti” űrverseny színtere is lesz. Az új Hold-program messze nem csak az Artemist jelenti — bár kétségtelenül az lesz a leglátványosabb része. Épp ezért tervezzük, hogy testvérlapunkban — az Élet és Tudományban 2023. januárjától fél évente egy Hold-krónikával jelentkezünk. Az elsőben már az Orion sikeres visszatérésének részleteit is bemutatjuk majd. Vigyázó tekintetünket tehát vessük a Holdra!

SENTPÉTERI LÁSZLÓ



MIT REJT A LÜKTETŐ MÉLYSÉG?

A Föld pulzusa

A geológusok újabban a felszín alá elhelyezett optikai szálak segítségével követik nyomon a földrengéseket, a vulkánkitöréseket, de még a közlekedési zajokat is.

Andreas Fichtner eltávolítja a védőburkolatot, és egy hajszálnál is vékonyabb üvegmagot szabadít ki belőle, hogy a törékeny, több mint négy kilométeres elemi szálát egy másikhoz forrassza. Ezt a műveletet, amelyet célszerűbb volna egy laborban végezni, ám Fichtner és munkatársa, *Sara Klaasen* mindezt egy fagyos, szeles jégtakaró felszínén végzi. Egy napi munkát követően három szakaszt illesztettek össze, így egy 12,5 kilométer hosszú eszközt alkottak, mely a hóba temetve figyeli a Grímsvötn, egy veszélyes, jéggel borított izlandi vulkán tevékenységét.

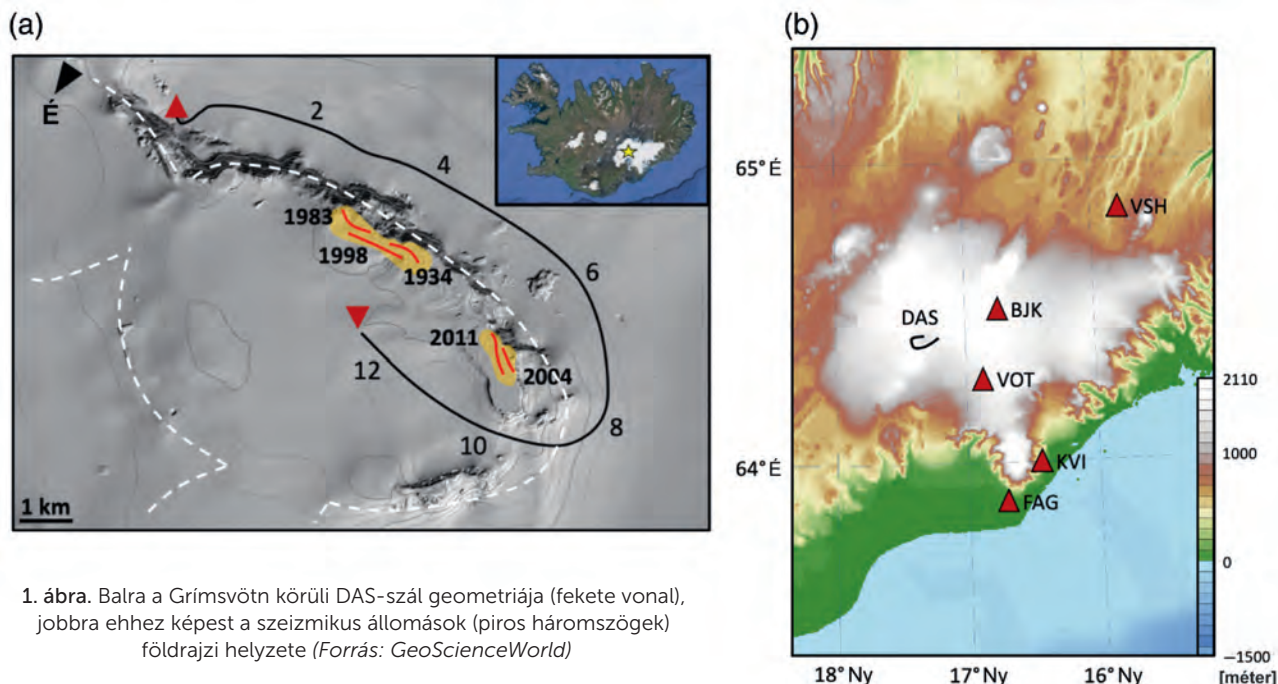
Fichtner csapata később egy kunyhóban ülve nézi, amint az alattuk lévő vulkán szeizmikus morajlása felvillan a számítógép képernyőjén. A megfigyelt földrengések túl kicsik ahhoz, hogy érzékszerveikkel megtapasztalják, de az optikai szál könnyedén felfogja. „*Mintha a bolygó szívverését hallanánk a mélyből*” – mondta Fichtner. A zürichi Szövetségi Műszaki Főiskola (*Eidgenössische Technische Hochschule, ETH*) geofizikusa azon kutatók csoportjába tartozik, akik optikai szálak alkalmazásával mérik Földünk impulzusait. A munka nagy részét távoli helyeken végzik, a vulkánok csúcsaitól kezdve a tengerek fenekéig, ahol a hagyományos megfigyelés túl költséges vagy nehézkes lenne. Az elmúlt öt évben a száloptika pörgette fel

bolygónk szeizmikus morajlásainak, az óceáni áramlatoknak, de még az állatok viselkedésének a megfigyelését is.

Lessünk a jég alá

A Grímsvötn jégtakarója egy a vulkán hője által létrehozott olvadékvíz-tavon csücsül. Az újonnan lefektetett műszer adatai szerint a lebegő jégmező természetes hangszóróként működik, felerősítve az alulról érkező zajokat. Ez a viszonylag új módszer lehetőséget kínál többek között a jéggel borított vulkánok tevékenységének „lehallgatására”, és így a kitöréseket megelőző szeizmikus események alapján hatékonyabb előrejelzések készítésére.

Ezt a technológiát kiterjesztett akusztikus érzékelésnek (*Distributed Acoustic Sensing, DAS*) nevezik. *Giuseppe Marra*, az Egyesült Királyság Teddingtonban működő *Nemzeti Fizikai Laboratórium*ának kutatója szerint ez olyan, mint egyfajta radar. Ám míg a radar visszaverődő rádióhullámokat használ az objektumok helyzetének meghatározására, addig az optikai szálak a visszavert fényt használják az olyan változatos események észlelésére és helyzetük meghatározására, mint amilyen a szeizmikus aktivitás, vagy a forgalom keltette impulzusok.



1. ábra. Balra a Grímsvötn körüli DAS-szál geometriája (fekete vonal), jobbra ehhez képest a szeizmikus állomások (piros háromszögek) földrajzi helyzete (Forrás: GeoScienceWorld)

A szál egyik végén található forrás rövid fényimpulzusokat bocsát ki. Ezek többsége egyenesen végighalad a szálon, ám a fotonok egy része a szálhibáiba ütközve szétszóródik. Egy ilyen, akár több kilométerre nyúló szál ugyanis a környezeti zavarok (tektonikus mozgások, járművek elhaladása) hatására elmozdul, vagy meghajlik. Az ilyen helyekről lepattanva egészen a forrásig visszatér a fénysugár, ahol egy érzékelő várja a jeleket. A begyűjtött adatokból pedig következtetni lehet arra, mi történhetett a berendezés adott pontján.

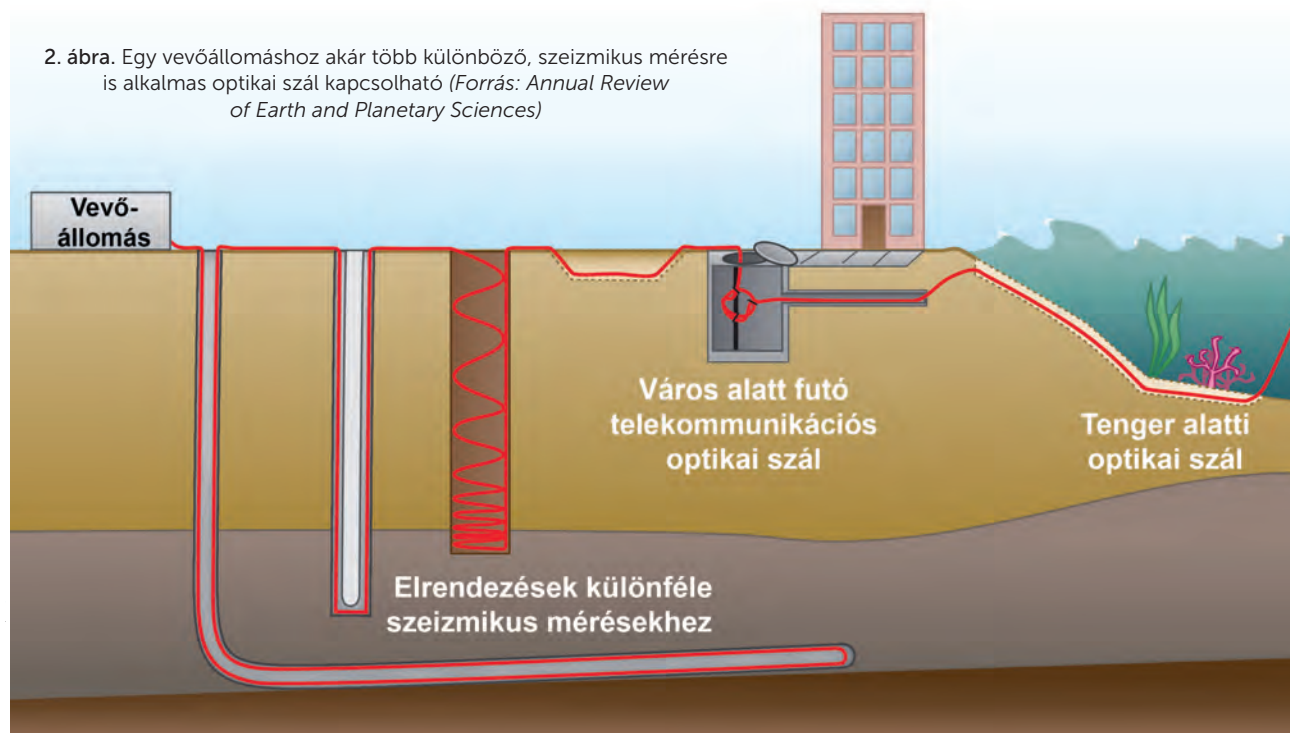
Míg optikai szállal a szakemberek teljes hosszában képesek érzékelni a szeizmikus mozgást, addig egy hagyományos szeizmométer csak adott koordinátáról tud

