

Természet Világa

TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY -

145. évf. 1. sz.

2014. JANUÁR

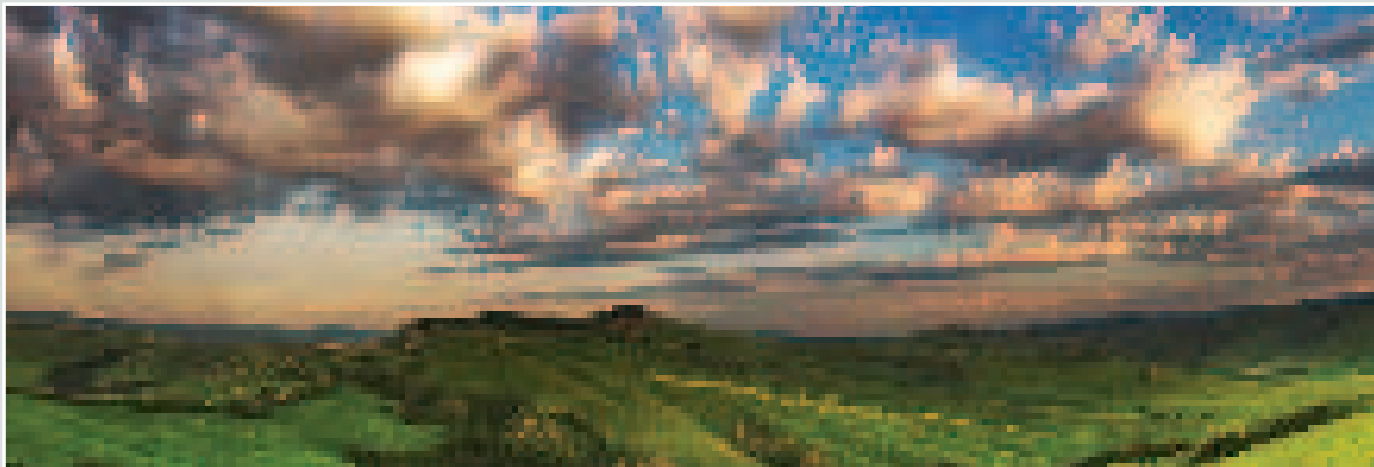
ÁRA: 650 Ft

Előfizetőknek: 540 Ft



- FIZIKAI ÉS KÉMIAI NOBEL-DÍJAK
- EREDETÜNK ÉS TÚLÉLÉSÜNK KÉRDÉSEI
- A RÁK, ÉS AMI MÖGÖTTE VAN
- ELŐSŐ A BIG FIVE NÉVSORÁBAN – ACZÉL JÁNOS
- MAGMAFELÁRAMLÁS
- TITOKZATOS ARÁBIA
- A TUDÁS MŰVÉSZETE

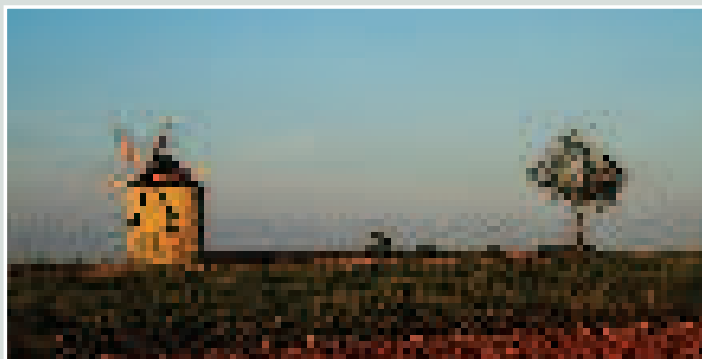
Válogatás Szabó Irma képeiből



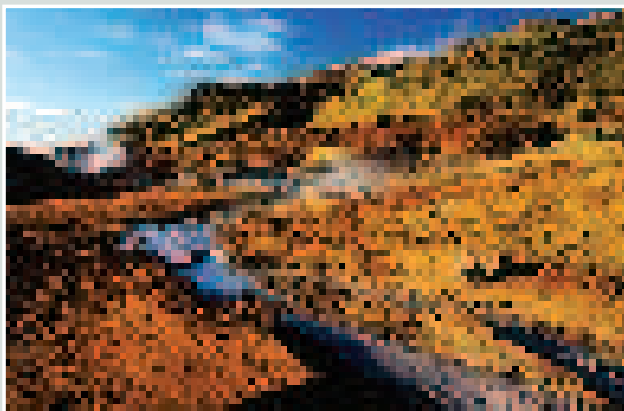
Ez egy szép nap



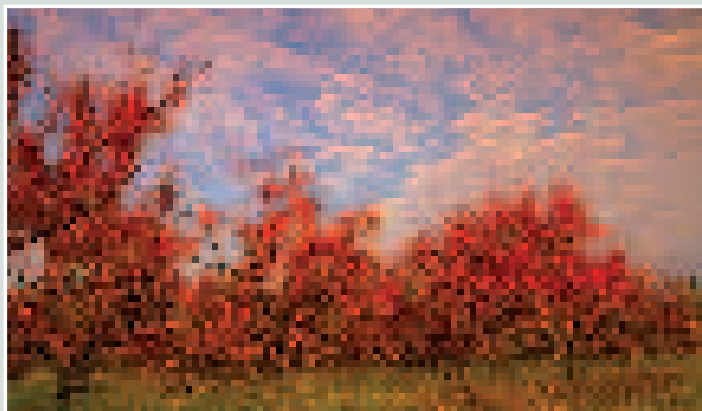
Egy kis Toscana



Régi idők malma

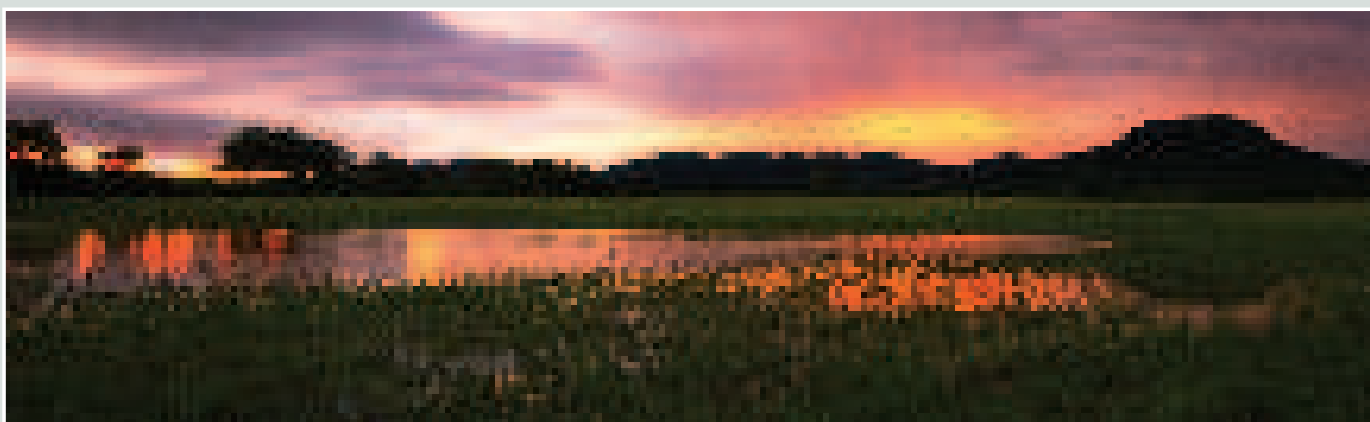


Gejzírek

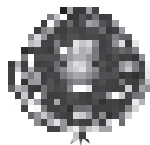


Mandulák ősszel

Napkelte a Csobáncsal



Természet Világa



A TUDOMÁNYOS ISMERETTERJESZTŐ
TÁRSULAT FOLYÓIRATA

Megindította 1869-ben
SZILY KÁLMÁN
MAGYAR TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT

A TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY
145. ÉVFOLYAMA

2014. 1. sz. JANUÁR



Magyar Örökség-díjas és
Millenniumi-díjas folyóirat



Megjelenik
a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala,
valamint a Nemzeti Kulturális Alap támogatásával.
A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai
Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Főszerkesztő:
STAAR GYULA
Szerkesztőség:
1088 Budapest, Bródy Sándor u. 16.
Telefon: 327-8962, fax: 327-8969
Levélcím: 1444 Budapest 8., Pf. 256
E-mail-cím: termvil@mail.datanet.hu
Internet: www.termeszetvilaga.hu
vagy <http://www.chemonet.hu/TermVil/>

Felölös kiadó:
PIRÓTH ESZTER
a TIT Szövetségi Iroda igazgatója

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

Nyomtatás:
Infopress Group Hungary Zrt.

Felölös vezető:
Lakatos Imre
vezérigazgató

INDEX25 807
HU ISSN 0040-3717

Hirdetésfelvétel a szerkesztőségben

Korábbi számok megrendelhetők:
Tudományos Ismeretterjesztő Társulat
1088 Budapest, Bródy Sándor utca 16.
Telefon: 327-8995
e-mail: eltud@eletestudomany.hu
Előfizethető:
Magyar Posta Zrt. Hírlap üzletág
06-80-444-444
hirlapelofizetes@posta.hu

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

Előfizetési díj:
fél évre 3240 Ft, egy évre 6480 Ft

TARTALOM

Patkós András: Folytatható-e az elemi kölcsönhatások felfedezés-története?.....	2
Náray-Szabó Gábor – Perczel András: Kiszámíthatók az élet lego-elemei.....	6
Első a Big Five névsorában. Aczél Jánossal beszélget Staar Gyula	10
Döme Lili – Berczeli Orsolya – Demcsák Anett – Pintér Lajos – Szukacsov Valéria – Haracska Lajos: A rák, és ami mögötte van. Tumorevolúció és terápiás lehetőségek.....	15
Egy Nobel-díjas, aki a mai akadémiai rendszer számára nem lenne eléggé termelékeny.....	19
Németh Károly: Titokzatos Arábia.....	20
Jankovics M. Éva: Magmafeláramlás lépésről lépésre.....	25
Almár Iván: Eredetünk és túlélésünk komplex feltételei. Amit erről a tudomány már tud, és amit nem.....	29
HÍREK, ESEMÉNYEK, ÉRDEKESSEGEK	31
Simonovits András: A természetes számoktól a kvaterniókig.....	34
A balatoni naplementék a legszebbek. Szabó Irma természetfotóssal beszélget Lukácsi Béla	36
Hudecz Ferenc: Kucsman Árpád emlékére.....	38
Tomasz Jenő: Múzeum kávéházi ebédek.....	39
Trupka Zoltán: Energiapolitika tudományos alapokon.....	40
Szili István: A tudás művészete. Rövid elmélkedés a tudományos illusztrációról. Első rész.....	42
ORVOSSZEMMEL (Matos Lajos rovata).....	45
Kalotás Zsolt: Gombahatározó másképpen.....	46
FOLYÓIRATSZEMLE	47
KÖNYVSZEMLE	48

Címképünk: Jeges naplemente a Balatonnál (Szabó Irma felvétele)

Borítólapunk második oldalán: Válogatás Szabó Irma képeiből

Borítólapunk harmadik oldalán: Illusztrációk *A tudás művészete* című cikkünkhöz

Mellékletünk: Radnóti Katalin: A Világegyetemről alkotott képünk alakulása. A XXII. Természet–Tudomány Diák pályázat cikkei (Turčáni Eszter, Szanyi Kálmán, valamint Berekméri Evelin és Szilágyi Réka írása)

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Elnök: VIZI E. SZILVESZTER

Tagok: ABONYI IVÁN, BACSÁRDI LÁSZLÓ,
BAUER GYÖZÖ, BENCZE GYULA, BOTH ELŐD, CZELNAI RUDOLF,
CSABA GYÖRGY, CSÁSZÁR ÁKOS, DÜRR JÁNOS, GÁBOS ZOLTÁN,
HORVÁTH GÁBOR, KECSKEMÉTI TIBOR, KORDOS LÁSZLÓ,
LOVÁSZ LÁSZLÓ, NYIKOS LAJOS, PAP LÁSZLÓ,
PATKÓS ANDRÁS, PINTÉR TEODOR PÉTER, RESZLER ÁKOS,
SCHILLER RÓBERT, CHARLES SIMONYI, SZATHMÁRY EÖRS,
SZERÉNYI GÁBOR, VIDA GÁBOR, WESZELY TIBOR

Főszerkesztő: STAAR GYULA

Szerkesztők:

KAPITÁNY KATALIN (yka@mail.datanet.hu, 327–8960)
NÉMETH GÉZA (n.geza@mail.datanet.hu, 327–8961)

Tördelés: LÉVÁRT TAMÁS

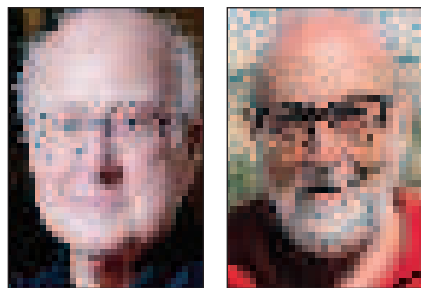
Szerkesztőségi irodavezető: LUKÁCS ANNAMÁRIA

PATKÓS ANDRÁS

Folytatható-e az elemi kölcsönhatások felfedezés-története?

François Englert és Peter W. Higgs annak az elméleti mechanizmusnak felfedezéséért részesültek a 2013. évi megosztott fizikai Nobel-díjban, amely „lényegesen hozzájárul az elemi részecskék tömege eredetének megértéséhez, és amelyet a közelmúltban megerősített a felfedezésük részeként megjósolt elemi részecske létezésének a CERN LHC gyorsítójánál az ATLAS és a CMS kísérletekkel történt kimutatása.”

A fizikai Nobel-díj bizottságának idézett rövid indoklása világossá teszi, hogy az elismerést a Higgs-részecske létezésének megjósolásánál jóval átfogóbb jelentőségű elméleti fizikai alkotásért ítélték oda. Ezt az alkotást felfedezőikről Brout–Englert–Higgs-mechanizmusnak hívják. (1. ábra, Englert társszerzője Robert Brout 2011-ben



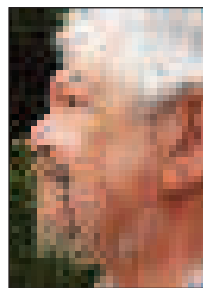
1. ábra. Peter Higgs, François Englert, Robert Brout

elhunytt.) A díj 26 oldalas részletes szakmai indoklása átfogja az alapvető kölcsönhatások természetének J. C. Maxwell munkásságával a XIX. század derekán kezdődött és napjainkig tartó feltárását. Részletesen bemutatja a BEH-mechanizmushoz vezető utat és az arra alapozott építkezést, amely elvezetett az elemi kölcsönhatások ún. Standard Modelljéhez. E történet bemutatása során mintegy másfél tucatnyi Nobel-díjas fizikust említenek, akiknek elismerése néha a nevükhöz fűződő konkrét felfedezést követő néhány éven belül megtörtént. A kiinduló alkotás jutalmazásával közel fél évszázadot vártak.

A BEH-mechanizmus immár bizonyítottan az alapja az elemi kölcsönhatás-

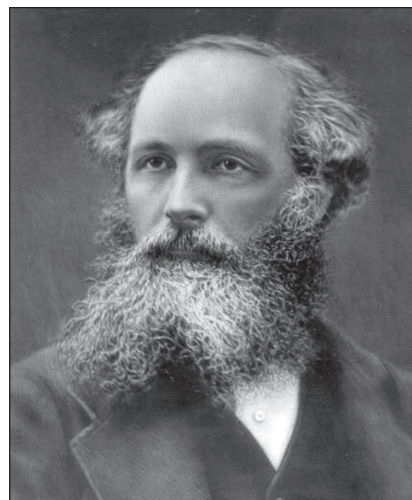
ok szédítő magasságba ívelő, a gótikus templomokhoz hasonlatos, emberi tudás-tornyanak. A Higgs-részecske utolsó maradt felfedezése a torony stabilitását adó zárókőnek tekinthető. A CERN LHC-nál született felfedezés a BEH-mechanizmusnak mintegy melléktermékeként megjósolt nagytömegű elemi részecske létezését bizonyítja. Szükségszerű létezésére elsőként P. W. Higgs cikke mutatott rá, így ezt a részecskét a jövőben is Higgs-részecskének nevezik majd.

Az idézett rövid indoklás „név szerint” említi azokat kutatócsoportokat, amelyeknek köszönhető a Higgs-részecske kísérleti felfedezése. Az elmúlt egy évben a két csoport részleteiben megismerte a részecske tulajdonságait, amelyek szinte tökéletesen egyeznek a Higgs javaslata nyomán



kidolgozott vára-
kozásokkal. A Nobel-díj szabályainak korlátai között ennél nagyobb elismerést nem lehet nyújtani a két kísérletben egyenként közel 3000 fizikus erőfeszítésével elért eredménynek. (A CERN három vezetője, Rolf Heuer főigazgató, Sergio Bertolucci kutatási és informatikai igazgató és Steve Meyers technikai és gyorsítókért felelős igazgató elnyerték az Európai Fizikai Társaság (EPS) Edison-Volta díját, míg az ATLAS és a CMS kísérletek az EPS Nagyenergiás Fizikai Osztályának 2013. évi fődíjában részesültek.)

Terjedelmi korlátaink nem teszik lehetővé, hogy ismertessük a díjbizottság másfél évszázadot átfogó esszéjét, amelynek éppen fele a Higgs-részecske kísérleti felfedezésének részleteit mutatja be. Kénytelenek vagyunk a díjazott alkotás közvetlen környezetét adó legfontosabb elméleti gondolatokra koncentrálni, amelyekre a díjazottak érdemei is vonatkozathatók.

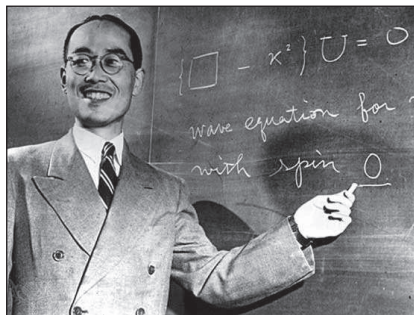


2. ábra. James Clerk Maxwell

Maxwell és követői

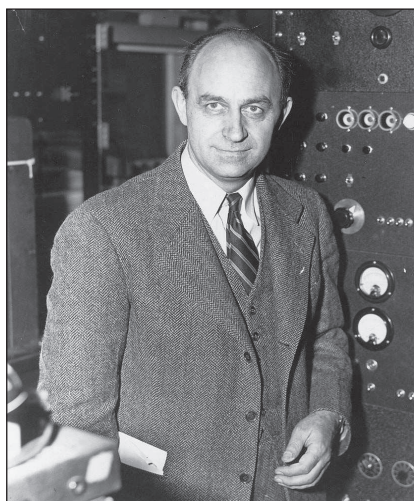
Kezdjük tehát James Clerk Maxwell (2. ábra) alkotásával, amely mindvégig mintaként szolgált az elemi kölcsönhatások megértésén dolgozó kutatók számára. 1865-ben megadta az elektromágnesség egységes elméletét, amelyben az elektromos és mágneses erőtér leírását a négykomponensű vektorpotenciál dinamikájából lehet származtatni. Ez a tér közvetíti az atomi alkotórészek közötti (manapság már kvantált) kölcsönhatást, nulla nyugalmi tömegű fotonok folyamatos cseréje révén. A nulla tömeg következménye a Coulombpotenciál lassú, a távolsággal fordítottan arányos csökkenése.

Az 1930-as évek elején főként W. Heisenbergnek, W. Paulinak és E. Ferminek a James Chadwick kísérleti eredményeit értelmező munkái révén vált világossá, hogy az atommagot összetartó vonzó erőhatás, illetve az instabil izotópok béta-bomlása két újabb elemi kölcsönhatásnak, az erős, illetve a gyenge kölcsönhatásnak a megnyilvánulásai. Ezeknek a hatásoknak azonban véges a hatósugara, nem haladja meg az atommagok néhány femtométernyi kiterjedését.



3. ábra. Hideki Yukawa

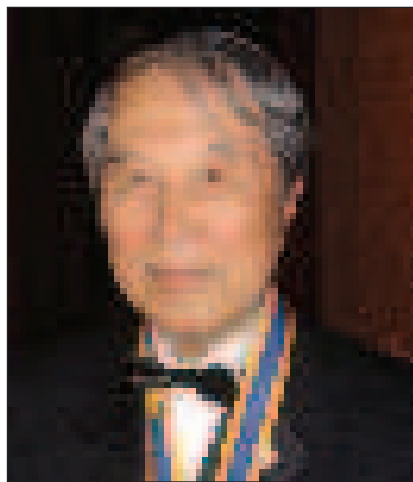
1934-ben *Hideki Yukawa* (3. ábra) Maxwellt követve bevezette azt az exponenciálisan (minden hatványnál gyorsabban) csökkenő potenciált a mag alkotórészei (a nukleonok) közötti erőhatás leírására, amely ma az ő nevét viseli. Ezt a potenciált a kvantumelméletből ugyanúgy a nukleonok közötti folyamatos mikrofizikai részecskecserével lehet származtatni, ahogy a fotonok cseréje vezet a Coulomb-potenciál kialakulására. A véges hatótávolság annak eredménye, hogy a kicserélt részecskék tömege nem nulla. A nukleonok közötti mért erőhatás alapján Yukawa megjósolta az általa „mezonnak” nevezett részecske tömegét, amelyet 1947-ben fel is fedeztek a Földet érő kozmikus sugárzás keltette részecske záporokban.



4. ábra. Enrico Fermi

Enrico Fermi (4. ábra) a béta-bomlás elméletének megalkotásakor szintén Maxwellt szerette volna követni. Ma már tudjuk, hogy nagyon rövid hatótávolságú, azaz nagyon nagy tömegű vektor-quantumok közvetítése révén tud elbomlani a neutron a béta-bomlásban. Első lépésben a neutron protonná alakul át, amit egy negatív töltésű *W*-bozon kibocsátása kísér. A második lépésben ez a vektor-quantum bomlik el egy elektrorra és

annak anti-neutrínójára. Azonban 1934-ben, Fermi elmélete megalkotásakor csak olyan kis energiájú gyenge kölcsönhatási folyamatokat tanulmányozhattak, amelyek leírásában a közvetítő vektorquantum térbeli haladásának semmiféle hatása nem jelentkezik. Közvetítő elmélete, amely szerint a neutron protonba történő átalakulása és az elektron meg az anti-neutrínó megjelenése ugyanabban a pontban és ugyanabban az időpillanatban történik, tökéletesen kielégítő értelmezést adott a kísérleti adatokra.



5. ábra. Yoichiro Nambu

A „szupravezető” vákuumban haladó elemi részecske

A ma pionoknak nevezett mezonok és a nukleonok kölcsönhatását vizsgálva *Yoichiro Nambu* (5. ábra) 1961-ben azt a kérdést tette fel, vajon a pionok elemi részecskék-e vagy esetleg egy nukleon és egy anti-nukleon erősen kötött állapotaként („atomjaként”) alakulhatnak ki. Erre a váratlan kérdésfeltevésre a szupravezetés jelenségének 1956-ban született átütő sikeres elmélete indította, amelyben a szupravezetés nulla-spinű töltéshordozója nem új önálló elemi objektum, hanem két feles spinű elektron kötött állapota, az ún. Cooper-pár. A Cooper-párok makroszkopikus sűrűségű jelenléte a szupravezető anyagban egy új fázis („halmozállapot”) megvalósulását jelenti. Nambu rámutatott, hogy a makroszkopikus sűrűségű nukleon-antinukleon párok csapadékát (kondenzátumát) tartalmazó fázisban automatikusan fellép egy könnyű gerjesztés, anélkül, hogy azt eredetileg elemi részecskéként be kellett volna vezetni. Ezt lehet azonosítani Yukawa pionjával. A kondenzátum másik fontos hatása az, hogy jelentősen megnöveli a nukleonok tömegét azoknak a kondenzátum nélküli világban mérhető értékéhez képest. A részecskefizika egyik legáltalánosabb hatása itt jelentkezett először: „A kondenzátummal jellemezhető állapot-

ban terjedő, azzal folyamatosan kölcsönható részecskéknek többlet-tömege keletkezik.”

A Nambu által megfogalmazott kép mai tudásunknak azzal a változásával vált tartós részévé, hogy a nukleon-antinukleon kondenzátum helyére kvark-antikvark kondenzátum lépett és a könnyű pion-gerjesztést kvark-antikvark kötött állapotként értelmezzük. Érdeemes megjegyeznünk két fontos tulajdonságát a kvark-antikvark rendszernek:

Bár a kvarkok a kondenzátumban igen jelentős tömegtöbbletre tesznek szert, a kondenzátum nélküli állapotban sem lehetnek tömegtelenek. Ugyanis ekkor, mint *Jeffrey Goldstone* még 1961-ben kimutatta, a pionok is zérus tömegűek lennének, ami az ún. Nambu–Goldstone-bozonok általános tulajdonsága.

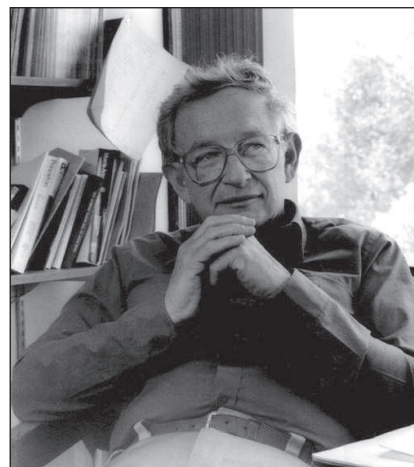
A pion, a könnyű kvark-antikvark kötött állapot mellett létezik egy nehéz is, amely a magának a csapadéknak a rezgési kvantumaival azonosítható. Ennek létét sokáig megkérdőjelezték, de 2012-ben végleg bekerült az elemi részek hivatalos táblázatába. A szigma-részecske tömege megfelel annak a várokozásnak, amelyet egy két kvarkból álló részecske (amilyen a szigma is) és a három kvarkból álló nukleonok tömegének arányára kialakíthatunk, ha a kötött állapot kötési energiája nem túl nagy.

Összefoglalva, az erősen kölcsönható elemi részek (a kvarkok kötött állapotai) nem üres vákuumban, hanem kvark-antikvark kondenzátumban haladnak és annak hatására többlettömeget nyernek.

Tömeges vektor erőterek könnyű kísérő részecskék nélkül

Többen próbálkoztak a maxwelli elektrodinamikához hasonló elmélet megalkotásával véges tömegű vektori erőterek esetére. A kvantumelektrodinamika elméletének kidolgozásáért Nobel-díjat nyert *Julian*

6. ábra. P. W. Anderson



Schwinger 1957-ben, valamint Richard Feynman, aki a kvark-hipotézist felállító, szintén Nobel-díjas Murray Gell-Mann-nal együttműködésben dolgozott ezen a kérdésen. Ők a béta-bomlás értelmezéséhez szükséges két töltött vektortérrel igyekeztek a nukleonok és a leptonok (az elektron és neutrínói) gyenge kölcsönhatását megkonstruálni. Sheldon Glashow 1961-ben az elektromágnességgel történő egyesítés cél-

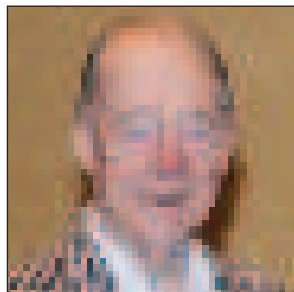
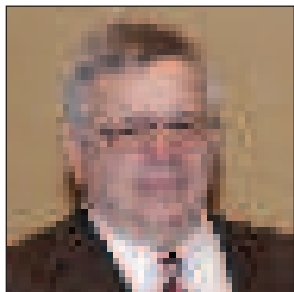
donságú kondenzátum is, amely az eredetileg zérus tömegű vektor-quantumoknak hoz létre tömeget. Aggodalmat okozott viszont, hogy a tömeggenerálást szükségszerűen kíséрни látszott meghatározott számú könnyű (Nambu–Goldstone-) részecske is, amelyre a gyenge kölcsönhatások tapasztalati anyaga egyáltalán nem utalt.

A polarizálható közegekben terjedő elektromágneses hullám elemzése mutatta a továbblépés útját. P. W. Anderson (6. ábra), aki később a kondenzált anyagok kvantumfizikájában elért eredménye-ért kapott Nobel-díjat, 1962-ben egybevetette az áram által keltett vektorpotenciál és a közegben külső vektorpotenciál hatására létrejövő áram egymást indukáló hatását. Természetesen a közegben kialakuló

romágneses tér) a kondenzátum gerjesztései között fellép a töltetlen könnyű (nulla tömegű), továbbá egy nehéz rezgési módus. Higgs azt mutatta meg, hogy az elektromágneses térrel való folyamatos kölcsönhatás eredményeként a könnyű részecske eltűnik, mintegy átalakul a tömeges elektromágneses hullám longitudinális polarizációval terjedő módusába.

Higgs elemzése a klasszikus hullámelmélet keretei között maradt, míg Brout és Englert az első kvantumkorrekciókat kiszámolva megmutatta, hogy a következtetés a kvantált részecskefizika keretei között is érvényes. 1964 és 1967 között a most kitüntetett fizikusok mellett még a G. S. Guralnik, C. R. Hagen és T. W. B. Kibble (7. ábra) alkotta csoport is lényegesen hozzájárult ahhoz, hogy megszülessen a tömeggenerálás receptje tetszőleges vektortér sokaságot tartalmazó Yang–Mills-elméletben, valamint annak bizonyításához, hogy a jelenség fennmarad ezen elméletek egzakt megoldásában is.

A Standard Modell megszületése 1967-ben Steven Weinberg és Abdus Salam (8. ábra) egymástól függetlenül tett javaslatá-



7. ábra. G. A. Guralnik és T. W. B. Kibble

jával kibővítette Schwinger konstrukcióját és felismerte, hogy a fotont csak akkor tudja beépíteni, ha egy további semleges gyenge erőtér (a későbbi Z^0) létezését is feltételezi.

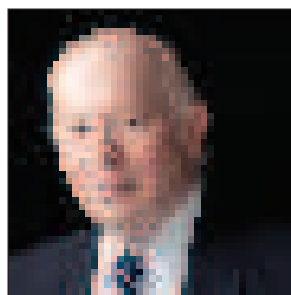
Mindezek a próbálkozások a kvantumelmélet részletes számításaiiban jártas kutatók előtt reménytelennek tündek. Ha a vektor-quantum a tömegét nem valamilyen dinamikai folyamatból nyeri, hanem eleve adott értékkel szerepel az egyenletekben, akkor az elmélet bármely megoldási eljárása értelmetlen, mindent határt meghaladóan nagy értékű (szinguláris) mennyiségekre vezetett. E tulajdonság miatt a korszak fizikusainak többsége azon a véleményen volt, hogy csak nulla tömegű vektorterekre lehet ellentmondásmentes kvantumelméletet kidolgozni, azaz a Maxwell-elméletre épített kvantumelektrodinamika sikere egyszeri, és az erős meg a gyenge kölcsönhatásokra megismételhetetlen. A nulla tömegű erőkkel közvetített kölcsönhatásoknak ugyanis van egy olyan többszörös-szimmetriájuk, amelynek hatására a közvetítésükkel végbemenő kvantumfolyamatok valószínűségeiből ezek a legsúlyosabban szinguláris járulékok kiejtik egymást. Ezen szimmetriát tekintve vezérelnek, 1955-ben Robert L. Mills és Chen N. Yang kidolgozta a vektormezők tetszőleges kombinációira alapozott kölcsönhatások elméleti konstrukcióját, a részecskefizikában mára egyeduralgódóvá lett Yang–Mills-elméleteket. Am a Yang–Mills-erők végtelen hatótávolságuk miatt az 1960-as évtized elején még nem keltek komoly érdeklődést.

Nambu vizsgálatai éppen azért kaptak szinte azonnali, a konkrét eredményeken túlmutató visszhangot, mert példát adtak a tömeg dinamikai generálására. Ez pedig reményt adott, hogy kialakulhat olyan tulaj-

ló elektromágneses vektorpotenciál nem választható szét külső polarizáló és az áram által indukált részre. Anderson a kialakuló teljes elektromágneses térre kimutatta, hogy az ún. plazmafrequenciával meghatározott tömegű, három polarizációs (két transzverzális és egy longitudinális) állapottal rendelkező hullámként viselkedik. Ami pedig a legfontosabb: a tömeg generálását ez esetben nem kíséri könnyű részecske gerjesztése. Anderson egyértelműen jelezte, hogy a részecskefizika Yang–Mills-tereire is hasonló mechanizmust kell keresni, de a részletes plazmadinamika vagy akár a szupravezetőkben fellépő hasonló jelenség mechanizmusa túlságosan komplikáltak tűnt a részecskefizikai célú általánosításához.

A Brout–Englert-Higgs-mechanizmus

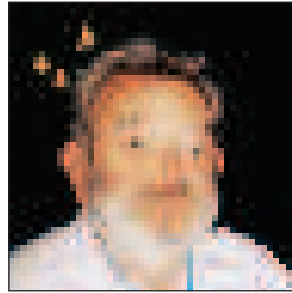
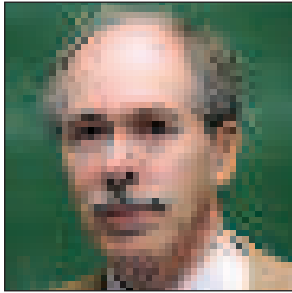
Az áttörést hozó vizsgálatokat mégis éppen a szupravezetés egy leegyszerűsített modelljének, a Ginzburg–Landau-modellnek a relativitáselmélet formai követelményeit érvényre juttató általánosításán végezte el Peter Higgs 1964-ben. A Cooper-párok összetett rendszerét ebben az elméletben egy kétszeresen töltött elemi részecske képviseli, amelynek zérus a saját-perdüllete. A Cooper-párok alkotta kondenzátum helyébe ezen elemi részecskék makroszkopikus sűrűségű kondenzátuma lép. Ennek hatására (ha nincs jelen elekt-



8. ábra. Steven Weinberg és Abdus Salam

tól számítható, amelynek szerzői hangsúlyosan támaszkodtak a BEH-mechanizmusra. Weinberg és Salam egy speciálisan választott Higgs-részecske csoport (multiplett) segítségével szelektíven tudtak tömeget generálni a Glashow által 1961-ben feltételezett négy vektorrészecskének. Közülük az egyik tömeg nélküli maradt és azonosítható lett az elektromágneses vektorpotenciállal. A másik háromnak a kondenzátum úgy ad tömeget, hogy a két elektromosan töltött W-bozon kissé könnyebb a semleges Z^0 -nál. Weinberg ennél is tovább ment, és ugyanezen kondenzátum segítségével Nambu mechanizmusát használta a kvarkok és a töltött leptonok tömegének generálására. (Láttuk, hogy a kvarkok tömegét a kvark-antikvark kondenzátum szintén növeli.) A konstrukció nagy sikere volt, hogy a neutrínók tömegtelenek maradhattak.

A történet itt még nem érhetett véget, miután fennállt a gyanú, hogy a kvantumos fluktuációk figyelembevétele ugyanolyan súlyosan szinguláris viselkedésre



9. ábra. Gerald 't Hooft és Martinus J. G. Veltman

vezet, mint amit az eleve adott tömegű vektorrészecskékkal végzett számításokra vonatkozóan már említettünk. Szerencsére sikerült belátni, hogy az a többlétszimmetria, amely a nulla tömegű erőtereket tartalmazó elméletekben véges eredmények kiszámítását teszi lehetővé, a kondenzátum kialakulása ellenére fennmarad. Ezt a tulajdonságot kihasználva *Gerald 't Hooft* és *Martinus J. G. Veltman* (9. ábra) bebizonyították, hogy az egységes elektromágneses elméletben ugyanúgy lehet figyelembe venni a folyamatok bekövetkezési valószínűségében a kvantumfluktuációkat, akár az elektrodinamikában. Ezzel megkezdődhetett az elektromágneses elmélet diadalútja, amelynek egyik csúcspontja volt a *Carlo Rubbia* és *Simon van der Meer* (10. ábra) által vezetett CERN-kísérlet, amely 1983-ban felfedezte a foton nehéz testvéreit.

Az előző két bekezdésben említett nyolc fizikus mindegyike e munkákat elismerő Nobel-díjban részesült 1979-ben, 1984-ben, 1999-ben, végül 2008-ban. Nambu díjazásakor (2008) a történet ismerői számára már nyilvánvaló volt, hogy a Higgs-részecske felfedezését követő díjat készítik elő azzal, hogy nem hagyják ki a sorból a részecskefizikai tömeggenerálás első javaslattevőjét.

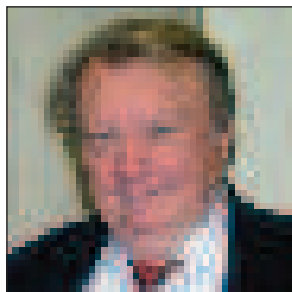
A kvantum térelmélet teljes körű részecskefizikai alkalmazhatóságát megalapozó felfedezés alkotóit végül akkor tüntették ki Nobel-díjjal, amikor a Standard Modellben szereplő összes részecskére kiterjedően bebizonyosodott elképzelésük helytálló volta.

Kitérő: a két Szása története

A svéd akadémia részletes tudománytörténeti áttekintése tartalmaz egy igen meglepő bekezdést is, amelyet legegyszerűbb idéznünk: „Goldstone tételét a Szovjetunióban is elemezték. Az ottani fizikusok elszigeteltségük ellenére ismerték Nambu, Goldstone és Schwinger munkáját. Két 19 éves egyetemista,

nyilvánvalóan a nyugati fejleményektől teljesen független gondolatmenetet követ.” A cikk oroszul 1966 februárjában jelent meg. Nyilván igen alapos kutatómunkát végeztek a svédek, amíg meggyőződtek arról, hogy egyidejűleg egyenrangú eredményt ért el két akkor még ismeretlen diák. Az események tisztázására fordított energiát az olvasó számára megmagyarázhatja, hogy a két Szása a Lev Landau és Nyikolaj Bogoljubov korszakát követő időszak elméleti fizikájának páros csillaga lett a Szovjetunióban. Annak szétesését követően mindketten a Princeton Egyetem professzorai lettek.

A „vezető fizikusok” megnevezés *Lev Landaut* és tudományos iskolája meghatározó személyiségeit rejtheti. Landau Halatnyikovval és Abrikoszovval a kvantumelektrodinamika mély elemzése alapján eljutott addig, hogy tagadta a kvantum térelmélet bármiféle alkalmasságát a részecskefizikai jelenségek leírására. Egy elszigetelt, szélsőségesen hierarchikus szerveződésű társadalomban az ő már-már



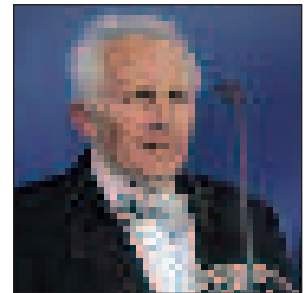
10. ábra. Carlo Rubbia és Simon van der Meer

kultikus tekintélye sok éven át leblokkolta a szovjet kutatók hozzájárulását a Standard Modell fejlesztéséhez. Ugyanennek a légkörnek a megnyilvánulása volt a szibériai fizikus, Jozsif Khriplovics 1969-es számításának jelentéktelen kuriózumként

történet kezelése, bár eredménye 4 évvel Gross, Politzer és Wilczek előtt jelezte az erős kölcsönhatások elméletének alaptulajdonságát, az aszimptotikus szabadságot. Landau kiemelkedő elméleti fizikusi teljesítményét beárnyékolja ellentmondást nem tűrő személyiségének hosszan bénító hatása, amely esetleg két Nobel-díjtól is megfosztotta a szovjet elméleti fizikai iskolát.

Az út vége?