információkat gyűjteni. Ráadásul e műszerek telepítése és üzemben tartása elég költséges. Egy optikai szál 10 kilométeren 1 méteres felbontást tud biztosítani, vagyis olyan, mintha adott vonalban tízezer érzékelőt helyeznénk el, ám jóval olcsóbban. Költséghatékonyságukhoz hozzájárul az is, hogy a kutatómunkához a még aktív (például telekommunikációs), vagy már nem használt optikai szálak is alkalmasak lehetnek.

A lehetőségek tárháza

E sokoldalú „műszer” nemcsak a vulkanológiában jelent áttörést. 2018-ban például a kutatók mintegy 20 kilométernyi óceáni élőlények (bálnák, férgek, korallak) megfigyeléséhez alkalmazott – ám karbantartás miatt

2. ábra. Egy vevőállomáshoz akár több különböző, szeizmikus mérésre is alkalmas optikai szál kapcsolható (Forrás: Annual Review of Earth and Planetary Sciences)





3. ábra. Az optikai szálak alkalmazási területei közül az egyik legérdekesebb a bálnaének rögzítése (Forrás: *Frontiers in Marine Science*)

4. ábra. A Hawaii-szigeteknél futó tenger alatti optikai szálak fémburkolatának javítását képzett bűvár végzi (Forrás: *U.S. Pacific Fleet*)

épp nem használt — optikai szálakat alakítottak át úgynevezett DAS-érzékelővé. Ez azért is nagy szó, mivel ugyanilyen hosszúságban a tengeralfizika szerelt más érzékelők telepítése akár 10 millió dollárba is kerülhet. Négynapos mérése során a kutatócsoport egy 3,4-es erősségű rengést érzékelt, amely mintegy 30 kilométerrel arrébb, a kaliforniai Gilroyban rázta meg a földet. A földtudományi szakemberek az ilyen szeizmikus jeleket használják arra, hogy megismerjék a rétegek szerkezetét, amelyeken a rengéshullámok áthaladnak. Az optikai szálak a mostani esetben is több, eddig ismeretlen törésvonalat segítettek felderíteni.

A DAS-érzékelők más területeken is megvetették a lábukat. Az olaj- és gázipar a kutak megfigyelésére és a furatokban lévő gáz kimutatására is alkalmazza, de a kutatók számos más felhasználási módot is találtak: a földrengéseken kívül a közlekedési és az építkezési zaj monitorozására is használják. Egy sűrűn lakott, jelentős szeizmikus veszélyeket rejtő nagyvárosban — mint amilyen például Isztambul — a DAS-érzékelők segíthetnek feltérképezni az épületek alatti kőzetrétegeket, hogy feltárják, valószínűsíthetően mely területek a legveszélyesebbek, különösen földrengés idején. Egy nemrégiben készült tanulmány még arról is beszámolt, hogy Norvégia partjainak közelében, tengerfenéki optikai szál használatával bálnadalokat is el tudtak csípni.

Kiküszöbölt korlátok

A DAS azonban rendelkezik bizonyos korlátokkal is. Például a 100 kilométernél hosszabb szálak esetén már nehéz az adatgyűjtés, ugyanis bizonyos távolság felett megnövekszik a zavaró hatások száma, így az eredeti impulzus szinte teljesen elveszik. A probléma megoldásához egy újabb optikai szálakhoz kapcsolódó módszer vált szükségessé. Amint már szó esett róla, meglévő adatátviteli szálak is használhatók mérésre. Próbálkoztak is vele, ám az impulzusok — mint az imént már említésre került — sajnos elvesztek a környezet zajában.



Később azonban rájöttek, hogy folyamatos lézervénysugarat használva, amely egy hurkon keresztül a kiindulópontra érkezik, össze tudják hasonlítani a visszatérő fény sugarat azzal, amit kiküldtek.

Ha nincs a szál befolyásoló jelentős tényező, a lézervénysugár akadálytalanul visszajut, azaz a két jel — a kibocsátott és a visszaérkező — megegyezik. Ám ha a környezet hője vagy rezgései megzavarják a szálakat, a lézervénysugár megváltozik. Ezzel a megközelítéssel (megfelelő minőségű és teljesítményű fényforrással) az optikai szálak a DAS-nál jóval nagyobb távolságokon is alkalmazhatók. 2018-ban egészen pontosan 535 kilométernyi tenger és föld alatti szállal is tudtak rengéseket érzékelni, ami jóval meghaladja a szál 100 kilométeres maximális hosszát.

A kutatók a jövőben tovább bővítik az új technika alkalmazhatóságának határait, legyen szó akár egy tenger alatti földrengés nyomában bekövetkező szökőár előrejelzéséről, a tengeráramlások és a velük összefüggésben álló éghajlati anomáliák hatékonyabb megfigyeléséről, vagy a globális felmelegedés hatására felolvadó jég mozgásainak feltérképezéséről.

SZOUCSEK ÁDÁM

TEJSZERŰ NEDVVEL TÁPLÁLJÁK EGYMÁST A HANGYÁK

nature

Először figyeltek meg olyat, hogy egy hangyafaj egyedei tejszerű nedvet választanak ki, majd a kolónia többi tagja ezzel táplálkozik. A kutatók szerint e hangyatejnek szerepe lehet abban, hogy a hangyakolónia egységes, együttműködő családdá válik a kölcsönös függőség kialakításán át.

Az euszociális rovarok körében különösen nagy szerepe van a családok egyes, például eltérő korú tagjai közti interakcióknak, annak, ahogy egymást ápolják, táplálják, például a felnőtt egyedek etetik, hordozzák, tisztogatják a lárvákat. A táplálásban a legáltalánosabb a különböző folyékony tápanyagok átadása, a trofallaxis (a társ etetése), ami a társas rovarok, így a hangyák körében is széles körben elterjedt módszer. Egyes elképzelések szerint ez egyenesen az euszociális viselkedés megértésének alapja lehet, azonban ehhez az egyedek közti interakciókat kellene megfigyelni az eredetileg hangyakutató, egy éve elhunyt biológus, E. O. Wilson szerint is. Nehéz azonban e kapcsolatrendszer egy zárt és nyüzsgő hangyabolyban figyelemmel kísérni.

A kutatók most a Biró-földihangya (*Ooceraea biroi*) megfigyelése során a bábokra koncentráltak, mivel ők passzív tagjai a hangyatársadalomnak, így könnyebb átlátni a velük kapcsolatos tevékenységet. Kiderült, hogy kb. 6 nappal a bábból kikelés előtt kezd el kiválasztani a báb a hangyatejet, s egészen a kikelésig folyamatosan termeli. A felfedezés szerint a tejszerű folyadékot először a bábbőrön belül választották ki, majd a potrohuk végén, kis cseppecskék formájában kiszivárgott onnan. Ha a folyadékcsepp a bábón maradt, az gyakorlatilag belefűlt ebbe, ám, ha eltávolították (a kutatók ezt manuálisan végezték az egyedi báboknál), akkor az állatka épségben fejlődhetett tovább. A vizsgálatok során e fajon túl a hangyák öt legnagyobb alcsaládjára mindegyikénél megfigyelték a hangyatej kiválasztását, így általánosan elterjedt lehet e jelenség.

A megfigyelések során, amikor a bábok elérték a hangyatej (amelynek sorsát ekkor még nem ismerték) kiválasztásának idejét, az érintett bábokat kék festékszínnel beinjektálták és visszahelyezték őket a családjukba. Így a kiválasztott folyadék is kék lett, majd ennek segítségével a bolyon belül is követhették, mi is történik

a cseppecskékkel. Kiderült, hogy nemcsak a felnőtt hangyák járnak oda a bábokat ápolni s közben kortyolgatni a hangyatejből, hanem a lárvákat is odahordták, hogy azok is ihassanak! Kiderült, hogy a lárvák kikelése és a bábok tej kiválasztása szinkronizált folyamat, és a lárvákat, ha van elérhető „tejelő” báb, akkor inkább ide hordták táplálkozni, mint bármi más eséséhez. Az is beigazolódott, hogy miért nem lehet a laborkísérletekhez hasonlóan meglátni a kolónián belül a kibuggyanó cseppeket: a felnőtt hangyák rögvést megitták azt, amint a bábból kiválasztódott, s nem hagyták felgyülemelni. Az is kiderült, ha üres hangyabolyokba (a bábokat ápoló felnőttek nélkülibe) helyezték a bábokat, a felgyülemelő folyadék igen gyorsan bepenészesedett, és végül ez pusztította el az érintett bábokat, nem a fulladás, ahogy a steril



laborban. Egyértelművé vált tehát, hogy a cseppek eltávolítása, afféle szülői gondoskodásként létfontosságú a bábok fejlődése szempontjából.

Ezt követően a kutatók megvizsgálták a nedv összetételét: 185, kimondottan e nedvre jellemző különböző fehérjét, több mint száz egyéb metabolitot, például aminosavakat és cukrokat, valamint vitaminokat találtak benne. A szakemberek szerint a hangyatej a vedlés és a bebábozódás során egyébként is képződő folyadékból eredhet, s így annak kiválasztásával és elfogyasztásával a kolónia gyakorlatilag nem hagyja elveszni az értékes anyagokat, mintegy újrahasznosítja azokat. A legtöbb (nem euszociális) vedlő állat saját maga hasznosítja a vedléskor képződő, tápanyagokat tartalmazó nedveket, a hangya azonban a közösségét táplálja vele.

(Nature, 2022. november)

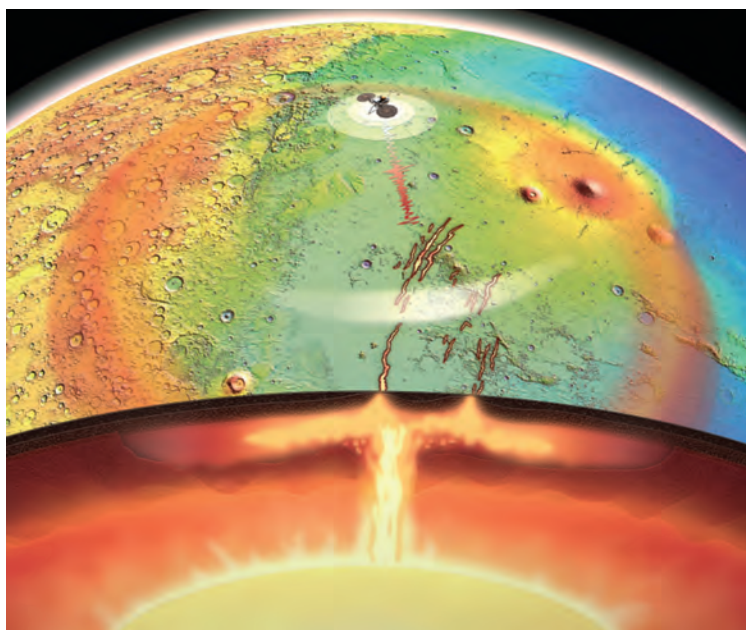
MARSÍ KÖPENYCSÓVA?

nature astronomy

Az Arizonai Egyetem Hold- és Bolygótudományi Laborjának két munkatársa érdekes elmélettel rukkolt elő: úgy gondolják, hogy a Marson, az Elysium Planitia térsége alatt egy hatalmas köpenycsóva rejtőzik. Míg saját bolygónk aktív, a kérget dinamikusan átrendező tektonikai folyamatait jól ismerjük, a Mars esetében az az uralkodó elképzelés, hogy e szempontból „halott” bolygó, s az elmúlt 3 milliárd évben nem sok minden történt rajta. A kutatók azonban úgy vélik, a felszínen tapasztalható nyugalom igencsak látszólagos, és a mélyben viharos folyamatok dúlnak.

A köpenycsóvák és a konvektív feláramlások egyaránt olyan dinamikus áramlási mintázatok, amelyek egy bolygó termokémiai evolúciója során alakultak ki, a köpenycsóvák azonban a globális konvektív áramlási rendszertől függetlenek, s fizikai jellemzőikben jelentősen különböznek a konvektív feláramlásoktól. Egyes modellek ugyan feltételeznek feláramlásokat a Tharsis és az Elysium Mons alatt, azonban ezek nem köpenycsóvák, csupán passzív áramlások lehetnek, s létrejöttük a vastag kéreghez köthető, nem pedig okai annak. E helyszínek vulkanizmusa is eltér az Elysium Planitia időben és térben is különböző robbanásos vulkanizmusától, amelyről 2021 szeptemberében látott napvilágot egy kutatási eredmény az *Icarus* hasábjain. A Mars első másfél milliárd évének vulkanizmusa a Naprendszer leghatalmasabb vulkánjait hozta létre, s a bolygó északi féltékéjének jelentős részét beborította e vulkánok anyagával, ám a geológiai közelmúlt kevéske aktivitása az eddigi elképzelések szerint pusztán a bolygó passzív hűlésének következménye lehet. Az Elysium Planitia területén azonban a geológiai közelmúltban még volt kitörés, az utóbbi mintegy 200 millió év során számos jelentős robbanás zajlott itt a tavalyi kutatásban feltártak szerint. A mérések alapján mindössze 53 ezer évvel ezelőtt egy kisebb, hamuszórással járó robbanás volt itt. E vulkánkitöréseket a Cerberus Fossae területéről eredeztetik, ahol számtalan geológiailag fiatal törés, hasadék található. Ez önmagában még nem lenne indok, ám a NASA *InSight* szondája mérései szerint – amely a marsi rengéseket működése teljes időszakában rögzítette – szinte minden rengés e régióhoz volt köthető. Ebből ugyan következtetni lehetett arra, hogy aktív tektonikai folyamatok állhatnak a háttérben, ám ezek természetére nem volt eddig magyarázat.

Mivel lemeztektonika nincs a Marson, ezért a kutatók azt feltételezték és vizsgálták meg, hogy esetleg köpenycsóva jelenléte magyarázhatja-e ezeket a folyamatokat. A köpenycsóvákra jellemző klasszikus eseménysorozat jeleit keresték: amikor a csóva anyaga a kéreghez érkezik, azt megemeli és meg is nyújtja, majd a kőzetolvadék bazaltárok formájában a felszínre tör.



Az Elysium Planitia területén pedig meg is találták ezeket a jeleket: több mint 1,7 kilométerrel megemelkedett a régió területe, s a gravitációs mérések összhangban vannak azzal, hogy ezt egy, a bolygó mélyéből induló folyamat okozza. Emellett a terület becsapódási krátereinek lejtése is e felboltozódás, vagyis a csóva felé mutat, ami szintén arra utal, hogy itt valami alulról nyomhatja fel a bolygó kérget. A Cerberus Fossae hasadékainak létrejöttét vizsgáló modellszámítások is a köpenycsóva elméletét erősítették, amely a felszínen egy kb. 4000 kilométer átmérőjű területet befolyásol (maga a köpenycsóva a földinek 1,5-2-szerese átmérőjű lehet a köpeny viszkozitásának eltérése miatt). Azonban ez az elmélet és a kapott igazolása ellentmond annak, amit a bolygók termikus-geológiai evolúciójáról tudunk, így vagy ezt az elméletet, vagy a bolygóevolúciót kell alaposabban átgondolni majd.

Az *InSight* által rögzített marsrengések értelmezésében is beleszól az, ha valóban köpenycsóva található a bolygó mélyén, hisz e terület, amelyet korábban a bolygó legunalmasabb régiói közé soroltak, eszerint akár az egyik legizgalmasabb is lehet.

(*Nature Astronomy*, 2022. december)

ÚJ KŐFARAGVÁNYOK A NEOLITIKUMBÓL



Az időszámításunk előtti IX. évezredben készült az a dombormű, amelyre 2021-ben a törökországi Sayburç ősi településén bukkantak rá, egy közösségi építmény falán található, és öt figurából áll. Sayburç nagyjából egyidős lehet a híres Göbekli Tepe utolsó időszakának építményeivel, és még számos, a régióban található neolitikumi településsel. Az időszak mezőgazdálkodásba tartó átmeneti jellege miatt rendkívül izgalmas, hisz alapvetően átalakult az élet számos területe — az élelemszerzéstől a technológiáig, s ekkor készültek az első közösségi építmények, amelyek talán a kulturális átalakulás legfontosabb lépéseit jelentették. Községi aktivitás, rituálék jöttek létre, szimbolikus elemek kerültek az építményekre, azok elemeire, faragott oszlopaira (Göbekli Tepe, Karahan Tepe).

Törökország délkeleti részén, Şanlıurfa régióban, az Eufrátesz közelében található e különleges újkőkori helyszínek nagy része, köztük a Sayburç-i építmények, amelyek vizsgálatára a 2021-es ásatásoktól kerülhetett sor, ekkor fedezték fel az állatokat és embereket



ábrázoló domborműves falú 11 méteres átmérőjű, kerek közösségi épületet. Az épület a mészkő alapközvetbe vésett padozatra kőből épített, a vésett padozat kb. 0,6-0,8 méter magas, 0,6 méter széles, és mellette egykor minden bizonnyal oszlopokat tartó üregek sorakoznak. A padozat oldalára vésett figurák azt jelzik, hogy

fontos közösségi funkciója lehetett az épületnek. Mivel az épületnek eddig csak egy kis részét tárták fel (ezek a jelenkori falu alatt húzódnak meg), talán további faragványok is előkerülhetnek majd még.