A részecskefizika előzetes programozottságának tűnő, félvszázados felfedezés-sorozata végére ért. Zárásul három megoldatlanul maradt kérdést, illetve értelmezésre váró váratlan felfedezést sorolunk fel, amelyek igénylik a Standard Modell valamilyen kiegészítését:



11. ábra. Alekszandr Migdal és Alekszandr Poljakov

A jelenlegi elméleti keretben nem sikerült értelmezni az anyag és az antianyag aszimmetrikus előfordulását az Univerzum általunk belátható óriási tartományában;

A Standard Modell nem ad számot a galaxisok skálájától az Univerzum egészének méretskálájáig jelentkező „sötét anyag” természetéről;

A Standard Modell szerves részét alkotó neutrínók tömege nem nulla, ám e tömegeknek nem állhat háttérben a BEH-mechanizmus.

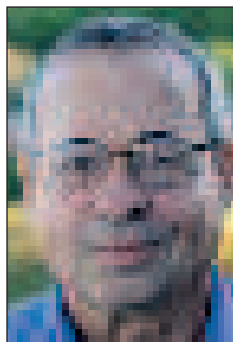
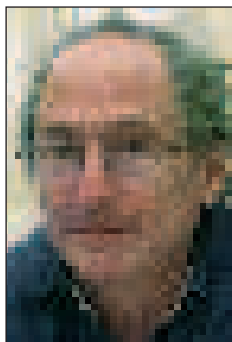
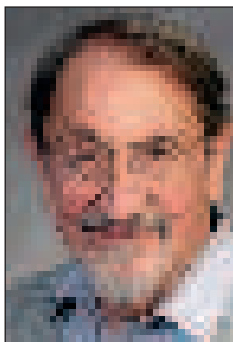
Számtalan elméleti elképzelés van e kérdések megválaszolására a Standard Modell kismértékű kiegészítésével. Azaz a nagyenergiás részecskefizika tudáshorizontja néhány kis felhőcskétől eltekintve vakítóan csillogó tisztaságú.

Remélem, igencsak ismerős ez a megfogalmazás! Lord Kelvin egyik előadása megállapításának parafrázisa, amely a XIX. század végén a fizika tudománya zárt teljességének akkor közeli-tűnő elérésével foglalkozott. A költői megfogalmazás tudományos idillre érkezett „pofonként” a XX. század első negyedében a kvantumfizika és a relativitáselmélet forradalma. Vajon erre számíthatunk-e most is? 🏠

NÁRAY-SZABÓ GÁBOR – PERCZEL ANDRÁS

Kiszámíthatók az élet lego-elemei

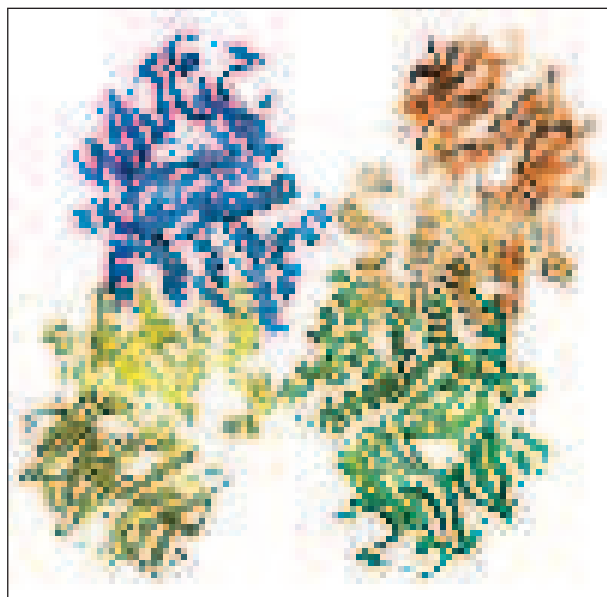
A kémiai Nobel-díjat a komplex kémiai rendszerekre kidolgozott számítási és molekula-modellezési alapelvek megfogalmazásáért 2013-ban *Martin Karplus*, *Michael Levitt* és *Arieh Warshel* amerikai tudósok kapták. A díj odaítélése is azt jelzi, hogy a Svéd Királyi Akadémia a nemzetközi tudományos közvéleményre támaszkodva kinyilvánította: a kémia egzakt tudománnyá vált! Az óegyiptomi korbá visszanyúló kezdetekben – ahonnan vélhetőleg a kemi (egyiptomi; jelentése *fekete föld*) kifejezés ered –, a középkorban (amit az alkímiával szoktunk azonosítani), sőt az újkor kezdetén sem gondolták, hogy a kémiának valaha egységes elmélete lehet. A festékek előállításánál, a fémek ötvöztetésénél, a bőrök kikészítésénél és más, a kémiával kapcsolatos praktikus eljárások és kísérletek során a tapasztalatokra, a századok során felgyülem-



Martin Karplus, Michael Levitt és Arieh Warshel megosztva kapták a díjat

ták a szakértők, hogy tisztán matematikai eszközökkel nem lehet célt érni, a molekuláris rendszerek tulajdonságait leíró Schrödinger-egyenlet megoldásához fel kell használni bizonyos kémiai jellegű ismereteket is, amelyek egyrészt a H-atom egzakt hullámfüggvényére, másrészt a kémiai kötés egyre jobban kikristályosodó fogalmára épülnek. A kémiából ismert szabály – az

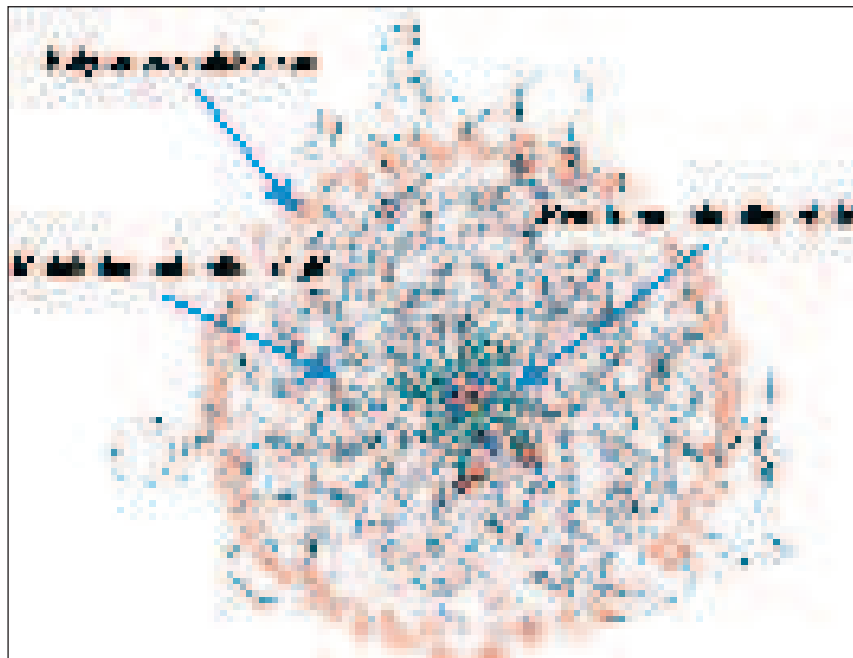
1. ábra. Acilpeptid hidroláz enzim nyitott (narancs és sárga molekulák) és csukott (zöld és kék molekulák) állapotát együttesen tartalmazó kristályszerkezet térszerkezeti modellje (Készítette: Harmat Veronika)



lett, de meglehetősen heterogén, empirikus ismeretekre támaszkodtak. Az első zseniális lépést a rend irányába *Mengyelejev* orosz kémikus tette, akinek intuitív alapon megszerkesztett periódusos rendszere egységes keretbe foglalta a kémiát, s egyben az Univerzumot is felépítő atomokat. Az áttörést a kvantummechanika hozta, így *Paul Dirac* Nobel-díjas fizikus joggal állíthatta már 1929-ben, hogy a kémia egzakt matematikai leírásához szükséges alapvető egyenleteket ismerjük, a nehézség „mindössze” abban áll, hogy ezek az egyenletek túl bonyolultak ahhoz, hogy megoldjuk és így alkalmazzuk azokat. A kvantummechanika nemlineáris, csatolt differenciálegyenlet-rendszereinek megoldását az tette első pillantásra reménytelenné, hogy a számítások időigénye a vizsgált molekuláris rendszer elektronszámának negyedik hatványával növekszik. A másodfokú egyenlet megoldóképletéhez hasonló, egzakt, zárt alakú megoldást csak a legegyszerűbb rendszerek, mint a hidrogénatom és a hidrogénmolekula-ion esetében sikerült találni.

A nyolcvan éve tartó, elmélyült kutatás korai fázisában belát-

atomtörzsek egyik molekuláról a másikra való átvihetősége – alapján megszerkesztették az atompályákat, melyekből felépíthető az atommagok és a hozzájuk tartozó elektronok együttesét leíró molekulapályák rendszere. A számítástechnika fejlődése lehetővé tette az egyre összetettebb szoftverek kifejlesztését, amelyek segítségével kisebb molekulák esetében már több-kevesebb pontossággal meg lehet szerkeszteni az alkalmas hullámfüggvényt, amely segítségével elvben egy molekula bármely mérhető tulajdonsága kiszámíthatóvá válik. *John Pople* angol-amerikai matematikus e szerteágazó munka megkoronázásaként, több közelítő módszer és egy, azóta rendkívül széles körben használt szoftver kidolgozásáért és széles körű alkalmazásáért kapott 1998-ban Nobel-díjat. Vele együtt jutalmazták *Walter Kohnt*, aki bizonyította, hogy nemcsak a hullámfüggvény, egy elvont matematikai konstrukció, hanem a belőle felépíthető és kísérletileg is észlelhető elektronsűrűség is alkalmas arra, hogy egy molekuláris rendszer megfigyelhető tulajdonságait meghatározzuk belőle. Az általa levezetett egyenlet megteremtette egy alapvetően eltérő közelítő számítási módszer, az ún. sűrűség-funkcionál elmélet alapjait. Ez a közelítés mára a molekulapályamódszer egyenrangú partnerévé vált, esetenként – például átmeneti fémeket tartalmazó molekulák esetében – ezt felül is múlja eredményességben. Fontos magyar vonatkozásai is vannak ennek az elméletnek, hiszen a Kohn-féle elmélet megalapozásában egy magyar fizikus, *Gombás Pál*, míg a Pople-féle alkalmazások kimunkálásában egy szintén magyar kémikus, *Pulay Péter* ját-

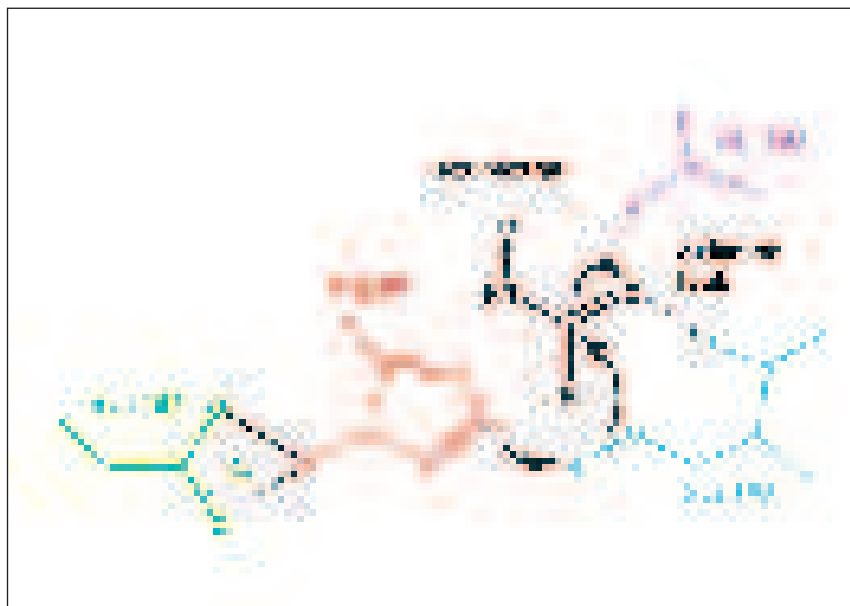


2. ábra. A vízben oldott fehérje felosztása különböző szintű közelítésekkel leírható régiókra

zelítések bevezetésére van szükség. Az óriásmolekulákat nem az atommagokkal és ezek terében mozgó elektronokkal modellezték, hanem sokkal egyszerűbb leírásmódot fejlesztettek ki. A kémiai kötésekkel mint rugókkal összetartott, gömböseszerű atomok segítségével ezek mozgását, összes belső energiáját egyszerű matematikai képletekkel le lehet írni. Ezt a módszert molekulamechanikának nevezték el, és eredetileg kisebb szerves molekulák modellezésére, főleg térszerkezetük jellemzésére fejlesztették ki. Később, többek között a magyar *Némethy György* közreműködésével, fehérjékre is kiterjesztették ezt a közelítő leírásmódot. *Lifson* és *Warshel* már a hatvanas évek végén kidolgozta az ún. Consistent Force Field-módszert, amely elsőként tette lehetővé fehérjék bizonyos tulajdonságainak a valósághoz meglepően hű modellezését. Nem sokkal ezután *Levitt* és *Warshel* további egyszerűsítést vezetett be azért, hogy a fehérjék oldalláncait egyetlen gömbbel helyettesítették, ami lehetővé tette, hogy részleteiben tanulmányozzák egy valós rendszer, a marha hasnyálmirigyében található tripszin nevű enzim működését gátló fehérje feltekeredését.

szott meghatározó szerepet. Utóbbi nevével fel is tüntették a Nobel-díj odaítélésének indoklásában (www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1998/advanced-chemistryprize1998.pdf). A kvantumkémia, mely az említett módszerek fejlesztésének és alkalmazásának a tudománya, mára oda jutott, hogy a legfeljebb néhány atomot tartalmazó molekulák bizonyos tulajdonságait, esetenként a kísérletit meghaladó pontossággal is képes meghatározni. A műszeres módszerek egyenrangú társává, nemegyszer irányítójává vált a számolás, melynek alapján helyesbíthetők, akár pótolhatók is egyes mérési adatok.

E látványos sikerek azonban csak korlátozott érvényűek, s lényegileg csak a gázfázisban észlelhető folyamatok magyarázatát és a spektroszkópiát segítik. A legtöbb valós kémiai rendszer – reagens és reaktáns, s azok oldószeres környezete gyakran több ezer atomból épül fel, s ez ma sem modellezhető egyszerűen. A szerves és makromolekulák reakciója legtöbbször folyadékfázisban történik, s a molekuláris rendszert körülvevő oldószer-molekulák figyelembevétele fontos, olykor elengedhetetlen lehet a pontos leírásban. Például a kőolajiparban játszott szerepe miatt kiemelkedő gazdasági jelentőségű heterogén katalízis szilárd testek felületén zajlik, ám ezen kondenzált fázisok elhagyása elvileg is rossz számolási eredményekre vezet. Legalább ennyire problematikus a biológiai óriásmolekulák sajátosságainak kvantumkémia



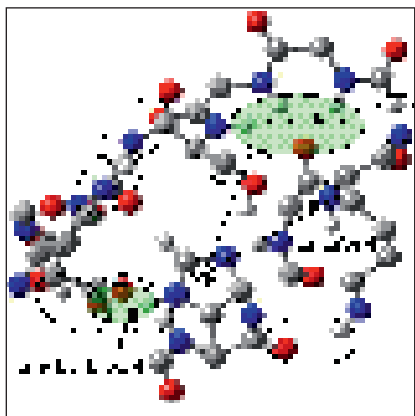
3. ábra. A tripszin-katalizált amid-hidrolízis mechanizmusa

tárgyalása, a több ezer atomot tartalmazó fehérjék, nukleinsavak és szénhidrátok *ab initio* jellemzése. E molekulák matematikai szigorúságú leírásának alapvető módszereit fejlesztette ki a 2013. évi kémiai Nobel-díj három kitüntetettje. Ők már negyven éve felismerték, hogy ilyen nagy rendszerek kvantumkémiai leírása még az akkor elképzelhetetlen, ám ma már realitássá vált számítógépekkel sem lesz lehetséges. Látták, hogy ezért alapvető kö-

Az elmúlt évtizedekben a fehérjék modellezésére számos molekulamechanikai módszert dolgoztak ki, ezek ma már olyan jól működnek, hogy kísérleti mérések értelmezésénél használják fel ezeket (pl. fehérjekristallográfia). Ez a módszer fehérjék kristályain szóródó röntgensugarak intenzitásának térbeli eloszlását elemző matematikai módszerekkel, és az így kapott elektronsűrűség-térképek alapján szerkeszti meg a fehérjemolekula három-

dimenziós térszerkezetét. A kísérleti hibák miatt gyakran meglehetősen „elmosódott” elektronsűrűség alapján nem könnyű pontosan azonosítani a fehérje gerinc- és oldallánc-atomjait, s ilyenkor felettébb hasznos a molekulamechanikai módszerek alkalmazása. Számítógépes program segítségével illesztik a térszerkezeti modellt a kísérletileg meghatározott elektronsűrűségi térképhez, e művelet során támaszkodnak a molekulamechanika módszerére. Így határozta meg például a mi laboratóriumunkban *Harmat Veronika* az acilpeptidáz térszerkezetét (1. ábra).

A molekulamechanika tapasztalati úton meghatározott paraméterekre támaszkodik, melyeket esetenként kísérleti adatokból, vagy kisebb molekulákra elvégzett pontosabb kvantumkémiái számításokból határozzuk meg. Nagy hátránya az egzakt, ún. *ab initio* módszerekkel szemben az, hogy a paraméterek csak hasonló



4. ábra. A katalitikus triád és az oxianion lyuk a tripszinben

vegyületek csoportjában vihetők át egyik molekuláról a másikra. Ezért például más és más paraméterkészletet (ún. erőteret) kell alkalmazni kis szerves molekulákra, mást szilikátványokra, s megint mást a folyékony fázisú vizes rendszerek jellemzésére. Fehérjékre és nukleinsavakra sikerült közös erőteret kifejleszteni, mely lehetővé teszi ezek térszerkezetének és kölcsönhatásainak vizsgálatát, fontos molekuláris biológiai folyamatok modellezését. Persze, ez a módszer sem mindenható, alkalmatlan például olyan molekuláris folyamatok, például az enzimreakciók helyes vizsgálatára, ahol kovalens kötések szakadnak fel, vagy éppen keletkeznek. Ebben az esetben ugyanis olyan átrendeződés jön létre az elektroneloszlásban, amelyet nem lehet egyszerűen modellezni erőterekkel, s ezért kvantumkémiái számításokra volna szükség. Ez utóbbi azonban egyszerűen lehetetlen a makromolekula mérete miatt. Az első ötlet

a probléma megoldására Honig és Karplus dolgozatában látott napvilágot. Ebben leírták, hogy egy delokalizált elektronrendszerű molekula, például az 1,6-difenil-1,3,5-hexatrién geometriai paraméterei meglepően pontosan kiszámíthatók, ha elkölönítve molekulamechanika segítségével írják le a molekula lokalizált szigma vázát, majd kvantumkémiái módszerrel az erre ráépülő delokalizált elektronrendszert. A Karplus-laboratóriumban dolgozó Warshel és munkatársa, Levitt bizonyára ezen ötlet nyomán javasolta, hogy enzimreakciók esetében is hasznosítsák a kémiai tapasztalatokat (http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2013/advanced-chemistryprize2013.pdf). Az enzimek által felgyorsított molekuláris folyamatok döntő többségében a kötések felszakadása, illetve hasadása egy jól elhatárolható régióban, legfeljebb néhány tucat atom részvételével történik. Mindez lehetővé teszi az összetett probléma két szinten történő kezelését, nevezetesen kvantumkémiái módszerrel írható le a központi részben lejátszódó, jelentős elektron-átrendeződéssel járó reakció, míg az ettől távolabb eső atomok indirekt hatását elegendő csupán a molekulamechanika segítségével jellemezni. Ezzel a „kombinált”, módszerrel tanulmányozták a lizozim nevű enzim által katalizált folyamatot, s az első eredményeket már 1976-ban közzölték is. Azóta ez a kétezernél is többször idézett publikáció tekinthető a „beágyazásos” vagy kvantummechanikai/molekulamechanikai (QM/MM) kombinált módszer alapján. Az eljárást számtalan esetben alkalmazták és alkalmazzák ma is enzimreakciók, elektronterjesztések, heterogén katalitikus és más molekuláris folyamatok részleteinek elemzésére. Pontosabb leírás tesz lehetővé, ha a fehérjét körülvevő vizes fázis hatását is figyelembe vesszük viszonylag egyszerű, a klasszikus elektrosztatikára épülő módszerek segítségével (2. ábra).

A molekulamodellezési (a szakirodalomban elterjedt kifejezéssel számítási kémiai) módszerek közös jellemzője, hogy minél nagyobb rendszerre alkalmazzák, annál több egyszerűsítést kell bevezetni, ám mindezt úgy, hogy ezek ne érintsék a leírni kívánt tulajdonságok és folyamatok lényegét. Nem törekednek, nem is törekedhetnek arra, hogy a kvantummechanika alapegyenletét minden tapasztalatból levezethető könnyítés nélkül, csupán néhány alapvető fizikai állandó felhasználásával oldják meg. Ehelyett az a pragmatikus megközelítés terjedt el, amely során egyre több egyszerűsítést és egyre több empirikus paramétert vezetnek be, ahogyan a rendszer mérete egyre nő. A számítógép-kapacitás robbanásszerű fejlődésével, a vázolt elven alapuló szoftverek segítsé-

gével ma már viszonylag pontosan modellezhetők szinte valamennyi ismert típusú komplex molekuláris rendszer tulajdonságai és átalakulásai. A korszerű számítások egyrészt akár a mérésekkel összemérhető pontosságú eredményeket is szolgáltatnak, másrészt segítenek feltárni, részleteiben megérteni a rendkívül bonyolult kémiai folyamatokat. Az összegyűlt ismeretek alapján ma már széles körben foglalkoznak molekulaterveléssel, ami azt jelenti, hogy a számítások alapján új, előre megjósolt tulajdonságokkal rendelkező anyagokat fejlesztenek ki, ezekhez nem véletlen próbálgatással, hanem tudatos, számítással alátámasztott terv alapján jutnak el.

A lizozimmal foglalkozó, alapvető jelentőségű közlemény publikálása után Warshel érdeklődése az enzimek felé fordult, ezen biológiai „csodák” működésének alaposabb megértését tűzte ki célul. Ismeretes, hogy az enzimek bizonyos kémiai reakciókat szelektíven, több nagyságrenddel képesek felgyorsítani, ez teszi lehetővé az élő szervezet rendkívül bonyolult, ugyanakkor finoman összehangolt működését. A reakciók felgyorsítását az enzimek úgy érik el, hogy az ún. aktív helyükön található funkciócsoportok igen hatékonyan támadják az átalakítandó vegyületet, a szubsztrátot, s így akár több nagyságrenddel is felgyorsul a lezajló kémiai reakció. Ahogyan azt már bemutattuk, Warshel és Levitt „beágyazásos módszere” figyelembe veszi azt a kísérleti tapasztalatot, mely szerint a reakcióban az aktív hely viszi a prímet, s ezért az célszerű QM szinten jellemezni, míg a környezet biztosítja a „háterszínét”, s ott egy MM szintű jellemzés is elfogadható már.

Vannak fehérje aktív helyek, amelyek úgy működnek mint a zár, amelybe kulcsot illesztünk, segítségével ki tudunk nyitni akár egy ajtót is. Ezt a kulcs-zár elméletet *Emil Fischer* német kémikus már a XIX. század végén megfogalmazta, majd később az amerikai Nobel-díjas *Linus Pauling* fejlesztette tovább. Warshel is érdemben tett hozzá ehhez az elmélethez, amikor kifejtette, hogy az aktív hely az enzim molekulájának egy előre meghatározott szerkezetében öleli magához a szubsztrátot, ezáltal azt a reakcióra mintegy előkészíti, megfelelő helyzetben rögzíti. Az enzim a vele képzett komplexében csökkenti a szubsztrátum belső mozgását, valamint pozicionálja azt, s ezzel jelentősen fokozza a katalitikus folyamat sebességét. Számos enzim esetében ehhez a hatáshoz hozzáadódik egy másik, amely legegyszerűbben a klasszikus elektrosztatika segítségével érthető meg. Ezt a jelenséget egyikünk Warshel-lal közösen tanulmányozta 1988-ban, három hónapos tanulmányútja során az University of Southern California kémia tanszékén. Érdekeséggé vált jegyezzük



5. ábra. A triptofán ketrecfehérje lehetséges szerkezetei. Balra: a két legstabilisabb (legkisebb energiájú) szerkezet, jobbra: egy prolinrésztérállásának változása két kevésbé stabilis (nagyobb energiájú) szerkezetben

meg, hogy ezen az egyetemen dolgozott akkor és dolgozik ma is az egyetlen élő magyar kémiai Nobel-díjas, *Oláh György*.

A tripszin nevű enzim fontos szerepet játszik az emésztésben, a **3. ábrán** látható mechanizmus szerint bontja le az amidkötéseket a fehérjékben. A reakció során az aktív szerin (Ser 195) oldalláncán lévő hidroxil-csoport oxigénatomja támadja a szubsztrát amidkötésének szénatomját, egyidejűleg egy protont ad le a szomszédos hisztidin (His 57) oldallánc közelebbi nitrogénatomjának. A tripszin térszerkezetét röntgendiffrakciós módszerrel meghatározó *David Blow* azt feltételezte, hogy e hisztidin másik, távolabbi protonja a szomszédos aszpartát-oldallánc (Asp 102) karboxilát csoportjára vándorol. A magyar *Polgár László* viszont ezt vonta kétségbe, és azt állította, hogy a negatív töltésű csoport szerepe nem ebben, hanem a mellette kialakuló, pozitív töltésű, protonált hisztidin elektrosztatikus stabilizáló hatásában áll. A vitát eldöntendő, itthon is végeztünk kvantumkémiai számításokat, majd ezek kiterjesztése és pontosítása volt a feladat a Warshel-laboratóriumában. Modellünkben a negatív töltött Asp 102 oldalláncot egy semleges alaninnal helyettesítettük – így állítva elő az Asp/Ala 102 mutáns –, majd kiszámítottuk, hogy ebben a mu-

táns enzimben mennyivel csökken a reakció sebessége. Négy nagyságrendet kaptunk, éppen annyit, amennyit két amerikai kutató, Carter és Wells, akik a tripszin aktív helyén lévő aminosavakat génmanipulációs módszerrel cserélgettek. Ezek a számítások is alátámasztják a korábban neutron-diffrakciós módszerrel kapott kísérleti következtetést, mely szerint a proton nem megy át a His 57-oldalláncról az Asp 102-re. Számos enzimben figyelhető meg hasonló mechanizmus, ezekben a katalizált reakció felgyorsulása jelentős részben a környező fehérjerészek által létrehozott elektrosztatikus tér stabilizáló hatásának tudható be, ezért általános esetben elektrosztatikus enzimkatalízisről is beszélhetünk. Figyelemre méltó, hogy *Carter* és *Wells* még akkor is több

nagyságrendnyi sebességnövekedést észleltek a vizes oldószerben lejátszódó, nem katalizált folyamathoz képest, amikor az aktív szerin aminosav-oldalláncot (Ser 195) eltávolították. Bár a megcsontított enzim nem képes megtámadni a szubsztrátot, magához rögzítve mintegy támadásra kínálja fel az oldószerből érkező ágens egy vízmolekula számára. Tripszin esetében a rögzítés az ún. oxianionlyuk révén valósul meg, melyet a **4. ábrán** látható Gly 193 és Ser 195 -oldalláncok hidrogénhíd-kötésekkel alakítanak ki.

Az eredmények közlése nem volt egyszerű, mert a világ egyik vezető tudományos folyóiratának, a *Nature*-nek beküldött kéziratot a bíráló nem fogadta el. A szokásoktól eltérően kifejezetten kérte, hogy közöljék a nevét a szerzőkkel: ő volt az a *David Blow*, akinek az elméletét cáfoltuk. Azt írta, hogy nem hisz nekünk, őt nem győzik meg a számításaink. Mít volt mit tenni, lógó orral egy másik folyóiratnak küldtük el a cikket, ahol meg is jelent, ahol viszont nagy sikert aratott. Beválogatták az *American Chemical Society* kiadásában megjelenő *Perspectives in Biochemistry* című kötetbe, és megjelenése óta közel négyszázan idézték az abban leírtakat. *Blow* becsületére legyen mondva, hogy egy későbbi, a témáról írt összefoglalójában helyet adott a nézeteinknek és nagyrabecsülését fejezte ki.

A molekulamechanika által kínált lehetőségek közül kiemelkedik a fehérjék belső dinamikai tulajdonságainak kvantitatív leírására alkalmas molekuladinamika. E módszer a klasszikus Newton-egyenleteket használja fel a fehérje atomjaira ható erők kiszámítására, melyekből meg lehet határozni azok relatív elmozdulását. Az egyes atomok mozgásának összegezésével képet kapunk az egész fehérje belső dinamikájáról, ami különösen a mágneses magrezonancia-spektroszkópia segítségével mért adatok értelmezésénél fontos. E módszerrel meg lehet határozni a fehérjék térszerkezetét vizes oldatban, de nem olyan közvetlen módon, mint tesszük azt a fehérjekristallográfiában. Az erős külső mágneses térbe helyezett molekulák által létrehozott alkalmas jelek, a molekulamechanika és a molekuladinamika célszerű módszereivel kombinálva szerkezeti sokaságok generálása révén teszi lehetővé, ezzel nemcsak a makromolekulák térbeli szerkezetét, hanem a molekula mozgása során felvett szerkezetét is helyesen adják vissza. Ezek a szerkezetek sok tekintetben hasonlítanak egymáshoz, és számítógépes módszerrel egymásra helyezve azokat, helyes képet kapunk az atomok lehetséges elrendeződéséről, azok belső dinamikájáról. A számítások és a mérés együttes alkalmazására jó példa egy, a laboratóriumunkban mostanában elvégzett vizsgálatosorozat, mely alapján meg lehetett határozni egy kisebb fehérje téralkatainak egymásba alakulását a hőmérséklet és a pH függvényében (**5. ábra**). Külön érdekesség, hogy nemcsak ezeket az állapotfüggő téralkatokat, hanem az átalakulás során kialakuló, ún. átmeneti állapotnak megfelelő térszerkezeteket is jellemezni lehetett még akkor is, ha azok életideje igen rövid, megfigyelhetősége igen nehéz feladat. Ilyen vizsgálatok a méréseket kiegészítő molekuladinamikai számítások nélkül elképzelhetetlenek.

A kémiai Nobel-díj idei három kiüntetettje alapvetően járult hozzá a kémia és a biológia határán lévő kutatások elmélyítéséhez, mert a mérések kiegészítése a számításokkal olyan többletinformációt nyújt a kutatóknak, amely egyébként nem lenne elérhető. Módszereik nagyban hozzájárultak a számítógépes molekulatervezés kifejlesztéséhez, melyek által karnyújtásnyira távolodtunk a lehetőségtől, hogy rendelkezésünkre kerüljenek a szükséges, molekuláris méretű számítógépi memória-elemeket, kapcsolókat, érzékelőket és sok más anyagot és berendezést, amelyek az innováció révén fokozatosan mindennapi életünk részévé lesznek. 8

Első a Big Five névsorában

Beszélgetés Aczél Jánossal, Akadémiánk külső tagjával

A Magyar Tudományos Akadémia Matematikai Osztálya 2004. június 28-án és 29-én különleges születésnap konferenciát tartott. „400 év matematika” volt a rendezvény címe, melyen öt neves matematikust köszöntöttek. Mind az öten abban az évben, 2004-ben lettek 80 évesek. Ugyanarra az egyetemre jártak, együtt igyekeztek minél többet megtudni a matematikáról. A későbbiekben is tartották a kapcsolatot, bár a történelem sodrása messzire vitte őket egymástól. Híres professzoruk, Fejér Lipót még az egyetemi éveik alatt elnevezte Big Five-nak, Nagy Ötösnek őket. A névsorban így következnek: Aczél János, Császár Ákos, Fuchs László, Gál István, Horváth János. A tiszteletükre rendezett konferenciára mind az öten eljöttek és előadást is tartottak. Császár Ákos és Fuchs László professzoraim voltak az Eötvös Loránd Tudományegyetemen. Velük korábban már készítettem hosszabb interjút. Aczél János Kanadából érkezett a konferenciára, róla több érdekes történetet hallottam, ezért úgy éreztem, most itt a lehetőség, hogy őt is megkérjem egy beszélgetésre. Budapestről való elutazása előtt, 2004. július 1-jén rögzítettem az interjút. Szép lassan le is írtam beszélgetésünk szövegét, a szokásos módon, az első szótól az utolsóig. Míg az interjú szerkezetén, megírásán meditáltam, a Debreceni Szemle 2004. harmadik negyedévi számában megjelent Daróczy Zoltán akadémikusnak a volt tanárával, Aczél Jánossal készített széles horizontú beszélgetése. Természetesen sok fontos helyen átfedés is mutatkozott a két interjú között. A spirálfüzetet, a leírt beszélgetéssel ezért egy időre félretettem: majd még töprengök ezen. A napi teendők szorításában a megoldandó feladat a tudat egyre mélyebb rétegeibe süllyedt. A füzet most újra a kezembe került. Jó ég, hiszen majdnem tíz év tel el azóta! 2014-ben pedig már 90 évesek lesznek a Big Five tagjai. Eldöntöttem, mégiscsak sajtó alá rendezem a 2004-es beszélgetésünket, amennyire lehetséges, kerülve az átfedéseket Daróczy professzor írásával.

– Professzor úr, az életrajzában olvasom, hogy Ön a világ szinte minden részén oktatta tudományát: ausztrál, osztrák, japán, német, nigériai, spanyol, svájci, amerikai egyetemeken, s akkor a magyarokról – Budapest, Szeged, Miskolc, Debrecen – nem is esett szó. Kanadáról sem, ahol most a University of Waterloo emeritus professzora. Mindebből arra következtetek, hogy mozgékony ember, s jól műveli a matematikát, hiszen sok helyre hívják, ezen kívül...

– A „világ szinte minden részén” megfogalmazás erős túlzás.

– Igaza van, javítok: a világ számos egyetemén tanított. Amit még harmadik következtetésként hozzáfűzök, hogy jó nyelvérzéke is lehet.

– Ez igaz. Nyelveket valóban tudok. Velünk élt a Bécsből származó anyai nagymamám, aki soha nem tanult meg rendesen magyarul. Abban az időben otthon magyarul csak akkor beszéltünk, ha nem akartuk, hogy ő megértse. Viszont a szüleim, ha nem szerették volna, hogy én értem őket, akkor franciára váltottak. Ez módfelett bosszantott, ezért megtanultam franciául. Összeálltunk az egyik osztálytársammal és a spórolt pénzünkkel órákat vettünk egy francia hölgytől. Szüleim egy idő múlva észrevették, hogy értem, miről beszélnek, de már új nyelvet nem tanultak meg. Ez a harmincas évek végén, a negyvenes évek elején volt. Bizonyára tudod, hogy az oktatás akkor 4+8 éves felbontásban folyt.



Aczél János

A gimnázium első osztályától, vagyis az 5. évtől németet és latint, a 9. osztálytól kezdve pedig még egy modern nyelvet tanultunk. A Berzsényi Gimnáziumban, ahová jártam, az olaszt választhattuk. Nagyon jó tanárunk volt, Kardos Tibor, aki azután 1950-től haláláig az Eötvös Loránd Tudományegyetem olasz nyelvi és irodalmi tanszékének a vezetője lett. Az olasz konzulátusnak is volt nyelvi tanfolyama, aho-

vá eljártam pár hétig, amíg Olaszország ki nem lépett a háborúból. Akkor a budapesti olasz konzulátus megszűnt. Később az olasz nyelvtudásom is jól jött, mivel Olaszországban többször tartottam előadásokat és kurzusokat, ők pedig nagyon jó néven vették, hogy a külföldről érkező matematikus jól beszélt a nyelvüket.

– Szeret tanítani?

– Igen, nagyon szerettem. Ma már csak alkalmanként tartok szemináriumokat, többnyire a University of California Irvine-ben. Azt, hogy csak kutatóintézetben dolgozzam és ne tanítsak, nehezen tudtam volna elképzelni.

– Hadd idézzek itt egy visszaemlékezést Győry Kálmán akadémikustól, az MTA Matematikai Osztályának elnökétől: „(Debrecenben) Aczél Jánostól tanultunk analízist. Érdekes módszerrel igyekezett kiszűrni az évfolyam tehetséges hallgatóit. Minden előadásán egy-két olyan feladatot is mondott, amelyek túlmutattak az egyetemi anyagon. A következő órán megkérdezte, hogy ki oldotta meg. Losonczy Laci évfolyamtársammal jelentkeztünk: mi igen. Több ilyen ismétlődő eset után magához hívott. – Nem volna kedve függvényegyenletekkel foglalkozni? – kérdezte. – Professzor úr, az nagyon szép, érdekel is, de hát a számelmélet... – szabadkoztam. Nem orrolt meg rám...”

– Örülök, hogy Győry Kálmán így emlékezik rám. Az általa említett Losonczy



Beszélgetés életútról, matematikáról

László viszont nálam doktorált, miként a debreceniek közül Daróczy Zoltán és Balogh Albert is.

– *Térjünk vissza még az Ön gyermekkorához. A harmincas évek végének, negyvenes évek elejének Magyarországon milyen volt diáknak lenni? Mi vonzotta a matematikához?*

– A Berzsenyiben az osztályomban és a fölöttünk lévőkben is nagyon sok tehetséges fiú tanult. A legtöbben már évekkal az érettségi előtt tudták, hogy milyen életpályát válasszanak. Csak én nem tudtam. S akkor Tima Lajos, a matematikatanárunk az egyik dolgozatírás után bejött az osztályba a kijavított dolgozatokkal, és azt mondta, senki sem tudta olyan jól megoldani azokat, mint Aczél János. Akkor már annyit olvastam, hogy félév előtt tudtam az iskolai tananyagot. Anyám az egyik szülői értekezletről nagy izgalommal jött haza: a matematikatanár azt mondta neki, hogy a Jánost már nem tudja semmire sem tanítani.

– *Ami, gondolom, nem volt teljesen igaz.*

– Szó szerint nyilván nem, de akkor már a ránk szabott matematikánál tényleg lényegesen többet tudtam.

– *A Középiskolai Matematikai és Fizikai Lapok már nem jelenhetett meg 1939 után, és csak 1947-ben indította újra Soós Paula és Surányi János. Éppen a gimnáziumi éveik alatt szünetelt a fiatal matematikai tehetségek folyóirata.*

– Igen, de voltak matematikai tanulmányi versenyek, és néhányunknak Gallai Tibor informális szemináriumokat tartott. Bizonyos tekintetben ez a versenyekre való felkészítést is jelentette. Sétáltunk a Városligetben, ő feladatokat mondott és magyarázott, olyan fejezeteiről beszélt a

matematikának, amelyet máshonnan nem tudhattunk volna meg. Fuchs Laci volt ott, Lax Péter, és olyanok is, akik rövidesen életüket vesztették a véskorszak borzalmas éveiben.

– *Emlékszik a nevükre?*

– Hogyne! Például Ádám István. Tehetséges matematikusnak indult. Amikor már világhosszá vált, hogy nem jön vissza, hogy meghalt, Fejér Lipót szerkesztésében megjelent egy munkája, amelyet még elkészített, de nem maradt ideje sajtó alá rendezni. Fejér Lipót akkor már a saját eredményeinek leírását is nagyon keserves munkának tartotta, de ezt megcsinálta.

– *Gallai Tibor jó matematikus és jó ember is volt.*

– Sokat tudó, lelkes matematikus és jó pedagógus. Rájta kívül akkoriban még Alexits György volt rám nagy hatással. Szabadegyetemnek nevezett kurzusokon beszélt nekünk a matematikai logikáról, matematikai paradoxonokról, az axiomatikáról és némi topológiáról. A Reáltanoda utcába jártunk hozzá, egy reál-gimnáziumba.

– *Az Eötvös József Gimnázium, ma is ott van.*

– Akkor még csak hetedikes voltam. Anyám mondta is: mi az, te már egyetemre jársz? Ez azonban „csak” szabadegyetem volt, amit nagyon élveztem. Ott ismerkedtem meg Vámos Tiborral, és nagyon jó barátok lettünk. Máig azok vagyunk.

– *Őn 1943-ban érettségizett, majd a Pázmány Péter Tudományegyetem matematika-fizika szakán folytatta tanulmányait. Milyen hatások érték az egyetemen? Kik voltak a tanárai, a társai?*

– Társaim közül elsősorban azokat említhetem, akikkel együtt köszöntöttek: Császár Ákos, Fuchs László, Gál István és

Horváth János. Bár ugyanabban az évben születtünk, mégsem ugyanarra az évfolyamra jártunk. Decemberben születtem, így már az elemi iskolától kezdve évvesztesnek számítottam. Az egyetemen abban az időben nem volt sok matematika iránt elkötelezett hallgató, így mi öten hamar egymásra találtunk.

– *Emlékszik, hogyan lett az Önök neve Big Five?*

– Van ebben némi bizonytalanság, mert nem ugyanúgy emlékezünk a kezdetekre. Azt a változatot mondom, amellyel többen egyetértünk. Bár az egyetemen jó tanáraink voltak, de a matematika számos területe fehér folt maradt az oktatásunkban. Az életünk pedig nem tűnt elég hosszúnak ahhoz, hogy kivárjunk, amíg ez megváltozik. Különbösen is, fiatalon minden olyan sürgős az embernek. Valamelyik külső szervezet, talán a Magyar Demokratikus Ifjúsági Szövetség (MADISZ) szervezett olyan előadásokat, amelyeken a társaiknál valamivel többet tudó diákok beszéltek az őket érdeklő új területeiről a matematikának. Így kezdődött. Akik ott diákként előadtunk, többségünkben elég jó tanár lett. Mégis, akkor néhány hét alatt sikerült kipuszítanunk a teljes hallgatóságot. Öten maradtunk. Mi azután is rendszeresen összejöttünk, de már csak egymásnak magyaráztuk, hogy ki min dolgozik. Arra határozottan emlékszem, hogy évenként egyszer nyilvános ülést is tartottunk, amelyre bárki eljöhett. Egyes emlékezők szerint Fejér Lipót volt a keresztapánk, ő nevezett el minket Big Five-nak.

– *Mikor volt ez?*

A Big Five fénykora az 1946–47-es tanévben kezdődött, 1948 őszéig tartott. 1947-ben mindannyian doktoráltunk.

– *A tanáraikról még kevés szó esett.*

– Fejér Lipót akkor már nagyon öreg volt, bár, ha belegondolok, jóval fiatalabb, mint én most. Az 1944–45-ben történtek azonban nagyon megviselték. Legtöbbet akkor lehetett tőle tanulni, amikor nem tanított, hanem a dolgok háttéréről beszélt, hogy mi mivel függ össze. Azokról a nagy matematikusokról mesélt, akiket személyesen is jól ismert. Már az elsőéves analízis előadásokat is, amelyek a nevének voltak meghirdetve, Szász Pál tartotta. Legtöbbet tőle kaptunk. Az alsóbb években Szász Pál prozemináriumaira jártunk. Ezek nem kapcsolódtak a kötelező előadások anyagához, itt tettük meg az első szárnypróbálgatásainkat a matematika világában.

Kerékkjártó Béla is tanított, aki jó matematikus volt, de nem jó tanár. A háború után Riesz Frigyes feljött Szegedről Budapestre, s ha nagyon figyelte az ember, tőle is sokat tanulhatott. Szinte semmit nem írt a táblára, ült az asztalon, félig a hallgatóság felé fordulva adott elő.

Akkoriban kezdtem az egyenlőtlenségekkel és a komplex függvényekkel foglalkozni. Említettem neki. „Akkor adj a elő az órán” – mondta. Így is lett, két-három órán beszéltem erről. Később Riesz ezt így írta bele az ajánlólevelébe: előadásom szemináriumszerű kiegészítésében Aczél János erről és erről adott elő.

– *Egyetemi éveiket kettévágta a második világháború. Hogyan élte meg ezt a nehéz időszakot?*

– 1944 májusában bevonultattak munkaszolgálatosnak. A Miskolc melletti Ládi-fürésztelepre vittek, ahol azért nem volt olyan szörnyű nehéz a munka. Működött a hírlánc is, szinte mindenről tudtunk, ami körülöttünk történt. Arról is, hogy Horváth sikertelenül igyekezett fegyverszünetet kötni a szövetségesekkel. Jött a Szálasi-kormány, én pedig megszöktem a munkaszolgálatból. A telepen dolgozó egyik munkás családjánál húztam meg magam, gondolván, jön néhány zűrös nap, azokon gyorsan túl leszünk. Azután láttam, ennek nemigen lesz vége, ezért elindultam szüleimhez Budapestre. Szerencsére megúsztam, mert ha útközben igazolatlan és elkapnak, katonaszökevénynek tekintettek volna.

Hazaérve, szüleim tanácsára elmentem egy úgynevezett kiemelt munkaszolgálati helyre Budapestben, onnan vitték tovább a csoportunkat nyugat felé. Fertőrákoson kötöttünk ki, ahol tankcsapdákat, futóárkokat ástunk, együtt Horváth Jánossal és Vámos Tiborral. Az én félresikerült, tétova menekülési kísérleteimmel szemben Tibor elhatározta, hogy megszökik, és ezt az elképzelését sikeresen megvalósította. Kezdetleges tankcsapdáinkon az oroszok, gondolom, jót derülhettek, a futóárkok ásása viszont nem volt túl nehéz munka.

Az SA rohamosztágosok idősebb korosztálya felügyelt ránk, a fiatalok a frontra keltek. Amikor valamelyikük feltűnt a futóárkok mentén, hogy ellenőrizze a munkánkat, azt jeleztük egymásnak. Horváth Jánossal két matematikakönyvet vittünk magunkkal a munkaszolgálatba, a félig ázott árokba húzódva azokat olvastattuk.

– *Emlékszik a címükre?*

– Az egyikére biztosan, Veress Pál Valós függvények könyvére. A másik könyvünk Hausdorff Mengenlehre kötete lehetett, annak is az első, jobbik kiadása. A Mengenlehre újabb megjelenését „második, bővített és lényegesen rontott kiadás”-nak neveztük.

Szóval, matematikát olvastunk a futóárkokban, semmiféle jeladás nem érkezett, a német katona mégis egyszer csak ott állt fölöttünk. Veress könyvét ledobtuk az árokba és lázasan csákányozni kezdtünk. Az SA szeme azonban megakadt a könyvön. „Was ist das? – kérdezte vészjóslóan.

Horváth Jancsi gondolkodás nélkül rávágta: „Scheißpapier!” Vagyis klozettpapír. Ez elég hihetően hangzott, hiszen WC-papír akkor sehol nem volt, és valamit mégiscsak kellett olyankor használni. Ezt a katonát is tudta, belenyugodott a válaszbába.

Amikor a háború után hazaértünk és professzorunknak, Fejér Lipótnak beszámoltunk megpróbáltatásainkról, ez a történet, Veress Pál Valós függvények könyvével, nagyon tetszett neki. „Ha jól meg-



„Öten maradtunk, rendszeresen összejöttünk...”

gondolja az ember, nem is tetszettek olyan nagyot föllenteni” – mondta.

– *Veress Pál Budapest ostromakor, 1945 januárjában veszítette életét. Professzorom, Császár Ákos kissé másként vélekedett Veress Pál könyvéről. Arról beszélt, hogy egyetemi éve alatt milyen nagy hatással volt rá a Valós függvények. Így fogalmazott: „Maga a könyv nem volt igazán jól megírva, a szemlélete volt az, ami megragadta a fantáziámat. Az egyetemen hallott, klasszikus veretű analízis felépítésével szakítva, a halmazelméleti eszközökkel feldolgozott, úgy is mondhatnám, Lebesgue- és Riesz-ízű analízist talált.”*

– Nézze, Fejér Lipótot abban az időben kényszernyugdíjazták, és Veress Pál volt az, aki elvállalta, hogy tanszékvezető utóda lesz. Érthető, ha Fejér ezt nem vette jó néven.

– *Önök végül hogyan menekültek meg?*

– Amikor már az oroszok nagyon közel értek, elindítottak minket Fertőrákosból Mauthausenbe. Örökké hálás vagyok Horváth Jancsinak, aki akkor engem megmentett. Vesztett csatából visszavonuló Waffen SS csapat botlott belénk, és dühödten elkezdtek puskatussal verni minket. Még ma is őrzöm a puskatus nyomát a koponyámon, ahol ez a domborulat vándorol. Az ütéstől ott elestem, de Horváth Jancsi

egy másik fiúval rögtön mellém állt, felsegítettek és vonszoltak tovább az erőltetett menetben. Rövidesen azután magamhoz tértem. Aki elesett és lemaradt, azt agyonlőtték.

Mauthausen melléktáborába, Gunskirchenbe tereltek, ott azonban már nem voltak olyan jól szervezettek a németek. Nap-hosszat ücsörögtünk, alig adtak ennivalót. Egy orvostársunk kiselőadásban felvilágosított minket, hogy ilyen koszon mennyi ideig maradhatunk életben. Azután egyszerre csak eltűntek az öreink, s mi bementünk a legközelebbi faluba. Ott már amerikai csapatokat láttunk, német pénzt kaptunk, azzal bementünk egy szálloda éttermébe. Rövidesen ráeszméltunk, hogy kihalt az épület. A konyha azonban nem volt teljesen üres, így valamelyest jóllakhattunk.

Nem akarom untatni a további részletekkel, a betegséggemmel, a kórházzal... Az amerikaiak később vonattal elvittek minket a zónahatárig, ott letettek a töltésre, átadtak az oroszoknak.

Ültünk, vártuk a másik vonatot, ami majd hazavisz minket. S akkor, ki más jelenik meg, mint Alexits György, akit politikai okból deportáltak. A Réaltanoda utca után ott találkoztam vele újra.

Azután jött egy tehervonat, és az egyik vagon ütközőjén jutottam végre haza.

– *Mire érkezett haza?*

– Szerencsére a szüleim éltek, de sok jó barátom tragikus körülmények között vesztett el.

– *Az egyetem újra kinyitotta kapuit. Ott volt még elvégezni valója.*

– Amint már említettem, mi mind az öten 1947-ben doktoráltunk, bár ők egy évvel előbb tartottak. Sem szigorlatot, sem doktori vizsgát nem lehetett addig letenni, amíg a jelölt a negyedik évet nem végezte el. Császár Ákos és Horváth Jancsi ezután benyújtotta analízis témájú disszertációját, s mivel az enyém is elkészült addigra, az övékkel együtt én is beadtam. Fejér és Riesz pedig egy kalap alatt elolvasta és elfogadta a disszertációinkat. Ettől felbátorodva a tanulmányi osztály titkárától megkérdeztem, mit tegyek, hogy engem is doktori vizsgára bocsássanak, megvédehessem a disszertációm. Arra biztatott, hogy indexemben gyűjtsem össze az utolsó egyetemi évem lezárásához szükséges összes aláírást. A titkár azután becúsztat-

ta a dékán elé kerülő, aláírandó indexek közé az enyémet is. Így tehettem le végül 1947-ben a doktori vizsgámat. Elmondhatom, azon kevesek közé tartozom, akiknek előbb lett meg a doktorija, mint a tanári szakvizsgálója.

– *Életrajzában olvasom, hogy ezután az ELTE díjtalan gyakornoka lett, majd a Szegedi Tudományegyetem...*

– ... tanársegéde.

– *Ezután 1950 és 1952 között a Miskolci Nehézipari Egyetem tanára, majd Debrecenbe, a Kossuth Lajos Tudományegyetemre került, ahol tanszékvezető docens, később egyetemi tanár lett.*

– Már Miskolcon tanszékvezető docens voltam.

– *Tulajdonképpen bejárta mindazokat a hazai egyetemeket, ahol komoly matematikai élet zajlott.*

– Így van. Ami nincs benne a listájában, hogy a Vasas Szakszervezetben pár hónapig statisztikusként is dolgoztam, annak ellenére, hogy addig semmit sem olvastam a statisztikáról. Fiatalon az ember nem ismer akadályokat. Miért ne vállalom el, ha ez a lehetőség kínálkozik? Végül nagyon meg voltak elégedve velem. A legelején a szakszervezet főtitkára kezembe nyomott egy kimutatást, hogy készítsék róla statisztikát. Kérdeztem tőle: mit akar bizonyítani? Megmondta. Készítettem hozzá egy mutató statisztikát. Megduplázta a fizetésemet. A szegedi egyetemen ezután fele fizetésért kaptam tanársegédi állást.

– *Miért ment oda?*

– Mert az egyetemen matematikai élet folyt. Inkább az a kérdés, miért mentem a szakszervezetbe? Azért, mert akkoriban nem volt könnyű állást találni. A matematikusnak még középiskolai tanári állás sem nagyon jutott.

– *A negyvenes évek végén pedig szükség volt a friss erőre, a fiatal képzett emberekre.*

– Az egyetemekre akkor sem volt könnyű bekerülni. S mi mind az öten állást kerestünk. Szegeden Kalmár László lett a főnököm. A szakszervezeti emberen kívül tulajdonképpen ő volt életem egyetlen főnöke. Többé-kevésbé mindig a magam ura voltam.

– *Milyen főnök volt Kalmár László? Mit tanult tőle?*

– Kalmár nagy tudású matematikus volt, sokat tanultam tőle. Főleg matematikai logikát, azután nagyon szeretett Gödel nem-teljességi tételéről beszélni, ezekből sok minden ránk ragadt. Kalmár zseniális elme volt, kár, hogy különböző adminisztrációs feladatokra és mozgalmakra szórta el az idejét.

– *Tele volt ötletekkel.*

– Ahogy mondod. Számos jó ötlete volt a matematikában, de sajnos, másban is...

Sokat vitatkoztunk. Az idegei nem voltak mindig rendben, gyakran kiabált az emberekkel. A többiek ilyenkor visszahúzódtak szobáikba, én azonban visszaordítottam neki. Egyszer éppen az egyetem régi épületének lépcsőházában kiabáltunk, csak úgy zengett, ezt ő nagyon rossznéven vette. A feleségem az egyetemen volt gyakornok, mondtam neki, na, most menjünk szépen haza. Amikor később visszajöttünk, a pedellus, tudod, a portás, már azzal fogadott: „Menjen csak fel nyugodtan tanársegéd úr, a dékán úr már lecsillapította a professzor urat.” Ezek az összetűzések semmit sem változtattak a barátságunkon.

– *Érdekes, a mi professzoraink közül Péter Rózsi néni is gyakran kijött a sodrából. Ugyanakkor teljes áhitattal és imádatlal viseltetett Kalmár László iránt. Előadásain gyakran emlegette Kalmár Lászlót, figyelmünkbe ajánlotta A matematika alapjai jegyzeteit. Plátói szerelem lehetett közöttük.*

– Ha igen, akkor a szerelmesek civakodásával együtt. Péter Rózsi sokszor összeveszett Kalmárral. A matematikusok minden hónap bizonyos napján találkoztak, először kávéházban, később Kártesziék lakásán. Amikor összeveszték, Péter Rózsi engem bízott meg, hogy jelentsem, Kalmár ott lesz-e a találkozón, mert akkor ő nem megy el. Egy darabig jelentettem neki, azután meguntam, és úgy üzentem, hogy az már nem juthatott el hozzá. Így azután ott volt Kártesziéknél, amikor Kalmár is megérkezett. Amikor a hangját meghallotta, Péter Rózsi kimenekült a balkonra, várta, hátha idővel elmegy Kalmár. Ő azonban maradt, így Rózsi csapdába esett. Az erkélyre nyílt Kártesziék másik szobájának az ablaka, ami nyitva volt. Péter Rózsi azon átmászott, hogy onnan az előszobába jutva észrevétlenül távozhasson. Nem tudta, hogy azt a szobát Kártesziék kiadták, így az ablakon oda behatoló matematikusnő nem kis meglepetést okozott az albérlőnek.

– *Professzor úr, akkor most hadd szembebesítem egy történettel, amelyet Kárteszi Ferenc felesége, Juci néni mesélt el. Ebben Ön az egyik főszereplő: „1952-t irtunk, Bolyai János születésének 150. évfordulóját ünnepeltük. Aczél János, az újonnan alakult miskolci egyetem tanszékvezető docense meghívta Alexits Györgyöt és a férjemet, hogy az évfordulón tartsanak előadást Miskolcon, Bolyai Jánosról és munkásságáról, a nem-euklideszi geometriáról. Alexits akkor még az Akadémia főtitkára volt...”*

Juci néni ezután színesen ecsetelte, miként mozgósították a megyéből a matematikatanárokat és a tanítókat, hiszen a rendezvény értékérőjének számított, hogy mennyien vesznek részt azon. Jöttek is

az emberek, a reggeli munkásvonatokkal, buszokkal, és zsúfolásig megtöltötték az előadótermet. Meghallgatták az előadásokat..., és most újra Juci néni idézem: „A végén Aczél János feltette a kérdést: – Elvtársak, kinek van hozzászólni valója az előadásokhoz? – Csönd. Az égvilágon senki meg sem nyekkent. – Kedves elvtársak – próbálkozzot tovább Aczél –, a két híres professzor elvtárs azért jött le Budapestről, hogy az önök minden kérdé-

A 80 éves Big Five tagok előadásai

(2004. június 28–29.)

Horváth János: Visszapillantás az elmúlt 62 évre

Aczél János: Mi a teendő, ha egy (függvény)egyenlet érvényességi tartománya túl kicsi?

Fuchs László: Abel-csoportok és modulusok

Gál István: Mikor periodikus egy Fibonacci-sorozat?

Császár Ákos: Természetes operációk általános topológiákon

Horváth János: A Riesz–Fischer-tételről

sére választ adjon. – Néma csönd. – Elvtársaim! Bármilyen problémájuk is van, a professzor elvtársak megválaszolják. A hátsó sorban mozgolódás támadt. Valakit nógattak: Most mond el, most mond el! Aczél felfigyelt rá. – Kedves barátom, jöjjön előre, itt mondja el a kérdését. – Az illető azonban csak nem akart kijönni. Aczél azonban annyira megőrült annak, hogy végre van egy hozzászóló, nem tágított, ki-tessékelt: itt beszéljen.

– Hát kérem szépen... – kezdte az emberünk, és látszott, mennyire zavarban van. – Ósz óta gyűjtjük a vadgesztenyét, mert azt mondták, hogy át fogják venni tőlünk. Ott penészedik, rohad az iskolában. Már olyan bűdös, hogy alig tudunk bemenni, és még mindig nem tudjuk, hogy ki fog nekünk ezért pénzt adni...

Ez volt a pillanat, amikor elszabadult a pokol. Férjem, aki különben mindig meg tudja őrizni a hidegvérét, most a táblának dőlt és rázkódott a válla a nevetéstől. Én felsikítottam, megragadtam Aczél kezét és kirohantunk a teremből. Úgy kacagtunk, hogy azt hittem, belehalok. Aczél annyira meglepődött, hogy a szék, melynek hátsó lábain, szokása szerint, most is hintázott, kicsúszott alóla, ő meg beesett a katedra alá. Egyedül Alexits tartotta a frontot, halál komoly arccal, ha nehezen is, de uralkodott magán. Még mondott is

néhány megnyugtató mondatot. Felejthetetlen élmény volt.” Azért ez nem akármilyen sztori.

– A történet nagyjából stimmel, de csak nagyjából. Egyrészt, nem a Bolyai-évforduló rendezvénye volt, hanem egy tanári konferencia a matematikai didaktikáról, másrészt nem estem be a katedra alá. Tekintsük ezt a mesélő költői túlzásának. A mulatságos történet mindenesetre jól mutatja, hogy az embereket úgy terelték össze ezekre a konferenciákra. Többségük azt sem tudta, hogy miért van ott. Örülök, hogy felidézted az eseményt, legalább pontosíthattam. A Kárteszi Ferencsel készített interjú megjelenése óta többen emlegették már ezt nekem.

– Igen? Akkor ezzel Önnek is jó reklámot csináltam.

– Azért ennél jobb reklámot is el tudok képzelni.

– Beszélgetésünket szeretném most kis- sé a szakma irányába fordítani. Olvasom a tanulmányokban, hogy a függvényegyenletek kutatását Magyarországon elsőként Aczél János kezdte meg. Kidolgozta a függvényegyenletek módszeres elméletét és számos területen alkalmazta. Mi a lényege az Ön tudományterületének?

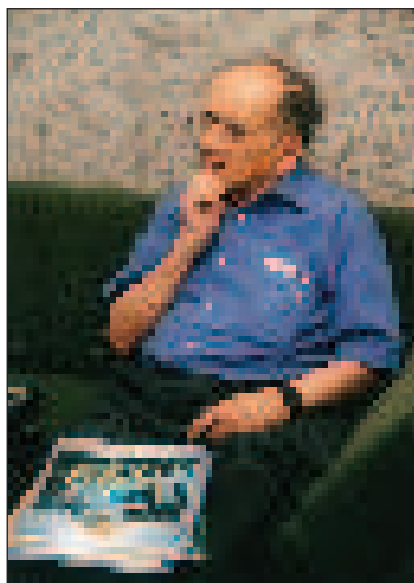
– Amikor elkezdtem, a függvényegyenletek elmélete lényegében az analízishez tartozott. Bár az egyik nagyon korai dolgozatom eredményét, amely a középértékek jellemzésével kapcsolatos, egy-két évvel később Fuchs László az általános algebrai struktúrájukra általánosította. Nagyon jó, sokat idézett dolgozat. Ezután kezdtem magam is érdeklődni a függvényegyenletek algebrai vonatkozásai és alkalmazásai iránt.

Tehát arról akarunk beszélni, hogy mi ennek a lényege? A kisgyermek is legtöbbször ezt az alapkérdést teszi fel a szüleinek: *miért?* Az angol ezt úgy kérdezi, hogy *what makes it shifting?*, vagyis miért teszi, az emberben mi az, ami őt mozgatja.

A függvényegyenletekkel való foglalkozás bizonyos mértékig erre ad választ. Példaként említhetem a Shannon-féle entrópiafüggvényt. Miért pont ezt választják az információ, a bizonytalanság mérésére? Azért, mert erre nagyon alkalmas tulajdonságai vannak. Nem sorolom fel mindet. Az egyik fontos tulajdonság például az, hogy két modellkísérletből nyert információ összege nem lehet nagyobb, mint az egyes kísérletekből nyert információk összege. Azzal egyenlő is csak akkor lehet, ha a két kísérlet független egymástól. Az *n*-változós Shannon-entrópiafüggvény kielégíti ezeket a feltételeket.

Vizsgálódásunk első lépése: milyen tulajdonságai vannak? A második lépés: ezek és csak ezek? Ehhez a jellemzéshez kell egyre gyakrabban a függvényegyenlet.

Tehát van egy ismeretlen függvényünk, és vannak tulajdonságaink. Ezek gyakran egyenletbe írhatók, és akkor azt igyekszünk megállapítani, hogy ennek az egyenletnek melyek az összes megoldásai. Mert például, az információ-mértékeknel maradvá, a lehetséges mértékképletek óriási tömegéből kiválasztják azokat, amelyeknek ésszerű tulajdonságaik vannak. Valaha, s talán még ma is ezt nagyrészt differenciálegyenletekkel tették, amik tulajdonképpen függvényegyenletek, csak deriválnak is bennük. Ma már ebben egyre inkább a függvényegyenletek vannak segítségünkre. Az előny nyilvánvaló: nem kell azt a tárgytól teljesen idegen feltevést alkalmaznunk, hogy a fellépő függvények és összefüggések differenciálhatóak.



„A matematika sokat változott”
(Szécsényi Gábor felvételei)

Ahogy az információ-mértékek-ről beszéltem, a geometriai objektumok függvényegyenleteiről is szólhatnék. S. Goľab lengyel matematikussal közösen, *Funktionalgleichungen der Theorie der Geometrischen Objekte* címmel írtunk erről egy monográfiát, 1960-ban. A lengyel akadémia híres matematikai monográfiasorozatában jelent meg, ez volt az első könyvem.

– *Ahogy a hivatkozásból kitűnik, az 1961-ben a Birkhäuser kiadónál megjelent Vorlesung über Funktionalgleichungen und ihre Anwendungen, az 1966-ban a New York-i Academic Pressnél kiadott Lectures on Funktional Equations and Applications, valamint a Daróczy Zoltánnal közösen írt, ugyaniitt 1975-ben megjelent On measures of information and their characterizations munkája is megkerülhetetlen a szakmabeli matematikusok publikációjánál.*

– Látom, jól tájékozódta felölem.

– *A függvényegyenletek milyen alkalmazásain dolgozik együtt mostanában más kutatókkal?*

– Az University of California Irvine-ban több éve együtt dolgozom matematikai pszichológusokkal jellemzési problémákon. Legközelebbi munkatársam Duncan Luce¹, aki kiváló matematikus is, az MIT-n doktorált. Beletanultam az ő szakterületükbe, közös a produkciójuk, nem arról van szó, hogy ők az alkalmazást, én az elméletet adom.

Azután elkalandozunk a közgazdaságtan számos területére, a haszonelméletbe, és olyan gyakorlati kérdésekre is, hogy a gazdasági mutatóknál miként kell az átlagot számolni. Che Tat Ng társszerzőmmel együtt olyan meglepő eredményekre jutottunk, amire különben nem gondolna az ember, hogy nem a számtani, hanem a mértani közép adja a jó átlagolást.

A függvényegyenletek és az algebra kapcsolatára már korábban utaltam.

A függvényegyenleteknek tehát nagyon sok új alkalmazási területe nyílt meg. Amikor 75 éves voltam, valaki írt erről egy cikket, s abban megjegyezte, nem hiszi, hogy Aczél János 40 évesen gondolt volna arra, hogy a függvényegyenleteket a foglalkozástudományban, a pszichológiában is alkalmazzák majd.

– *Az Ön pályakezdése óta eltelt időszakban milyen változáson ment át a matematika, a matematikai kutatás?*

– Az egész matematika sokat változott. Pályám elején a legtöbb cikket egy szerző írta, ma a publikációk java része többszerzős.

– *Erdős Pali bácsi ebben jól megelőzte a korát.*

– Az ötvenes évek elején megkérdeztem tőle, hány dolgozata van. Akkor még „csak” úgy ötszáz körül járt. Ő azonban nem erre büszke, mondta, hanem arra, hogy milyen sok emberrel írt közös cikket. Otthon én is gyorsan megszámláltam, hány emberrel írtam közös cikket. Persze, sokkal kevesebb dolgozatom volt, de a társszerzők és a cikkek aránya nálam volt a nagyobb. Erre egy ideig büszke is voltam, azután rájöttem, ha valaki egész életében csak egy cikket ír, de azt hat társszerzővel teszi, annak mindannyiunknál nagyobb az arányszáma.

– *Ha pedig kísérleti részecskefizikus, ahol vannak több száz fős publikációk, akkor még inkább verhetetlen a társszerzők számában. Professzor úr, mennyi az Erdős-száma?*

– Egy! Vagyis, van közös cikkünk Erdős Pállal. Tudod, van a weben egy rész, ahol számon tartják a matematikusok Erdős-szá-

1 R. Duncan Luce 2012. augusztus 11-én, életének 87. évében elhunyt

mait. Kettő az Erdős-száma azoknak, akik olyanokkal írtak közös cikket, akik Erdős-szel is írtak. A kettes Erdős-számot adók között az elsők között állok a sorban. Vagyis én is sokakkal írtam, írok közös cikkeket.

– *A számítógépek mennyire befolyásolják a matematikai kutatásokat.*

– Az informatikában és azon kívül is alkalmaznak függvényegyenleteket, s vannak már olyan programok, amelyek bizonyos, nem túl nehéz, de nem is olyan könnyű, rengeteg számolással járó matematikai műveleteket elvégeznek. „Matematikai gyermekek”, Losonczy László sikeresen használ ilyen programokat nehezebb függvényegyenletek megoldására. De említettem itt még Járai Antalt, Székelyhidi Lászlót vagy Gillányi Attilát.

– *Hogyan látja, a matematika jó irányba halad?*

– A már említett kutatások szerint igen. Vannak ugyanakkor aggasztó jelenségek. A matematikusok óriási tömege megdöbbenő, és nehezen számon tartható. A növekvő ambíciók miatt, sajnálatos módon nő a tudatos plagizációk száma. Ugyanakkor szaporodnak a nem szándékos plágiumok is. Erdős Pál már korábban szót tett, hogy a matematikusok napjainkban többet írnak, de kevesebbet olvasnak. Igaz, akkora a túlermelés a publikációkból, hogy lehetetlen mindent nyomon követni. Ez az egyik árnyoldal. A másik sajnálatos jelenség, hogy ismét kezd kissé széthúzódní a tiszta és az alkalmazott matematika. Volt már ez így, azután ismét közelebb kerültek egymáshoz.

– *A sok matematikusnak ad munkát a jövő?*

– *Hogyne! Amíg ez a világ áll, mindig lesz újabb és újabb megoldásra váró matematikai probléma. Mindig lesznek fontos és érdekes problémák.*

– *Professzor úr, lehet szeretni a matematikát nyolcvanévesen is? Látom, ahogyan beszél róla, csillog a szeme. Miként változik az idő múlásával az ember viszonya a választott tudományához?*

– *Hogyan kezdted?*

– *Lehet szeretni a matematikát nyolcvanévesen is?*

– *Lehet! Lehet szeretni, csak kicsit másképp. Nem olyan nagyon másképp, ahogyan az emberek gondolják. Kicsit másként. Persze, hogy lehet szeretni! Én még publikáló matematikus vagyok, de élelken el tudom képzelni azt az állapotot is, amikor már nem írok, csak olvasok. A matematikát akkor is szeretni fogom. Akkor is szeretem majd, ha már csak beszélgetek róla.*

Budapest, 2004 júliusában

Az interjút készítette:
STAAR GYULA

A rák, és ami mögötte van Tumorevolúció és terápiás lehetőségek

A szervezetünket felépítő sejtek a legtöbb esetben tudatos közreműködésünk nélkül látják el feladataikat. Ha megvágjuk magunkat, a sejtjeink osztódni kezdenek, differenciálódnak, majd kis idő múlva a seb összeháródik és beforr. Ha fertőzés ér bennünket, a sejtjeink ellenanyagokat termelnek, és megpróbálják ártalmatlanná tenni a betolakodókat.

Molekuláris szinten elsősorban a fehérjék végzik a sejtek és a szervezet működéséhez szükséges – a fenti példához hasonló – feladatokat. Azt az információt, hogy fehérjéink pontosan hogyan épüljenek fel, egy hosszú, négyféle nukleotidból álló molekula, a DNS tárolja. Ezek alapján azt hihetnénk, hogy a DNS igen stabil molekula, és a benne tárolt információ állandó, de ez koránt sincs így. Egy átlagos napon minden sejtünkben a DNS-t felépítő nukleotidból több tízezer módosul úgy, hogy a módosulás megváltoztathatja a tárolt információt, és annak értelmét. Ezek egy részét külső behatás okozza, ilyen az UV-sugárzás, amely a DNS-ben lévő egymással szomszédos timin vagy citozin bázisok között hozhat létre kovalens kötet, vagy akár a dohányfüst egy komponense, amely a guanin bázisokra képes egy metilcsoportot építeni. A változások másik forrása azonban belső eredetű, a sejt normális anyagcseréje során elkerülhetetlenül keletkező reaktív ágensek okozzák.

Ezek a módosulások két esetben jelentenek komoly veszélyt a sejtire. Az első, ha az adott DNS-szakaszról RNS-átírás (transzkripció) történik. Az átírást egy RNS-polimeráz nevű enzim végzi. Ez végighalad a DNS-szálon, és azt mintaként felhasználva, létrehozza azt az RNS-molekulát, ami nélkülözhetetlen a sejt számára megfelelő fehérje szintéziséhez. Ha a DNS-en rendellenesség adódik, az RNS-polimeráz nem mindig lesz képes a helyes információt kódoló RNS átírására, így arról nem fog a sejt számára funkcióképes fehérje képződni. A másik eset, amikor a sejt osztódik, és megkettőződik

a DNS-e. Ilyenkor egy úgynevezett DNS-polimeráz enzim halad végig a DNS szálain. Ennek feladata a nagy pontosságú másolás. Ha módosult bázishoz ér, azt nem mindig képes felismerni, és a másolás megakadhat. Ilyen esetben az adott helyen a DNS-szál el is törhet, vagy a másolása nem fejeződik be a rendelkezésre álló idő alatt, és a sejt elpusztulhat, vagy genetikai változásokat szenvedhet.

DNS-hibajavító folyamatok

Természetesen a sejt védekezik a módosulások ellen, méghozzá úgy, hogy folyamatosan ellenőrzi a DNS-t, és a megváltozott nukleotidokat eltávolítja, helyükre pedig sérülésmentes nukleotidokat épít be. Az ezért felelős rendszereket összefoglaló néven DNS-hibajavító mechanizmusoknak nevezzük. A DNS-hibajavítás jelentőségét az is jól mutatja, hogy jelenleg már több mint 300 különböző fehérjének tulajdonítunk szerepet a DNS-ben tárolt információ integritásának megőrzésében.

A DNS módosulásainak típusa – az említett néhány példán túl – szinte végtelen lehet. A sejtben velük foglalkozó rendszereket legtöbbször a hibafelismerés módzata alapján osztjuk csoportokba. A gyakran előforduló módosulásokra léteznek olyan fehérjék, amelyek közvetlenül felismerik azokat. Ezt a csoportot *báziskivágó hibajavításnak* nevezzük (**1. ábra**). A felismerés után a módosult bázist leválasztják a DNS cukor-foszfát gerincéről, majd bemetszést generálva, kivágják az immár bázis nélküli (ún. abázikus) nukleotidot. A következő lépésben egy, a DNS másolását végző polimerázhoz nagyon hasonló enzim kitölti a folytonossági hiányt a megfelelő nukleotiddal, a másik ép DNS-mintaszálát másolva, így visszaáll a módosulás előtti információtartalom.¹

Tekintettel a DNS-hibák sokféleségére, a sejtnek nem gazdaságos minden egyes hibára fenntartani egy olyan fehérjét, amely azt speciálisan felismeri. Az úgynevezett *nukleotidkivágó hibajavító*

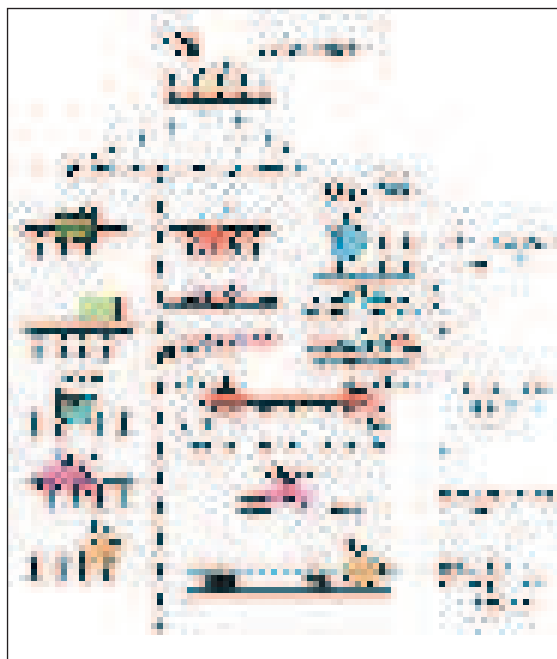


vító mechanizmusok sokkal általánosabban működnek (1. ábra). Ahelyett, hogy a felismerő fehérjék egy-egy speciális hibát keresnének, sokkal inkább a DNS általános alakját vizsgálják, miközben teljes hosszában folyamatosan pásztázzák a DNS-t, és azokat a részeket azonosítják, amelyek eltérnek a normálistól. Működésükre jellemző, hogy nemcsak a károsodott nukleotidot távolítják el, hanem egy DNS-szakaszt is a hiba környezetében. Ezután egy DNS-polimeráz tölti fel a hiányzó részt (1. ábra).²

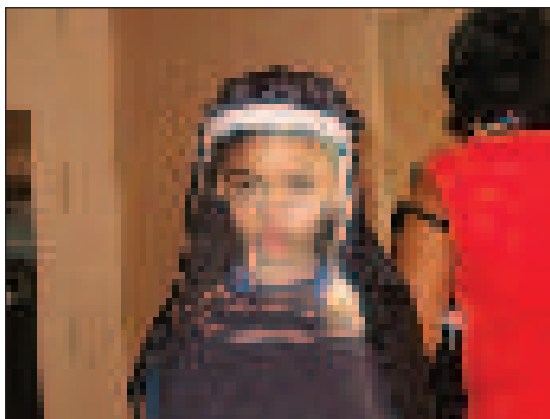
Még ennél is energiatakarékosabb megoldás az, amikor a sejt a hibánál elakadt RNS-polimerázt azonosítja, hiszen így még a módosult szerkezet keresésébe sem kell energiát fektetnie, ráadásul az éppen átíródó, vagyis az adott pillanatban legfontosabb terület meghibásodását javíthatja.

Adódhatnak olyan szituációk, amikor olyan nagy a DNS-károsodás mértéke, hogy az említett rendszerek nem képesek az összes hiba eltávolításra. Így a módosulások megmaradnak addig, amíg a

1. ábra. Néhány DNS-hibajavító útvonal



DNS megkettőződésére kerül a sor. Mivel a folyamatot végző DNS-polimeráz csak az ép nukleotidokon képes áthaladni, hiba esetén a másolás elakadhat. Ilyenkor az úgynevezett *hibatolerancia mechanizmusok* lépnek működésbe. Ezek feladata, hogy átjuttassák a másolást végző replikációs komplexet az akadályt jelentő módosulásra. Ekkor a nagy pontosságú DNS-polimeráz szerepét



2. ábra. A Xeroderma pigmentosumban szenvedő betegek csak speciális öltözékben tartózkodhatnak a napon, amely megvédi őket a káros sugárzásoktól

olyan ún. DNS-hibaátíró polimerázok veszik át, amelyek képesek nukleotidot illeszteni a hibás bázisokkal szemben is. Bár a módosulás így megmarad, ezt egyéb javító mechanizmusok a későbbiekben még eltávolíthatják. A sejt számára a problémát inkább az jelenti, hogy sok esetben a módosult bázissal szemben már nem az eredeti információtartalmat jelentő nukleotid épül be, és az információtartalom visszafordíthatatlanul és végérvényesen megváltozik. Ezt nevezzük mutációnak. A mutáció azon kívül, hogy az evolúció hajtóereje, közvetlenül felelős a karcinogenezisért, vagyis a sejtek rákos elváltozásáért.