A figurák közül kiemelkedik (szó szerint) egy szemből ábrázolt, domborítva vésett férfialak, akit két oldalról két tátott szájú, csak vonalaiban vésett leopárd fog közre. Az alak nyakában vagy nyakpánt vagy nyakék lóg, lefelé mutató kettős vonalú nyíl alakban — ugyanilyen mintájú alakzat a kor emberábrázolásaiban máshonnan is ismert. Bár a fej sérült, a kerek arc részei jól felismerhetők: nagy fülekkel, kissé düledt szemekkel, vastag ajkakkal ábrázolták az alakot. A férfialak falloszával jobb kezében ül (ezt előre álló térdei jelzik) a két, kihangsúlyozott fogazatú leopárd között. A két támadni, ugrani látszó leopárd alakja nagyon hasonló a Göbekli Tepe leopárdábrázolásához.

Ezen alakok mellett egy másik, oldalról ábrázolt, jobb kezében kígyót (vagy talán csörgőt) tartó, bal kezén hat ujjal ábrázolt férfialak látható egy bikával szemben — ezek is csak vonalaikban vésett alakok. A bika esetében a szarvakat, a leopárdok esetében a fogakat hangsúlyozta ki a kőkori alkotó, vagyis mindkét esetben az emberrel szemben álló állatok veszélyes voltát emelték ki, ebben is hasonló a kor más állatábrázolásaihoz. Az ábrázolás módja, technikája szintén megfeleltethető a kor másik hasonló ábráinak. A kidomborított férfialak a terem belseje felé néz, ez is kiemeli jelentőségét, a többi alak egymás felé fordul a faragványon. Az alakok egymás melletti (vízszintes) ábrázolása újszerű, eltér a többi, e korból való ábrázolástól, emiatt is feltételezhető, hogy egy összefüggő eseménysor vagy történet elevenedik meg a faragványon, az egymás mellett, sorban ábrázolt alakok formájában. E dombormű a közösség kollektív értékeit, emlékeit megőrző ábrázolás lehetett. Az időszámításunk előtti IX. évezredből származó mű a letelepedett életmódra átálló emberközösség és a természet, az állatvilág tagjai viszonyáról mesél.

A régió számtalan régészeti lelőhelye tanúskodik erről a kb. 12 ezer évvel ezelőtt kezdődött átalakulásról, a fazekasság előtti időszak letelepülő emberközösségeinek életéről. A dombtetőkön létesített településeken feltárt rituális, faragott szimbólumokkal teli helyszíneket a világ legkorábbi templomainak is lehet akár tekinteni, bár az építmények funkciója ismeretlen. Sayburç területén két településrészt találtak, egy közösségi építményekből álló, és egy lakóépületekből állót, egymástól kb. 70 méterre. A mostani feltárást akkor lehet folytatni, ha az ősi romok felett emelt modern épületeket elbontják a közeli jövőben.

(*Antiquity*, 2022. december)

TOXOPLASMÁS FARKASOK

COMMUNICATIONS *the*
BIOLOGY

A *Toxoplasma gondii*-t gyakran nevezik tudatot befolyásoló parazitának, mivel képes megváltoztatni a fertőzött viselkedését úgy, hogy a saját terjedését ezzel elősegítse, még akkor is, ha ebbe a hordozó köztigazda belepusztul. Közismert ma már, hogy a toxoplasmás egerek, patkányok nem félnek a macskától, merészebbé váltak a hiénák, a csimpánzok e fertőzés hatására, ember esetében pedig találtak összefüggést a toxoplazmózis és a vállalkozó kedv, vezetői hajlam, kockázatvállalás tulajdonságaival, de még a túlzott merészségből adódó közlekedési balesetekkel is. Nemrégiben újabb faj csatlakozott a toxoplasma miatt megváltozott viselkedésű emlősök közé: ő a farkas

A Yellowstone Nemzeti Park nemcsak geológiai különlegességéről, fantasztikus tájáról és élővilágáról híres kirándulóhely, hanem igen komoly tudományos kutatások színhelye is. Nem véletlen hát, hogy amint kiderült, a park egyes farkasai hordozzák a parazitát, két kutató lecsapott a lehetőségre: elhatározták, hogy megvizsgálják, vajon náluk is kialakul-e valamilyen viselkedésváltozás a parazita hatására.

A kutatók több mint negyedszázad farkasmegfigyelései s egészségügyi adatai átvizsgálásával kezdtek, emellett felmérték az itt élő pumák helyzetét is, mivel csak a macskafélékben képes szaporodni a parazita, míg a többi állat köztigazda. A megvizsgált pumák átlag 51,6 százaléka volt szeropozitív, de a fertőzöttek aránya 45 százalékról 73-ra nőtt 20 év alatt. Nem túl meglepő módon kiderült, hogy azok a farkasok, amelyek a pumában gazdagabb területen éltek, nagyobb valószínűséggel voltak *Toxoplasma*-fertőzöttek, mint távolabbi társaik. A farkasok feltehetően a pumák elfogyasztott ürülékétől fertőződtek meg, a kutatók szerint. A zsákmányállatok terjesztette fertőzést kizárták a vizsgálatok, így egyedül a puma maradt, mint lehetőség.

Amikor az egészségügyi adatokat a terepi megfigyelések adataival is kombinálták, kiderült, hogy a fertőzött farkasok sokkal gyakrabban váltak falkavezérré, mint egészséges társaik! Néhány esetben a vezér vállalkozó kedve, kockázatvállalási hajlama hatására a falka különösen sikeressé vált.

Persze, ahogy a rágcslóknál, vagy épp az embernél se veszélytelen a kockázatvállalás, úgy a farkasoknál is fennáll ez. A fertőzöttek, amint azt az adatok mutatták, túlzott vakmerőségük következtében könnyebben váltak közlekedési baleset áldozatává, vagy épp vadászt-

rófeává. A farkasoknál legnagyobb részben a hímek szokása, hogy eltávolodnak a szülői falkától, ez esetben a fertőzött hímek tették ezt leggyakrabban, de még a fertőzött nőstények esetében is jelentősebbé vált az elvándorlás, mint egészséges társaik esetében.

A kutatók szerint elképzelhető, hogy a fertőzött hímek párzáskor megfertőzhetik a nőstényeket, és valószínű, hogy hosszú távon a fertőzés okozta negatív hatások nagyobbá válnak, mint az előnyök. A Yellowstone farkasai amúgy is pengeélen tancolnak a túlélés tekintetében a kutatók szerint a parazita akár az egész itteni ökoszisztémára hatással lehet. A pumák és a farkasok közti, egyébként a hasonló zsákmányok ellenére békés



egymás mellett éléssel, s egymás elkerülésével járó kapcsolatból és az átfertőzésből arra következtettek a kutatók, hogy az e módon együtt élő ragadozók esetében fontos hatása lehet a paraziták átadásának.

Kérdés, hogy a parazita számára mi az előnye annak, ha a farkas viselkedését átalakítja, hisz a parazita szempontjából a farkas szaporodási zsákutca. A kutatók szerint ezt az okot a múltban kell keresni. A jégkorban Amerika földjét óriási oroszlánok járták, amelyek könnyen lehet, hogy a farkasokra is vadásztak, s egy bátor, az oroszlántól nem tartó farkas könnyebben válhatott zsákmánnyá — ezzel pedig visszajuttathatta a parazitát ahhoz a fajhoz, amelyben már képes szaporodni. Manapság a farkasok nagy valószínűséggel nem tudják visszaadni a toxoplasmát a pumáknak még akkor se, ha a parazita hatására túl bátrakká és kíváncsikká válnak nagymacskákkal.

(Communications Biology, 2022. november)

Hihetünk-e a szemünknek?

Az elektronikai eszközök, melyek szerves részei mindennapjainknak, folyamatosan elérhetővé teszik a mozgó képek elérését. Ezzel a lehetőséggel felnőttek és gyermekek egyaránt élnek. Ez felvet bennünk kérdéseket. Egyrészt, hogy mindig ekkora érdeklődés volt-e a mozgóképek iránt, másrészt, hogy a valósághoz, vagy inkább a képzelethez kapcsolódnak. Aktualitást adott kutatásunknak, hogy 2021. április 30-án ünnepelhetjük a 120. évfordulóját annak, hogy elkészült az első megrendezett magyar film.

Kutatásaink során kiderítettük, hogy őseinket már az ókorban is foglalkoztatta a valóság megörökítése. Nemcsak egy-egy képet, de mozgásfázisokat is rögzítettek, például: találtak a felső-egyiptomi Beni-Hassani sírboltban egy időszámításunk előtt 2800-ból származó rajzsorozatot, ami két birkózó küzdelmét ábrázolja. Természetesen ez nem keltette az emberekben a mozgás illúzióját, de segítette elképzelni azt.

Hasonló például szolgál Traianus oszlopa is. „*A dom-borművek spirálvonalban fölfelé kígyózó füzére tulajdonképpen egy ókori képregény. 155 jelenetében ezer meg ezer alak, csodálatos műgonddal és részletességgel kidolgozott, aprólékosan kimunkált római és dák katona menetel, dolgozik, hadakozik, hajózik, támad, tárgyal, könyörög az éle-téért, vagy lehelei ki éppen a lelkét.*” (Forrás: ng.24.hu). Avatására i. sz. 113. május 18-án került sor.