DNS-hibajavításban szerepet játszó génekhez köthető betegségek

A különféle DNS-hibajavító mechanizmusok működése elengedhetetlen a sejt életben maradásához. Ezekben a folyamatokban számos fehérje, fehérjekomplex vesz részt, bonyolult hálózatokat alkotva. Ezek a fehérjék ugyanúgy keletkeznek, mint a sejteink összes egyéb folyamataiban résztvevő fehérjéi, így jogosan merülhet fel bennünk a kérdés, hogy mi történik, ha az őket kódoló DNS-szakaszban következnek be valamilyen változás. Ha a javítást végző fehérjék, fehérjekomplexek egyes tagjai hiányoznak, vagy hibásan működnek, súlyos betegségek léphetnek

fel, amelyek közös jellemzője lehet például a rákra való hajlam, a fényérzékenység, és/vagy a korai öregedés. A betegek egy részénél előfordulhat egyéb idegrendszert (látás, hallás, mozgás) érintő rendellenesség is.³

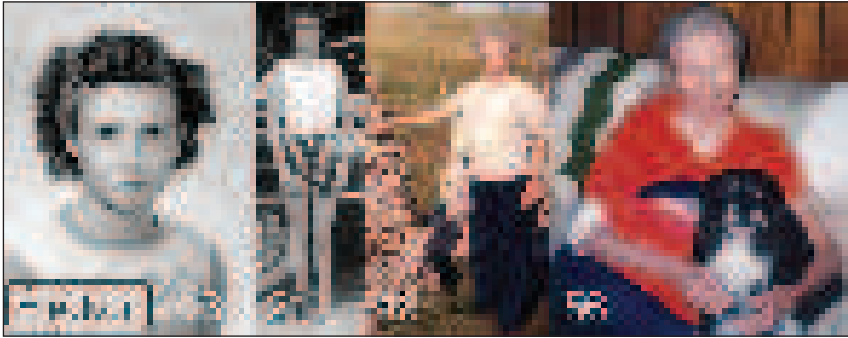
A nukleotidkivágó hibajavító mechanizmusokban résztvevő fehérjekomplex valamely tagjának hiánya a *Xeroderma pigmentosum* (XP) betegség kialakulásához vezethet. A betegségben szenvedők különösen érzékenyek a napsugárzásra. Számukra akár pár perces napfény is hetekig tartó hólyagos bőrpírt okozhat, míg más esetekben a bőr szárazságát (xeroderma), illetve elszíneződését (pigmentosum) okozza. Esélyük a daganatos megbetegedésre igen nagy (2. ábra)⁴.

Az úgynevezett *Cockayne-szindróma* (CS) hátterében a CSA- és CSB-fehérjék valamelyikének a hiánya áll. Ezek ismerik fel az RNS-polimerázt, mely egy adott hibának köszönhetően nem képes folytatni az átírást. Fehérjéket toboroznak a károsodás helyére, melyek kijavítják a hibát. Ha ez nem történik meg, az RNS szintézise és ebből következőleg a fehérjeszintézis is gátakba ütközik. A betegségre jellemző az idegrendszer, a belső szervek, szervrendszerek, csont, valamint az ízületek nem megfelelő fejlődése, halláscsökkenés, szemrendellenességek és korai öregedés.

A sejtsztódásban szerepet játszó BLM-fehérje hiányára vezethető vissza a *Bloom-szindróma*, melyre növekedési problémák, fényérzékenység, daganatos megbetegedésre való hajlam, illetve csökkent immuntevékenység jellemző. A BLM-fehérje DNS-helikáz aktivitással rendelkezik, mely a DNS-spirál „széttekercését” végzi a hibajavítás során. Ezen kívül a BLM-fehérje kapcsolatba lép más fehérjékkel, melyekkel a DNS stabilitásának fenntartásában vesz részt. Hiányában ezek a mechanizmusok nem működnek, ami nagymértékű kromoszóma-átrendeződésekhez és végül a Bloom-szindróma kialakulásához vezethet.

Egy másik DNS-helikáz, a WRN-fehérje abnormális formája okozza a *Werner-szindrómát*, mely korai öregedést okoz. Ez a genetikai betegség nem túl gyakori, nagyjából tízmillió születésre jut egy eset (3. ábra).

A *Rothmund-Thomson-szindrómát* is egy meghibásodott DNS-helikáz okozza. A betegség során emésztőrendszeri, csontozat-fejlődési rendellenességek,



3. ábra. Werner-szindrómás betegeknél a korai öregedés jelei már a késői kamaszkorban jelentkeznek (Forrás: University of Washington)

bőr-, haj-, köröm-, fogkialakulási problémák jelentkezhetnek. Kiemelkedően magas a daganatok kialakulásának kockázata is, különösen csont-, és bőrrák fejlődhet ki.

A rák kialakulása

Ha a sejt védelmi mechanizmusa a DNS-károsodásokkal szemben zavart szenved, ennek kétféle fő következménye lehet, amelyek az említett betegségekben is megfigyelhetők. Egyrészt hatással lehet a transzkripcióra, ezáltal a fehérjeszintézist érinti. Ez a szervek, szövetek fejlődésére gyakorol hatást. Másrészt a genetikai állomány gyors változása rák kialakulásához is vezethet.

Mit is jelent valójában a rák? A rák egy olyan sejtcsoport, ami kiesik a szervezet ellenőrzése alól, a szabályzó ingerekre nem reagál, és kontrollálatlan osztódásba kezd, ezáltal daganatot képez. Míg a jóindulatú daganat nem képez áttétet, és csak akkor károsítja az életfunkciókat, ha a mérete miatt zavarja a többi szerv működését, addig a rosszindulatú daganat a véráram segítségével eljuthat a szervezet bármely pontjára, és áttéteket képezhet.

Miben más a ráksejt, mint az összes többi? Valójában genetikai másságról van szó, ugyanis legtöbbször számos gén sérül, köztük olyanok is, amelyek különös fontosságúak a rák kialakulása szempontjából. Ezek a proto-onkogének és tumorszuppresszorok.

A *tumorszuppresszorok* funkciója, ahogyan a nevük is erre utal, a tumorképződéssel járó folyamatok visszaszorítása. Szerepük normális esetben például a *sejtosztódás féken tartása*, vagy annak biztosítása, hogy a sejt megfelelő időben a megfelelő módon pusztuljon el. Ha ezek szabályozása zavart szenved, igen gyakran alakul ki rák. A p53 fehérje például tipikus tumorszuppresszor. Fehérjeterméke DNS-károsodás hatására leállítja a

sejtciklust, időt hagyva a javító mechanizmusoknak a hiba kiküszöbölésére. A p53 a daganatok közel 50%-ában mutációt szenvedett vagy hiányzik. Ha a p53 nem képes betölteni funkcióját, a javító mechanizmusoknak nem lesz elég idejük elvégezni feladatukat, melynek következtében további mutációk halmozódnak fel a sejtben.⁵

A *proto-onkogének* az egészséges sejtek normális működéséhez szükségesek, például a sejt osztódását segítik. Ha egy proto-onkogénben mutáció következik be, onkogénné alakulhat. A krónikus mieloid leukémia egyik típusában kimutatták az úgynevezett Philadelphia-kromoszómát. Ebben az esetben a 9. és 22. kromoszómák végei cserélődnek ki egymással (reciprok transzlokáció), melynek következtében egy kisebb méretű 22. (Philadelphia) kromoszóma keletkezik. A csere következtében a kromoszómavégeken elhelyezkedő bcr és az abl gének összeolvadásával egy bcr-abl hibrid gén keletkezik, amely onkogénként viselkedik. A róla képződő fehérje olyan egyéb fehérjék aktiválásában vesz részt, amelyek elősegítik a kontrollálatlan sejtosztódást (4. ábra)⁶.

Tumorevolúció

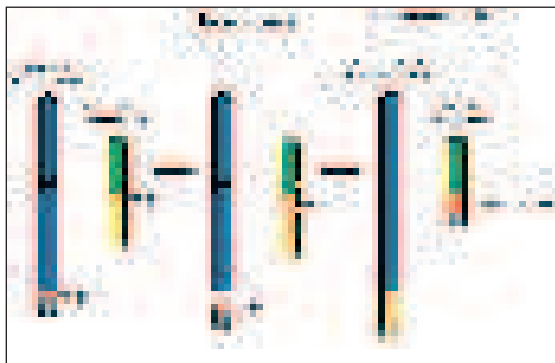
A tumorok kialakulása korántsem egyszerű folyamat. A leírtak alapján megállapíthatjuk, hogy számos ponton történhet hiba a sejtben, ami rákos elfajuláshoz vezethet, de általában egyetlen gén mutációja nem elég ehhez. A sejt több ponton is ellenőri önmagát, és az immunrendszerünk is monitorozza a sejteinket a szervezetünk védelmében. A rendszer azonban nem tökéletes. Esetenként túlél egy-egy sejt, ami daganatot képezhet. A legtöbb tumor visszavezethető egyetlen sejtre. Hiba lenne azonban azt hinni, hogy a daganatot alkotó sejtek nem változnak. Egyetlen tumort is általában heterogén ráksejtek populációja alkotja. A különböző sejtszétételű daganat könnyen alkalmazkodik a környeze-

ti változásokhoz, tartalmazhat olyan sejteket, melyek ellenállóak az alkalmazott terápiákra, ami a betegség kiújulásához vezethet. A folyamat hátterét két elmélet magyarázza: a klonális evolúció és a tumorösejt-modell.

A *tumorösejt-hipotézis* állítása szerint a daganat egyes sejtei összejéhez hasonló tulajdonságúak, így irányítják a tumor kialakulását, fejlődését, terjedését vagy kiújulását. Ezeknek a sejteknek – egy egészséges össejthez hasonlóan – korlátlan önmegújító képességük van, és differenciálódásra is alkalmasak. Ezek következtében a tumorösejtek képesek különböző tulajdonságú sejteket létrehozni, így kialakítva a heterogén tumort. Ezen modell alapján az áttétek kialakulásáért a tumorösejtek terjedése tehető felelőssé, míg a rák kiújulása a tumorösejt-terápiára mutatott rezisztenciájának eredménye (5A. ábra).

A *klonális evolúció* elmélete alapján a daganat sejtei idővel mutációk különböző kombinációira tesznek szert, így lépésről lépésre kiválasztódnak a legmegfelelőbb, legagresszívabb sejtek, amelyek irányítják a tumor fejlődését. Eszerint a tumor kialakulása egy adott sejtben jelentkező többszörös mutáció megjelenésével történik. A tumor fejlődése során a genetikai instabilitás és a kontrollálatlan osztódás miatt létrejöhetnek újabb mutációkat hordozó sejtek, újabb tulajdonságokkal. Ezek a sejtek további nagy mennyiségű, azonos tulajdonságokkal rendelkező utódsejtet hozhatnak létre, vagy további mutációkat szerezhethetnek, növelve a tumor heterogenitását. Az újonnan keletkező, újabb mutációkon átesett sejtek még nagyobb növekedési előnyre tesznek szert, ezáltal más tumorsejtekkel szemben. A klonális evolúció hipotézise alapján számos ráksejt-típusból kialakulhat olyan sejt, amely potenciálisan áttétet képezhet, ellenállóvá válhat a terápiákra és hozzájárulhat a betegség kiújulásához (5B. ábra).

A tumorösejt-modell és a klonális evolúciós hipotézis is egyetért abban, hogy a tumor egyetlen, többszörös mutáción át esett sejtől ered, mely később korlátlan osztódásra és utódképzésre válik képessé. A két hipotézis jól megfér egymás mellett. A mellrák kutatása során végzett tanulmányok alapján a tumorok heterogenitására felelős folyamatok a klonális evolúció mellett a tumorösejt-modell jellegzetességeit is mutatják. Eszerint a differenciáció és a klonális szelekció kombinációja vezet az önmegújító képességgel rendelkező sejtek kialakulásához. A tumort alkotó különböző sejtek között lehetnek differenciáltak, melyek szaporodó képessége csökken, és olyanok is, melyek fokozott önmegújító és szaporodó képességgel rendelkeznek (6. ábra).



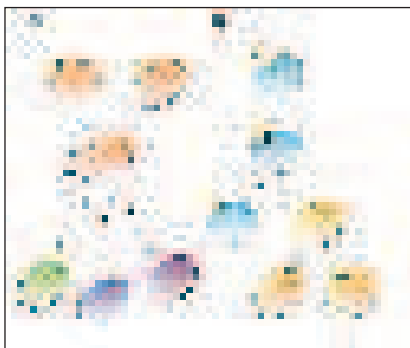
4. ábra. A kromoszómaátrendezés következménye a bcr-abl hibrid gén, melynek terméke foszforiláció segítségével aktiválni képes egyéb, a sejtosztódás serkentésében szerepet játszó fehérjéket

Tumorterápia

A daganatokkal szembeni harcot megnehezíti az a tény, hogy a ráksejtek a legtöbb tulajdonságukban megegyeznek a testi sejtjeinkkel, hiszen azokból alakulnak ki. Létezik azonban néhány olyan tulajdonság, melyekben eltérnek, ilyen a gyors osztódási képesség vagy a megnövekedett energiaigény. A hagyományos gyógyszeres terápiák ezeket a lehetőségeket próbálják kiaknázni.

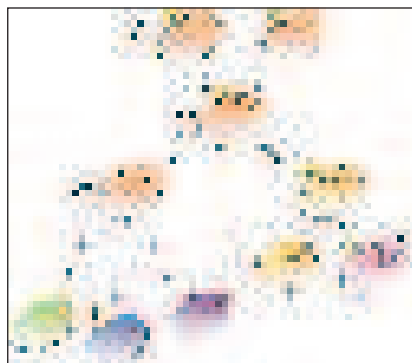
A kemoterápiáról a legtöbb embernek a daganatos megbetegedések kezelése, a ráksejtek elpusztítása jut eszébe. Ez a fogalom azonban nemcsak erre vonatkozik, hanem összefoglaló neve minden betegség gyógyszeres kezelésének. A műtétől és a sugárkezeléstől abban tér el, hogy majdnem mindig szisztematikus eljárásként használják. Míg a sugárkezelés a testnek csak egy bizonyos részén fejt ki hatását, addig a kemoterápia esetében a gyógyszer-

5. ábra. A tumorok keletkezését és fejlődését magyarázó elméletek modelljei. A tumorössejt-modell (A) és a klonális evolúció hipotézise (B). A villám a DNS-károsítást, a csillag a létrejött mutációt jelzi (az első csillag minden esetben azt a többszörös mutációt jelenti, amely következtében létrejön egy ráksejt)



nek általában az egész testen át kell haladnia, mire eljut a ráksejtekhez. A terápia során az első és legfontosabb cél a ráksejtek elpusztítása, és visszatérésének megakadályozása. Azonban előfordulhat, hogy a betegség már olyan stádiumban van, ahol ez nem lehetséges. Ilyenkor a kontrollálás válik fontosná, tehát a terjedés és növekedés megakadályozása, illetve a daganat méretének csökkentése. Előrehaladott állapotban a tünetek enyhítése, és az életminőség javítása kap központi szerepet.

A kemoterápia alkalmazásának időpontját a betegség stádiuma nagyban befolyásolja. Az orvosok a rák típusa, a beteg egészségi állapota és kora alapján mérik fel, hogy milyen szereket, mekkora dózisban és mennyi ideig használjanak a terápia során. A gyógyszerek bejuttatásá-

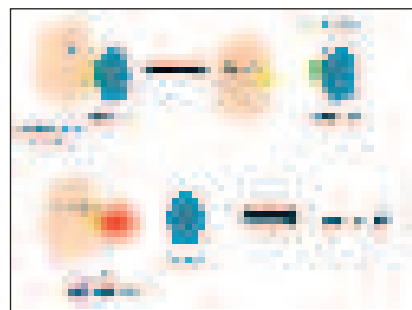


6. ábra. A tumorössejt-modell és a klonális evolúció hipotézise szerint a leírt folyamatok – napjaink mellrákja irányuló kutatásai alapján – a tumor heterogenitásáért egyaránt felelősek⁷

ra több lehetőség van. Történhet szájon át, intravénásan, izomba adva vagy bőr alá injekciózva. Az intravénás a leggyakrabban használt módszer. Az orális bevitel hátránya, hogy az emésztőrendszer sok esetben nem engedi a felszívódást, míg a többi lehetőség esetében gyakran bőr vagy izom irritáció léphet fel. A kemoterápia során a betegek többségének életét a gyógyszerek okozta mellékhatások is nehezítik. A további nehézségek elkerülése végett fontos, hogy a betegek tájékozottassá kezelőorvosukat minden általuk szedett gyógyszerrel, étrend kiegészítővel, vitaminnal, ezek ugyanis kölcsönhatásba léphetnek a kemoterápiás szerekkel, és csökkenthetik, illetve módosíthatják hatásukat.⁸

Az elmúlt években nagy hangsúlyt kapott az úgynevezett célzott terápia. A ha-

gyományos kemoterápia legtöbb esetben nem specifikus módon gátolja a sejtek osztódását, és azt használja ki, hogy a ráksejtek gyorsabb osztódásra képesek egészséges társaikhoz képest. Azonban a szervezetünkben is találhatóak olyan sejtek, amelyeknek nagyobb az osztódási rátá-



7. ábra. Inhibitor alkalmazása krónikus mieloid leukémia kezelésére. A bcr-abl foszforilációért felelős régiójához kapcsolódni képes a gátló molekula. Ennek köszönhetően az nem tudja betölteni funkcióját, így megszűnik a jel a korlátlan sejtosztódásra

juk, ilyenek például a haj növekedésében szerepet játszó sejtek. Ezek a hagyományos kemoterápia során szintén nagymértékben pusztulnak, és szervezetünk más sejtjei is sérülhetnek. Ezzel ellentétben, a célzott terápia általában olyan molekulák gátlásán keresztül történik, amelyek a tumor fejlődéséhez és növekedéséhez nélkülözhetetlenek (7. ábra). A célzott terápia olyan betegek számára is reménytel jelenthet, akiknél más kezelés hatástalan. Ezt a módszert általában a hagyományos kezelésekkkel kombinálva, azok mellett, és nem pedig helyette alkalmazzák.⁹

Igazán hatásos módszer az úgynevezett személyre szabott terápia lenne. Ennek alkalmazásakor személyre szabott molekuláris diagnózis felállítása szükséges. Ez azonban igen nagy feladat, ismerve a tény, hogy az egyes tumorok, sőt a tumorokat alkotó sejtek genetikai háttere is eltérő lehet.

A daganatos megbetegedések milliók haláláért felelősek évente. A tudomány előre haladásával egyre többet tudunk meg a háttéréről. Legtöbb esetben a rák kialakulásáért a DNS-ben felhalmozódó hibák felelősek. Az evolúció során kialakultak olyan DNS-hibajavító mechanizmusok, melyek bonyolult fehérjehálózatok segítségével igyekeznek féken tartani a mutációkat, és helyreállítani a genom stabilitását. A folyamat azonban nem mindig tökéletes, és a rizikófaktorok (dohányzás, UV-fény, egészségtelen életmód) mindennapos halmozásával túlterheljük őket, ezért felgyorsul a

DNS-hibák és -mutációk keletkezésének a sebessége, amely gyakran vezet az egészséges sejtek rákos transzformációjához és daganatok képződéséhez. A rák elleni küzdelmet tehát nagyban nehezíti, hogy igen heterogén betegségről van szó, ugyanis kimondható, hogy minden daganat egyedi, ráadásul a terápia során valójában a saját módosult sejtjeinket kell elpusztítanunk. Az a tény, hogy ezek a sejtek az idő előrehaladtával is további genetikai változásokon mehetnek keresztül, még inkább bonyolítja a terápiás lehetőségeket. Mindezek miatt fontos, hogy minél több molekuláris részletét feltárjuk a DNS-mutációk kialakulásának, valamint ezek hatását a karcinogenezisre, hiszen a rákkal folytatott küzdelemben csak akkor van esélyünk nagy biztonsággal győzni, ha megismerjük a kialakulásának pontos részleteit. ☺

DÖME LILI–BERCZELI ORSOLYA–
DEMCSÁK ANETT–PINTÉR LAJOS
SZUKACSOV VALÉRIA–
HARACSKA LAJOS

A kutatásokat az OTKA 101225 számú pályázata támogatja.

Irodalom

- [1] Robertson AB, Klungland A, Rognes T, Leiros I.: *DNA repair in mammalian cells: Base excision repair: the long and short of it.*, Cell Mol Life Sci., 2009
- [2] Wouter L. de Laat, Nicolaas G.J. Jaspers, Jan H.J. Hoeijmakers: *Molecular mechanism of nucleotide excision repair*, Genes & Dev., 1999
- [3] Lisa Wiesmüller, James M. Ford, Robert H. Schiestl: *DNA Damage, Repair, and Diseases*, J Biomed Biotechnol., 2002
- [4] Lehmann AR, McGibbon D, Stefanini M.: *Xeroderma pigmentosum*, Orphanet J Rare Dis., 2011
- [5] A Sigal, V Rotter: *Oncogenic mutations of the p53 tumor suppressor: the demons of the guardian of the genome*, Cancer Res, 2000
- [6] Claus R. Bartram, Annelies de Klein, Anne Hagemeijer et al.: *Translocation of c-abl oncogene correlates with the presence of a Philadelphia chromosome in chronic myelocytic leukaemia*, Nature, 1983
- [7] Lauren L. Campbell, Kornelia Polyak: *Breast Tumor Heterogeneity, Cancer Stem Cells or Clonal Evolution?*, Cell Cycle, 2007
- [8] American Cancer Society: *Chemotherapy Principles, An In-depth Discussion of the Techniques and Its Role in Cancer Treatment*, 2013
- [9] Gerber DE.: *Targeted therapies: a new generation of cancer treatments*, Am Fam Physician, 2008

Egy Nobel-díjas, aki a mai akadémiai rendszer számára nem lenne elégé termelékeny

Peter Higgs brit fizikus, akiről a Higgs-bozont elnevezték, úgy gondolja, hogy a mai akadémiai rendszerben egyetlen egyetemet sem alkalmazná, mivel nem tartaná őt elégé „termelékenynek”.

Az Edinburgh Egyetem emeritus professzora, aki azt mondja, soha nem küldött egyetlen e-mailt, nem böngészett az interneten vagy egyetlen hívást sem bonyolított le mobiltelefonnal, kevesebb mint 10 cikket publikált úttörő munkája után, amely 1964-ben jelent meg, és amelyben azonosította a mechanizmust, amellyel a szubatomi anyag tömeghez juthat.

Kéti, hogy hasonló áttérés elérhető a mai akadémiai kultúrában, ahol a kutatóktól elvárják, hogy együttműködve sorozatosan termeljék a cikkeket. Azt mondta: „Nehéz elképzelni, hogyan lenne elegendő béke és nyugalom számomra a mai viszonyok között azt csinálni, amit 1964-ben tettem.”

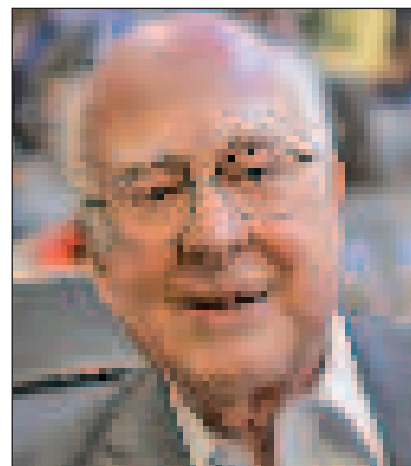
Útban Stockholmba a 2013-as Nobel-díj átvételére, a 84 éves Higgs azt mondta, majd-nem biztos abban, hogy kirúgták volna, ha 1980-ban nem jelölik őt Nobel-díjra.

Ahogy később megtudta, az Edinburgh Egyetem vezetői azt a nézetet vallották, „lehet, hogy megkapja a díjat, ha pedig nem. Még mindig meg tudunk szabadulni tőle.”

Higgs azt mondja, „jelenléte kínos lett a tanszék részére, amikor a kutatási eredményeket összegezték.” A tanszéken mindenki üzenetet kapott: „Kérem, adják le új publikációik listáját” Erre Higgs: „Viszszaküldtem egy üzenetet: Nincsen.” Mire 1996-ban nyugdíjba vonult, kínosan érezte magát az új kutatási kultúrában.

„Miután nyugdíjba vonultam, sok idő eltelt, míg visszamentem a tanszékre. Úgy gondoltam, már nincs ott a helyem. Többé már nem az én szokásom szerint mentek a dolgok. Ma már nem kapnék egy kutatói állást. Ilyen egyszerű a dolog. Nem gondolom, hogy elégé termelékenynek tekinténének.”

Higgs felfedte, hogy karrierje veszélybe került az 1960–1970-es években, mivel vitába keveredett főnökével, Michael Swann-nal, aki később a BBC elnöke lett. Higgs tiltakozott az ellen, ahogyan Swann kezelte a diáktüntetések, valamint az egyetem részvénytulajdonát dél-afrikai társaságokban az apartheid rendszer alatt. „Swann nem értette a problémákat és elítélte a diákok vezetőit.



Peter Higgs

Sajnálja, hogy a részecske, amelyet 1964-ben azonosított, az „Isteni részecske” becenevet kapta. „Néhány ember összekeveri a tudományt és teológiát. Azt hiszik, az történt, hogy CERN-ben bebizonyították isten létezését.”

Tízéves kora óta ateista, és attól fél, hogy a becenev „megerősíti a zavaros gondolkodást azok fejében, akik már eddig is zavarosan gondolkodtak. Ha elhiszik, hogy a teremtés hét napig tartott, akkor ők intelligensek lehetnek?”

Elmondta, hogy 1999-ben visszautasította a lovagi címet. „Őszintén szólva elégé cinikus vagyok azzal kapcsolatban ahogy a kitüntetések rendszerét használják. Az egész rendszert a hatalmon lévő kormány politikai célokra használja fel.”

Még nem döntötte el, hogyan fog szavazni a skót függetlenséggel kapcsolatos népszavazáson. „A hozzáállásom kicsit attól függ, hogy mekkora haladást ér el a Konzervatív Párt örült jobboldala az Európából való kilépés terén. Ha az Egyesült Királyság azzal fenyeget, hogy visszavonul Európából, akkor határozottan arra fogok szavazni, hogy Skócia lépjen ki ebből.”

Soha nem érzett kísértést arra, hogy televíziót vásároljon, de rábeszéltek, hogy nézze meg a Big Bang Theory című műsort tavaly, de azt mondja, nem tetszett neki. ☹

(Decca Aitkenhead, *The Guardian*, 2013. december 6.)

Fordította : Bence Gyula

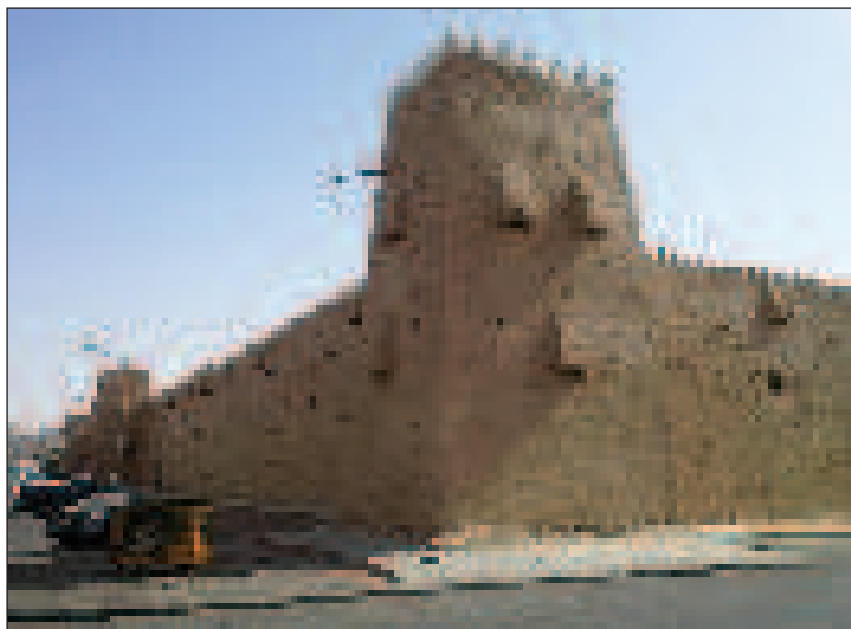
NÉMETH KÁROLY

Titokzatos Arábia

2012 novemberétől megadatott, hogy nyolc hónapot eltöltsék Szaúd-Arábiában a feleségemmel. A Massey Egyetem munkatársaként már 2012 elejétől egy új-zélandi-szaúdi nemzetközi projektben dolgoztam, mely célja a Medina város környéki vulkanizmus vizsgálata, különös tekintettel egy esetleges jövőbeli vulkánkitörés hatása Medinára. E program keretében 2012-ben már jártam három hétig a nyugati világ elől erősen elzárt Szaúd-Arábiában. Az akkori első komolyabb terepmunka során merült fel, hogy akkor lehetne ezt a nemzetközi projektet igazán csúcsra járatni, ha lenne valaki, aki hosszabb időre vállalna egy szaúdi missziót. Ez a terepi napokon többször is elhangzott, de igazából talán senki nem vette komolyan az ajánlatot, egészen addig, amíg egyik esti kávézás alkalmával felvettem, mi lenne, ha én jönnék. Az ötlet szinte természetesen jött, annak ellenére, hogy arra sem volt időm, hogy a feleségemmel megbeszélhessem. Valami azt súgta, hogy bele kell vágni, s ami a legfontosabb, a terepjárások során a sivatag, a friss vulkánok száza, és a Közel-Kelet varázsa, annak minden titokzatosságával, és vonzó félelmetességével egyszerűen úgy hatott rám, mint a mágnes. Miért ne?

Dzsidda

Az Emirátusok felől érkezve a repülő áthalad az Arab-félsziget fölött keletről nyugatra, miközben a félsziget ősi kőzetekből álló, viszonylag egyhangú fennsíkja felől átszeli a vulkáni mezők sorát, aztán a Vörös-tenger felé egy közel 2 kilométer mély, meredek leszakadást követve repül be a parti síkságon fekvő Dzsiddába. A város a tenger felől érkező párás levegő és a sivatagi por hatására gyakran homályba borul, és a gépről csak az utolsó 300 méternél tűnnek fel a házak. Az első benyomások meglepőek, mert nem számítottam arra, hogy Dzsidda ilyen nagy. Hatalmas sugárutak, gyakran kétszer ötsávos autópályák. A város Mekka tartományhoz tartozik, Mekka városának kikötője az iszlám születésének kezdetétől számítva. Így Dzsidda a muszlim zarándokok elsődleges belépőpontja, mivel a tőle alig 80 km-re fekvő Mekkában nincs repülőtér. Dzsidda viszonylag közel van Medinához is (kb. 450 km), ahova kitűnő minőségű autópályán le-



A Qishlah palota Hail városában, az ország északi részén

het eljutni. A dzsiddai Szaúd-Arábia egyik legfontosabb légikikötője, melyet jelenleg modernizálnak. A 8 hónap alatt több A-380-as óriásgépet láttam, mint korábban valaha is. A légitforgalom óriási, nemcsak a polgári repülés fontos, hanem a teherszállítás is. A bevásárlóközpontok tele vannak friss európai, indiai, afrikai termékekkel, amiket légi úton hoznak.

Dzsidda ősi város, kőkorszaki telepék is ismertek, s bizonyos, hogy az első komolyabb telepeket jemeni törzsek alkothatták, és Nagy Sándor is megfordulhatott itt. A város azonban egyértelműen a korai iszlám alatt válhatott jelentős központtá mint Mekka tengeri kapuja. Az ezredfordulót követően fontos kikötő lett, nagy szerepet játszva a földközi-tengeri és az indiai, kínai hatalmak közötti kereskedelemben. Az ottomán terjeszkedés felgyorsulása nyomán, Egyiptom megszerzésével, az 1500-as évek elejére Dzsidda is mindinkább ottomán függőségbe került, amit Mekka török kézre kerülése pecsételt meg. A város rohamos fejlődésnek indult, megerősített városfallal, több új épülettel bővülve, felértékelődött szerepéhez mérten egyértelműen a Vörös-tenger egyik legfontosabb kikötője lett, és egyben az Ottomán Birodalom déli bástyá-

ja. Ez így is maradt az 1800-as évek kezdetéig, amikor egyre több és erősebb arab megmozdulás hatására Dzsidda és Mekka többször is váltott uralkodót. Az Ottomán Birodalom gyengülésével párhuzamosan, az első világháború kirobbanását követően egyértelművé vált, hogy Dzsidda és a Vörös-tenger partvidéke nem lesz sokáig tartatható. Ezt erősítette az egyre fokozódó arab nemzeti érzés, melynek kifejeződése egy egységes arab állam létrehozása Szíriától Jemenig. Bár ez a terv még korai volt akkor, a világháborút követően megszületett a Hejazi Királyság melynek körpontja Dzsidda lett, és a Vörös-tenger parti síkságát foglalta magába. Ez az állapot addig maradt fenn, míg Mekka és Medina az Arab-félsziget központjából nyugat felé terjeszkedő Szaúd család kezébe nem került. 1925-től Dzsidda politikai jelentősége jelentősen csökkent, különösen azzal, hogy Mekka tartomány része lett. Dzsidda a modern Szaúd-Arábiában egyre jelentősebb politikai és gazdasági súlyú, és lassan visszaszerzi történelmi jelentőségét. Nem is csoda, hogy a meglehetősen konzervatív királyságban is a szabad város jelzővel illetik. Persze, ez a szabadság elég relatív, amit a megérkezésünk utáni hetekben világosan láttunk.

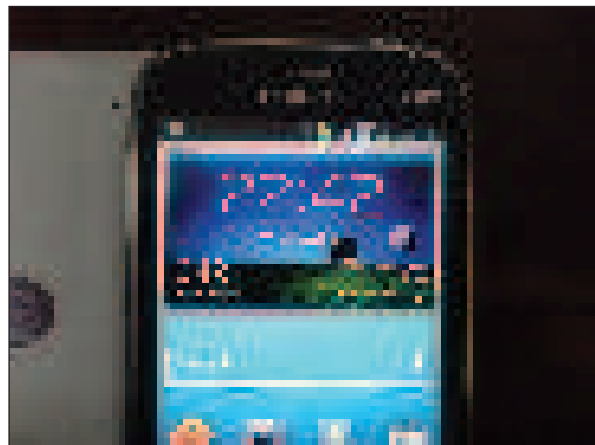
Élet egy egészen más mederben ...

Dzsidda jelenleg úgy 5 millió lakosú. Meglepett, hogy milyen kozmopolita város. Ugyan más nemzetek képviselőit lehet látni, mint mondjuk Párizsban vagy Londonban, de vitathatatlan, hogy nagyszámú közösségek élnek itt Pakisztánból, Indiából, Szudánból, Egyiptomból, Indonéziából, Bangladesből stb. Ez a változatosság rányomja bélyegét a város hangulatára, nem utolsósorban a változatos szokásokra és a különleges gasztronómiára. A változatosság az egyetemre is jellemző, ahol a kutatásaimat végeztem. Míg a King Abdulaziz Egyetem (KAU), ahol kutatásaimat végeztem Rashad Moufti professzorral, Dzsiddában van, addig a várostól 80 km-re, északra található King Abdullah Egyetem igazi elitegyetem, amolyan állam az államban.

A megérkezés pillanatában érezni lehet, hogy egy kulturálisan, hagyományaiban és szokásaiban teljesen más világba csöppen az a látogató. Privát turistaként még most is nehezen és nagy előkészületeket követően lehet ide eljutni. Azonban egyre több turisztikai cég vállalkozik az ország kimeríthetetlen és vadregényes természeti értékeire alapozva a nemzetközi turizmust is fellendíteni. A tendencia egyértelmű, bár még jó pár év, amíg viszonylag egyszerűen lehet a királyság területére lépni. Ettől függetlenül már a reptéren feltűnik a hihetetlen nagyszámú külföldi érkezése. Ez egyrészt a folyamatosan, egész éven át érkező zarándokokból áll, illetve az országban élő vendégmunkások

dó mérnököktől a magamfajta tudományos kutatókig. E folyamat várható jövőbeli rossz társadalmi hatásainak elkerülése végett az ezredfordulótól kezdve egy intenzív ún. szaudizációs folyamat van érvényben, melynek keretében minden lehetséges helyen, ahol korábban főként külföldiek dolgoztak legalább 10%-ban szauidi származású állampolgárokat kell alkalmazni, mely arányt fokozatosan tervezik emelni a következő évtizedben. A korábbi nagyarányú külföldi munkavállalást támogató programok helyett jelenleg inkább olyan programok vannak előtérben, melyek a hazai munkaerő betanítására alapoznak. Az új-zélandi-szauidi kutatóprogram, melyen részt vettem, szintén ilyen céllal indult. Úgy tűnik, hogy a tudás megszerzésére alapuló programok a leginkább támogatottak a közvetlen alkalmazás mögött. E folyamatok felgyorsulása ellenére egyértelmű, hogy Szaúd-Arábia komoly hatalom, igen jelentős külföldi vendégmunkás-populációval.

A megérkezés más szempontból is érdekes. Szinte azonnal át kell állni a helyi törvények szerinti életre. Nem lehet az iszlámon kívül más vallás szimbólumait magunkon viselni, vagy éppenséggel nyilvánosan



Forró éjszaka Dzsiddában

mindent, de nyilvános helyen, csak és kizárólag a királyság etikai és vallási normái szerint lehetséges. Ez az a pont, amiben nagyfokú türelemre, és kompromisszumkészségre van szükség ahhoz, hogy egy nyugati normák szerint szocializálódott egyén sikerrel tudjon érvényesülni. Ez elvileg nem tűnik nagy erőfeszítésnek, de csak nagyon kevesen képesek rá. Saját tapasztalatom is az, hogy nem könnyű ehhez az új helyzethez alkalmazkodni, de egyáltalán nem lehetetlen. Az egyik legnyilvánvalóbb szokás a férfiak és nők elkülönítése. Ennek legszembeötlőbb formája, hogy bármely nő ideérkezve köteles az öltözködési szokásokat követni. Az érkezés utáni 24 órán belül minden nőnek fekete abaya-t kell viselnie, a haj eltakarását szolgáló fekete fejkendővel. Ez alól gyakorlatilag nincs kivétel, és a Mutaween Rendőrség, a vallási és etikai szabályok betartását figyelő szervezet ezt komolyan is veszi. Nemcsak az öltözködési, hanem a viselkedési szokásokat is követi. E rendőrség ereje leginkább Rijádban jelentős, Dzsiddában nagy ritkán láttam egy-egy autójukat. Ettől a szabálytól kicsit tartottam, hiszen feleségem polinéz, egy alapvetően matriarchális társadalomból származik, ahol a nő a „főnök”. Érdekes módon feleségem kitűnően érzett rá a helyzetre. Először inkább „játéknak” érezte a mindennapi „beöltözést”, bár fokozatosan megszokta. Mi több, rövidebb idő után kimondottan praktikusnak érezte. Egyrészt óriási a választék a fekete abayákban, és igen változatos stílusban lehet őket vásárolni a legfinomabb anyagokból készített, gyönyörű mintákkal ellátott, igazi „díszjnos” fejkendővel kiegészítve. Mindenki az az első gondolat, hogy milyen kényelmetlen lehet a fekete ruha a nagy melegben. Ez így is lehet, ha a fekete anyag nehéz lenne, de inkább seelyemszerű, hűsítő anyagból készül, a drágábbak pedig könnyedek. A haj eltakarása egy kis gyakorlatot igénylő feladat, de a feleségem rövid idő alatt ráért arra is. Természetesen odahaza, akár a házakat körülvevő



Tipikus reggeli terepre indulás előtt

millióiból. Az ország lakosságának közel negyede külföldi. Szinte nincs olyan szektor, ahol ne találkoznánk külföldi munkásokkal, a takarítótól a komoly építkezéseken ügykö-

érkezni a Biblia bekezdéseiről. A szabad vallásgyakorlat „zárt kapuk mögött, odahaza” természetesen lehetséges. Ez a filozófia az élet más területeire is érvényes: odahaza

kerítésen belül is, az öltözködési szabályok enyhébbek, ha egyáltalán vannak. A kerítések pedig magasak, nem is lehet belátni a legtöbb kertbe.

Az öltözködési szabályok férfiakra nem ilyen szigorúak, bár a rövidnadrág, rövid újjú póló vagy ing általában illetlen öltözetnek számít. A férfiak többsége amúgy a teljesen fehér *thoub* viseletet hordja, gyakran a fejét fedő kendővel (*shumagg*), melyet fekete, gyűrűszerű „nehezék” segíti a fejen tartani (*ogal*). A *thoubot* rögtön az első naptól az utolsóig

dés. Néhány városi busz látható, de azok inkább a környező falvak munkásait viszik, eléggé kevesen használják őket. Kisbuszok inkább mint iránytaxik futnak ugyancsak környező, leginkább szegény régiókba. A távolsági buszközlekedés jónak mondható, de ahhoz egy kis kalandváagnak kell lenni az utazóban. Az országon belül a légiközlekedés szervezett, és olcsó. Jelenleg folyik a Dzsidda–Medina nagysebességű vasútvonal megépítése. Óriási munka, óriási pénz és óriási technikai kihívás. Úgy tűnik, hogy már akár 2015 vé-

a boltok lehúzzák a rolót, minden lelassul, csendes lesz. Még a forgalom is jelentősen csökken az utakon. A munkahelyen a kollégáim szépen kiterítették az imaszőnyeget és közösen imádkoztak. Eleinte ez nagyon furcsa volt, de idővel megszokottá válik, és ad egy rövid pillanatot az elmélyülésre.

Tudományos munkám mellett lehetőségem volt belelátni a szaúdi világ mindennapjaiba. Az egyetemi kollégáimon keresztül világosan láttam a lehetőségeket, a munkakörülményeket és a lehetséges elvárásrendszert. Szinte minden területen nagy meglepetés ért. A jövedelmi rendszer összetett és nagyon széles skálán szór, de nemigen lehet látni tömeges, extrém szegénységet. Olyan érzésem volt, a társadalom belső rendszere minden társadalmi csoportot a helyén kezel. Ez talán kicsit kasztrendszernek tűnhet, de az igazság az, ha ezt a társadalom minden része elfogadhatónak érzi, és az így működik, azal nincs semmi baj. Látni ugyan utcai kol-dusokat, de azok szinte kivétel nélkül valami munkát ajánlanak. Ebből az általános mentalitásból adódóan szinte nincs olyan munka, amire szinte azonnal ne lehetne találni vállalkozót. A társadalmi helyzettől függően el is várt bizonyos pozíció után, hogy az ember használja is ezeket a szolgáltatásokat (pl. van házvezető, a sarki boltból valaki felhossa a bevásárolt cuccokat az emeletre, vagy éppen kicseréli az ivóvizet palackot). Ez, úgy látam, kitűnően működik, és egyfajta pezsgést ad az ottani életnek. Emellett tény az arab üzleti érzék. Akár hajnali kettőkor is lemehettem a sarki boltba, és ha kellett, mikro SD kártyát tudtam venni. Ha éppen az nem volt a boltban, szinte azonnal volt ötletük arra, honnan és hogyan lehetne szerezni, és reggelre lakásunk előtt várt a csomag...

A szaúdi világban talán a legszembeötlőbb a nemek szegregációja. Nemcsak az öltözködési szabályokban jelentkezik, hanem abban is, hogy szinte minden szolgáltatást szétválasztanak férfiakra és családokra/nőkre. Nehéz megszokni. Étteremben külön ajtó és helyiség szolgál a férfiaknak és a családoknak/nőeknek. Ez még a gyorséttermekre is igaz. Általában a női rész tisztább és kulturáltabb kiszolgálást jelent, így gyakran a családok együtt mennek mindenhová bevásárolni. Bankokban, ha egy nő érkezik, azonnal a sor elejére mehet, külön kiszolgálás vár rá. Ugyanilyen elkülönülés látható a buszokon: a jármű első fele családoknak és nőeknek van fenntartva. Vannak olyan üzletek, ahová kizárólag családok vagy nők mehetnek be. Ezek általában a (női) testápolással, szépséggel, divattal kapcsolatos boltok. Számomra a legbizarrabbak a női fehérneműboltok voltak, ahol életem legtüzesebb női fehérneműit láttam kiállítva, melyeket természetesen csak feleségem társaságában volt alkalmam megtekinteni...



Utcakép Dzsidda belvárosában

viseltem. Az első reggel farmerban és hosszú ujjú ingben mentem az egyetemre, aminek az lett az eredménye, hogy úgy néztem ki érkezéskor, mintha leöntöttek volna vízzel. Csak 38 fok volt reggel 8-kor, és 47 hazafelé...

Sokan úgy gondolják, hogy a nagy meleg miatt állandó szenvedés az ottlét. Az igazság az, hogy Szaúd-Arábiában szinte mindenütt van légkondicionálás. Amint kilép az ember otthonról, a taxiban, a bevásárlóközpontokban, a munkahelyen, mindenütt van jól működő légkondi. A 2013-as magyar nyáron sokkal jobban szenvedtem a 35 fokos hőségben.

A városban szinte mindenhova taxival vagy autóval lehet eljutni. Elvileg terveztem autóvásárlást, belefért volna a költségvetésünkbe, viszont az első taxizásunk után feleségem csak annyit mondott: „ha autót veszel, soha nem fogok beülni melléd”. A válaszom csak annyi volt, hogy „amúgy sem ülhetnél mellém, a hátsó ülésen kell utaznod”. Lakásunk egy hotelszerű apartmanház, az Al Salaymaniah negyedben, talán a világ egyik legnagyobb körforgalma közelében volt. Ezen az 5 sávós, 300 méter átmérőjű körforgalmon átkelni csúcsforgalomban olyan, mintha az ember „Playstation” játékba kerülne. A városban szinte alig van tömegközle-

gé elindulhatnak az első vonatok. E munkát folytatásaként később szeretnék összekötni Medinát Rijáddal és Mekkával, majd újra feléleszteni a Hejaz vasútvonalat Dzsidda, Yanbu, Tabruk és Amman irányába, amit még annak idején az Ottomán Birodalom álmodott meg, és részben meg is épített.

Nagyok ugyan a távolságok és zord sivatagi régiók is vannak, de az úthálózat kitűnő. A legmodernebb technikával készült utakon lehet eljutni szinte minden eldugott helyre. Az építkezési hullámnak szemmel látható jelei is vannak. Alig 2 év alatt, amióta először jártam Medinában, látványosan nőtt a város. Egy a kaliforniai Szilícium-völgyhöz hasonló városrész építésébe kezdtek, melynek részeként új egyetemek, kutatóintézetek és nagy cégek központjait ötvöző futurisztikus övezetet kívánnak alkotni.

A mindennapok

Az iszlám a mindennapok része. Naponta ötször megszólal az imára hívás éneke, s ilyenkor jó félóra leáll az élet. Lehetünk a legmodernebb plázában, bankban vagy megbeszélés közben, arra a félórára

Az üzletek választéka óriási, és itt is szinte mindenütt a szokásunktól teljesen eltérő értékrend és szokásvilág tükröződik. Hatalmas plázák vannak mindenütt, ahol a városi piacok mellett az igazi vásárlások történnek. Mivel Dzsidda a királyság legnyitottabb városa, a plázák azok a helyek, ahol, különösen a nem szaúdi nők, gyakran leveszik a fejkenőjüket, és meg-megvillan egy elegáns fekete dizájnos abaya alatt a hosszú comb is, a tökéletes magas sarkúval együtt. A szaúdi fiatalság legprogresszívabb rétege itt próbálja a tradíciók határait feszegetni, és nyilván itt történhetnek olyan ismerkedések, amikből később bármi is lehet. Az előre megszervezett házasság még ma is általános. Úgy látom, hogy alapvetően elfogadott módszerről van szó, nem kényszer vezérelte dologról. Mivel a nemek szegregációja lehetetlenné teszi a közvetlen kapcsolatot, nyilván más utakat próbálnak a mai fiatalok, és ebben az internet, az okostelefonok, és az olcsó és gyors mobil kommunikáció forradalmi szerepet játszik. Gyakran a hölgy lánytestvérei tudakoznak a kiszemelt férfiről, és mire arra kerül a sor, a pár tagjai már sok mindent tudnak egymásról. Mivel a testvérek jót akarnak egymásnak, a kiválasztott partnerek általában jó választások lesznek. Ez a rendszer teljesen idegen a mi világunktól, de úgy tűnik, működik. Dzsiddában vannak alternatív életutak is. Ezek megjelenése azért is természetes, mert igen nagyszámú szaúdi nő és férfi él pl. Nagy-Britanniában, Amerikában, Svájcban, vagy Németországban. Az onnan visszatérők hozzák magukkal az igényt a szabadságra, és a konzervatív szabályok visszaszorítására. Szaúd-Arábiában például nők nem vezethetnek. Ez alól a beduin nők jó része azért kihúzza magát. E téren is várható változás a közeljövőben. A nők szerepe a családi életben óriási. Több adat szerint a nők kezében van a szaúdi megtakarítások többsége, amit nők számára fenntartott bankokban őriznek.

Sokak által feszegetett kérdés a többnejűség. Az iszlám ugyan megenged maximum négy feleséget, a gyakorlatban azonban ez igen ritka, és igen költséges. Egy házassághoz is legalább 50 000 rial (1 rial kb. 60 Ft) kezdőösszeggel indulhat a férfi, amit az esküvő költségei felett közvetlenül a menyasszony családjának kell biztosítani. Sokszor utaztam taxiban, 35–40 év körüli sofőrrel, aki még nem tudta összegyűjteni a házassághoz szükséges „fedezetet”. Ilyen körülmények közt kétszer is meggondolja az ember, hogy belevág-e egy párhuzamos második házasságba is. Találkoztam olyan férfiemberrel is, akinek valóban volt kettő vagy három felesége. Ezt nem úgy kell elképzelni, mint egy együttélő családot. A feleségek általában külön házakban élnek, és csak nagy-

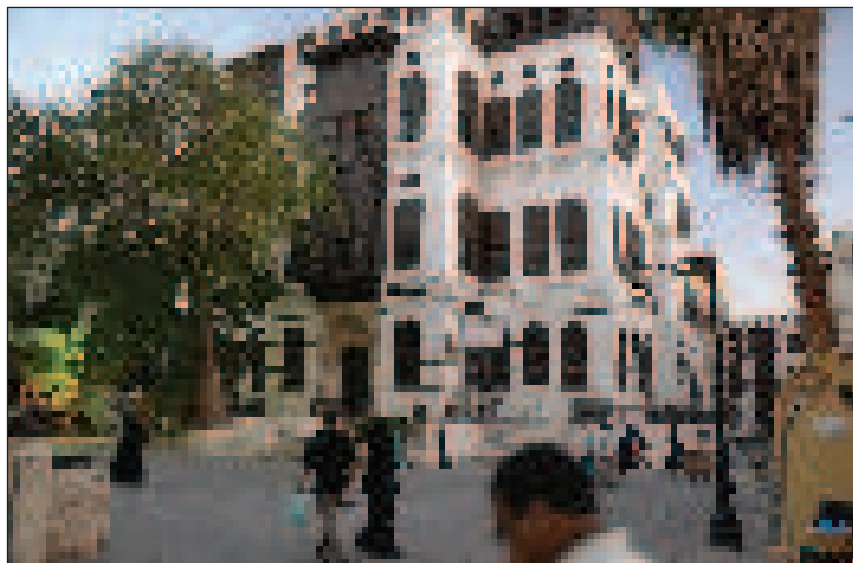
ritkán találkoznak egymással. A válás intézménye sem ismeretlen Szaúd-Arábiában, bármikor bármely fél beadhatja, és viszonylag egyszerűen lejátszott esemény, természetesen a városokban.

Életvitel, életmód...

Mindenki felteszi a kérdést, hogyan is élnek Szaúd-Arábiában. Nyilván csak arról tudok megbízhatóan írni, amit magam is megtapasztaltam, vagyis a tudományos életről. Az egyetemen érdekes fizetési rendszer létezik. Megvan a szokásos hierarchia, minden szinthez tartozik egy alapfizetés. Ennek összege a professzori szint (associate professor) kezdetén egy jó felsővezetői fizetéssel egyenértékű, ami úgy 6000–10 000 rial közötti. Ettől kb 40%-kal lejjebb is és feljebb is szór a spektrum, amit alapfizetesként lehet tekinteni. Az alapfizetés felett van egy teljesítményfaktor által számolt érték, ami 0 és 100% között változik a tudományos teljesítménytől, tanítási minőségtől stb. függően. Ebben a faktorba építenek be egy talán vitatható tényezőt, mely alapvetően a rendszerbe belépő külföldiek számát hivatott kontrollálni egy-egy régióból, illetve azt nézi, hogy ahonnan az illető jön milyenek a bérszintek. Így pl. egy indiai vagy pakisztáni kutató inkább az

delemhez jut, míg a legegyszerűbb munkákat végző, főleg bangladesi, pakisztáni, Sri Lanka-i vendégmunkások kb. 1500–2000 rialt kapnak. Saját tapasztalatom szerint úgy 600 rial lehet a minimálbér. Sokszor azok a többnyire bangladesi férfiak, akik ilyen alacsony bért kapnak, szinte mindig végeznek extra munkát, amiből a havi fizetés duplája is összejöhet. Azt is tudni érdemes, hogy ezek az emberek a hazájukban néha csak 1 rialnak megfelelő összeget keresnek naponta, sokkal rosszabb körülmények között, mint ahogy Szaúd-Arábiában.

Természetesen a jövedelemviszonyokat mindig az adott ország áraihoz érdemes viszonyítani. Szaúd-Arábia alapvetően nem túl drága ország. Elfogadható lakást már évi 20 ezer rialért lehet bérelni, amire kb. 5000–10 000 rial extrát érdemes számolni, hogy rendszeresen be is lehessen bútorozni. A lakásméretek általában nagyok, és mindig van külön rész a nőknek, a látogatóknak, és természetesen gyerekeknek. Ha valaki a 100 000 és 200 000 rial közti bérletkategóriában van, már családi lakosztályt bérelhet, biztonsági szolgálattal, elkerített lakrészekkel. Sok nyugati munkavállaló ilyen helyeken lakik. Ennek az életformának is megvan a különlegessége, de mi inkább a városban élő, annak részét képező helyen kívántunk lakni, mintsem egy „rezervátumban”.



Az egykori ottomán uralom jelei Dzsidda belvárosában, az Al Baladnak az épületein

50% alatti extrára számíthat, míg egy amerikai vagy német inkább a fölöttire. Egy magyar docensi állású, ott dolgozó egyetemi kutató/oktató jövedelme a havi 15 000–20 000 rial között van (mivel nincs se ÁFA, se személyi jövedelemadó ezek, az értékek mind nettóként értendők). Professzorként ezen összeg akár duplája vagy háromszorosa is elképzelhető. A hétköznapi világban egy átlagosan kereső ember (aki lehet taxisofőr, bolti eladó vagy középvezető, kétkezi munkás) legalább havi 6000 rial jöve-

A lakás fenntartásának talán legjelentősebb költsége a villany, hiszen mindenütt és mindig mennie kell a legkondinak. Így is ritka, hogy az áramszámla havi 200 rialnál több lenne. A víz is kedvező árú. Az ivóvízet palackokban, tartályokból, kitűnő forrásokból vagy artézi kutakból kapják, és egy 20 literes palack, ami ivás mellett főzésre is szolgál, kb. 1 hétre elegendő, mindössze 6 rialba kerül. A mosáshoz, tisztálodáshoz a Vörös-tenger mellett található számtalan

sótlánító telepről származik a víz. Mind a vonalas, mind a mobiltelefon-hálózat fejlett, több szolgáltatóval, igen versenyképes árakkal. A gépkocsiarak valamivel az európaiak alatt vannak, a benzin viszont hihetetlenül olcsó, így 100 rialból bőven fedezni lehet egy család egyhavi utazási költségét. Az egyetemeken egyébként kb. havi 600 rial utazási költségtérítést is kap minden alkalmazott, ami több, mint szükséges. A havi megélhetés étkezésre költött oldala is igen baráti. Egyrészt a választék óriási. A nagy bevásárlóközpontokban (az egyiknek éppen Duna a neve ...) szinte minden jól ismert világmárka terméke megtalálható. A lakásunk melletti

francia tulajdonú szupermarketben ötféle magyar sajtot lehetett venni Hajdú márkánévén, míg a magyar feta sajt a lágysajtok között mindig keresett termék volt. Ami igazán egzotikussá tett sokmindent, az a régióból származó élelmiszerek nagy változatossága. A hústermékek is igen változatosak, de természetesen semmilyen formában sem lehet disznóhúst kapni. Mindig van azonban kitűnő marhahús Új-Zélandról, Indiából, Braziliából, Pakisztánból (20–30 rial kilónként). Érdekes módon a birka lehet ennél drágább is, bár mint mindenütt, mindig van valami leázás. Ami viszont hétvége előtt mindig kapható, az a tevehús. Itt tanultam meg tevepörköltet készíteni, ami minden várakozásom felülmúlta. Azt gondoltam, hogy rágós és karakteres ízű húsról van szó, ezzel szemben egy sovány, a marhahús és birkahús pozitív értékeit mutató gyorsan elkészíthető hústípus. A zöldségválaszték is óriási. Bármennyire is hihetetlen, a zöldségek jelentős része szaúdi eredetű, különösen a leveles zöldségek.

Az öltözködés költségei is viszonylag alacsonyak. Egyrészt a többség által viselt abaya és thaub mindent leegyszerűsít. Ennek ellenére a városokban óriási választékban kaphatók a legnevesebb márkák luxustermékei is. Az persze mindig érdekelt, hogy vajon hol viselik ezeket a sokszor igen kihívó miniszoknyákat, feszes ruhákat. Egyrészt valószínűleg az abayák alatt, másrészt otthon, női partik alkalmával. A városban több helyen látható női klub, ahová csak nők járhatnak. Ott elkészíthetik a legextravagánsabb hajkölteményeket is, vagy megrendelhetik test-

re szabott elegáns miniöltözetüket. Ugyancsak döbbenetes élmény a nagy plazakban látni a női alkalmiruha költeményeket, melyek ára legalább néhány száz rijaltól a több tízezerig terjedhet. Ez nem is csoda, mert a házasság igazi esemény, ahol egyszerre lehet kifejezni mindent, és ez az a hely, ahol a házasság megkötése előtt a két család női tagjai mindent beleadva tehetnek komoly benyomást a család másik ágának női tagjaira. Ezen az alapon például könnyen be lehet dobni később a férfi testvéreknek kik is azok a még független hölgyek a család túloldalán, akikre még lehet és/vagy érdemes „pályázní”.



Egy Dzsidda milliányi kis üzlete közül (A szerző felvételei)

Meg kell említeni az étkezési szokásokat is. Alapvetően mindent kézzel esznek, még hozzá jobb kézzel. A bal kéz használata igen durva ellenérzést válthat ki. Legtöbbször földön étkeznek, és bőségesen. Egy-egy vacsorához annyi rizst tálnak, amit én egy hétig tudnék enni. Gyakori, hogy mindenki egy közös nagyméretű tálról étkezik. Ilyenkor nem árt megfelelően helyezkedni, nehogy az elfogyasztandó átlal elejéhez vagy hátsójához üljünk. Sem egy birka szemgolyójának szopogatása, sem annak péniszén való fuvolázás nem kifejezetten vonzó egy nyugati számára. Az elfogadás komoly jele azonban, amikor valaki a felszolgált hús nemes részét szakítja le számunkra.

A legtipikusabb szaúdi étel a kabsa. Ez általában csirke- vagy birkahús grillen, amit fűszeres rizsen tálnak salátával, fűszeres szószokkal. Jemenből származó, de általános étel a mandi, ami leginkább birka- vagy kecskehúsból készül, földbe mélyített lyukban táplált tűzön. Grillezett csirke, birka, kecske, fűj különféle fűszeres rizzsel

és arab kenyérral szinte mindenütt kapható. Gyakori az ún. foul, a hámozott szemes bab, ami egy speciális amforaszerű edényben lassú tűzön fő. Több tucat foul között lehet válogatni, ami lágy sajttal, olívaolajjal, egy kis sült tojással tökéletes (és tartalmas) reggeli, ami az egyik kedvencem is lett. Sokféle humusz, változatos olíva, curry, és magvak teszik az étrended változatossá. Megvannak a nálunk is ismert falafel, gyros helyi megfelelői, és néhány helyi gyorsétterem, melyek közül a dzsiddai eredetű Al Baik valóban legendás. Leginkább a KFC-hez hasonlít, de a csirkét átgőzölik és azután grillezik, kitűnő omlós, de ropogós állagot

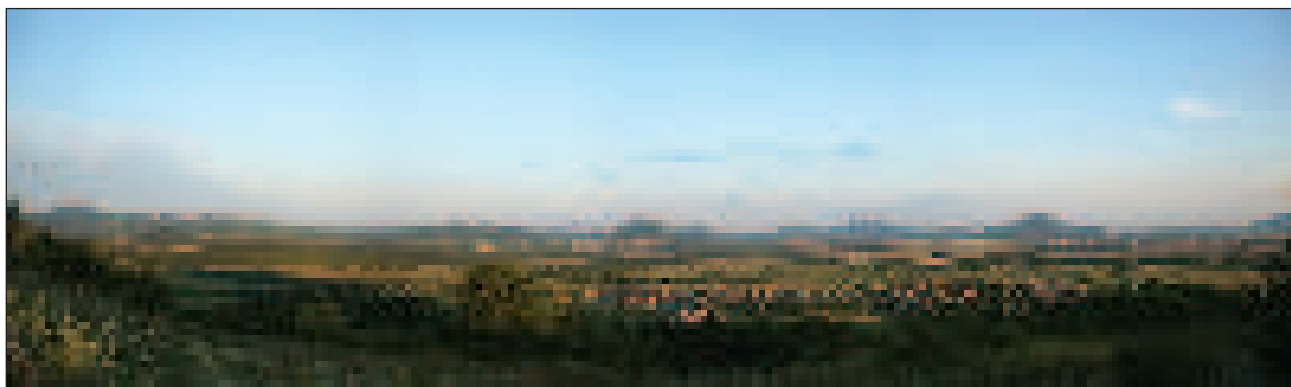
adva neki, amit a különleges fűszerezés csak felerősít. Egy 8 csirkedarabból álló menü sült krumplicsal, szósszal, üdítővel mindössze 23 rialba kerül. Amúgy nyugati gyorséttermek is vannak. Természetesen sem az éttermekben, sem a boltokban nem lehet alkoholt vásárolni. A legironikusabb, hogy szinte minden sörgyár óriási piacot lát különböző alkoholmentes ízesített sörökben. A férfiak vízipipa bárókban vagy kávé/teaházakban füstölöghetnek egy-egy shisha estén.

Sem mozi, sem színház nem létezik, de mindenki nagyon jól informált a világtrendekről, mert a tévén és az olcsó szórakoztató elektronikán keresztül otthon azért mindenki mindent megnéz. Mármint, amit lehet, ugyanis mind a tévén, mind az interneten komoly cenzúra ül. Az interneten szerettem volna megnézni a magyar női kézilabdázók EB-mecceit. Beírtam a keresőbe hogy „women handball”, kis időre azonnal le lettem zárva az internetről. Úgy tűnik, egy keresési formátumban a *women, hand* és *ball* már túl sok volt...

Ilyen volt hát Szaúd-Arábia ... történetek történetek hátán, különösebbnél különösebb esetek, de talán a világ egyik legbiztonságosabb helye, ahol valaha is jártam Teljesen más, mint bármi, amit korábban láttam, átéltem. Nem könnyű beleszokni a mi nyugati világunkból, de ha kellő nyitottsággal kezeljük, életre szóló élményeket és kapcsolatokat teremthetünk ebben a közegben. Nekem mind a tudományos munkám, mind élettapasztalat szerzése szempontjából rendkívül pozitív döntés volt, hogy bele mertem vágni ebbe a nyolc hónapba. ☘

JANKOVICS M. ÉVA

Magmafeláramlás lépésről lépésre



1. ábra. A Balaton-felvidék híres tanúhegyei (Tapolcai-medence)

A vulkáni működés egyik lenyűgöző példája, amikor egy sík vagy dimbes-dombos területen váratlanul megnyílik a föld, és a hasadékból szökőkút-szerűen vörösén izzó kőzetolvadék tör fel. Ez történt 1943 tavaszán, amikor egy mexikói parasztember kukoricaföldjén egyik pillanatról a másikra kezdődött meg a vulkáni működés. Szinte hihetetlenül hangzik, de valóban igaz: ez alkalommal a semmi-ből nőtt ki egy új vulkáni kúp, a Parícutin salakkúp. Hasonló esemény történt kb. 8 millió évvel ezelőtt hazánk egyik legszebb vidékén, a Balaton-felvidéken. Ekkor jöttek létre a mai Tihanyi-félsziget vulkáni képződményei, melyek legszebb feltárait a Barátlakások falaiban csodálhatjuk meg. Ezt követően gomba módjára szaporodtak a kisebb-nagyobb vulkáni kúpok a mai Balaton-felvidék területén, melyeket ma legtöbbször tanúhegyekként szoktunk emlegetni (1. ábra). Mire befejeződött a vulkáni aktivitás a területen, több mint 100 kis vulkán épült fel. E vulkáni működés különlegessége, hogy a kitörést megelőzően a helyszínen nem találunk sem több ezer méter magas, szimmetrikus, kúp alakú hegyet, mint pl. a Fuji, sem pedig több tíz vagy esetenként száz kilométer átmérőjű, tál alakú mélyedést, mint pl. a Yellowstone-kaldera. Mondhatni, semmi nem utal arra egy ilyen helyen, hogy vulkánkitörés következhet be a jövőben. Hiszen gondoljunk csak bele, vajon a pörül járt mexikói parasztember el-

vetette-e volna a kukoricát, ha tudja, hogy a termést már nem lesz lehetősége betakarítani.

Monogenetikus vulkáni mezők

A Bakony déli részén és a Balaton-felvidék területén létrejött bazalt vulkáni mező (Bakony–Balaton-felvidéki Vulkáni Terület) a vulkáni működésnek egy speciális formáját képviseli: apró tűzhányók sokasága épült fel egymástól elszórtan. Az ilyen vulkáni mezőket monogenetikus vulkáni területeknek nevezik. Itt nem egy adott, nagy térfogatú vulkáni felépítménnyel (mint pl. a lemezalábukási zónák mentén található méretes, ún. összetett vulkánok – pl. Mt. St. Helens) van dolgunk, hanem egy, sok kicsi (0,001-0,1 km³ térfogatú) kitörési központból álló vulkáni mezővel, mely az összetett vulkánokhoz hasonlóan periodikus, de azoknál hosszabb életű (évmilliókig tartó) és kevésbé kiszámítható működéssel jellemezhető. A vulkáni területen a szakaszosan ismétlődő aktív fázisokat hosszú nyugalmi időszakok választják el egymástól. A mezőt alkotó egyedi kis vulkáni centrumok rövid idő (legfeljebb néhány év) alatt épülnek fel, és később már nem újul fel rajtuk a vulkáni működés (monogenetikusak, vagyis csak egyszer működnek, majd végleg elcsendesednek). Az egyes kitörési központok lét-

rejöttét általában egy-egy magmacsomag feltöréséhez kapcsolják, azonban az utóbbi évtizedben végzett újabb kutatások rámutattak arra, hogy ezeknek az egyszerűnek gondolt kis tűzhányóknak jóval bonyolultabb fejlődéstörténetük is lehet.

A Kárpát–Pannon-térségben számos monogenetikus bazalt vulkáni terület található: pl. Stájer-medence, Kisalföld, Bakony–Balaton-felvidék, Selmec, Nógrád-Gömör, Persányi-hegység. Ezek a vulkáni mezők a Pannon-medence litoszférájának (ami a földkérget és a földköpeny legfelső részét foglalja magában) kivékonyodását követően alakultak ki az elmúlt 11 millió évben, amikor alkáli bazaltos vulkanizmus zajlott térségünkben. Ezekhez hasonló monogenetikus vulkáni mezők sokhelyütt találhatóak a Földön: pl. Eifel Vulkáni Terület (Németország), Auckland Vulkáni Terület (Új-Zéland), Michoacán–Guanajuato Vulkáni Terület (Mexikó), San Francisco Vulkáni Terület (USA). Sok esetben ilyen vulkáni területekre sűrűn lakott települések épültek (pl. Auckland városa), ezért a vulkáni veszély-előrejelzés szempontjából kiemelt fontosságú e területek részletes vizsgálata. A kis vulkáni központok térben és időben elszórtan „nőnek ki a földből”, általában kiszámíthatatlan, hogy pontosan hol és mikor fog megjelenni a következő, hiszen az ilyen kis vulkánkitörések kevés figyelmeztető előjelet adnak. Mivel kevés közvetlen megfigyelés áll rendelkezésünkre ezek működéséről (ki-

véve a már említett mexikói Paricutin salakkúp, mely 1943 tavaszán kezdett „kinőni a földből”, és kilenc éven keresztül építgette magát), a kitörési központok termékeinek részletes, rétegtanilag kontrollált (vagyis rétegről rétegre történő, időbeliséget kifejező) vulkanológiai és közettani vizsgálatával tárhatjuk fel azt, hogy miként is működhettek ezek a tűzhányók.

Hogyan vizsgálunk egy bazaltot?

A bazaltos kőzetek esetében többnyire az olyanfajta vizsgálatok terjedtek el a kutatók körében, amikor egy begyűjtött kőzetmintát egy egységként kezelnek, és a minta egészének vizsgálják a kémiai összetételét (ún. teljes kőzet geokémia). Ez azon a bazaltos magmákról általánosan elfogadott nézeten alapul, hogy ezek (az összetett vulkánok működése során felszínre kerülő andezites-dácitos magmákkal ellentétben) a földköpeny felső részében való képződésüket követően a felszín felé haladva csekély mértékű kémiai változáson, illetve kristályosodáson mennek keresztül. Emiatt a felszínre került bazaltos magma összetétele jól közelíti a felső földköpeny részleges olvadásával képződött elsődleges kőzetolvadék összetételét. Így a bazaltos kőzetek összetétele alapján következtethetünk a felső föld-



2. ábra. A Füzes-tó salakkúp

köpeny jellegére.

A másik fajta vizsgálati módszer a kőzetet alkotó ásványfázisok részletes elemzése, melyet inkább a szilíciumban gazdagabb kőzeteknél (andezit, dácit, riolit) alkalmaznak, bazaltok esetében csak ritkábban. Ekkor külön-külön vialtjuk az ásványokat, melyek szöveti bélyegeiket és kémiai összetételüket bemutatva elmesélik nekünk, hogy mi történt velük, vagyis milyen folyamatok játszódtak le a vulkán-kitörés előtt a magmás rendszerben. Ezek



3. ábra. Orsóbombák (balra) és egy félbevágott bomba belsejében megbúvó felső földköpeny eredetű kőzetzárvány (jobbra)

a folyamatok – a magma „élettörténete” – pedig nagyban befolyásolják a vulkáni kitörés jellegét.

Kutatócsoportunkban (a teljes kőzet-geokémiai vizsgálatokat kiegészítve) a bazaltok esetében is elsősorban a kőzetalkotó ásványok aprólékos elemzésével foglalkozunk. A bazaltos magmákból kivált legfontosabb ásványfázisok a króm-spinell, az olivin és a monoklin piroxén. Általánosságban elmondható, hogy előbbi kettő az olvadékból legkorábban kiváló fázisokat képviselik. A króm-spinell – ami rendszerint olivinben fordul elő zárványként – kémiai összetétele széles tartományok között mozoghat, mely számos tényező együttes hatásának eredménye lehet.

Érzékenyen jelzi az olvadék összetételét, amiből kristályosodott, valamint az intenzív paraméterek, vagyis a nyomás, az oxigénfugacitás és a hőmérséklet változását. Továbbá, összetétele fontos információt hordoz a köpenyeredetű magmák forrásának jellegéről, a magma differenciációjáról – hogy milyen ásványfázisok kristályosodtak a króm-spinellel együtt –, valamint a magmakeveredésről. Mindezek alapján a króm-spinell nagyon jó megfigyelő szemtanúként rögzíti a

körülményeket és eseményeket, így kitaró, részletes faggatásával feltárhatjuk a bazaltos magmák eredetét és korai fejlődéstörténetét.

A Balaton-felvidék kincsei

A Bakony–Balaton-felvidéki Vulkáni Terület kitörési központjait különféle vulkáni formák – maarok, tufagyűrűk, salakkúpok, lávatavak, lávafolyások – erősen lepusztult maradványai képviselik. A területen zajló

vulkáni működés időtartama kb. 6 millió évre becsülhető: ~8 millió évvel ezelőtt kezdődött, és ~2 millió éve ért véget. Négy aktív fázis követte egymást, a vulkanizmus záró felvonásának legvégén pedig olyan alkáli bazaltos magmák törtek a felszínre, amelyek különleges megjelenésűek, és hozzájuk hasonló nem fordul elő a Pannon-medence többi monogenetikus vulkáni területén, sőt még világszinten is ritkaság számba mennek. E szokatlan alkáli bazaltos magmák két kitörési központot építettek fel: a Balaton-felvidék középső részén, Monostorapáti és Szentbékállá között található Füzes-tó salakkúpot és a Kapocis nyugati határában lévő Bondoró-hegyet. A Füzes-tó salakkúp a térség többi, sokszor csonkig pusztult kitörési központjával szemben egy valódi, elsődleges vulkáni forma igazi kráterrel, mely a Balaton-felvidék legjobban megőrződött vulkáni felépítménye (2. ábra).

A salakkúp az egyik leggyakoribb vulkáni forma, amely általában a monogenetikus vulkáni mezőkön jellemző. A kevésbé félelmetes, látványos, tűzijátékszerű ún. magmás robbanásos kitörések során épül fel a kürtőből kihajított kisebb-nagyobb lávafatagokból és bombákból. Maga a Füzes-tó a salakkúp központi mélyedésében összegyűlt csapadékvízből jött létre, vagyis egy igazi krátertő, mely azonban csak időszakosan van jelen, gyakran kiszárad. A Bondoró-hegy egy jóval összetettebb felépítésű vulkáni központ, különböző kitörési egységekből áll: tufagyűrű, látató és lávafolyások, melyek tetején szintén egy salakkúp csücsül, viszont ez az előzőhöz képest nagyobb mértékű lepusztulást szenvedett. Mindkét lelőhelyen a salakkúpokat borító erdőben sétálgatva rengeteg vulkáni bombába (3. ábra) botlik az ember, melyek rendkívül változatos méretűek (pár cm-től akár 1 m-ig) és alakúak (pl. csavart-, orsó- vagy kenyérháj-bombák). Ezek a bombák a salakkúpokat felépítő robbanásos kitörések közben repültek ki a kráterből, és a levegőben még forró, képlékeny állapotukban pörögve-forogva különféle alakzatokat vettek fel. E bazaltbombák túlnyomó része meglepően nagy súlyú. Bepillantva a belse-

jükbe, rögtön fény derül ennek okára: többnyire kerekded alakú, nagy sűrűségű, uralkodóan szép zöld színű ásványokból álló közetzárványokat találunk bennük (3. ábra).

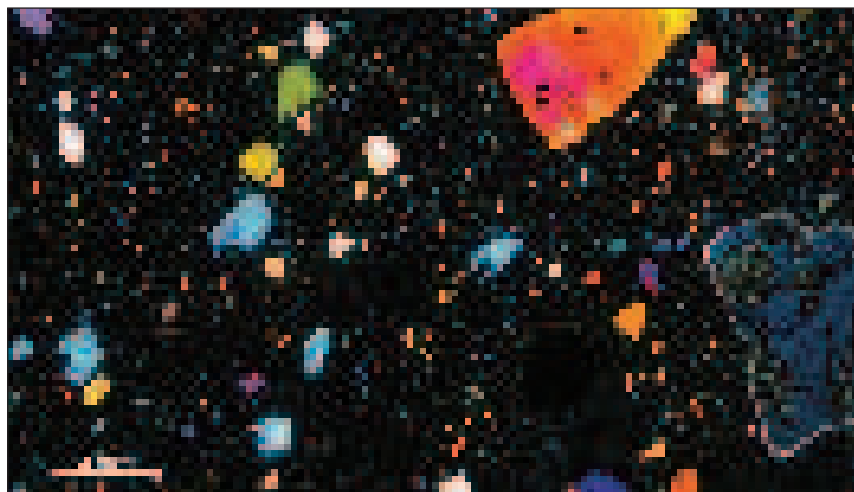
Ezek a zárványok rendkívül értékesek, ugyanis a felső földképeny kőzetét (peridotit) képviselik, amelyet nagy mélysége (kb. 30–100 km) miatt az embereknek fúrásokkal még soha nem sikerült megmintázni. A bazaltos magmák viszont sze-

(4. ábra), ami nem megszokott az alkáli bazaltok esetében. Ezen egyedi kőzetek 30–40%-át nagy méretű, akár az 5 mm-t is elérő kristályok (ún. porfirios elegyrészek) teszik ki, melyek mintegy úsznak a kőzet finomszemcsés alapanyagában.

Mikroszkópban alaposan szemügyre véve ezeket az ásványokat, jól látható, hogy nagy részük a bazaltokra nem jellemző szöveti bélyegeket mutat: szabály-

A szöveti bélyegeket kivesézve, jöhetnek a részletes ásványkémiai elemzések, melyek során az ásványok kémiai összetételét lépésről lépésre (kb. 5 mikrométerenként) haladva határozzuk meg, és figyeljük az abban bekövetkező változásokat. A kristályok pereméhez érve jellemző módon egy éles összetételbeli váltás tapasztalható: a kristálymagok – melyeknek már szöveti tulajdonságaik is jelzik idegen eredetüket – összetétele teljesen eltér a peremekétől, melyek az effajta bazaltokra jellemző ásványösszetételeket képviselik. Például az olivinek magnézium- és nikkeltgazdag, illetve kalciumszegény magját egy vékony, jóval kisebb magnézium- és nikkeltartalmú, valamint sokkal nagyobb kalciumtartalmú perem veszi körül. Vagyis magából az alkáli bazaltos magmából kivált ásványok főként csak az idegen, ún. xenokristályokra nőttek rá (ezen kívül csupán kisebb méretű kristályokként fordulnak elő), mintegy védőburokként körülvéve őket a magmában való további roncsolódástól.

Az ásványkémiai adatok segítségével feltártuk a xenokristályok eredetét: az olivinek, spinellek, rombos piroxének és az optikai mikroszkópban szintelen monoklin piroxének rendkívül magas magnézium-tartalmúak, így a peridotit zárványokat alkotó ásványokkal mutatnak rokonságot, vagyis a litoszféraköpenyből származnak. Emellett olyan xenokristályok (az optikai mikroszkóp alatt zöld színt mutató, vasgazdag és titánszegény monoklin piroxének) is előfordulnak, melyek az alsó földkéreg eredetű granulitzárványokban jellemzők. Mindezek alapján arra következtethetünk, hogy ezek az alkáli bazaltos magmák felszín felé áramlásuk közben rendkívül nagy mennyiségű idegen anyagot kebeleztek magukba a



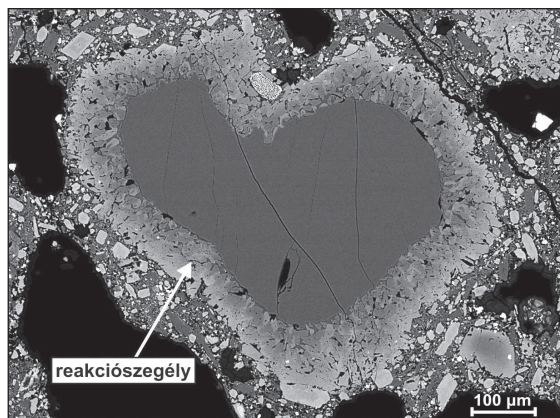
4. ábra. A vizsgált kristálygazdag alkáli bazaltok jellemző mikroszkópi képe

rencsére gyakran hoznak a felszínre ilyen kőzetfragmentumokat a felső földképenyből, pontosabban annak azon részéből, ami a litoszférához tartozik. E peridotitzárványok vizsgálatával pedig lehetőség nyílik arra, hogy megismerjük a földképeny ezen részének tulajdonságait. A vizsgált bazaltokban olyan peridotitzárványok is előfordulnak, melyekben víztartalmú ásványfázisokat (amfiból, apatit) is találtunk. Ezek a litoszféraköpeny azon részeiből származnak, amiket korábban különféle fluidumok, olvadékok jártak át, és „gazdagították” a földképenyt (ezek az ún. metasomatikus erek). Emellett, olyan kőzetzárványok (mafikus granulit) is gyakoriak a bombák belsejében, amelyeket a bazaltos magmák kisebb mélységből, a földkéreg alsó részéből sodortak magukkal. Mivel egyelőre még ez a mélység (társágunkben kb. 20–30 km) sem érhető el fúrásokkal, a granulit fragmentumok szintén egyfajta kincsként tekinthetők, melyek vizsgálatával megismerhetjük az alsó földkéreg jellemzőit.