Célja az lehetett, hogy megörökítsék a valóságot, tá-jékoztassanak vele, ahogyan azt a krónikák is tették, hogy az utókornak is megmaradjanak emlékeik.

Újkor, fázisrajzok eszközzel nézve

A mozgóképek megjelenítési és rögzítési formái, rendkívül változatosak. Példának vehetjük a prixonszkóp elnevezésű eszközt, mely az újkor egyik találmánya volt. Ekkor még a mozgóképek nagyon kezdetlegesek voltak, mivel itt még csak fázis-rajzokról volt szó, melyeket egy eszköz segítségével lehetett nézni.

1887-ben Emile Reynaud egy korongra egy figura mozdulatait rajzolta, amit aztán egy dobba helyezett, aminek a közepébe, egy tükörkoszorút illesztett. Mikor ezt egyre gyorsabban kezdte forgatni, akkor egyre inkább összefolytak a képek, ami a nézőkben a pillanatnyi mozgás látszatát eredményezte. Így ez lett az általa 1877-ben prixonszkóp néven szabadalmaztatott szerkezet, melyben 12 kép

1. ábra. Traianus oszlopa (Forrás: baloghpet.com)





2. ábra. Egy újszülöttnnek minden vicc új. Kutatók éjszakáján mutattunk be prixonszópot, egy kicsi zootrópot és egy diavetítőt is.

forgott körbe egy másodperc alatt, így a nézők már rajzfilmet láthattak. A hasonló eszközökkel előállított mozgóképek elsősorban, a felnőttek szórakoztatásának céljával készültek, de később már gyerekek számára is elérhetővé váltak. A gyerekek számára, az iskolában történő oktatásukhoz is fellelhetőek különböző anyagok.

Hasonló hatású eszköz a zootróp, a forgó csudahegy. Optikai játék, dobján 12 réssel, csúcsos vastalppal. William George Horner angol matematikus, tanár, 1834-ben számolt be a zootrópról. A szerkezetet emlegették zoetrope, daedaleum, csodadob, pergő képek néven is. A forgó eszköz egy alul zárt, felül nyitott henger, melyben egy mozgásfázisokat ábrázoló papírcsíkot helyeztek el. A henger palástján keskeny nyílások voltak. Ha számuk megegyezett a képen látható fázisok számával, a figurák egyhelyben mozogtak, több fázis esetén előrehaladást, kevesebbnél pedig lemaradást érzékelhettek a nézők. Iskolai szemléltetésre is készítették rajzokat. A dobba helyezett képsorozatot többen nézhetik egyszerre. A képszalag ábrái azért olvadnak

össze egy mozgóképpé, mert a pillanatnyi ingerek után egy-egy kis időtartamig utóképeket látunk. Az eszköz-höz mozgókép sorozatok tartoznak: például vágatózó ló, oktatási céllal.

Ebben a korban kibővültek a célok: megjelent a természeti jelenségek reprodukálása, vizsgálata, a képi látás kultúrtörténetének vizsgálata. A magyar képzőművész, Székely Bertalan Muybridge-el párhuzamosan kezdett el mozgástanulmányai készítése során a zootróppal és a mozgásillúzióval foglalkozni.

Korszerűbb rögzítés

A tudományos és technikai fejlődés ezt a területet is érintette. A valóság képi rögzítése kémiai úton történt. Amint haladunk előre az időben, jelentős mérföldkövekig jutunk el, melyek mögött, sikeres, de hosszán tartó kísérletek rejlenek.

Muybridge volt az, aki elindította a folyamatot, ugyanis amerikai Central Pacific vasútcég elnöke, Leland Stanford 1872-ben, 25 ezer dollárt tett arra, hogy van olyan pillanat, amikor a vágatózó ló, mind a négy lába a levegőben van. Elméletének bizonyításra Eadweard Muybridge fotóst kérték fel, s az ő 1/500 másodperces záridővel készített képei közül több is akadt, amelyen az állat minden lába a levegőben volt. A fogadást így Stanford nyerte, de Muybridge itt nem állt meg.

„1878-ban egy mezőn tucatnyi, a lovak mozgásirányára merőlegesen beállított fényképezőgépet szerelt fel. Zár szerkezetüket egy vékony szálat átszakítva a lovak maguk hozták működésbe. A lovak, képeken látható sziluettjét egy dobra másolta fel, amely az általa feltalált zoopaxiscope elnevezésű diavetítőben pörgött, és a szemlélőben a mozgás illúzióját keltette.” (Forrás: mult-kor.hu)

Az egyik, talán legfontosabb mérföldkövet Louis Le Prince nevéhez fűzhetjük, akit nem véletlenül nevezünk a mozgóképek igazi atyjának. Ő volt az, aki eljutott a fogazott filmszalaghoz – melyen a képek kémiai

3. ábra. Muybridge felvételek
(Forrás: craighphotography2.weebly.com)





úton történő rögzítése történt –, és 1886-ban szabadalmaztatta felvevő-lejátszó készülékét, ami 16 lencsével, másodpercenként 16 kocka sebességgel dolgozott. A fényérzékeny szalag a felvétel, majd csak a lejátszás pillanatában állt a lencse előtt.

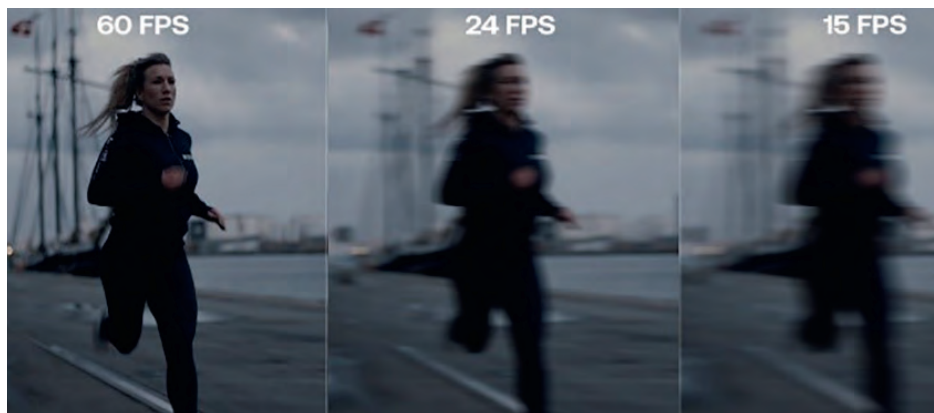
Következett „a nagy feltaláló, Thomas Alva Edison, aki 1887-ben kezdett a mozgóképpel foglalkozni, s előállt a kintetoszkópjával. Ez lényegében egy kukucskáló doboz volt, amelyben mintegy 20 másodpercig lehetett egy henger palástjára felvitt mozgóképet nézni. Edison egyik munkatársa ugyan megoldotta, hogy egyesítse a fonográffal a kintetoszkópot, így a mozgókép megszólalt, a feltaláló azonban egyszemélyes szórakozásnak tekintette a filmnézést, s elárkózott a vetítés gondolatától.” (Forrás: mult-kor.hu)

A következő mérföldkőnél már a moziról beszélhetünk. Ezt pedig, Louis és Auguste, Claude-Antoine Lumière fiai tették lehetővé. Louis és Auguste, amint Edison szerkezetét vizsgálták, megállapították a legnagyobb hibáját: hogy a film a gépben folyamatosan fut, nem áll elég ideig, ezért nem elég világos a kép. Véleményük szerint lehetőleg kétszer annyi ideig kellene állnia az egyes képkockáknak, mint ameddig a következő kocka a helyükre ugrik.

„Ennek megvalósításához két pecket alkalmaztak, amelyek beakadtak a képkocka két oldalán lévő lyukakba, lehúzták a filmet, majd hátrahajlottak a következő lyukpárhoz.” (mult-kor.hu)

Lumière-ék találmányukat 1895. február 13-án szabadalmaztatták. A filmet ugyanazzal a készülékkel vették fel és vetítették le, mégpedig 16 képkockát másodpercenként.

4. ábra. Jelenet a Táncz című filmből
(Forrás: nemzetikonyvtar.blog.hu)



5. ábra. Mégis van különbség (Forrás: artlist.io)

„Az első filmvetítést 1895. március 22-én tartották a Nemzeti Ipart Támogató Társaság előtt, ekkor bemutatott egyperces filmjük címe A munkaidő vége volt, s a gyárukból távozó munkásokat ábrázolta. 1895. december 28-án már óriási közönségsikernek örvendő, Párizsban nyilvánosan is bemutatták a híres Lelocsolt locsoló című burleszket.” (mult-kor.hu)

Ezek a filmek és technikai fejlesztések újabb célokat szolgáltak, a szórakoztatás, és legfőképpen a kíváncsiság kielégítését. Lumière-ék legnagyobb sikerüket az 1900-as párizsi világkiállításon érték el, ahol 21×16 méteres vászonra vetítettek, ez olyan anyagból készült, amely annyi fényt engedett át, amennyit visszavert, így mindkét oldalról nézni lehetett a képet. A fény (franciául lumiere), amely vibrálva tört ki a filmvetítőből, immár nagybetűvel került be a technikatörténetbe. Ezzel megkezdődött a mozi és a filmkészítés története.