Az ásványok vallatása

De miért olyan különlegesek a Füzes-tó salkkúpot és a Bondoró-hegyet felépítő alkáli bazaltos kőzetek? Már első ránézésre is máshogy festenek, mint a Pannon-medencében ismert többi bazalt: rendkívül kristálygazdagok

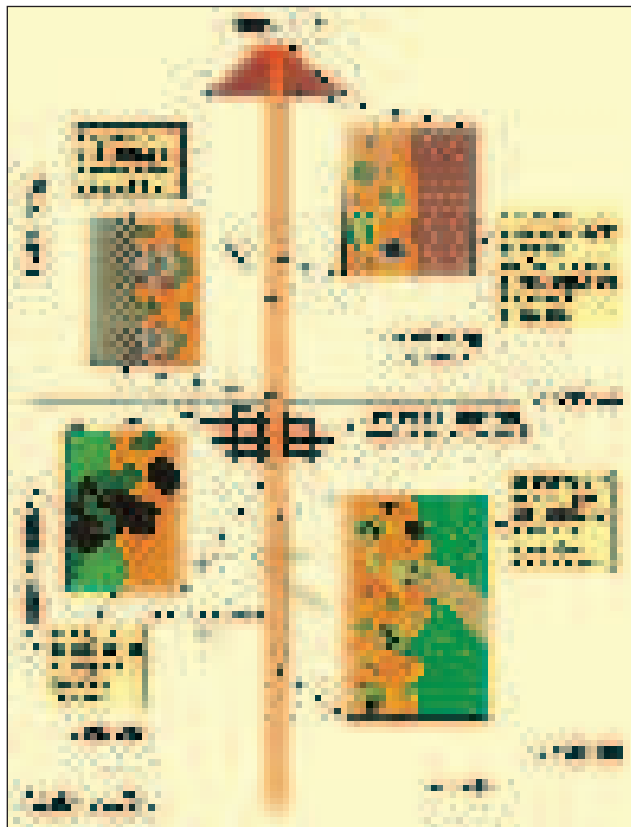
talán lefutású kristályperemek, lekerekített és/vagy lyukacsos kristálymagok (akár egy szivacs), apró szemcsékből álló halmazok bizonyos ásványok körül. Vajon miről árulkodnak ezek a különös ásvány-szövetek? E jelek egyértelműen azt mutatják, hogy ezek az ásványok nem tartottak egyensúlyt a bazaltos olvadékkal, vagyis nem abból a magmából kristályosodtak, amiben most található. A számukra kedvezőtlen környezetben, azaz a nagy hőmérsékletű (kb. 1200 °C-os) alkáli bazaltos magmában megolvadtak, visszaoldódtak, ezért lekerekítődtek és/vagy felszivacsosodtak. Sőt, olyan ásványfázisokat is találunk, amelyek alkáli bazaltos magmából nem is szoktak kristályosodni, mint pl. a rombos piroxén. Feltűnő, hogy ezen ásványfázis körül minden esetben megfigyelhető egy aprószemcsés halmaz, melyet különböző, a rombos piroxéntől eltérő ásványok alkotnak (5. ábra). Ez a halmaz valójában egy reakciószegély, mely az idegen eredetű rombos piroxén és az alkáli bazaltos olvadék közötti reakció következtében alakult ki.



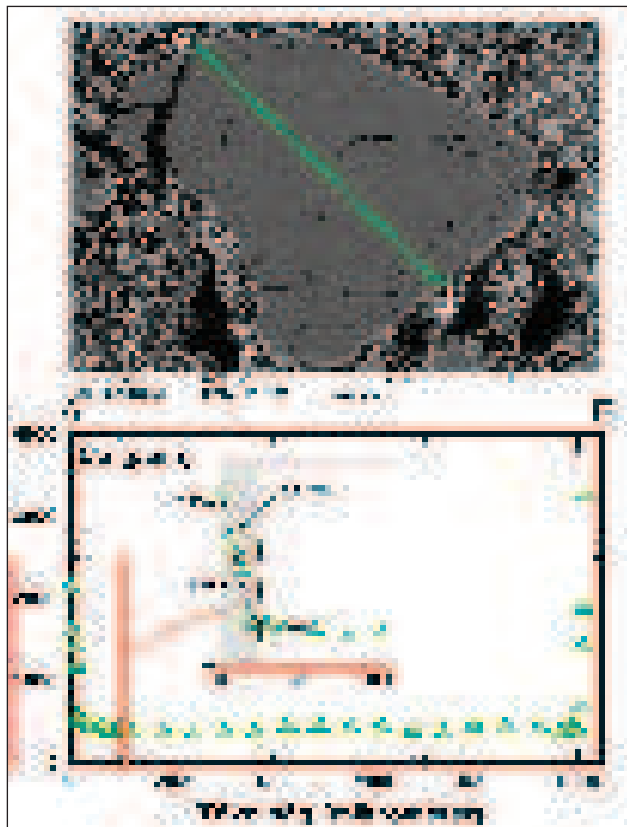
5. ábra. Idegen eredetű rombos piroxén és a körülötte lévő reakciószegély

litoszféraköpenyből és az alsó földkéregből (6. ábra).

És ez még nem minden: e kőzetekben számos óriáskristály is fellelhető, melyek mérete akár a 6 cm-t is eléri. Ezeket az



6. ábra. A füzes-tói és a bondorói alkáli bazaltos magmák feláramlási története



7. ábra. Olivin xenokristály és kalcium-profilja a becsült magmafeláramlási idővel

ún. megakristályokat – spinellek és monoklin piroxének – a többi ásványfázishoz hasonlóan alaposan kikérdeztük. Erőteljes felszívacsosodásuk és lekerekített szegélyeik egyértelműen jelzik, hogy ezek szintén nem voltak egyensúlyban azzal az alkáli bazaltos olvadékkal, melyben most található. Alacsony magnézium- és krómtartalmuk alapján olyan bazaltos magmákból származhatnak, melyek korábban a földkéreg-földköpeny határának közelében elakadtak, és ott kikristályosodtak. Ezek a mélyben megrekedt bazaltos kőzetolvadékok – a vulkánkitöréskor a kürtőből kirobbanó lávacafatok gyors lehülésével ellentétben – jóval lassabban tudtak kihűlni, így sokkal nagyobb méretű ásvány szemcsék képződtek. Ilyen, ún. befagyott bazaltos testeken haladhattak keresztül az alkáli bazaltos magmák, miközben ezekből fragmentumokat, kristályokat hozhattak magukkal a felszínre.

Az ilyen különleges bazaltok esetében, melyekben ennyire sok idegen eredetű kristály található, a teljes kőzet összetétele ezek miatt nagymértékben módosult, így e „kevert” kőzetek nemigen alkalmasak arra, hogy összetételük alapján következtessünk felső földköpenybeli forrásrégiójuk jellegére. Éppen ezért az ilyen furcsa alkáli bazaltokat, amik tele vannak „szennyező any-

gokkal”, inkább eldobnák a tudósok, mint hogy foglalkozzanak velük. Sokan kérdezhetnék tőlünk, vajon miért is „pazaroljuk az időnket” ezekre a „mihaszna” bazaltokra. A válasz sokatmondó: ezek a kőzetek rendkívül pontosan, lépésről lépésre rögzítik a bazaltos magma felszín felé törése közben zajló folyamatokat, vagyis a magma feláramlási történetét. E folyamatok megismerése pedig kulcsfontosságú, hiszen hatással lehetnek a vulkáni kitérés jellegére. Képzeljünk csak el, hogy egy monogenetikus vulkáni terület esetében, amelyre városok, emberek százezrei, sőt milliói települtek (mint pl. Mexikóváros) mennyire fontos e folyamatokkal foglalkozni, tisztában lenni azzal, hogy mire számíthatunk a jövőben, és mire kell felkészülnie az ott élőknek. E kristálygazdag alkáli bazaltok nagy felbontású vizsgálatával a különféle eredetű ásványokon és kőzetzárványokon keresztül beleláthatunk a mélybe, és nyomon követhetjük az ott zajló folyamatokat.

A magma feláramlási sebessége

A xenokristályok nem-egyensúlyi szövete az előbbieken túl még arra is használható, hogy megbecsüljük a magma feláramlásának sebességét. Ez az egyik legfontosabb paramé-

ter, hiszen az ilyen vulkáni mezőkön a vulkáni veszély-előrejelzésben döntő fontosságú kérdés, hogy mennyi idő van az ott élők kitelepítésére, mielőtt a magma felszínre tör. Ennek vizsgálatához egy nagyszerű eszköz az olivin xenokristályok ún. kalciumprofilja, vagyis ezen ásványok kalciumtartalmában mutatkozó változások nyomon követése az egész szemcsén keresztül (7. ábra).

Az idegen eredetű olivin ugyanis a bazaltos magmába bekerülve elkezdi visszaoldódni (mivel nincsen vele egyensúlyban), és diffúzió indul meg az ásvány és az olvadék között, ami arra törekszik, hogy a köztük lévő jelentős összetételbeli eltérést kiegyenlítsze. Ez a diffúzió az olivinkristály magmába való bekerülésétől a vulkánkitörésig tart, vagyis ezzel az időtartammal hozzávetőlegesen becsülni tudjuk azt, hogy a bazaltos magma mennyi idő alatt érte el a felszínre kb. 60–70 km-es mélységből elindulva. A füzes-tói és bondorói alkáli bazaltos magmák feláramlási idejét 3 és fél napra becsültük. Ez azt jelenti, hogy adott esetben mindössze ennyi idő állhat rendelkezésre az ilyen típusú vulkáni működés jeleinek észlelésére és a szükséges intézkedések meghatározására. ♦

A szerző a 2012. évi doktorandusz cikkpályázat 3. díjasa.

ALMÁR IVÁN

Eredetünk és túlélésünk komplex feltételei

Amit erről a tudomány már tud, és amit nem

Huszonhat alapvető kérdést választottunk ki az élettelen és az élő Univerzum hosszú történetéből az ősröbbanástól a jelenkorig. A tudomány mindegyikben tett már többé-kevésbé bizonyított megállapításokat, de ugyancsak mindegyikkel kapcsolatban maradtak még ismeretlen feltételek és megoldatlan problémák. Érthető módon sok nyitott kérdés „miért”-tel kezdődik, mert ez igényli a tények és megfigyelések legmélyebb értelmezését. Az ismeretlen körülmények egy másik típusánál általában arról van szó, hogy egy bizonyos feltétel vajon szükséges és egyben elégséges is valamilyen új jelenség feltűnéséhez, mint következő lépéshez, vagy nem; ha csak egyetlen eset tanulmányozható, akkor a kérdőjel nyilván megmarad.

A szerző reméli, hogy egy ilyen tömör (és elég szubjektív) lista segít azoknak, akik bizonytalanok a tudomány álláspontját illetően ezen alapvető kérdésekről, amelyek valamilyen mértékben mind szoros kapcsolatban vannak eredetünkkel és jövőnkkel – pontosabban az általánosított Fermi-paradoxonnal (lásd később). Az utóbbi években három ok miatt vált a paradoxon még élesebbé, megoldása még problematikusabbá: 1. az egyre fejlettebb életkutató és SETI technikák megjelenése; 2. a szélsőséges körülményekhez rugalmasan alkalmazkodó, extrémofil élőlények felfedezése a Földön; 3. exobolygók és bolygórendszerek tömeges felfedezése mindenféle csillag körül.

Ez a lista nyilvánvalóan nem végleges, hiszen a tudomány fejlődésével a „nem tudjuk”-ból „tudjuk” lehet, sőt fordítva az is előfordulhat, hogy megdől az a hitünk, hogy „tudjuk” a jelenség okát. Lehet olyan eset is, hogy a felsorolt tényezők közül kiesik valamelyik, mert érdektelennek bizonyul a paradoxon szempontjából.

Ennek ellenére meggyőződésem, hogy egy ilyen problémalista hasznos lehet az oktatás és az ismeretterjesztés területén.

A 26 pont

1. *Tudjuk*, hogy a Világegyetem az ősröbbanással vette kezdetét 13,7 milliárd éve, *de nem tudjuk* egyértelműen megválaszolni, hogy miért és hogyan.

2. *Tudjuk*, hogy a Világegyetem tágul, azt is, hogy hogyan, *de nem tudjuk* az okát a tágulási sebesség gyorsuló változásának (a feltételezett „sötét energia” természetének).

3. *Tudjuk*, hogy a Világegyetem éppen úgy van „hangolva”, hogy benne galaxisok és csillagok jöhetnek létre, az utóbbiak révén pedig a bolygókhoz és az élethez szükséges nehezebb atomok és bonyolultabb molekulák is, *de nem tudjuk*, hogy kialakulhatna-e valamilyen élet egészen más kezdőfeltételek mellett is.

4. *Tudjuk*, hogy elvben létezhetnének más Univerzumok is a miénknél kedvezőtlenebb feltételekkel, *de nem tudjuk*, hogy valóban létezik-e egy végtelenül nagyszámú, lehetséges Univerzumból álló „multiverzum”.

5. *Tudjuk*, hogy Tejútrendszerünk egy átlagos spirálgalaxis a sok milliárd galaxis között, központjában egy gigantikus fekete lyukkal, *de nem tudjuk*, hogy ez utóbbinak mi lehetett a szerepe környezetünk kialakulásában.

6. *Tudjuk*, hogy Tejútrendszerünkben sok helyen megtalálhatók az élet potenciális építőelemei, *de nem tudjuk*, hogy ezekből mikor, hogyan és miért születik élő anyag (és hogy mi az élet általános definíciója).

7. *Tudjuk*, hogy a Nap egy átlagos csillag a Tejútrendszerben, *de nem tudjuk*, hogy helyzete a Tejútrendszeren belül mennyire befolyásolja a földi élet keletkezésének és fennmaradásának esélyeit.

8. *Tudjuk*, hogy a Nap egy kiterjedt bolygórendszer középpontja, *de jelenleg még nem tudjuk*, hogy ez a bolygórendszer mennyire kivételes jellegű, mivel az eddig felfedezett exobolygórendszerek egymástól és Naprendszerünkétől is jelentősen különböznek.

9. *Tudjuk*, hogy a Tejútrendszerben gyakoriak a különféle bolygók és bolygórendszerek, *de nem tudjuk*, hogy található-e köztük, illetve bennük olyan égitest, amely sok szempontból (tömeg, méretek, légkör, felszín, kémiai össze-

tétel, hőmérséklet, pálya stb.) annyira hasonlít Földünkre, hogy a földi élet egyszerűen megtelepedhetne rajta.

10. *Tudjuk*, hogy a földi élet szempontjából nagyon fontos feltétel a megfelelő hőmérséklet, a víz, és – a legtöbb életforma esetében – a napsugárzás jelenléte, *de nem tudjuk*, hogy mindenféle élet szempontjából ezek szükséges és elégséges feltételek-e.

11. *Tudjuk*, hogy viruló étellel „fertőzött” égitest a Naprendszerben jelenleg csak a Föld, *de nem tudjuk*, hogy élőlények voltak-e vagy vannak-e a Naprendszer más bolygóin (Mars) vagy holdjain (Europa, Enceladus, Titán) is.

12. *Tudjuk*, hogy a Földön az élet legkezdtelegesebb formái bolygónk kialakulása után szinte azonnal, legalább 3,8 milliárd éve megjelentek, *de nem tudjuk*, hogy ehhez a fontos lépéshez milyen feltételekre volt szükség, és hogy e feltételek a Naprendszer más égitestein, illetve más bolygórendszerek tagjainál is fennálltak-e.

13. *Tudjuk*, hogy az élet kialakulása a Földön az évmilliárdok alatt akár többször is megtörténhetett, *de nem tudjuk*, hogy ez valóban így történt-e. Azt sem tudjuk, hogy létrejöhettek-e a Földön az általunk ismert életformáktól alapvetően eltérő (például nem DNS- alapú) élőlények.

14. *Tudjuk*, hogy a Földön milliárd éves, nyugodt időszakra volt szükség ahhoz, hogy mintegy 570 millió éve, a kambriumban, az élet bonyolultabb formái megjelenjenek, *de nem tudjuk*, hogy ehhez a fejlődési folyamathoz hasonló játszódott volna-e le idegen életformák esetében, idegen bolygókon is.

15. *Tudjuk*, hogy a komplex élet spontán megjelenése nagyon valószínűtlennek tűnő esemény, *de nem tudjuk*, hogy valójában mennyire valószínűtlen.

16. *Tudjuk*, hogy külső tényezők, például viszonylag nagyméretű Holdunk jelenléte fontos szerepet játszhatott az élet megjelenéséhez, illetve fennmaradásához szükséges feltételek megteremtésében, *de nem tudjuk*, hogy a földi

élet hihetetlen alkalmazkodóképessége mellett e külső tényezők hiánya mennyire korlátozná az élet megszületését és fennmaradását az egyébként lakható égitesteken.

17. *Tudjuk*, hogy a kozmoszból érkező különféle (korpuszkuláris és elektromágneses) sugárzások egy védtelen felszínen komoly veszélyt jelentenek az élet számára, (vagy esetleg pozitív szerepet játszanak a genetikai sokféleség létrejöttében), *de nem tudjuk*, hogy mennyire képesek alkalmazkodni az élőlények ehhez a sugárterheléshez.

18. *Tudjuk*, hogy Földünknek geológiai és geofizikai szempontból több érdekes különlegessége van (például lemeztektonika), *de nem tudjuk*, hogy ezek hozzátartoznak-e az élet kialakulásának és tartós fennmaradásának szükséges feltételeihez.

19. *Tudjuk*, hogy a Földön néhány százmillió évvel a komplex életformák megjelenése után, mintegy 2 millió éve, egyetlen faj az értelem és tudat vonatkozásában messze kiemelkedett az állatvilágból, *de nem tudjuk*, hogy ezt milyen körülmények okozták.

20. *Tudjuk*, hogy a *Homo sapiens* mintegy 50 ezer éve gyors tudati fejlődésnek indult, viszonylag hamar civilizációkat hozott létre, amelyek közül egy, az európai, idővel fejlett technikai civilizációvá alakult, *de nem tudjuk*, hogy ez az út mennyire tipikus és törvényszerű az Univerzumban.

21. *Tudjuk*, hogy a technika fejlődése napjainkig szinte töretlen és minden várakozást felülmúlóan gyors volt, *de nem tudjuk*, hogy ez milyen irányba tart és meddig folytatódhat.

22. *Tudjuk*, hogy a XX. század közepén egyes emberek és berendezések elhagyták szülőbolygójukat, és időszakosan eljutottak egy lakatlan és lakhatatlan égitest, a Hold felszínére, *de nem tudjuk*, hogy ez a folyamat folytatódik-e, és az emberiség valóban „több bolygón élő” fajjává változik-e.

23. *Tudjuk*, hogy az emberiség a XX. század elejétől kezdve folyamatosan bocsát ki a világűrbe mesterséges eredetű rádióhullámokat, *de nem tudjuk*, hogy van-e esély arra, hogy erre a jelenségre valahol egy idegen civilizáció felfigyel.

24. *Tudjuk*, hogy néhány tudós a XX. század közepétől kezdve az esetleges, távoli, idegen civilizációk szisztematikus keresésébe kezdett (SETI-program), *de nem tudjuk*, hogy ennek valamikor a jövőben lesz-e pozitív eredménye.

25. *Tudjuk*, hogy az emberiség előtt még igen hosszú fejlődés állhat, *de nem tudjuk*, hogy valóban ez lesz-e a jövőnk, hiszen egy globális természeti vagy mes-

terséges eredetű katasztrófa idő előtt véget vehet nemcsak a fejlődésnek, hanem egyáltalán az életnek a Földön.

26. *Tudjuk*, hogy nagyon sok ismeretünk van már kozmikus környezetünkről, múltunkról és a természet törvényeiről, de egyáltalán *nem tudjuk*, hogy milyen lesz a jövőnk.

Miért szembesítsük az ismertet az ismeretlennel?

Ez a tömör összeállítás nem törekszik sem teljességre, sem arra, hogy örökérvényű legyen. Teljes nem lehet, hiszen egy magamfajta csillagász (aki beleártotta magát a SETI és az asztrobiológia új szakterületeibe is) nem lehet képes arra, hogy maradéktalanul áttekintse a fizika, csillagászat, geofizika, kémia, biológia, evolúcióelmélet és a társadalomtudományok olyan eredményeinek összességét, amelyek feltárták az univerzum fejlődésére a kezdetektől a jelenig, sőt a belátható jövőig hatást gyakorló tényezőket (természeti és társadalmi törvényeket). Például szándékosan kimaradtak olyan fontos fizikai problémák, mint a gravitációs hullámok keresése, a sötét anyag természete, nem is szólva az Univerzum egészét egyesek szerint döntően befolyásoló sötét energiáról, amelynek léte és esetleges szerepe az élet kifejlődésében abszolút bizonytalan.

De ugyanilyen hiányosak lehetnek a „nem tudjuk” részek is. Lehet, hogy egyesek már tudják, vagy tudni vélik. Lehet, hogy a közeli jövőben e problémák közül többet is sikerül megoldani. Lehet, hogy bizonyos kérdéseknek nincs is jelentőségük az alapvető probléma szempontjából. Fordítva is elképzelhető: lehet, hogy amiről ma azt hisszük, hogy tudjuk, arról később kiderül az ellenkezője. Ez különösen olyankor várható, amikor csak egyetlen földi példa alapján kívánunk messzemenő következtetéseket levonni (példa erre maga a földi élet).

Tanulságos ezzel kapcsolatban felidézni, hogy a csillagászok mennyire biztosak voltak abban, hogy ismerik a Naprendszer keletkezésének történetét, és ebből vezették le mai tulajdonságait (legbelül a kőzetbolygók, kívül az óriási gázbolygók, azonos pályasík és keringési irány stb.) Amióta azonban sikerült felfedezni több exobolygó-rendszert, azóta a „tudjuk”-ból „nem tudjuk” lett, mert szinte mindegyik bolygórendszer különböző „egyéniesség”. Vagyis ez irányú tudásunk nem bizonyult örökérvényűnek.

Akkor viszont miért kívánatos összezedni egy ilyen listát? Kétélű szerszámról van szó. A témával foglalkozó magas

szintű ismeretterjesztő művek között is gyakori a „nem tudjuk” jellegű kérdések lebecsülése, elkerülése, negligálása. Ez erősen leegyszerűsített vilásképekhez vezet – talán szerencse, hogy két különböző szerző ritkán jut el a feltételek azonos megítéléséig, vagyis ellentmondanak egymásnak. Ez végső soron elősegíti az olvasó tájékozódását.

A szerszám másik éle pedig elsősorban a sci-fi szerzők és rajongók számára fontos. Tisztában kell lenniük azzal, hogy kedvenc könyveikben mi a valóság és mi a képzelet (gyakran a megalapozott tényeknek ellentmondó) szüleménye. A legnépszerűbb sci-fi filmek és regények a laikusok széles körét vezetik félre amikor például elérhető evidenciaként kezelik a fénynél nagyobb sebességű utazást, illetve a féreglyukakat.

Tisztázandó tehát, hogy hol van az alapprobléma elbujtatva a 26 pont állításai mögött, vagyis mire megy ki a játék. Nos, a probléma tulajdonképpen az úgynevezett *Fermi-paradoxon*, teljes nevén a Ciolkovszkij–Fermi–Viewing–Hart-paradoxon. Ennek itt következő, modern formáját lehet „általánosított Fermi-paradoxonnak” is nevezni: miért látjuk úgy, hogy Földünk az élet egyedülálló szigete az élettelen Univerzum végtelennél túló világában? Ha vannak társaink, akkor miért nem halljuk üzeneteiket, miért nem látjuk természetátalakító tevékenységük nyomait az égen, végső soron pedig miért nincsenek már itt a Földön? Miért nem találunk életet, vagy életnyomokat a Naprendszer eddig megvizsgált égitestjein?

Rengeteg válasz született már erre a fél évszázados problémára, de egyik sem kielégítő. Korábban általánosan elfogadott feltevés volt, hogy élet csak az egyedülálló átlageszillagok ritka és keskeny „lakható zónáiban” lehetséges, vagyis egy olyan bolygón, amely csillagától éppen akkora távolságban kering tartósan, hogy annak hősugárzása a felszínén folyékony halmazállapotban tartja a víz túlnyomó részét. Ez a megállapítás az új eredmények (planetológia, extrémofilek felfedezése) tükrében tarthatatlannak bizonyult. Megint egyetlen esetből, a Földéből kívántak általános következtetéseket levonni. (Még lehetőségen sok szerzőre jellemző, hogy az általunk ismert földi élet kifejlődéséhez szükségesnek tartott kozmikus feltételeket automatikusan általánosítja mindenféle élet esetére az Univerzumban.)

Vannak, akik szerint az idegenek alapvető dolgokban különböznek tőlünk, ezért nem vesszük észre jelenlétüket a Tejútrendszerben. Az ilyen „szellemények” léte elképzelhető ugyan, de nehezen egyeztethető össze az általunk ismert Univerzum fizikai törvényeivel.

Az az állítás, hogy tényleg csak itt a Földön burjánzik az élet, és csak itt található technikai civilizáció, valójában nem áll szilárd alapokon. A „nem tudjuk” állítások sora bizonyítja, hogy mennyi még az ismeretlen faktor ebben a levezetésben. Lehet, hogy néhány kérdésre ezek közül sikerül majd válaszolni a közeljövőben – például a földitől függetlenül kialakult idegen élet nyomaira bukkanni meteoritokban, vagy a Naprendszer más égitestein, vagy éppen exobolygókon. Ez nagy lépés lenne előre, de semmiképp sem a végső – erre utal a 26 állítás második felében felvetett problémák sokasága. Jó, ha tisztában vagyunk azzal, hogy komplexitás tekintetében mekkora szakadék tátong a mikrobák és például az ember között.

A Fermi-paradoxonra ma még nincs hiteles válasz, de úgy vélem, hogy a paradoxon fontossága az idővel folyamatosan növekszik. Mennyire vagyunk kivételes jelenség a Tejútrendszerben, az Univerzumban, vagy az univerzumok univerzumában, a multiverzumban? A válasz összefügghet a felvetett 26 probléma bármelyikével. A „nem tudjuk” kérdések sokasága mutatja, hogy évtizedekig, évszázadokig, esetleg évezredekig munkát adhat a fizikusoknak, csillagászoknak, geofizikusoknak, biológusoknak stb. – már ha egyáltalán van még ennyi ideje az emberi civilizációnak. Ez utóbbi probléma azonban visszacsatol a Fermi-paradoxonhoz: talán azért nincsenek sehoh az idegenek, mert minden technikai civilizáció a miénkéhez hasonló fejlettségi szintet elérve törvényszerűen megsemmisíti önmagát? Ha ez a helyzet, akkor a mi sorsunk is determinált.

Ez persze már nem csillagászati, fizikai vagy biológiai probléma, hanem a társadalomtudományok területe. Ezért megállapításaim e szerény csokrát a társadalomtudósok figyelmébe is ajánlom. „Carpe diem!” , mert lehet, hogy már nincs sok időnk arra, hogy megtaláljuk a tudomány hiteles válaszait létünk alapvető kérdéseire, és ezáltal eljussunk a megnyugtató megoldásig. *

A szerző köszönettel tartozik mindazoknak, akik hasznos tanácsokkal és megjegyzésekkel segítettek az összeállítás elkészítésében.

(Az írás illusztrációkkal kiegészített, angol nyelvű változata 2013 novemberében megjelent a The Round Thing új amerikai tudományos és művészeti magazin első számában.)

AZ ORSZÁG LEGVASTAGABB FÁJA

Dendrológiai szenzáció: megtalálták az ország legnagyobb törzskörméretű fáját. A 12 méter kerületű fekete nyár (*Populus nigra* L.) a Gemenci-erdő pörbolyi erdőtümbjében, a Móric-Duna partján áll. Magassága 30–35 méter, életkora 100 év lehet. Sarjeredetű, s négy méter magasságban 4 fő ágra oszlik. Mint a fekete nyarakra jellemző, ennek törzse is „csomoros”, azaz jellegzetes göbök találhatóak rajta.

Életerős, egészséges fa, még sokat gyarapodhat – olvasható a Pósfai György, az MTA Szegedi Biológiai Kutatóintézet Biokémiai Intézetének igazgatója, biológus által jegyzett, az ország legnagyobb fainak fényképeit és adatait összegyűjtő honlapon (*dendromania.hu*). A honlap alapja a Magyarország legnagyobb fái – Dendrománia című, az Alexandra Kiadó gondozásában 2005-ben megjelent könyv, amit a Pósfai György írt és fotózott.

A gigantikus nyárfáról a Facebookon bukkant fel a legelső felvétel: Csejtei Péter természetfotós fényképezte le először egy gemenci túrán. Ennek nyomán Szombat-helyi Gergely és Fekete Adrien, a Gemenci-erdő rendszeres látogatói megkeresték s lemérték a fát. Az adatokat Pósfai György rögzítette és hitelesítette a helyszínen.

Mi alapján állapítják meg egy-egy faóriás törzskörméretét? Erre nincsen nemzetközi „szabvány” – mondja Pósfai György. Részletezi: ő és a körébe tartozó „dendromániások” a talajszint és az onnan mért 130 centi közötti minimális körméretet veszik alapul – tehát ennél vastagabb részei is vannak a fáknek. A gemenci óriással kapcsolatos érdekesség, hogy mintegy 9 ember érné körül, összefogódzva. Az ekkora törzskörméretű nyárfák egyébként már általában a korhadás küszöbén állnak – ez a monumentális fa azonban, mely teljesen egészséges, akár további 50 évet is élélhet, s esztendőnként 5 centivel gyarapodva, törzskörmérete még méterekkel is nőhet. Pósfai György rendszeresen jár európai „öreg fás” találkozókra, és ott osztatlan csodálatot nyerne a *dendromania.hu*-n szereplő magyarországi fekete nyárok – hazánk a jelek szerint az első, de legalábbis elsők között szerepel e fafajt tekintve. Már hazai „öreg fás” mozgalom is beindult Pósfai György könyve és honlapja hatására, ennek kemény magja mintegy tíz fő, de százakban mérhető azok száma, akikről faóriásokról szóló információkat kap a szerző – magának a honlapnak pedig évente több tízezer látogatója van. Sokan jelzik a honlapon, ha tudomást szeretnek egy-egy, rekordernek tűnő fáról – nekik köszönhető, hogy míg a könyvben mintegy 400 faóriás szerepel, a honlap révén azonban már összesen 1600 famatuzsálemmel ismerkedhetünk meg. S ez a létszám csak növekedni fog. (F. Cs.)

KIEMELTÉK A CSEBARKUL- METEORITOT

2013 elején nagy sajtóvisszhangot keltett a Cseljabszki közelében február 15-én felrobant és lezuhant meteorit. Az eseményekről és az első eredményekről lapunk 2013. májusi számában írtunk. Addig azonban csak a meteorit apró darabjait sikerült összegyűjteni, és mint



Ennek a tónak a jegébe csapódott be a meteorit egy darabja

cikkünkben írtuk: „Feltételezik, hogy a legnagyobb darab a Csebarkul-tóba eshetett, azonban egyelőre nemcsak a meteoritot nem sikerült megtalálni a tó fenekén, de még a meteorit és a tó jegén talált hatalmas lék közötti kapcsolatot sem tudták egyértelműen bizonyítani.” Az Uráli Szövetségi Egyetem kutatói néhány héttel a becsapódás után magnetométeres méréseket végeztek, amelyeket úgy értelmeztek, hogy egy nagy, akár több méteres átmérőjű test fekket a tófenéken. A nyár folyamán bebizonyosodott, hogy több méter mélyen az iszapba fúródva valóban ott található a legnagyobb meteoritdarab. Szeptemberben elkezdődtek a kiemelés előkészületei, majd október 16-án sikerült kiemelni az égből hullott kődarabot. A mérések szerint legalább 570 kg a tömege. A meteoritot a tóparton mindössze 10 percre teték közszemlére, majd elszállították. Beszámoló szerint a meteoritot a robbanásokor keletkezett repedések mentén három részre tört. A mágneses mérések nem zárják ki, hogy a tófenéken esetleg több nagyobb darab is lehet még, ezek létezéséről azonban azóta sem érkeztek hírek. Két kutató a szétszóródott apró darabok megtalálási helyének és méretének részletes elemzése alapján arra a következtetésre jutott, hogy a tóba esett legnagyobb darab 300 kg tömegű lehet, valójában a kiemelt darab a becsültnél nagyobbak bizonyult. Annyi bizonyos, hogy a meteorit anyagának legnagyobb része elgőzölgött. A légkörbe érkezésekor a tömege becslések szerint 11 ezer tonna lehetett, a többi kiemelt legnagyobb és a környéken összegyűjtött apróbb (maximum 3,5 kg tömegű) darabok együttes tömege sem éri el az 1 tonnát. A légkörben bekövetkezett robbanás, amely Cseljabszki-ban komoly károkat okozott, ereje 470 ezer tonna TNT-nek, azaz 30 hirosimai atombombának felelt meg. (*www.skyandtelescope.com*, 2013. október 16.)

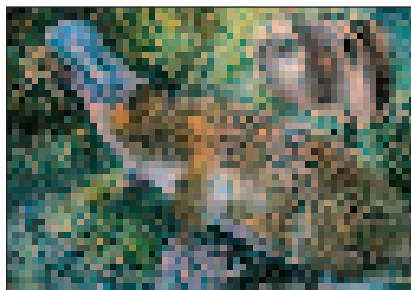
GYÉMÁNTKÖD

A legújabb laboratóriumi vizsgálatok és elméleti számítások alapján a kutatók valószínűsítik, hogy a Jupiter és a Szaturnusz felhőtakarójának mélyebb rétegeiben gyémántszelemcsék lebeghetnek. Azt már 1981 óta gyanítják, hogy a két kisebb óriásbolygó, az Uránusz és a Neptunusz légkörében szilárd gyémánt létezhet. Az akkoriban elvégzett kísérletek szerint a légkörben kialakuló lökéshullámok szétéphetik a metánmolekulákat, az így kiszabaduló szénatomok az ott uralkodó óriási nyomás és hőmérséklet hatására gyémántszelemcsékké állhatnak össze. A Jupiter és a Szaturnusz légkörében uralkodó még nagyobb nyomást azonban nem tudták kísérletileg modellezni. Újabban a Szaturnusz körül keringő Cassini űrszonda mérései alapján kiszámították, hogy a Szaturnuszon a felhőtakaró tetejétől mért 6000 és 36 000 km közötti mélységben létezhetnek szilárd gyémántszelemcsék. (A Szaturnusz sugara 60 000 km, így az említett réteg a légkör nagyobb részét jelenti.) Valószínűleg a Jupiteren is létezik hasonló réteg, de ott az eltérő fizikai viszonyok miatt az vékonyabb lehet. Az amerikai kutatók modellje szerint a Szaturnusz légkörében a szén a villámlások hatására szabadul ki a metánmolekulákból. A szénatomok koromszelemcsékké állnak össze. A légkör felső 12%-ában a szén legstabilabb módosulata a grafit, mélyebben azonban a gyémánt. A gyémántszelemcséknek vélhetően otthont adó légköri réteg tetején a hőmérséklet 3000 K, a nyomás pedig 70 000 atmoszféra, az alján pedig 8200 K, illetve 5 millió atmoszféra. A réteg alsó határán a 8200 K körüli hőmérsékleten a gyémánt megolvad, azt azonban nem tudjuk, milyen atomszerkezetű lehet az így előálló folyadék, vagyis nem tudjuk, folyékony gyémántról vagy inkább folyékony grafitról lehet-e beszélni. Ne gondoljunk azonban sűrű gyémántfelhőkre. Számítások szerint a villámlások hatására a Szaturnusz légkörében évente mintegy 1000 tonna szén szabadulhat fel. Feltételezve, hogy a gyémántszelemcsék 1000 évig maradhatnak az említett rétegben lebegve, akkor köbkilométerenként mindössze egyetlen egy milliméteres gyémántszelemcsére számíthatunk. Az 35 fok északi, illetve déli szélesség körüli sávokban, ahol a villámlás a leggyakoribb, a szelemcsék tízszer gyakoribbak lehetnek. (Mindamellet a kutatók hangsúlyozzák, hogy becslésük csak egy nagyságrend pontosságúnak tekinthető.) A Szaturnusz légkörének óriási kiterjedését figyelembe véve akár egymillió tonna gyémánt lebeghet az óriásbolygó légkörében. A Jupiter esetében a bolygó erősebb gravitációja és a légkör alacsonyabb metántartalma miatt a gyémánt mennyiségét hússzor kevesebbre becsülik. (*www.skyandtelescope.com, 2013. október 15.*)

ÓRIÁS KACSACSÓRÚ

A kloákások (a hangyászünfélék és a kacsacsórú emlősök) a déli féltekén élő, ősi emlőscsoport utolsó képviselői. A közelmúltban egy eddig ismeretlen, hatalmas méretű kacsacsórú emlős maradványai kerültek elő Ausztráliában, Queensland területén. Bár eddig mindössze egyetlen fog áll az ausztrál és amerikai kutatók rendelkezésére, a lelet mégis alaposan meglepte a paleontológusokat. Ez ugyanis arra utal, hogy az eddigi feltételezésekkel szemben néhány millió évvel ezelőtt nemcsak egy kacsacsórú emlősfaj élt a Földön. A mai fajnak nincsenek fogai, így nem valószínű, hogy a most talált faj a közvetlen őse lett volna.

A New York-i Columbia Egyetem munkatársai szerint az Ausztrália északnyugati részén felfedezett állat egy méter magas lehetett, vagyis a ma élő faj kétszerese. Az új faj az Obdurodon tharalkooschild nevet kapta a paleontológusoktól. Képviselői a késő-miocén során (mintegy 5–15 millió év-



vel ezelőtt) népesítették be a Földet. Más kacsacsórú állatokhoz hasonlóan valószínűleg többnyire a vízben éltek. A kutatók a fog alapján következtettek az állat táplálkozására is. New South Wales Egyetem paleontológusai szerint nemcsak folyami rákokat és más mészhéjas állatokat, hanem kisebb természetű gerinceseket, például halakat, békákat és kis teknősöket is fogyasztott. (*Journal of Vertebrate Paleontology, 2013. november.*)

A GYERMEKKORI SZEGÉNYSÉG ÉS A STRESSZ

A gyermekkorban elszenvedett krónikus stressz és szegénység felnőttkorban problémákat okozhat az érzelmi szabályozásban, egy a Proceedings of the National Academy of Science-ben közzétett cikk szerint.

K. Luan Phan, a pszichiátria professzora megállapította, hogy gyermekkorban a szegénységgel együtt járó stressz jelenti azt a terhet, mely alapvetően meghatározza, hogy hogyan működik felnőttkorban az agy.

A vizsgált személyek közül azoknál, akik 9 éves korukban alacsony jövedelmű családban éltek, felnőttkorban a félelem és egyéb negatív érzelmekért felelős agyterületen, az amigdalában nagyobb aktivitást mutattak ki.

A negatív érzelmeket szabályozó prefrontális agykéreg egyes területeinek tevékenység viszont csökkent. Az amigdala és a prefrontális agykéreg nem megfelelő működését hangulati zavarokkal, többek között depresszióval, túlzott aggodással és droghasználattal hozták összefüggésbe.

Azt már eddig is tudták, hogy a szegénység negatív hatása miatt a gyermekeknél egyre több, a felnőttkori testi és pszichés problémákért felelős rizikófaktor jelenhet meg, azt viszont még nem ismerték, hogy a gyermekkor nélküldözés hogyan hat az agyműködésre, különösen az érzelmi szabályozásra. Ha képesek vagyunk uralni negatív érzelmünket, az védelmet nyújthat az akut és krónikus stressz testet és lelket károsító hatásával szemben.

A tanulmányban kapcsolatot kerestek a 9 éves kori szegénység, az ekkor elszenvedett stresszhatások, és a 24 éves korban, az érzelmek szabályozásáért felelős agyterületek idegi tevékenysége között.

A gyermekkori szegénységgel kapcsolatos hosszú távú kutatásban 49 személyt vizsgáltak. A család jövedelméről, a stresszhatásokról, a stresszre adott élettani válaszokról, a társadalmi-érzelmi fejlődésről és a szülő-gyermek kapcsolatáról gyűjtöttek adatokat. A résztvevők fele alacsony jövedelmű családból származott.

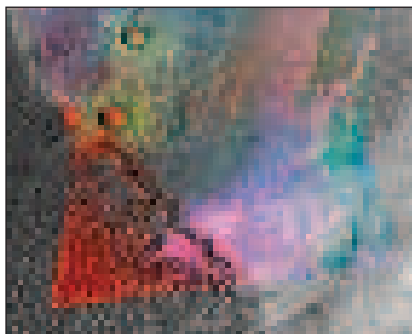
Funkcionális mágneses rezonancia vizsgálatot értékelték a résztvevők agytevékenységét, miközben épp egy érzelmi szabályozási feladatot végeztek. Képnézegetés közben, kognitív megküzdési stratégiát alkalmazva kellett a negatív érzelmeket elnyomni. Ez jól mutatta, hogy az egyének hogyan képesek megbirkózni a nap mint nap fellépő stresszel és a negatív érzelmekkel.

A legfontosabb eredmény talán az volt, hogy a gyermekkortól a fiatal felnőttkorig elszenvedett krónikus stressz mennyisége, a rossz lakáskörülmények, a zsúfoltság, zaj, szociális körülmények, mint például a családi veszekedések, erőszak, válás, határozza meg a gyermekkori szegénység és az érzelmi szabályozás során a prefrontális agykéreg tevékenysége közötti kapcsolatot. A felnőttkori jövedelem ezt már nem befolyásolta. (*sciencedaily.com, 2013. november 21.*)

GRÁNIT A MARSON

A gránit a Földön az egyik leggyakoribb kőzetnek számít; alapvetően gránitos jellegű kőzetekből épül fel a kontinentális kéreg. Most a kutatóknak már egyre erősebb bizonyítékuk van arra, hogy a gránit jelen van a Marson is, de arról is, hogyan képződhetett.

A gránit egyik fontos alkotórészei a földpátok. Egyik ősi marsi vulkánnál nagy mennyiségben mutattak ki ilyen ásványokat, miközben a bazaltot felépítő, vasban és magnéziumban gazdag ásványok, melyek szinte



A bíborvörös területek jelzik a földpátokban gazdag régiót

mindenütt jelen vannak a Marson, e vulkánál teljesen hiányoznak. A földpátok megtalálásának helye egyben magyarázatot is kínál arra, hogyan képződhetett gránit a Marson. A gránit, illetve annak kiömlési megfelelője, a riolit igen gyakori a Föld tektonikailag aktív övezeteiben, így például az alábukási (szubdukciós) zónákban, ahol a nehezebb (bazaltos) óceáni kéreg a könnyebb (gránitos) kontinentális kéreg alá bukik. A Marson azonban nem ismerünk a lemeztectonikára utaló jeleket, folyamatokat, de amerikai kutatók szerint a Marson végbement hosszú ideig tartó vulkáni tevékenység is létrehozhatta a gránitokat.

A Marsot már jó ideje geológiailag viszonylag egyszerű bolygónak tartják, mely jobbára egyfajta kőzetből épül fel, ellentétben a földi kőzetek sokféleségével. Ez a kőzet pedig a bazalt, mely a Mars felszínének nagy részét borítja. 2013 elején azonban a Mars Curiosity marsjáró alaposan meglepte a kutatókat, midőn olyan talajokra talált, mely összetételében erősen hasonlít a gránitokra. A felfedezéssel azonban elég nehéz valamit kezdeni, hiszen a rover a bolygó felszínének csupán egy parányi töredékén vizsgálódik. Az új felfedezés azonban felélénkítette a távérzékelési technikákkal való kutatást, elsősorban az infravörös spektroszkópiát, hogy megvizsgáljanak egy ősi marsi vulkánt, mely több millió éven át működött. A marsi vulkánok többségét por borítja, a kutatók azonban csaknem teljesen pormentes, így ideális vizsgálati alany. Így akadtak rá a kutatók a földpátokra az infravörös spektroszkópia segítségével, miközben bazalt jelenlétét nem tudták kimutatni. Ebből a következő magyarázatot szürték le. Miközben a magma felfelé emelkedik és a felszín közelében fokozatosan és lassan hűl, az alacsony sűrűségű olvadék elkülönül a sűrű kristályoktól. Ilyen ciklusok évezredekken át újra és újra megisméltődnek, míg végül gránit képződik. Ez a folyamat jobbra csak nagyon hosszú időn át aktív vulkánokban történik meg.

Másként értelmezi az új felfedezést egy európai tudósokból álló kutatócsoport. Szerintük a szóban forgó kőzet anortozit, mely viszont a Holdon fordul elő nagy mennyiségben. Ez a felvetés még izgalmasabbá te-

szí a Mars geológiáját, mely a jelek szerint nem is olyan egyszerű, mint eddig hitték. (*Nature Geoscience*, 2013. november 17.)

SZÍNVÁLTÁS A VÍZ ALATT

Alig akad titokzatosabb mélytengeri állapot, mint a kalmár: tengerészlegendák óriási példányokról szólnak, melyek hajók akár egész legénységét is a mélybe húzták. Tengerész-kutatók évtizedek óta járnak az óriások nyomába, ám a lábasfejűek kereken ezer fajt számláló állattani osztályában – melybe a kalmárok mellett a tintahal is tartozik – további titkok is rejlenek. Egyet ezek közül most egy amerikai kutatócsoport szellőztetett meg: hogyan képesek ezek az állatok másodperceken belül megváltoztatni színüket.

A nem feltétlenül óriási méretű, hanem gyakran csupán karhosszúságú lábasfejűek színe az átlátszótól a kéken, sárgán, zöldön át egészen a vörösig terjedhet. A hirtelen színváltással az állatok képesek alkalmazkodni az adott környezethez. Sőt akár színmintát is képesek létrehozni a ragadozó ellenség megévesztésére. Némelyikük a potenciális partnernek csíkos mintával jelzi a párzási készségét, illetve vörössel, ha inkább nyugalomra vágyik.

Már régóta ismert, hogy a színek nem pigmentnek köszönhetőek, hanem a bőrben lévő szerkezeteken kialakuló fényhatások révén jönnek létre. Ami nem volt azonban eddig világos, hogy konkrétan miként hozzák létre ezek a szerkezetek a színt és hogyan működik ez a rendkívül gyors színváltás: a Santa Barbara-i Egyetem kutatói vizsgálataik során az állatok szövetében kifejezetten ezt a célt szolgáló sejteket találtak, melyek külső membránjaiban mélyen a sejttestig hatoló redők találhatók.

Ezek a sejtmembránban található redők ún. Bragg-reflektorként szolgálnak: a visszaverődés ezen fajtájánál a fényhullámok a szabályos szerkezeteken megtörnek. A hullámok egymásra telepednek, végül a fény visszaverődik. Mivel a hatás a hullámhossztól függ, a visszavert fény színét a redők szerkezete határozza meg.

A periodikus lemezes szerkezet ilyenfajta változását kémiai reakciók sorozata idézi elő, melynek következtében a lemezes szerkezet vagy vizet vesz fel, vagy vizet ad le – jöttek rá kutatások során. A folyamat kiváltója egy, az állatok bőrébe jutó vívőanyag, ún. neurotranszmitter. Még a kutatókat is meglepte az a precizitás, amellyel a lemezes szerkezet nanoszerkezete megváltozik.

A kutatók véleménye szerint ez a felfedezés a jövőben akár műszaki területen is alkalmazható: például rugalmas szűrők készítésénél, melyeket vívőanyag adagolásával irányíthatnának. De további lehetőségeket látnak a kutatók a telekommunikációban is, ahol az információ továbbítása fény útján történhetne. (*www.farbimpulse.de*, 2013. július 31.)

E számunk szerzői

DR. ALMÁR IVÁN csillagász, a fizikai tudományok doktora, c. egyetemi tanár, Budapest; BERCZELI ORSOLYA molekuláris biológus, Szegedi Biológiai Kutatóközpont, Szeged; DEMCSÁK ANETT molekuláris biológus, Szegedi Biológiai Kutatóközpont, Szeged; DÖME LILI molekuláris biológus, Szegedi Biológiai Kutatóközpont, Szeged; DR. HARACSKA LAJOS, Mutagenézis és Karcinogenezis Laboratórium, MTA Szegedi Biológiai Kutatóközpont, Szeged; DR. HUDECZ FERENC akadémikus, egyetemi tanár, ELTE Szervers Kémiai Tanszék, Peptidkémiai Kutatócsoport, Budapest; JANKOVICS M. ÉVA doktorandusz, ELTE TTK Földtudományi Doktori Iskola, Budapest; DR. KALOTÁS ZSOLT természetvédelmi szakértő, Tolna; LUKÁCSI BÉLA tudományos újságíró, Budapest; DR. MATOS LAJOS szívgyógyász, Szent János Kórház, Budapest; DR. NÁRAY-SZABÓ GÁBOR akadémikus, egyetemi tanár, ELTE Szerkezeti Kémia és Biológia Laboratórium, Budapest; DR. NÉMETH KÁROLY vulkanológus, Massey Egyetem, Palmerston North, Új-Zéland; Budapest; DR. PATKÓS ANDRÁS fizikus, akadémikus, az ELTE emeritus professzora, Budapest; DR. PERCZEL ANDRÁS akadémikus, ELTE-MTA Fehérje-molekuláris Kutatócsoport, Budapest; PINTÉR LAJOS molekuláris biológus, Szegedi Biológiai Kutatóközpont, Szeged; DR. SIMONOVITS ANDRÁS matematikus, tudományos tanácsadó, MTA Regionális Tudományi Kutatóközpont, Közgazdaság-tudományi Intézet, Budapest; STAAR GYULA főszerkesztő, Természet Világa, Budapest; SZILI ISTVÁN ny. főiskolai tanár, Székesfehérvár; SZUKACSOV VALÉRIA molekuláris biológus, Szegedi Biológiai Kutatóközpont, Szeged; DR. TOMASZ JENŐ, a kémiai tudomány doktora, Gödöllő; TRUPKA ZOLTÁN tudományos újságíró, Székesfehérvár.

Februári számunkból

Fenyvesi András – Lovas Rezső:

A neutrínótudomány mai helyzete

Csaba György: Az orvosi Nobel-díj–2013

Németh Géza: A Fehér-sivatag

Varga Péter: Az 1763. évi komáromi földrendés

Sümei Pál–Schöll-Barna Gabriella–Demény Attila: A balatonedericsi vízmércé

Ujfaludi László: Fizika és képzőművészet. A szépség rejtett dimenziói

Freud Róbert: Fried Ervin emlékére

Kapronczay Károly: Az orvoskar egykori épületei (HELYÜNK SZELLEME)

Kapitány Katalin: Beszélgetés Balázs Bálinttal

A természetes számoktól a kvaterniókig

SIMONOVITS ANDRÁS

Ebben az írásban a számfogalom bővüléséről írok, nem matematikusoknak, kitérve a történeti vonatkozásokra is. A kisebb természetes számokat már az óvodások megismerik. Racionális számokkal az általános iskola alsó tagozatosai találkoznak. A negatív számokkal az én időmben csak a 8. osztályban ismerkedtünk meg, ma már korábban. Irracionális számokkal a középiskolában találkozunk, amikor kiderül, hogy az egységoldalú négyzet átlója nem írható fel két természetes szám hányadosaként. A komplex számokra minden természettudományos (és gyakran társadalomtudományos) végzettségű felsőfokú szakemberek szükség lehet. A kvaterniókat viszont inkább csak a „pihent agyú” matematikusok és fizikusok használják. Az elmondottak zöme részenként a Wikipédiáról is letölthető, de számos megállapításunk elkerülte még a nemzetközi hírnévű népszerűsítő szerzők figyelmét is, tehát ebben az értelemben nem magától értetődőek.

Természetes és racionális számok

A természetes számok tárgyak felsorolásakor keletkeznek: $n = 1, 2, 3, \dots$. Nem sok magyarázatra szorulnak, az emberiség több tízezer éve használja őket. Újabban a nullát is idesorolják. A nulla igazi matematikai találmány, amely meglepően későn, a kora középkorban keletkezett. Két szerepe is van: egyrészt az első nem pozitív egész szám, másrészt a 10-edik számjegy. Ez utóbbi szerepben lehetővé tette a helyértékes számolást. (A babilóniaiak is ismerték a helyértékeket, de nulla hiányában nem tudtak különbséget tenni a 10 és a 100, vagy még inkább a 60 és a 3600 között, hiszen 60-as rendszerben számoltak.)

Kicsit bonyolultabbak a pozitív racionális számok, amelyek természetes számok osztásakor keletkeznek. (Vigyázat: a latinban a ratio nemcsak oszt, hanem hányadost is jelent!) Hogyan oszthatunk el két csokoládét igazságosan háromfelé? Mindegyiket megharmadoljuk, és mindenki kap két harmadot. Itt megjelennek az ókori egyiptomiak kedvenc reciprokjai: az $1/n$ alakú számok, és ezek segítségével bármely racionális szám egy egész és egy reciprok szorzataként írható fel: $m/n = m \cdot 1/n$. A beavatatlannak érdekes lehet, hogy több különböző reciprok összege egész lehet, például $1/2 + 1/3 + 1/6 = 1$.

(A hatvanas számrendszerben ez egyszerű: $30 \text{ perc} + 20 \text{ perc} + 10 \text{ perc} = 60 \text{ perc}$.)

Negatív számok

A XVIII. században bevezetett Celsius-féle hőmérsékleti skálát használva ma már a tévéhíradókat figyelő hatéves gyermek is rájöhet arra, hogyha a hőmérséklet 2 fokról 3 fokot csökken, akkor -1 fok lesz. Az, hogy kisebb természetes (vagy pozitív racionális) számból nagyobb természetes (vagy pozitív racionális) szám is kivonható, nem is olyan bonyolult, azonban a különö britek még ma is inkább piros számmal írják le a veszteséget, mintsem hogy egy mínuszjelet tegyenek ki. Az ázsiai úttörőktől jócskán elmaradva, az európai matematikusok a negatív számokat csak a XVI. században, a komplex számokkal együtt fogadták be. És hiába fedezte fel 1630 körül Descartes és Fermat az analitikus geometriát, még nekik sem jutott eszükbe a vízszintes és függőleges negatív féltengely bevezetése!

Kitérő: kíváncsi vagyok, hány nem matematikus képzettségű olvasó tudja megindokolni, hogy miért igaz, hogy $(-1) \cdot (-1) = 1$. [Két magyarázatot is adok: a) A -1 -gyel való szorzás minden számot a 0-ra tükrözi: 1 képe -1 , -1 képe 1. b) Szeretném, ha új számainkra is igaz lenne a disztributivitás: $(a + b) \cdot c = ac + bc$. Ha $a = c = -1$ és $b = 1$, akkor $0 \cdot (-1) = (-1) \cdot (-1) - 1$, azaz $(-1) \cdot (-1) = 1$.]

Irracionális számok

Az időrendi fejlődést átugrottuk, amikor kihagytuk az irracionális számokat. Most pótoljuk a hiányt. A görög fénykorban (i.e. V. század körül) a bölcsék már nemcsak tudták, hanem bizonyították is, hogy az egységoldalú négyzet átlója nem írható föl két természetes szám hányadosaként. Például ha 1000 stadion lenne a négyzet oldala, akkor az átlója 1 414 és 1 415 stadion között lenne. (Érdekes, hogy a babilóniaiaknak ez eszükben sem jutott, de csodálatos számolástechnikájuknak köszönhetően – mai írásmódban – 5 tizedes jegy pontossággal meghatározták ezt a számot: 1,41422...)

Emlékeztetünk a klasszikus bizonyításra: indirekt úton tegyük föl az állítás ellenkezőjét: $\sqrt{2} = m/n$, ahol m és n természetes szám, 1-nél nagyobb közös osztó nélkül. Ekkor négyzetre emelve az egyenlőséget és rendezve: $2n^2 = m^2$. Ebből következik, hogy m páros, majd hogy n is páros, azaz legalább a 2 közös osztójuk, s ez ellentmondás. El kell

mondanunk, hogy ez a felfedezés nagyon nagy nehézségeket okozott a szabotosságra törekvő görög matematikusoknak, és csak a XIX. század második felében találták meg a modern matematikusok a megoldást.

Újabb kitérő: a tizedes törtek. Ma már a legtöbb országban a legtöbb fizikai és pénzügyi mértékegység a tízes számrendszeren alapul, és ennek természetes folyománya a tizedes tört. Ha $1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$, akkor $1 \text{ m} = 0,001 \text{ km}$. De nem így volt ezer évig! 1585 előtt csak a racionális számokkal dolgoztak, és még pár évvel ezelőtt is a felezéses logika rabjaként bankárok a százalékok $1/16$ -odában mérték a kamatlábakat. Csak a számítógépek kényszerítették ki a tizedes törteket, bocsánat, a bázispontok használatát. 1585 óta írunk $1/4$ helyett $0,25$ -ot, és közelítjük az $1/3$ -ot $0,333$ -mal. De 1972-ig kellett várni, hogy a brit pénzegység megszabaduljon a 12-es és 20-as váltástól. Csak 41 éve szorította ki az 1 font = 20 schilling és 1 schilling = 12 penny szörnységet az 1 font = 100 penny.

Általános iskolából ismert, hogy kétféle tizedes tört létezik: véges és végtelen. Az elsőre példa az $1/2 = 0,5$, a másodikra az $1/3 = 0,333\dots$ vagy $1/7 = 0,142856\dots$ (Sajnos, a véges tizedes törtek is felírhatók végtelen alakban: $1/2 = 0,4999\dots$, de ez nem okoz igazi zavart.) Látszólag semmi gond sincs a végtelen tizedes törtekkel, de matematikailag szabatos leírásuk a matematikusok belügye.

Komplex számok

Elérkeztünk a komplex számokhoz, amelyekről számos olvasó most hall először, legalább is érdemben. Mindenekelőtt felelevenítjük az $x^2 + px + q = 0$ (q nem 0) másodfokú egyenletet. Több ezer éve ismert a másodfokú egyenlet megoldó képlete. Megengedve a negatív együtthatókat és gyököket, és feltéve, hogy a $D = p^2 - 4q$ diszkrimináns nem negatív, két valós gyököt kapunk; $x_{1,2} = (-p \pm \sqrt{D})/2$. ($D = 0$ esetén az $x_{1,2} = -p/2$ gyököt kettősnek nevezzük.)

De mi történik, ha a diszkrimináns negatív: $D = p^2 - 4q < 0$? Nézzük először a legegyszerűbb esetet, amikor $x^2 + 1 = 0$! Történetien módon azt mondhatnánk, hogy ahogyan az $x + 1 = 0$ egyenlet gyökének nevezzük a -1 -et, ugyanúgy az $x^2 + 1 = 0$ egyenlet gyökeinek nevezzük az $i = \sqrt{-1}$ -et és ellentettjét, a $-i = -\sqrt{-1}$ -et. Tehát akármit jelentsen is ez a képzetesnek nevezett gyök, a négy-

zete $-1: i^2 = -1$. Ugyanígy $(-i)^2 = (-1)^2 i^2 = -1$. De hát valós (racionális vagy irracionális) szám négyzete nem lehet negatív! Igen, de mi kilépünk a valós számok köréből, és bevezetjük a komplex számokat.

Nagyon rövidre fogva népszerűsítő bevezetésünket: legyen x és y két valós szám, amelyből a $z = x + iy$ komplex számot képezük: x a valós rész és y a képzetes rész. Először megadjuk az összeadási szabályt:

$$\begin{aligned} \text{ha } z' &= x' + iy', \\ \text{akkor } z + z' &= (x + x') + i(y + y'). \end{aligned}$$

Bonyolultabb a szorzási szabály, de ugyanúgy járhatunk el, mint korábban a $(-1)^2 = 1$ definiálásakor, csak most az $(a + b)(c + d) = ac + bc + ad + bd$ képletet alkalmazzuk és felhasználjuk, hogy $i^2 = -1$:

$$zz' = (x + iy)(x' + iy') = xx' + iyx' + ixy' + i^2 y'y' = (xx' - y'y') + i(xy' + x'y').$$

Ekkor minden másodfokú egyenletnek két megoldása van, vagy 2 valós vagy 2 komplex. Valóban, ha $D = p^2 - 4q < 0$, akkor $z_{1,2} = (-p \pm i \sqrt{(-D)})/2$. Viszonylag könnyen belátható, hogy e két gyök egymásnak az $y = 0$ vízszintes tengelyre vett tükörképe, (műszóval: *konjugáltja*): ha $z_1 = x_1 + iy_1$, akkor $z_2 = x_1 - iy_1$. A gyökök és együtthatók jól ismert összefüggése szerint összegük is, szorzatuk is valós: $z_1 + z_2 = -p$ és $z_1 z_2 = q$.

Érdeemes megemlíteni, hogy a komplex számok körében nemcsak összeadni (kivonni) és szorozni tudunk, hanem osztani is, sőt hatványozni is, ennek részletezését azonban az olvasóra hagyjuk. Hasonlóan belátható a komplex gyökök tükörtulajdonsága a valós együtthatójú harmadfokú és magasabb fokú egyenletekre: ha egy komplex szám gyöke az egyenletnek, akkor tükörképe is gyök.

Csak a XIX. század elején mondták ki a matematikusok, hogy a komplex számok síkbeli vektoroknak is tekinthetők, amelyekre azonban nemcsak az összeadás, hanem a szorzás is értelmezve van. Képletben:

$$x + iy = (x, y).$$

A történeti út azonban egészen más volt! Annak idején senkit sem érdekelt önmagában az olyan másodfokú egyenletek megoldása, amelyeknek a gyöke nem valósak. A középkori bölcsüket nagyon is érdekelte a harmadfokú egyenletek megoldása, amelyeknek mai alakja: $x^3 + px^2 + qx + r = 0$, r nem 0. De a XVI. századig senki sem tudta, hogyan lehet megoldani őket. Ekkor több észak-itáliai gondolkodó megtalálta a megoldást. Más írók élvezetesen leírják a kalandos történetet, mi azonban csak azt hangsúlyozzuk, hogy amikor mindhárom gyök valós, akkor a levezetett gyökképlet szükségképpen komplex számokon keresztül adja meg a valós megoldást. Itt

már nem lehetett olyan kibívót keresni, mint a másodfokú egyenletnél! Be kellett vezetni a komplex számokat!

A tudósok sokáig nem értették meg, hogy a komplex számok éppen olyan értelmes számok, mint a valós számok, de a gyakorlati alkalmazások sikere végül is elsöpörte a filozófiai ellenállást.

Kitérőként megemlítjük, hogy a negyedfokú egyenlet megoldó képlete hasonlóképpen levezethető, mint a harmadfokúé, és felfedezése is gyorsan követte elődjét. Az ötöd fokú egyenlet azonban ellenállt a próbálkozásoknak, és csak a XIX. század elején derült ki, hogy algebrailag általában nem is oldható meg. (Speciális esetekben azonban igen: például az $x^5 = 1$ ötöd fokú egyenlet 4 nem valós komplex gyöke a 4 darab ötödrendű egységgyök.) Gyakorlati jelentősége már a harmadfokú egyenlet megoldásának sem volt, hiszen numerikus megoldáshoz numerikus közelítő módszerekre van szükség, amelyeket már az említett babilóniaiak is alkalmaztak a $\sqrt{2}$ kiszámítására. A kérdés elméleti jelentősége azonban óriási volt, hiszen ennek köszönhetjük a modern algebra, például a *csoportelmélet* születését. És itt sem csupán elméleti kérdéstről van szó, hiszen a modern fizika is bőségesen merít ezekből a módszerekből.

Még egy megjegyzés. A harmadfokú egyenletek megoldása előtt csak pozitív együtthatójú egyenletek pozitív megoldását keresték. Ezért a másodfokú egyenletet sem a fenti módon írták föl, hanem a következő két alakban 1.) $x^2 + px = q$ alakban, és ekkor egy pozitív gyök van; 2.) $x^2 + q = px$ alakban, amikor két pozitív gyök is létezhet. De ez az esetszétválasztás reménytelenül vált a harmadfokú egyenlet esetében, ezért inkább bevezették a negatív számokat.

Kvaterniók

Elérkeztünk utunk utolsó állomásához, a kvaterniókhoz. William R. Hamilton ír származású fizikus és matematikus (a mechanika és az optika egyik legnagyobb művelője) szerette volna a kétdimenziós komplex számokat háromdimenziósra általánosítani. Sokáig eredménytelenül próbálkozott, amikor is 1843. október 16-án egy séta során megtalálta a megoldást, igaz, három helyett négy dimenzióban. Legyen az i képzetes gyökhöz hasonlóan j és k is ilyen gyök, a következő tulajdonságokkal: $i^2 = j^2 = k^2 = -1$, kiegészítve az $ij = k$, $ji = -k$ stb. tulajdonságokkal. Figyelem: a kvaterniókra már nem igaz a szorzás kommutativitása (felcserélhetőség): $ij = -ji$!

Az i, j, k alapelemekre vonatkozó szorzási szabály megértésében segíthet a két térbeli vektor vektoriális szorzatának körvonalazása, ezt a matematikusok mellett a fizikusok is használják, például a forgatónyomaték definiálásakor. Képletben: az $a = (a_1, a_2, a_3)$ és

$b = (b_1, b_2, b_3)$ vektor vektoriális szorzata $a \times b = (a_2 b_3 - a_3 b_2, a_3 b_1 - a_1 b_3, a_1 b_2 - a_2 b_1)$.

A képletből könnyű belátni, hogy $a \times b = -b \times a$, tehát két vektor vektoriális szorzása nem kommutatív művelet! Első látásra furcsa lehet az is, hogy ha egy vektort önmagával szorzunk vektoriálisan, akkor nullát kapunk: $a \times a = 0$.

Visszatérve kvaternióinkhoz, az $ij = k$, $ji = -k$ stb. szabályokat úgy lehet szemléletesen elképzelni, mint az első két térbeli egységvektor vektoriális szorzatát. De a hasonlat sántít, mert $i^2 = -1$, míg például az i -nek megfelelő az $(1, 0, 0)$ egységvektor önmagával vett vektorszorzata 0.

Tetszőleges kvaterniót felírhatunk

$$z = a + bi + cj + dk$$

alakban. Az összeadás egyszerűen elemenként értendő, de a szorzás definiálásához már 16 tagot kellene összevonnunk, ettől eltekintünk. (Egyébként itt lép be a háromdimenziós vektorok skaláris és vektoriális szorzata, a fizikai alkalmazás alapja, lásd Wikipédia). Megjegyezzük, hogy kvaterniókkal éppen úgy lehet osztani is, mint a valós vagy komplex számokkal, csak különbséget kell tenni a balról és a jobbról osztás között. Külön érdekesség, hogy a háromdimenziós fizikai alkalmazásokban a négy összetevő közül épp a valós összetevőt hagyjuk el.

Történelmi adalék, hogy Hamilton hatalmas küzdelmet folytatott a kvaterniók elismertetésért. Bármilyen nagy tudós volt egyébként, ebben valószínűleg tévedett: a kvaterniók hasznossága mindmáig messze elmarad a komplex számokétól.

Összegzés

Rövid írásunkban középiskolás szinten bemutatott a számkörök fokozatos kialakulását. Az egyszerű természetes és racionális számoktól viszonylag gyorsan eljutottunk a negatív és az irracionális számokig. A komplex számokhoz vezető utat már csak vázoltuk, és a kvaterniókról csak éppen megemlékeztünk. Aki a kérdéskör teljes leírására kíváncsi, annak több tucat oldalt kell elolvasnia.

A modern, axiomatikus leírás azt hangsúlyozza, hogy a bemutatott számkörök elvben elménk szüleményei, bár szorosabb vagy lazább kapcsolatban állnak a természettel. Meg kell adnunk az illető struktúra axiómáit, és meg kell konstruálni a struktúra reprezentációját. Ilyen értelemben a képzetes számok ugyanolyan reálisak, mint a valós számok vagy fordítva: a valós számok ugyanolyan imagináriusak, mint a képzetes számok. A nem matematikus olvasó számára elegendő, ha leszűri magának: a legegyszerűbbnek látszó dolgok sem olyan egyszerűek, mint gondolja; de a legbonyolultabb dolgok is valamilyen szinten elmagyarázhatók. \diamond

A balatoni naplementék a legszebbek

Beszélgetés Szabó Irma természetfotóssal

– Ön nagyon szerény ember lehet. Ezt abból gondolom, hogy még honlapja sincs, ahol önmagáról, a képeiről hírt adhatna. Pedig neves fotósok esetében megszokott, hogy saját honlapjuk van.

– Dehogyan vagyok én neves fotós, csak két éve, hogy fotózok, nagyon amatőr szinten készítem még felvételeimet. Persze jártam fotósiskolába Imre Tamáshoz és Imre Anikóhoz, két év alatt elvégeztem egy kezdő, meg egy haladó tanfolyamot. Köszönet a tanárainak a sok jó tanácsért és természetesen a kritikákért is, ezekből lehetett a legtöbbet tanulni. Előtte viszont csak egy egyszerű digitális gépet nyomogattam. Úgyhogy mindössze ennyi a fotós előéletem. A képeim pedig valóban nem láthatók nyilvános helyeken.

– A szakmai fogadtatásból itélve viszont nagyon tehetséges lehet.

– Ez volt az első nagyobb pályázat, amelyre képeket küldtem be. Van egy honlap, amire néha ránézek, hogy milyen pályázatok is vannak, ott vettem észre 3–4 héttel a határidő lejárta előtt az Év Természetfotósa pályázatot. No, mondtam, akkor erre én is beküldök néhány képet. Végül is, ha az ember csinál valamit, azt szeretné jól csinálni, és megméretni magát.

– Nem is tudta, hogy létezik ez a pályázat?

– Tudtam róla, csak nem gondoltam, hogy képeim megfelelhetnek a pályázat színvonalának. A díjazott képekből készített kiállítást két éve már meg is nézzük. Tehát hirtelen ötlettel gyorsan kiválogattam kb. 20 képet, s beküldtem. A zsűrizés nyilvános volt. Meg is lepődtem, hogy mindjárt 4–5 képet beválogatták az első fordulóba, talán az első ezer közé. És innen a dolog már kezdett izgalmassá válni...

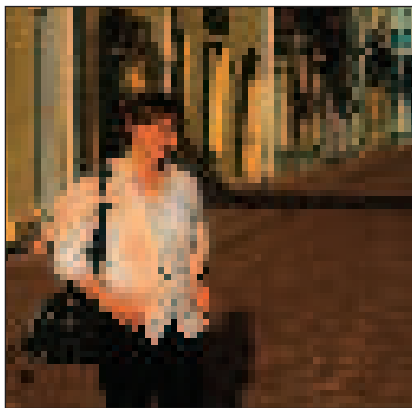
– Tényleg ez az első komoly verseny, amelyre benevezett?

– Kisebbségi pályázatokon már vettem részt egy-két képpel, ezek meg is jelentek kiállításokon imitt-amott, de nagyjából ennyi volt.

– Ettől függetlenül természetfotósnak tartja magát?

– Nem igazán. Alkotó fotós tanfolyamra jártam, ezért is lett a Naplemente című képem picit absztraktabb, vagyis nem kimondottan természetfotó.

– Elhiszem, hogy ez naplemente, mert ez a kép címe, csak a felvétel alapján nehezen tudom elképzelni a szituációt. Amikor a képet készítette, a vízen volt, ugye?



– Volt egy alapkép, egy egyszerű természetkép. Ebből készült a beküldött változat. Vethetjük ezt egy kis játéknak, de azért volt vele munka. Természetesen az alapképet is be kellett küldeni, hogy igazolni tudjam, igazi fényképről van szó. Ahogy már mondtam, ilyen komoly pályázatra még nem jelentkeztem soha, s itt szigorúbbak a feltételek. Sokat bajlódtam az arányokkal, mert előírják, hogy a hosszúság és a szélesség hogyan viszonyuljon egymáshoz. Volt olyan képem, amelyiket szívesen beküldtem volna még, de ahogy belehelyeztem az előírt arányokba, már nem volt olyan jó. Ez is egy picit „megnyomódott”, mert a szép kerek változatot nem lehetett beküldeni, ezért úgy kellett megvágni, hogy beleférjen a megszabott keretekbe.

– Az ilyen képeknél előre elképzeli, hogy mit fog megváltoztatni rajtuk?

– A változtatás inkább csak úgy adódik, bár sokat tanultunk erről az iskolában, és most már nagyon sokszor fotós szemmel nézem a világot.

– Ugye, a „Kompozíció, forma és kísérletezés” című kategória volt az, amelyikben szabadon lehet dolgozni a képeken?

– Igen. A kép, ahogy látja, egy naplemente. Nagyon szépek voltak akkor a színek, a kék sárgás meg vöröses ég, lent a vízen pedig vízszatúkrözödtek a szivárványszínek, szemben a Balaton partja, ami fekete csikként jelent meg imitt-amott kis púppokkal, mint a Badacsonyi, a Tanúhegyek. Gondoltam, ebből lehetne valamit kihozni. Így született ez a kép. Csak megtükröztem, majd megtekertem.

– Hol is készült pontosan a felvétel?

– Balatonföldváron, a kikötő előtt egy hajóról. Szemben vannak a Tanúhegyek, kicsit arrébb Badacsonyi. Sajnos az „iso”-t nagyon föl kellett emelnem, mert a hajó összevissza mozgott, s ezért nem tudtam állványt használni. Ha ugyanis nincs elég fény, akkor a kép nem lesz éles, ezt az iso vagy a rekesz állítgatásával tudjuk kivédeni. Alapvetően állványról fotózunk, s akkor hosszabb ideig exponálhatunk. Csak itt erre nem volt lehetőség.

– Ezek szerint erre a felvételre nem is készült. Ott imbolyogtak a hajón, és egyszer csak észrevette, hogy jé, ott a Nap, s gyorsan előkapta a fotósfelszerelést?

– Igen, így volt, de mivel elég sokat vagyunk kint a vízen, nagyon sok ilyen spontán kép készül. Szerintem a Balatonnál van a világ legszebb naplementéje, s én nagyon szeretek naplementét fotózni. Kicsit giccsesek, de nagyon szépek.

– A fényképezőgép mindig magánál van?

– Igen, mindig. De természetesen megyek célzottan is fotózni. Általában reggel, vagyis napfelkelte előtt és utána még pár órát, meg este egy-két órával naplemente előtt, ilyenkor a legszebbek a fények, s ha a Nap is süt, az még egy plusz. Nagyon szeretem fotózni a tájat. Ahogy mondtam, „alkotószuli”-ba jártam, s picit talán ezért is van, hogy a tájból kivesszek apró részleteket, s akkor már csak azok maradnak. Nem is mindig lehet tudni, hogy mi is az a kép, mert, mondjuk, csak egy ív látszik, esetleg valami árnyék. Állatokat nemigen fotózok. Pedig, ahogy itt a kiállításon is láhattuk, a képeknek a 70%-án biztosan megjelenik valamilyen állat, tehát a tipikus természetfotó ilyen. Az állatokat lesből kell fotózni, én pedig ilyet eddig még nem csináltam. De tervbe vettem, hogy jövő ősszel beiratkozom egy természetfotós tanfolyamra. Megkérdeztem a tanárt, hogy szerinte kezdő szintre menjek-e, azt mondta, mehetek egyből a haladóra.

– Akkor Ön most még „csak” tájképfestő?

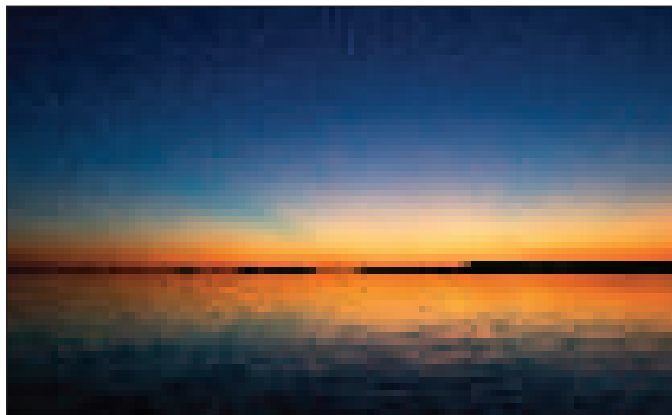
– Így is mondhatni, de azért fotózok városokat is.

– Akárhogy is nézzük, Ön most berobbant a természetfotósok közé...

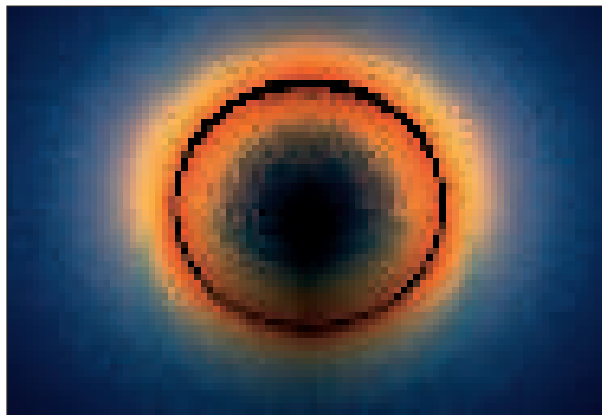
– Nem, nem gondolom, hogy ezzel az egy képpel annyira berobbantam volna, inkább csak jelentkeztem, hogy itt vagyok.

– Arról van már elképzelése, hogy a természetfotózáson belül mit csinál majd?

– Amit jobban is szeretnék megtanulni, az a



Ilyen volt a naplemente a Balatonnál...
így született meg a Naplemente című kép, amit a Természet Világa különdíjjal jutalmazott



...a felvételt aztán megtükröztem, majd megtekertem,
így született meg a Naplemente című kép, amit a Természet Világa különdíjjal jutalmazott

makrofotózás, amiről azt gondolom, hogy viszonylag nehéz. Van már nekem is néhány objektívem, s már összeállt a legalább 15 kg-os táska. Ez lett abból a kicsi gépből. Bárhová megyünk, visszük magunkkal, de a férjem ezt elég jól tűri. Bár hajnalban nem szokott velem jönni, de délután vagy estefelé, vagy ha kirándulni megyünk, akkor ő is jön velem és segít nekem: cipeli az állványt, veszi elő a szűrőket, cserélgetjük az „obit”, s amikor én, mondjuk, egy erdőt fotózok másfél órán keresztül, vagy egy vízesést, ő ott türelmesen elácсорog. Igazából az Ő biztatására kezdtem el komolyabban fotózni, mindig is szerettem a kis digitális kamerát nyomkodni, de csak mint egy tipikus turista. Ő biztatott, hogy ha kedvem van hozzá, kezdjem azzal, hogy elmegyek egy suliba, és milyen igaza volt! Köszönöm neki a sok biztatást és türelmet. De úgy érzem, hogy azért maradok a tájnal meg a részleteknél....