Hazánkban a Lumière testvérek filmjeit 1896. május 10-én vetítették a Royal Szálló kávéházában. 1896. júniusában az Andrásy úton megnyitották az első magyar filmszínházat, az Ikonográfot, ahol francia gépeken Lumière filmeket vetítettek a közönségnek. Az elegáns környék lakói azonban lenéztek az új szórakoztatási médiát, ezért a vállalkozás érdeklődés hiányában bezárt. A filmvetítések ugyanakkor elterjedtek a kávéházakban, és 1911-ben már száz filmszínház működött Budapesten.

„Az első magyarországi filmfelvételek 1896-ban a millenniumi ünnepségeken készültek. Lumière-ék operatőrei a Budavári felvonulást vették fel. Az első tudatosan rendezett magyar filmalkotás A Táncz volt, ami az Uránia Tudományos Színház egyik előadásának mozgóképes illusztrációjaként született 1901-ben. Maga a film elveszett, így, állófotók és egy könyv alakban is megjelent előadás alapján elevenítették fel a Magyar Film Napja alkalmából rendezett kiállításon.” (mult-kor.hu)

A mozgókép érzetének kialakulása az agyban történik, ehhez ki kellett kísérletezni, hogy másodpercenként hány képet vetítsenek (Frame Per Second, fps).

A némafilmes korszak első kamerái másodpercenként 14-16 képkocka sebességgel működtek, ami már elegendő volt a mozgásérzékeléshez, de még szaggatot-

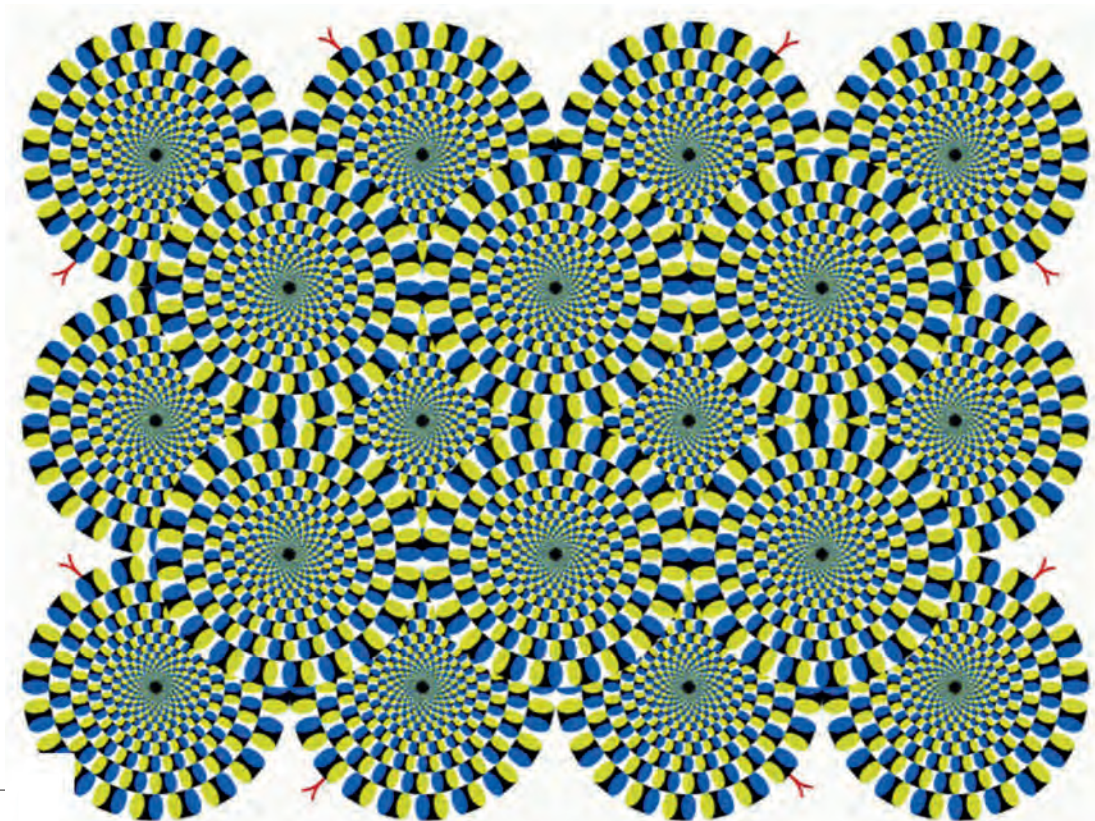
tan adta vissza a folyamatos mozgást. A 24 fps vált elfogadottá a filmiparban, részben a technikának, részben a megszokásnak köszönhetően.

A valóságban az emberi szem másodpercenként átlagosan 10-12 képet tud továbbítani és analizálni, valamint a látóközpont az egyes képeket általában a másodperc tizenötöd részéig tartja meg, így ha ezen időszak alatt újabb információt kap, az a folytonosság érzetét kelti bennünk. Ez azt jelenti, hogy amikor másodpercenként 15, vagy ennél több összefüggő képkockát látunk, azt már szaggatásmentes mozgásnak érezzük. Ezt nevezik látszólagos mozgásnak. (Érdekes, hogy a legyek ugyanennyi idő alatt ennél jóval több vizuális információt is képesek feldolgozni, többek közt ezért nehéz lecsapni őket.)

A monitorok, filmek és videojátékok világában a gyártók azt sugallják, hogy minél magasabb ezek értéke, annál élvezhetőbb az adott látvány. A helyzet azonban nem ilyen egyszerű.

Már az 1950-es években is kísérleteztek a magasabb képsebességgel, az erősebb vizuális hatás érdekében és manapság is születnek HFR (High Frame Rates) filmek. Ilyen volt például a 2012-ben bemutatott, 48 fps-sel felvett *A hobbit: Váratlan utazás*; vagy a 2016-os, 120 fps-es *Billy Lynn hosszú, félidei sétája* című film. Bár a képkocka/másodperc érték növekedésével folyamatosabbá, finomabbá válik a mozgás, ráadásul a HFR valós lassításra is lehetőséget biztosít, a 24 fps mégis uralkodó maradt

6. ábra. Forgó fogaskerek

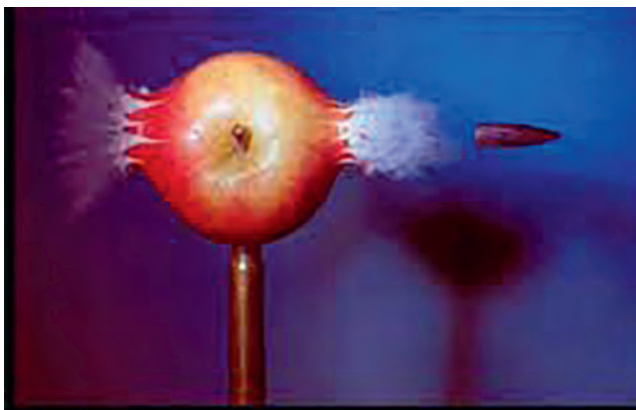


7. ábra. Szellemkép (Forrás: archivum.sajto-foto.hu)

a filmkészítésben. Ennek az értéknek kedvezett az is, hogy a valós képi hatás eléréséhez a mozikban a rögzítés képsebességével kell vetíteni a filmeket. Mivel a legtöbb moziban 24 fps-sel dolgoznak, a magas kockaszámú alkotásból általában 24 fps-es változat is készül.

Illúziók, manipulációk, animációk

Látszólagos mozgást eredményezhet egy illúzió is. „Az illúzió vagy érzékszalódás egy pszichológiai jelenség, amelynek során félreértelmezünk a valóságból érkező ingereket, azaz az agyban az érzékszervek által közvetített információ felhasználásával egy az objektív valóságtól eltérő reprezentáció keletkezik. Sokszor, még a »trükk« ismerete sem képes eloszlatni az érzéki csalódást.” (mult-kor.hu)



8. ábra. A nagy fps szám mégsem haszontalan
(Forrás: gaborszabo.hu)

Az illúziók között a legszélesebb körben az optikai csalódások ismertek (pareidolia), ennek valószínűleg az az oka, hogy az érzékelésünkben a látás az egyik legmeghatározóbb.

Például, a fogaskerekeket ábrázoló kép, a kiotói Ritsumeiken egyetem pszichológia professzora, a japán Kitaoka Akijosi munkája, akinek az optikai és vizuális illúziók a szakterülete, és a mozgás illúzióját keltő állóképeivel vált ismertté.

Ezek az illúziók arra példák, hogy valamit mozgásnak érzékelünk, ami csak álló. A szubliminális ingerlés tulajdonképpen ennek az ellentétéhez hasonló, ugyanis ebben az esetben valóban történik egy felvillanás, ám azt csak tudat alatt érzékeljük.

„A magyar törvénykezés először 1997-ben tiltotta meg a szubliminális ingerlést. A filmek vetítése során ugyanis, nem érzékelhető ideig, többször bevillantottak bizonyos szövegeket: »Egyen pattogatott kukoricát!« vagy »Igyon Kólát!«. A mérések szerint a termékek forgalma 18-58%-kal emelkedett. Annak ellenére, hogy az ezt publikáló szerző, Vicary évekkel később lelepleződött, hogy az egész történetet ő találta ki, a jelenség a mai napig parázs vitákat vált ki a tudományos életben, de még a jogalkotók körében is.” (mult-kor.hu)

Majdnem minden eddig említett kísérletnek vagy technikai fejlesztésnek valamelyest a valósághűbb megjelenítés is célja volt, hiszen napjainkban, is fontos szerepet játszik az, hogy szaggatásmentes filmet lássunk. Ennek a célnak az elérését segítik az animációk is. Számítógép segítségével az animáció egyre közelebb jut a valós, életszerű lények reális mozgatásához, ugyanakkor szinte korlátlan fantáziájú háttereket lehet előállítani a virtuális ábrázoló eszközök, hang, kép, térhatás, sőt interaktivitás segítségével. Az animációs film a XX. század vívmánya. Benne emberi és más hangokat, zörejeket, zenét és képet kombinálnak, így ez valamilyen szinten, egy modern kommunikációs eszköz. A művész az animációs filmben teljesen kibontakozhat, ha ő a rendezője, a

rajzolója, az animátora és a vágója is a filmnek. A szerzőnek minden beállítást meg kell terveznie a rajzban, ez a képes forgatókönyv.

Az animáció az „anima” latin eredetű kifejezésből származik, jelentése: „lélek”. Az „animáció” tehát „lelkesítést”, valamely élettelen dolog lélekkel történő ellátását jelenti.

Animálni tehát annyit jelent, hogy valamit élővé tesz, megmozgatom, megváltoztatom. Animáció készítésekor az ember készíti el és hozza mozgásba a képet akár technikai eszközök segítségével (pl.: számítógép). Az animációs film tehát olyan film, amelyben az élettelen dolgok életre kelnek, lélekkel ruházkodnak fel.

A szellemfotózáshoz használt technika 1839. augusztus 19.-re, a fényképezés megszületésére vezethető vissza. Ekkor ismertették Niépce és Daguerre találmányát, a dagerrotípia elkészítését Franciaországban, a Tudományos és Képzőművészeti Akadémia együttes ülésén.

Daguerre lakásának ablakából fényképezett, ahonnan a Boulevard du Temple-re nyílt kilátás. Aznap három fotót készített, a felirat szerint az elsőt reggel nyolc órakor. A hosszú expozíciós idő miatt a képről eltűntek a mozgó tárgyak, így csak az álló, mozdulatlan részeket volt képes rögzíteni. Ekkor született meg az 1839-ben a lipcsei Pfennig-Magazinban említésre került, cipőjét tisztító férfit ábrázoló fotó. A cikk külön megjegyezte, hogy rendkívül mozdulatlanul kellett állnia, hiszen tisztán kivehető az alakja, nem úgy, mint a cipőtisztítóé, kinek alakja a folyamatos mozgás okán teljességgel elmosódott és kivehetetlen.

Ha jobban belegondolunk, a valóság megörökítésének ezen technikája épp az ellentéte a mozgóképes rögzítésnek, mivel a hangsúly itt a hosszú expozíciós időn van, mert csak akkor lesz éles, jól kivehető a kép.

Meghatározott idő után megszakítják az expozíciós folyamatot, és a gyorsan eltávolított test árnyékot hagy maga után, s ezzel egy szellem kinézetét idézi.

Ez is olyan, mint az illúziók, abból a szempontból, hogy hiába tudjuk a „trükköt”, akkor is megijedünk. Ám minél több ehhez hasonló jelenséggel találkozunk az ember, annál kevésbé ijed meg az ilyesfajta megjelenítéstől. Jó példa erre az első horrorfilm is, ami nem más, mint a Lumière fivérek által forgatott, *A vonat érkezése* című film. Ez a film azért számított akkor horrorfilmnek, mert az emberek először láttak felvételen egy érkező vonatot, és felettébb ijesztőnek minősült. Az emberek később persze hozzászoktak ezekhez a felvételekhez, és többé már nem féltek tőle.

Az illúziókat keltő alkalmazások célja a tájékoztatás, oktatás, natúrfilmek, a figyelem irányítása mellett a számítógépes játékok és a képzőművészeti animációk készítése is.



9. ábra. Régi hardverhez új szoftver készül

Túl a szórakoztatáson: tudomány és kutatás

Úgy vélem, hogy a film nem csak annyit jelent, hogy sok képet látunk, melyek összefolynak és ez tetszésünket nyeri el, hanem sokkal több lehetőséget rejt magában. A továbbiakban a film a tudományos kutatásnak, természeti folyamatoknak, a laboratóriumi kísérletek során végbemenő változások megfigyelésének egy eszközévé is vált.

Az események sok esetben szabad szemmel nem jól láthatók, túl kicsik, vagy túl nagyok, túl gyorsak, túl lassúak, vagy akár egyáltalán nem érzékelhetők. Ilyen esetekben hívjuk segítségül a filmet, amely képes jelenségeket, mozgásokat, hangokat, színeket rögzíteni, sőt lehetővé teszi azok mozgóképeken történő reprodukálását a lefolyás eredeti sebességével, de azt lassítva, vagy gyorsítva is.

A filmfelvétel lehetővé teszi a tetszőleges részletek tanulmányozását az egyes képkockák kivetítésével, nagyításával. Mód van arra is, hogy a filmen rögzített eseményt ismételtetn vetítsük. A színek és a hőmérséklet összefüggéséből következtetéseket vonhatunk le, például a lejátszódó események hőmérsékleti viszonyaira. Komplex jelenségeknél a film szinte egyedülálló módszer arra, hogy számos különféle jellemző változását az idő függvényében rögzítse.

A vetítés mindig 24 képgyakorissággal történik másodpercenként, így ahányszor több a felvételi képfrekvencia 24-nél, annyszor több képet kapunk másodpercenként a filmszalagon.

Mivel a felvételi sebességet csak egy bizonyos határig lehet növelni a filmszalag szakadási veszélye nélkül, a nagysebességű felvételekre különleges

felvevő kamerákat kellett szerkeszteni. Ezek a forgótükrös, lencsekoszorús, vagy forgóprizmás rendszerű nagysebességű felvevőgépek másodpercenként 5000-100 000 képet is felvesznek, sőt olyan berendezések is léteznek, amelyekkel másodpercenként több millió felvételt is lehet készíteni.

Érdekesnek találtam a Schlieren-eljárást, mely a technikában elsősorban aerodinamikai vizsgálatok módszere. Ennek alapja, hogy a szélcsatornában elhelyezett modellek mentén a nagysebességű levegő különböző áramlásokat végez. Ezek helyileg megváltoztatják a levegő egyébként állandó törésmutatóját és a különféle törésmutatójú helyek lefényképezhetővé válnak. Elengedhetetlenek az ilyen filmfelvételek például a nagysebességű repülőgépmoделlek kialakításához és vizsgálatához.

Következtetések

A mozgóképek világának tanulmányozása során meggyőződünk arról is, hogy a filmnézés során zajló folyamatok megértése sem egyszerű. Kutatások keresték a választ arra, miként működik az elménk, miközben filmet nézünk, hogyan juthatunk el a filmnézés magasabb szintű folyamatainak megértéséhez. Természettudományok, főleg idegtudományok infrastruktúrájával (például agyi képalkotó eljárásokkal, pszichofiziológiai mérésekkel) szélesítették ki a vizsgálatok palettáját. A kutatásokban szerepe van a Joseph és Barbara Anderson által alapított Mozgóképek Kognitív Tudománya Társaságnak, ami 2006-ban önálló szervezetté vált, saját folyóirattal és éves konferenciával.

Hogy merre halad a fejlődés folyamata, arról is van elképzelésem. A dagerrotípiák kísérletezéseihez szinte egy időben vetődött fel az igény olyan képek készítésére, amelyek háromdimenziós érzetet nyújtanak. „1838-ban Charles Wheatstone elkészítette az első sztereoszkópot, létrehozva ezzel a sztereoszkópiát, egy olyan eljárást, amelyben a képet két eltolt pontból készítik, majd külön mutatják be a jobb, illetve bal szemnek, létrehozva így egy virtuális térérzetet.” A háromdimenziós filmek szolgálhatják a jövőben a jelenségek dokumentálását, és a képzelet mozgósítását.

A mozgókép születésének a célja eredetileg a pillanatok valóságghú megörökítése és az utókor számára való élethű archiválása volt. Későbbi szempontok a szórakoztatáshoz, a tanításhoz, a befolyásoláshoz, illetve a tudományos kutatásokhoz is kapcsolódnak.

A kétezre évre történt visszatekintetés során találunk tudományos igényű mozgóképeket (Muybridge, 1878), gyermekek részére, játékként és pedagógiai szemléltetés céljából készületeket (Természettan alreál-tanodák számára, 1872), és művészi alkotásokat is (például Székely Bertalan, 1872). Jelentőségük nem összemérhető, egyaránt fontos. A mozgókép varázslat. Magunk is élővé tettünk, animáltunk.



Az Oktatáskutató és Fejlesztő Intézet módszertani segédanyagot jelentetett meg (Az Új Pedagógiai Szemle 1998. márciusi száma számolt be róla). Az *Optikai játékok készítése a rajzórán* című anyagot megosztottuk iskolánk rajztanárával, aki diáktársainkat mai témájú fázisrajzsorozatok készítésére ösztönözte. A diákok ízlése szerinti fázisrajzok készültek. Tehát nemcsak az elektronika segítségével elérhető, korszerű technika segítségével készült mozgóképeket találjuk érdekesnek, ez tükröződik az arcokon is.