– Tehát állatok nem.

merni a szokásait. Szeptember elején a Baltikumban jártunk, s az egyik kiránduláson nagy örömeinkre láttunk darvakat. Százzámra jöttek nagy csapatokban, gondolom, a vonulásra gyülekeztek. Akartam róluk egy-két képet csinálni, de nem sikerült. Ott voltak a mezőn, de hiába próbáltuk óvatosan megközelíteni őket, amikor észrevettek bennünket, odébb repültek. Csak kétszáz méternyit, de az már épp elég volt ahhoz, hogy ne lehessen őket fotózni. Megfigyeltük, hogy 3–4 daru folyamatosan örködött, esélyünk se lehetett. És gondolom, hogy minden más állat esetében is már azelőtt ott kell lenni, mielőtt az odajön, az emberek be kell vackolnia magát valahová, s aztán reménykedhet. Ezért gondolom, hogy az állatfotózás még sokkal több idő. És nem hiszem, hogy ez most nekem beleférne az életembe.

– Meglepődött azon, hogy felvétele különdíjat kapott?

hú, ez megint az én képem. Ez nagyon kellemes meglepetés volt. Végül 2 kép került be a legutolsó fordulóba, s ezeknek kellett a nyers képét is beküldenem. Csak az egyiknél az volt a probléma, hogy azt két éve, tehát még fotózásaimnak nagyon az elején készítettem, s akkor még nem tudatosan fotóztam, a beállításokat se ismertem annyira. Majdhogynem véletlenül sikerült a kép. De ahhoz, hogy megadja azt a hatást, amit szerettem volna elérni, ahhoz meg kellett vágnom. Ezt akkor, két éve meg is vágtam, és ugyancsak row-ba hagytam, így már ez volt az alapkép. Feldolgozáskor ezért fel sem tűnt, hogy ez már egy vágott nyers kép. És amikor kérték a nyers eredeti képet, előkerestem a vágatlant, elküldtem, de akkor már gyanús volt, hogy valószínűleg a felénél többet vágtam a képből. Akkor azonban már mindegy volt, a felvételt kizárták a versenyből. Ez a híd alatti pelikánokról készült kép, tetszett is a zsűrinek, csak nem felelt meg a szigorú feltételeknek. Sajnos, de teljesen érthető.

– Mutatott nekem egy különleges, Izlandon készült képet.

– Ez a kedvenc képem, egy gleccser-tónál készült. Jéggyémántok vannak a parton, a fekete homokon. A gleccserről szakadnak le. Elég nagy az apály-dagály különbség, s amikor jön a dagály, akkor feltorlódik a jég gleccsertóban, amikor pedig apály van, elkezdnek „kiúszni” az óceánra, ott a hullámszázattal pedig egy része visszakerül a partra.

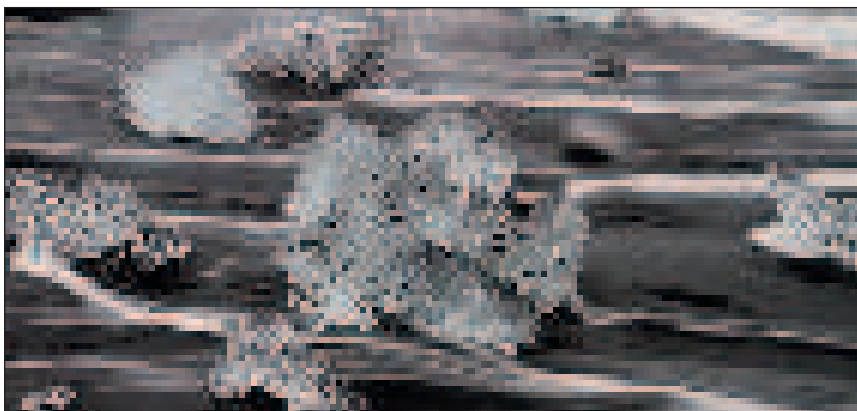
– Ez a kép már indulhatna a pályázaton...

– Ez már igen, lehet, hogy jövőre be is küldöm.

– Nagyon kíváncsi voltam, hogy mi is lehet a foglalkozása. Sok mindenre gondoltam, de egyik se jött be.

– Könyvvizsgáló vagyok. Külkereskedelmi szakközgazdász a végzettségem, majd az egyetem után pár évvel megszereztem a könyvvizsgálói képesítést is.

Az interjút készítette:
LUKÁCSI BÉLA



Jéggyémántok

– Nem gondolom. Az iskolában lesznek majd gyakorlatok, s lehet, hogy majd megszeretem az állatfotózást is, de nem biztos, hogy lesz rá időm. A tájfotózáshoz is kell idő, mert hajnalban kell kelni, oda kell menni, de állatot fotózni még időigényesebb. Ott kell ülni lesben, be kell cserkészní, meg kell is-

– Igen, és nagyon örültem neki. Ha az ember képeket küld egy pályázatra, akkor reménykedik, hogy de jó is lenne, ha... És, amikor az első fordulóban 4–5 képet is kiválasztották, és kivetítették, az egyikre nagyon sok pontot kaptam. Mondták is, hogy abban a kategóriában az volt a legjobb kép. Aztán néztem, hogy

Kucsman Árpád emlékére

A XI. kerületben, a Stoczek utca 17b. épület előtt, 2013. november 12-én, 11 órakor sokan gyülekeztek. A 2012-ben elhunyt Kucsman Árpád Széchenyi-díjas vegyészprofesszor emléktáblájának avatására jöttek. Ebben a házban lakott a hazai szerves kémia jeles alakja, ide került az Őt megidéző márványtábla. Medzihradszky Kálmán akadémikus a pályatársak, a munkatársak, a régi barátok nevében emlékezett Kucsman Árpádra. Hudecz Ferenc tanszékvezető egyetemi tanár, akadémikus az életút felidézése után Kucsman professzor példaadó emberi-kutatói tulajdonságait összegezte. Emléktábla avató beszédét az alábbiakban olvashatják. (A szerk.)

Tisztelt Avató közönség! Hölgyeim és Uraim!

Köszöntöm Önöket, az ELTE TTK Szerves Kémiai Tanszék korábbi és jelenlegi munkatársait, hallgatóit, a Kémiai Intézet és a Kar képviselőit, a társegyetemek, az MTA kutatóintézetek és kutatócsoportok munkatársait, a pályatársakat, az Eötvös Collegium tagjait, a Budapest XI. kerület Stoczek utca 17/b. számú ház lakóit, a barátokat, a tisztelőket, a sajtó munkatársait, akik ezen a verőfényes délelőttön azért jöttünk össze, hogy Kucsman Árpádra emlékezzünk, tiszteletére emléktáblát avassunk.

Kucsman Árpád 1927. október 27-én született Budapesten. Szülei – Kucsman professzor visszaemlékezése szerint – „szerény anyagi körülményeink ellenére hallgattak a tiszteletes úr és egyik nagybátyám tanácsára, s vállalták a tanítatásommal járó áldozatot”. Középiskolai tanulmányait 1937 és 1945 között a Budapesti Fasori Evangélikus Gimnáziumban végezte, ahol 10 éves korában lett Vermes Miklós tanítványa. 1945-ben érettségizett, majd felvették a Pázmány Péter Tudományegyetemre és az Eötvös Collegiumba (1945). 1947-ben tanári alapvizsgát tett, majd 1949-ben vegyész oklevelet szerzett.

Az ELTE Szerves Kémiai Tanszékén előbb egyetemi tanársegéd (1950), majd adjunktus, docens és egyetemi tanár (1971) lett, nyugdíjba vonulását követően professor emeritus (1998). 1970–1993 között 23 évig a Szerves Kémiai Tanszék tanszékvezetője volt.

Számos elismerése közül talán a Széchenyi-díjnak (1996), az elsőként elnyert, frissen alapított Bruckner Győződíjnak (1998) és az ELTE Szenátusa által adományozott díszdoktori diplomának (2007) örült a legjobban.

1972-ben Bruckner Győzötől vette át a vegyészhallgatók számára tartott szerves kémia főkéllégiumi alapozó előadásokat. Kucsman Árpád fő feladatának egész pályafutása során az oktatást, a hallgatók



Kucsman Árpád emléktáblája

tehetségének kibontakoztatását tekintette. Büszke volt arra, hogy a „Szerves kémia” főkéllégiumi előadásai a 70-es évektől igen népszerűek voltak, amit a hallgatók kezdeményezésére elnyert a „TTK kiváló oktatója” cím (1979) is jelzett.

Személyiségéről, életútjának egyes szakaszairól – többek között – olvashatunk a 2006-ban megjelent az „Egy kémikus a régi Eötvös Collegiumban” című kötetben, gondolatait megörökítette az ELTE megalapításának 375. évfordulója alkalmából készült professzori portrészorozatban, a Tudósportrékban róla szóló film.

Tisztelt Egybegyűltek!

Amikor a mai avatóünnepségre készültem, Kucsman Árpád olyan jellemvonásait próbáltam összegyűjteni, amelyek példaként szolgálhatnak, szolgálhattak az elmúlt közel négy évtizedben a munkatársaknak, a hallgatók generációinak – így nekem is. Talán a következő címszavakban foglalhatóak ezek össze:

– **Minőség:** szakmai igényesség az oktatásban, a kutatásban, igényesség a gondolatok megfogalmazásában, a leírt szövegekben, a felszínesség elutasítása.

– A „*Szabadon szolgál a szellem*” (az Eötvös Collegium jelmondata) filozófia értékrendje: a véleményalkotás szabadsága, igény a tudás megszerzésére és átadására, a tolerancia, a tekintélyelvűség elutasítása, a kritikus gondolkodás.

– **Nyitottság:** a világ jelenségei, a kultúra: az irodalom, a képzőművészet, a zene értékei, valamint mások értékei és kultúrája iránt.

– **Szolidaritás és tapintat:** a szegények, a gyengék és elesettek, a rászorulóknak segítése, szemérmes támogatása.

Tisztelt Emlékezők! Hölgyeim és Uraim!

Ma, itt és most Kucsman professzor, az egyetemi tanár, a Széchenyi-díjas szerveskémikusra, az ELTE díszdoktorára gondolunk, amikor halálának évfordulóján, mi tanítványai, munkatársai, pályatársai, barátai és tisztelői elhelyezzük és felavatjuk márványtáblánkat annak a háznak a falán, ahol Kucsman Árpád 51 évig élt.

Emlékeztessen e márványtábla mindenkit mindarra, amit Kucsman Árpád így fogalmazott meg egy vele készült interjúban: „Szeretném, ha az elitképzést az Eötvös egyetemen nem szorítaná háttérbe a kor agresszív igényeihez igazodó tömegképzés. Szeretném, ha a tudás újra visszakapná becsületét és az elsődleges cél nem a diploma, hanem a tudás megszerzése lenne. Szeretném, ha a pénz nem lenne egyeduralgó, ha az egyéni érdekek érvényesítése mellett újjáéledne a nemes értelemben vett közösségi szellem.”

Ugyanitt idézte az utolsó magyar király, IV. Károly magyaroknak küldött üzenetét: „... egymás gyűlölete helyett inkább a haza üdvéért fáradozzanak. Ezzel mélységesen egyetértek – teszi hozzá –, majd így fejezi be: ha egyáltalán van valaki, akit ez érdekel.”

Azt gondolom, hogy akik ma itt vannak, azokat érdekli.

HUDE CZ FERENC

Múzeum kávéházi ebédek

TOMASZ JENŐ

Folyóiratunk 143. éve Budapestten készül. Természettudományos múltunk számos emléke veszt körül minket. Közeliinkben nagyjaink, egykori jeles intézményeink emléktábláinak sorát láthatjuk. Körülveszt minket a hely, a helyünk szelleme. Sorozatunk szerkesztőségünk szűkebb környezetének természettudománnyal összefonódó emlékeiről ad képet. Az alábbiakban Tomasz Jenő vegyész visszaemlékezéseit közöljük, egy egyetemi oktatók által látogatott nevezetes helyről.

Az ELTE szerves kémiai tanszékén voltam gyakorolnok 1958 és 1961 között. A három év alatt sokszor megfordultam a Múzeum kávéházban, hiszen ide jártunk ebédelni: Jutka, Márton, Árpád, Medziák és gyakran mások is a tanszékéről. Persze, nem mindig együtt, mert az ebédszünetet mindannyian a munkánkhoz igazítottuk és nem fordítva. De ahogy együtt jártunk moziba, színházba, hangversenyekre, az ebédeléshez is kerestük egymás társaságát.

Emlékezetem szerint a Múzeum kávéházat a Múzeum körút és a Bródy Sándor utca sarkán 1956-ban szétlőtték. Viszonylag rövid idő alatt felújították, és 1958-ban ismét megnyitották. Az egyetem szerződést kötött a kávéházzal, amely lehetővé tette, hogy a tanszemélyzet viszonylag olcsón ott ebédelhessen. Aki kérte, minden hétre kaphatott ebédjegyet, melyet hétfőn délelőtt vehetett át a tanszéken. A gyenge minőségű papírból készült ebédjegy egymástól perforációval elkülönített és a hét munkanapjainak kezdőbetűjével megkülönböztetett hat részébédjegyből állt. A perforáció lehetővé tette, hogy a jegyet „papírharmónikává” hajtogassuk, melyet kényelmesen elhelyezhettünk a pénztárcánkban. Fizetésnél azután átnyújtottuk az adott napra szóló ebédjegyet. Ezzel igazoltuk jogosultságunkat az étterem igénybevételére, ugyanakkor a jegy ellenértékét – úgy emlékszem 2 forint 10 fillért – a számla végösszegéből levonták. Az ebédjegyet át lehetett ruházni. Így egyszerre egy személy akár több ebédjegyet is „leehetett.”



Fővárosi Szabó Ervin Könyvtár Budapest Cityjtemény

A Múzeum kávéház épülete

A Múzeum kávéház konyháján jól főztek. Á la carte étkeztünk, és általában 10–15 Ft-ból jóllaktunk. Dőzsölésnek számított, ha 20 Ft-ot, vagy annál többet költöttünk. Ilyenkor rendszerint az étterem édesség specialitásával, az ún. házi tortával fejeztük be az ebédet. A nagyon finom, helyben készített csokoládétorta egy vaskos szelete 6 Ft-ba került, ami abban az időben bizony elég nagy pénz volt.

A Múzeum körútról a kávéházba lépve zárt előtérbe jutottunk, ahonnan balra nyílt az étterem, jobbra pedig az eszpresszó. Szemben volt a konyha. Az étterem végét mennyezettől a padlógig érő tükör díszítette, mellette volt a WC. Vászonabrosszal takart négy személyes terített asztalok várták a vendégeket. A négy teríték mellé minden asztalra vizeskancsót, kenyereskosarat, sószórót és fogvájótartót is helyeztek. A kenyérért fizetni kellett. Egy szelet ára 30 fillér volt. A kicsit patinás hangulatú faburkolatú étteremből pazar kilátás nyílt a Múzeum körútra. A mennyezettől csaknem a padlógig táruló ablakokból érdekes volt figyelni a járdán sétáló-siető embereket; mögöttük az üttest dudáló autót, csilingelő villamosait kaphatta el az utcára tévedt tekintet.

Pincércokat hív elő az emlékezet. Alacsony, erősen kopaszodó, szemüveges, idős ember siet asztalunkhoz. *Böföztököt tessék rendelni, igen jó ma a böföztökünk* – javasolja lelkesen Jenő bácsi^{1x}, látván arcunkon a *mit is együnk?* tanácsalansá-

¹ x Árpád szerint Zoli bácsi. Na, most kinek van igazga?

gát. A mindig mosolygós Jenő bácsi, az asztalteszedés zsonglőre. Ha jó a kedve és kevés a vendég, bemutatja a nagy trükköt; a megterített asztalról egyetlen, határozott mozdulattal úgy rántja le az abroszt, hogy közben semmi nem esik le a földre. Nagyritkán előfordul, hogy ő a fizető. Ilyenkor kopott, életlen ceruzacsomokkal, ákombákom számokkal körmöli be apró blokkfüzetébe a fogyasztott ételek árát. Nehézkesen adja össze a számoszlop tételeit, de a végeredmény mindig pontos. Nem így a csaknem teljesen kopasz Leó úr, ki mindig villámgyorsan fejen számol, és többnyire saját kárára téved. *Mi az a burgonya*

sodralék? – kérdelem tőle egyik nap az étlap térszta között kutakodva. Váratlanul fölém hajol, és a fülembé suttogja: *Matyó földön apró f...k.* Azután kiegyenesedik, és hangosan mondja: *krumplinudli.* Felrémlik a sötétkék öltönyben feszítő, korpulens, szemüveges János bácsi kedves, okos, nyugodt arca is. Többnyire ő a fizetőpincér. Ha beáll kiszolgálni, kollégáihoz hasonlóan ő is fehér pincércabátot ölt.

Markáns, ősz bubifrizurával keretezett női fej tűnik fel az ajtóban. Hóna alatt düledező aktatáska. Előremeredő hordóhása megelőzi az ajtókeretben kitaposott se nem női, se nem férfi csónakpőjének orrát. Sasszemmel vizslatja az asztalokat. Olyanhoz lép, amelyiken tele még a vizeskancsó. Felkapja az asztalról az étlapot és azon nyomban, még állva rendel. Kabátját a szék támlájára dobja. Azt várnánk, végre leül, de előbb még egy-két vizeskancsót gyűjt be a szomszédos asztalokról. Étkezés közben rengeteget iszik, de mindig csak tele pohárból. Néhány falat étel, fél pohár víz, a pohár teletöltése. Ezek a professzorasszony étkezésének sztereotip mozzanatai.

Naponta itt fogyasztja el ebédjét az igénytelenül öltözködő, a bölcsészkaron esztétikát tanító felesége társaságában, a névmagyarosításnál keresztnevét Rákosi iránti tiszteletből Mátyásra változtató matematikus. A drótkeretes, sokdioptriás szemüveget viselő asszony szokatlanul, mélyen a tányérja fölé hajolva eszik. 1957

elején, kollégánk, Vajda Tomi, ha meglátta az utcán a matematikust, már messziről mosolyogva, jó hangosan, hogy lehetőleg minél többen hallják, így üdvözölte: *szervusz, János!*

Ritka alkalom, hogy ebéd után bort iszunk. Ez a mostani, amikor négyen, Márton, Árpád, Medzi és jómagam rendelünk egy üveg Egri leánykát, ilyen. Kérjük János bácsit, ne hozzon tiszta poharakat, megteszik azok is, melyekből vizet ittunk az ebédhez. Az asztalon árvákolódik egy ötödik pohár, benne kevés víz. Valaki előtünk ihatott belőle és elfelejtették elvinni, mielőtt mi az asztalhoz telepedtünk. Ebbe öntjük bele poharainkból a maradék vizet. Egyszer csak egy széket húz asztalunkhoz a ritkán itt ebédelő kollégánk, Vajda Miki. Csordultig tölti ezt az ötödik poharat, majd jóízűen fenéig üríti.

Kicsit távolabb tőlünk, összetolt asztaloknál, nemzetközi matematikus társaság. Magyar és angol mondatok keverednek a levegőben. Egy mutáló fiúszopránra emlékeztető hang viszi a prímet. A hang gazdája egyik világhírű hazánkfia. *Tud maga angolul?* – hajol a mellette ülő fiatalemberhez. – *Mert ha igen, akkor miért nem beszél angolul?*

Az ablakon kitekintve, a kávéház felé igyekvő analitikus kémikust vesszük észre. Nagy kopasz fején még a legmelegebb nyáron is mindig ott a kalap. Természetesen most is. Már az utcán leve-szi, és fedetlen fővel lép az étterembe. Egyenesen a WC-re siet. *Szervusz, szervusz, kézcsókom, szervusz...* – apró meghajlásokkal is kísért köszöntései az étterem jobb oldalán ebédelő ismerőseinek szólnak. Visszafelé műmosolya az ellenkező oldalon étkezőket találja meg. Közben jobb kezében tartott kalapját, mintha még mindig a fején volna, széles mozdulatokkal emelgeti.

Réz Pali vörös feje tűnik fel az ajtóban. Ő ritkán ebédel itt, csak akkor, ha épp déltájt keresi fel laborjában legjobb barátját, egykori Eötvös kollégista társát, Kucsman Árpádot.

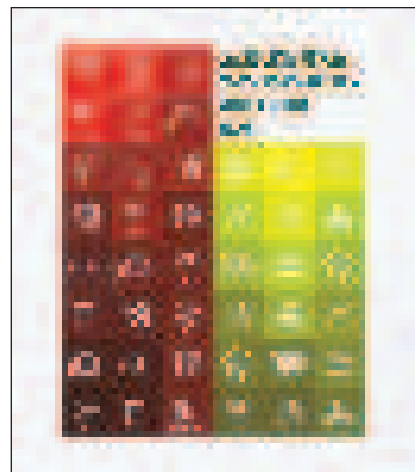
Ritkán fordul elő, de most az első vendégek között érkezünk szinte a déli haragszóval egy időben. A konyhától számított második asztalhoz ülünk. Néhány hete egy új pincér kezdett dolgozni a kávéházban. Kopasz, nagyfejű, szóltan, meglehetősen mogorva ember, tarkóját és halántékát ritkás vörös haj borítja. Most is szóltanul írja fel blokkfüzetébe minden asztalnál a rendeléseket, majd eltűnik a konyhában. Nemsokára megérkezik egy étellel meg-rakott tálcával az első asztalhoz. Bizonytalan léptei azt sejtetik, hogy nem teljesen józan. Mindenesetre remekül tartja magát, szétosztja az ebédet az első asztalnál helyet foglalóknak. Fordul egyet a konyhában, és

megjelenik a mi ebédünkkel. Ezt a tálcát is az első asztalhoz viszi, ahol már javában ebédelnek. Arcán zavar, látszik rajta, nem érti, mi történhetett. Tele tálcájával visszamegy a konyhába. Hamarosan új ételekkel tér vissza, melyeket szintén az első asztalnál ülőkre akar ráerőltetni. Akkorra már kollégái is észreveszik, mennyire részeg, és hazaküldik.

Mindig együtt ebédel három régi Eötvös kollégista, három egyetemi tanár: Müller Sándor, elméleti szerves kémikus, Szádeczky-Kardoss Elemér geológus és Bogsch László paleontológus professzor. Müller Sándor 1921-től, Szádeczky-Kardoss Elemér 1922-től, Bogsch László pedig 1924-től volt az Eötvös Collegium tagja. Negyedikként csatlakozik hozzájuk Sztrókey Kálmán mineralógus professzor. Ő nem volt kollégista. Szádeczky-Kardoss Elemér mindig egy kicsit a többi halandó felett lebeg egyfajta saját maga kreálta akadémikusi magasságban. Innen szól le az étlapot feléje nyújtó felszolgálónak: *mit ajánl, mit ajánl?* Behunyot szemmel hallgatja a pincért, hosszú másodpercek, mintha töprengene, végül, megint csak onnét a magasból, megrendeli az ebédjét. Főnököm, Müller Sándor rendszerint akkor indul ebédelni, amikor én már jóllakottan visszatértem a laborba dolgozni. Így ritkán fordul elő, hogy együtt sétálunk át a Múzeum kávéházba. Ilyenkor, ha nem teljes az asztaltársaság, körükbe invitál. *Megengedik az urak, hogy Tomasz tanár úr ideüljön közénk?* – fordul az asztalnál helyet foglaló Bogsch Laci bácsihoz és Sztrókey Kálmánhoz. Aztán elkezdünk ebédelni. Egyszer csak megszólal Sztrókey: *Sándor, úgy látom, a gallérodát kiszakította a merevítő.* Bogsch Laci bácsi erre abbahagyja leve-se kanalizátását. Hatalmas hasa rázkódni kezd a nevetéstől. *Milyen kellemetlen, hogy az ember egyéb helyekre nem tud ilyen merevítőket elhelyezni* – mondja. Úgy néz ki, befejeztük az ebédet, de mégsem. Az édességet igencsak kedvelő Bogsch Laci bácsi ugyanis kérlelő hangon Müller Sándorhoz fordul: *Sándor, rendelj nekem egy házi tortát.* Egy tortán akkor már túl volt, valószínűleg restelli megrendelni a második szeletet. János bácsi hamarosan megérkezik a tortával. Pontosan tudhatja, miről van szó, mert a tortaszeletet mosolyogva mindjárt Bogsch Laci bácsi elé teszi. Ahogy sétálunk vissza az egyetemre, Bogsch Laci bácsi a Múzeum körúton a Trefort kert előtt megáll egy padnál. *Nézd – fordul hozzám –, ezen a padon ültünk és beszélgettünk édesapáddal, amikor utoljára találkoztunk. Nagyon szerettem az édesapádat.*

Édesapám a régi Eötvös Collegium igazgatója volt. 🐾

Az energia mindig divatos téma volt. Kell is beszélni róla, hiszen gyakran találkozunk a különböző energiaforrások mellett vagy ellen érvelő számokkal, statisztikákkal, továbbá sokszor állítják szembe a megújuló energiákat a fosszilis és/vagy az atomenergiával. Ráadásul az energiapolitikában túl nagy hangsúlyt kap a politika: ahány lobb, annyi nézet, annyiféle prioritás. Ezért aztán nincs könnyű helyzetben az, aki részrehajlás nélkül próbálja átlátni a helyzetet. Melyik energiaforrás a leghatékonyabb, melyik az olcsóbb, melyiket könnyebb előállítani, melyik a legkevésbé környezet-szennyező stb. Nekik is segíteni próbált az „Energjáról mellébeszélés nélkül – Energiapolitika tudományos alapokon” című kerekasztal-beszélgetés 2013. november 8-án, a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatalában (SZTNH), melyet a budapesti Brit Nagykövetség, az SZTNH és a Tudományos Újságírók Klubja rendezett. A beszélgetésen részt vett *Aszódi Attila* egyetemi tanár, a BME Nukleáris Technikai Intézetének igazgatója, *Kaderják Péter* adjunktus, a Corvinus Egyetem Regionális Energiagazdasági Kutatóközpontjának vezetője és *Zarándy Tamás*, a Századvég Gazdaságkutató Zrt. energetika- és fenntartható fejlődés üzletágának vezetője.



A könyv borítója

A rendezvény „sztárvendége” *David MacKay*, a brit kormány energia- és klímaügyi főtanácsadója, a Cambridge-i Egyetem professzora, a „Fenntartható energia – mellébeszélés nélkül” című nagy sikerű kötet szerzője volt. MacKay könyvében a tisztánlátás érdekében vezette be az energiafogyasztás/nap/fő fogalmát, ami azt szemlélteti, mekkora az átlagos napi energiaigényünk.

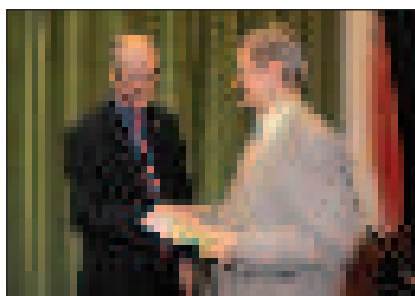
MacKay kötetében brit adatokra támaszkodott, a kerekasztal-beszélgetés vitáindító előadásában azonban a magyar viszonyokra

Energiapolitika tudományos alapokon

végezte el a különböző energiaforrások összehasonlítását. A nem szakemberek számára megdöbbentő lehet, hogy ha csak a napenergiára támaszkodnánk, másfél Balatonnyi területet kellene lefedni napelemekkel. Szélenergiához annyi erőművet kellene építeni, amennyinél Magyarország bármely pontjáról legalább egy mindig látható lenne. Ha kizárólag energianövényekkel akarnánk ellátni hazánkat, az ország több mint 10%-át kellene beültetnünk velük. Ráadásul a sokat emlegetett megújuló energiahordozók csak ingadozva állnak rendelkezésre. Amikor működnek, akkor is változik a szolgáltatott energia mennyisége időjárástól, napszaktól, évszaktól függően. A napenergia esetében a nyári és a téli időszakok különbsége akár hétszeres is lehet, tehát akár egy éven keresztül is energiát kellene tudnunk tárolni.

Az atomenergiától sokan félnek, holtott ennek a legnagyobb a hatékonysága. MacKay szerint az atomenergia a ma alkalmazott megoldások közül a leghatékonyabb: egy négyzetméterre vetítve 1000 wattot termel, a napelemek optimális esetben érik el a 10–20 W/m² teljesítményt.

A brit kormány is támogatja az atomenergiát, ami ugyanannyi támogatást kap a pártoktól, mint a megújuló energiák. Persze senki sem szeretne újabb Csernobilt vagy Fukushima-t, de bíznak a mérnökökben, és ha megnézzük, a legnagyobb reaktorbaleseteket az emberi mulasztás vagy a rossz tervezés okozta. Az új generációs erőművek hatékonyabbak és biztonságosabbak. Lehetséges olyan tervek készíteni, amelyekben nem szerepel az atom, de jobb, ha mindenki tiszt



David MacKay (balra) és könyvének magyar fordítója, Both Előd

tában van az összes energiatermelési módszer minden következményével.

MacKay arra is felhívta a figyelmet, hogy szakmai adatokkal kell összehasonlí-



Zsúfolásig megtelt a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatalának konferenciaterme
(A szerző felvételei)

tani a különböző energiaforrások előnyeit és hátrányait. Az összes energiatermelési megoldás közül jelenleg a nap-, a szél-, a bio- és az atomenergiával termelhetjük a legtöbb áramot, ha közben nem akarunk üvegházgázokat engedni a levegőbe.

Nem sok szó esett viszont a geotermikus energiáról, pedig itt a Kárpát-medencében elég vékony a kéreg és jók az adottságok a kinyeréshez és felhasználáshoz.

Annál többet beszéltek az egyik legnagyobb kihívásról, a lakosság energiatudatosabbá tételéről. A magyar szakemberek hozzászólásaiból is kitűnt, hogy nincs nagy különbség az angol és a magyar gondolkodás között. Egyszerűen nem vagyunk tisztában azzal, mennyit fogyasztunk. Egy hazai felmérésben a megkérdezetteknek csak a negyede tudta megmondani, mennyit költ villamosenergiára, a többiek nem is foglalkoznak vele. Ez a közgazdászok számára azt jelenti, hogy mégiscsak túl olcsó az energia.

MacKay arra buzdít, hogy próbáljon meg mindenki számolgatni otthon. Mi magunk is sokat tehetünk a felhasználás csökkentéséért, de a mobiltöltő kihúzása önmagában semmit nem ér. Ha készülékeinket nem hagyjuk alvó üzemmódban, hanem mindent kikapcsolunk, amire nincs szükség, az már nagyobb lépés. Az otthoni hatékony energiatakarékosság első lépése az odafigyelés. Az energiatakarékos izzók és más eszközök használata önmagában is megtakarítás. Szakembereink kiszámolták, hogy hazánkban 2020-ig önmagától meg fog valósulni egy akkora megtakarí-

tás, amely egy 250–300 MW-os erőművet kivált egyszerűen azzal, hogy nem hagyományos izzókat fogunk használni.

A legnagyobb „energiavámpír” azonban a fűtés. A házak szigetelésének hiánya okozza a legtöbb gondot és nem csak nálunk.

David MacKay lapunk kérdésére elmondta, hogy a jelenlegi helyzetben nincs egyetlen megoldás. A tudomány és technika egyrészt abban segítheti az energiapolitikát, hogy még takarékosabb eszközöket tudjunk használni. Másrészt leszorítsa azoknak az energiatermelési módoknak az árát, amelyek megújuló forrásokon alapulnak. De a következő évtizedekre még a több lábon állás lesz a jellemző. Ugyanakkor minden országban a földrajzi adottságok és társadalmi lehetőségek figyelembevételével kell megtalálnia az optimális utat.

Ma még nagyon erősek a régi beidegződések, az oktatás bevonásával azonban, ha lassan is, de környezettudatosabbá lehet tenni az embereket.

MacKay professzor, annak érdekében, hogy a közvélemény meg tudja ítélni a különböző területek realitását, elkészítette a 2050 kalkulátort, ami az interneten a <http://2050-calculator-tool.decc.gov.uk/> címen megtalálható – egyelőre még csak angolul, de már készül a magyar verzió. Ezzel az összes szénmentes forgatókönyv kielemezhető, és mindenki a maga kedvére összeállíthatja, hogy mi mennyibe kerül, és mi mennyire érné meg.

TRUPKA ZOLTÁN

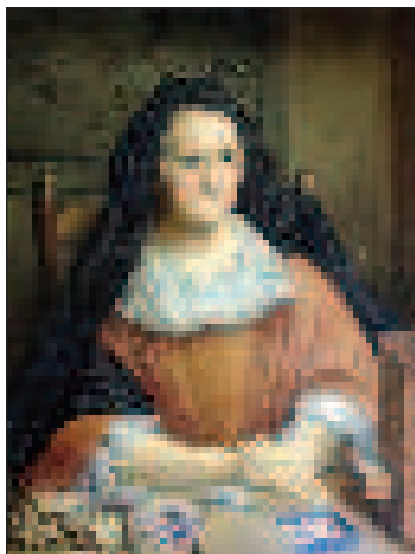
A tudás művészete

Rövid elmélkedés a tudományos illusztrációról

Első rész

SZILI ISTVÁN

A témára utaló címhez még további fogalmak is illenének, például virágok, állatok, rajzok és festmények. És természetesen nők. Annak ellenére, hogy máris láthatjuk, férfiakról is szó lesz. Mint például egy több mint két évtizede még névtelen, illusztrátornak készülő főiskolás angol fiúról. Akinek két, látszólag hajszálpontosan egyforma munkáját – két vidraportrét – egy blackpooli tanintézmény (Scientific and Natural History Illustration, Blackpool and the Fylde College) tanára mutatta be, azzal a megjegyzéssel, hogy a képek csak első ránézésre egyformák. A különbséget azonban lehetetlen volt felfedezni, ezért segített: „a bal oldali kép azért hibás – mondotta –, mert a rajta ábrázolt pofaszőrök száma nem egyezik meg a valóságos modellével. Márpe-



Maria Sibylla Merian

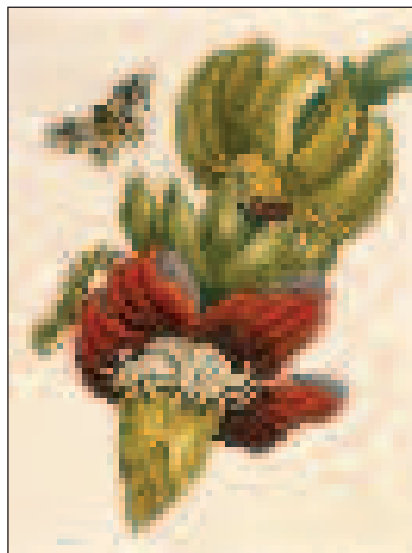
dig a tudományos illusztráció abban (is) különbözik a fényképtől, hogy még annál is pontosabb”.

Ennek a témának a megírása régóta delgelgetett terveim között szerepel. Akkor is cikket készítettem volna a témáról, ha a Google 2013 év eleji odafigyelése jóvoltából közreadott megemlékezés *Maria Sibylla Merian*ról netán elmaradt volna. Nevezett hölgyet ugyanis a tudomány- és művészettörténet egyaránt számon tartja. Ráadásul azon elsők között, akik tudományos érdeklődéssel és rendszerességgel vizsgálták az élő természetet, megállapításait pedig írásban és főleg képekben közölték a nagyvilággal. Merian asszony éppenséggel színes metszetgyűjteményekben. Még hozzá barokkos ízléssel, magas művészi színvonalon. Mégis személye, tevékenysége a nagyvilág és főleg a tudomány számára sokáig ismeretlen maradt, mert latin helyett németül írta műveit. Holott a rovarok egyedfejlődésének tanulmányozásában és rendszerezésében neki köszönhetjük az első értékelhető lépéseket. A frankfurti születésű hölgy 1647 és 1717 között töltötte el élete hetven szorgalmas esztendejét.

Mint bármely emberi tevékenységnek a világon, Merian asszonyénak is vannak előzményei. S mivel kettős képességgel (tudomány és ábrázolás) tartjuk őt számon, az elődök nem is kevesen vannak. Meglepőnek tűnhet, amit állítok, de a sor csupán felületes áttekintéséhez is egészen vissza kell mennünk az ősemberig. Magyarazatul az alábbi okfejtés szolgáljon.

Aligha vitatható, hogy a természet megfigyelése (legyen az bármilyen irányultságú) a legmagasabb rangú szellemi élvezetek közé tartozik. Különösen akkor, ha a megfigyelés a részletekre is kiterjed, és vizuális élményként megrajzolt, megfestett, avagy napjainkban egyre inkább lefényképezett konkrétummá válik. Vagyis a struktúrák, változások, változatok sokaságát a megfigyelő valamilyen módon rögzíti, időtől függetlenné teszi. Paradox élvezet ez, hiszen a rögzítés által a valóság valami egészen

mással helyettesítődik, ami mégis hihetővé, elfogadhatóvá teszi azt, sőt elősegíti a megfigyelés reprodukálhatóságát, ezáltal a tudás megszerzését. Az emberi megismerés fejlődési folyamatában – annak történelmi és ontogenetikus változatában egyaránt



Merian: Banánvirágzat

– alapvető fontosságú lépésről van tehát szó. Az sem vitatható, hogy mindez a barlang fáklyavillogásos sötétjében, koromtól, agyagtól tarkálló, vagy kemény sziklafalak nehezen megkarcolható felületén kezdődött. Noha ezt a mozzanatot a művészetek (sőt a vallás) kezdeteként szokás aposztrofálni, belátható, hogy egyúttal a megszerzett ismeretek rögzítéséről, megőrzéséről és továbbadásáról is szól. Íme, művészet és tudás a barlangban már a kezdetekkor magától értetődően egybefonódott.

Ha elfogadjuk, hogy e tézisünk igaz, választ kell várnunk a következő kérdésekre: mégis miért szorult e felfogás, ha úgy tetszik leképezni-tudás és maga a tudás a



Carolus Clusius

megszületését követő hosszú évezredekén át háttérbe, miért felejtődött el, végül miért vált el egymástól, amikor újra megszületett? Ha elvált egyáltalán! Vagy, ha tényleg elvált, miért gyanakvás kíséretében, sőt szembenálló módon, szinte ellenségesen?

E kérdésekre nem lehet egyszerűen válaszolni. Röviden, meggondolatlanul, előtanulmányok nélkül semmiképp. Az előtanulmányokkal leginkább a tudomány adós, de belátható, hogy e kérdéskörben éppen a tudomány számára nélkülözhetetlen tények, tanúk hiányoznak leginkább. Vagy mondjuk inkább így: adataink felettébb hiányosak. Azt is mondhatnánk, hogy egyszerűen nincs mit tanulmányozni. Márpedig tényszerű analízis hiányában csak elmeszülemény mindenfajta „szintézis”. Ha ennek ellenére ez utóbbiból még sincs hiány, csak azt jelzi, hogy fontos ismerettörténeti kérdéssről van szó, és a kényszerűség furcsa spekulatív eredményeket szül a világra.

Ám nem szeretnék eltérni kitűzött céltól, vagyis azoktól a gondolatoktól, amelyeket az alábbiakban most megosztok olvasóimmal. Ezek summázata pedig az, hogy létezik egy terület, ahol a művészet és tudomány mind a mai napig szorosan egymáshoz tartozik, sőt egybeforr. Ez pedig a képírás legsajátosabb, csak kevesek és kiváltságosok által gyakorolt formája, a *tudományos illusztráció*. Aki most az előbb említett Maria Sibylla Merianra, vagy *Leonardóra* gondol, esetleg a „mi” *Csapody