Sikerült megmutatnunk a felnőtteknek és a gyerekeknek egyaránt, hogy bár a XXI. században élünk, és elérhető számunkra a legfejlettebb technika, a régi eszközök és megoldások még mindig érdeklődést eredményezhetnek. 12. osztályos tanuló társunk éppúgy rácsodálkozott egy egyszerű eszköz működésére, ahogyan egy 7 éves gyerek tette a Kutatók Éjszakáján.

POCSAY SÁRA

IRODALOM

1. Traianus oszlopa: <https://ng.24.hu/magazin/2015/05/05/traianus-oszlopa/>
2. Muybridge képsorozata; Edison kinetoszkója; Lumière fivérek találmánya, filmvetítéseik: <https://mult-kor.hu/a-trtenelmi-fogadastol-a-lelocsolt-locsoloi-igy-kezdodtt-a-mozgokep-trtene-20180213>
3. Első magyar film: https://hu.wikipedia.org/wiki/Magyar_film-m%C5%B1v%C3%A9szet
4. Némafilmes korszak; szemünk; képsebessége: <https://24.hu/tech/2017/12/12/gyorsan-porgo-kepek-verik-at-az-agyunkat/>
5. Illúziók: <https://kollabor.hu/blog/mi-is-az-az-illuzio/>
6. Szubliminális ingerlés: https://btk.ppke.hu/uploads/articles/563442/file/alkalmazott-pszichologia_konyv_egesz_2010-11-23.pdf
7. Daggerrotípi: https://mamanohaz.blog.hu/2019/03/07/igy_nez_ki_ma_az_a_180_eve_keszult_daggerrotipia_melyen_eloszor_orokitetek_meg_embert
8. Műszaki-Tudományos Filmek: Duzs János azonos című tanulmánya
9. Következtetések: https://metropolis.org.hu/empirikus-filmtudomany-bevezeto_Első_sztereoszóp: http://real.mtak.hu/120288/1/PasztorBelugyiSzemle2016.evi7-8.szam61-69.pdf

A XXXII. Természet–Tudomány Diákpályázat felhívása és versenyszabályzata

A Tudományos Ismeretterjesztő Társulat (TIT) és lapunk immár harminckettedik alkalommal hirdeti meg Természet–Tudomány Diákpályázatát középiskolások számára.

A TIT által meghirdetett, a Természet Világa tudományos ismeretterjesztő folyóirat által lebonyolított diák-cikkpályázaton indulhat bármely középfokú iskolában a 2022/2023-as tanévben tanuló diák, határainkon belülről és túlról.

A pályázatot elektronikusan kérjük feltölteni a Természet Világa termvil.hu honlapjára. A pályázat benyújtásának további formai követelményei és tudnivalói a honlapon megtalálhatók.

A pályaművek benyújtásának határideje: 2023. január 31.

A diákpályázat célja, hogy az ismeretterjesztő pályaművek tartalmát a természettudományok iránt érdeklődő, de a témában nem járatos olvasók is megértsék. A pályamunkák végén kérjük a felhasznált irodalmat és forrásmunkákat megjelölni! A szó szerinti idézetek forrásának fel nem tüntetése etikai vétség. Pályázni csak másutt még nem publikált pályamunkákkal lehet.

Alapvető követelmény, hogy a cikkek olvasmányos stílusban készüljenek, stilisztikai és helyesírási szempontból kifogástalanok legyenek. Kérjük a felkészítő

tanárokat, szíveskedjenek e tekintetben is útmutatást adni tanítványaiknak!

PÁLYÁZATI KATEGÓRIÁK

Körforgásos gazdálkodás, hulladékgazdálkodás, fenntartható fejlődés

A pályázók a körforgásos gazdálkodás, vagy a korszerű ökológiai szemléleten alapuló hulladékgazdálkodás, illetve a fenntartható fejlődés témakörét feldolgozó esszéivel nevezhetnek. A zsűri örömmel fogadja a saját jó gyakorlatokat bemutató esettanulmányokat is.

Természettudományos múltunk felkutatása

- A pályázó iskolájához vagy lakóhelyéhez, környezetéhez kapcsolódó jelentős múltbeli tudós személyiségek életútjának, munkásságának bemutatása (eredeti dokumentumok felkutatásával és felhasználásával). Vagy:

- A dolgozat írójának tágabb környezetéhez kapcsolódó tudományos vagy műszaki intézmények története, tudóstársaságok története, eredeti dokumentumok bemutatásával. Vagy:
- A természet- és műszaki tudományok valamelyik ágában tárgyi vagy épített emlékek, örökség bemutatása.

A kultúra egysége

- A pályázó e kategóriában a természettudományoknak a társadalom- és humán tudományok, valamint a művészetek különböző területeivel fellelhető összefüggéseit mutatja be.

Önálló kutatások, elméleti összegzések

- A természeti értékek, jelenségek megismerése érdekében a diák által végzett kutatások bemutatása. Előnyben részesülnek az egyéni, fiatalos, önálló gondolatokat, innovatív megközelítéseket tartalmazó, élvezetes és szakszerű beszámolók.
- Az elméleti összegzéseknek is önálló kutatásokon kell alapulniuk. Azoknak javasoljuk, akik örömmel mélyednek el a rendelkezésükre álló megbízható és naprakész adatok tárházában.

Matematika, informatika és applikáció-innováció

- A pályázók matematikával vagy informatikával kapcsolatos önálló vizsgálódással nevezhetnek, amelyben a pályázó elemző áttekintést ad az általa szabadon választott témakörből. Vagy:
- A pályázó pályázhat saját fejlesztésű mobil-applikációk szabatos bemutatásával, leírásával.

Egészségtudomány

Az orvostudomány múltját és jelenét, nagyjainak életét és életművét, az orvostudománynak az egyéb tudományokhoz való viszonyát, eszközeinek fejlődését; vagy az orvosi tevékenység művészeti megjelenítését és annak elemzését mutatják be; vagy egyéb, szabadon választott témakört dolgoznak fel – akár hazai, akár külföldi vonatkozásban. A díj odaítélésénél előnyben részesülnek az egészségtudományi etikai szabályokat teljes egészében tiszteletben tartó pályaművek.

Választható műfajok mind az öt kategóriában:

- Ismeretterjesztő, olvasmányos formában megírt cikk vagy esszé (minimum 10 ezer, maximum 20 ezer karakter terjedelemben, szóközök nélkül, word formátumban; minimum 5 db, JPG formátumú illusztrációval)
- Ismeretterjesztő interjú (minimum 10 ezer, maximum 12 ezer karakter terjedelemben, szóközök nélkül, word formátumban; minimum 5 db, JPG formátumú illusztrációval)

- Ismeretterjesztő fotósorozat, minimum 10, maximum 20 db, JPG formátumú, 1 MB - 4 MB közötti méretű fényképpel, minden képhez tartozó 1-3 mondatos képaláírással (word formátumban); valamint rövid bevezető írással: minimum 1000, maximum 2000 karakter terjedelemben, szóközök nélkül.

DÍJAZÁS

Minden kategóriában és minden műfajban I. díj, II. díj, III. díj, illetve különdíj, dicséret is adható. A zsűri a díjazott diákok felkészítő tanárainak a munkáját is elismeri.

A Diákpályázat hagyományai szerint az Élet és Tudomány, a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat hetilapja is különdíjban részesíti a legolvasmányosabb cikkek alkotóit.

A pályázat alkotói cikkpályázat, így bár a többszerzős pályamunkák elkészítése lehetséges és megengedett, de felhívjuk pályázóink figyelmét, hogy a díjazás pályamunkánként és nem szerzőnként történik.

A konkrét díjazásról, a díjak esetleges megosztásáról a zsűri a bírálati folyamat során dönt. Pályázatunk elsősorban egyéni alkotói felhívás, többszerzős pályamunkák esetén a díjak és egyéb jutatok megosztanak a társzerzők között.

Tájékoztatásul közöljük az előző évi díjkategóriákat, melyeket a Nemzeti Kulturális Alap támogatásával tudtunk a pályázók számára megítélni 2021/2022-ben:

1. díj: 60.000 Ft / díjazott pályamű

2. díj: 50.000 Ft / díjazott pályamű

3. díj: 40.000 Ft / díjazott pályamű

Felkészítő tanári díjak: 40.000 Ft / díjazott pályamű

A pályaművek elbírálására és a díjátadásra előre láthatóan 2023 tavaszán kerül sor.

A XXXII. Természet–Tudomány Diákpályázat pályázati kiírását a Természet Világa számaiban közöljük, illetve olvasható a folyóirat honlapján is.





1



2



3



4

Mediterrán lepkefajok (Ha meglepő a téli hóesés című cikkünkhöz)

- 1, Gyászlepke
(Szerző: Bekő Tamás, forrás: izeltlabuak.hu, licensz: CC BY 4.0)
- 2, Vörös rókalepke
(Szerző: Edina, forrás: izeltlabuak.hu, licensz: CC BY 4.0)
- 3, Csőröslepke.
(Szerző: Pintér Balázs, Szlávik Eszter, forrás:izeltlabuak.hu, licensz: CC BY 4.0)
- 4, C-betűs lepke
(Szerző: Balogh Diána, forrás: izeltlabuak.hu, licensz: CC BY 4.0)

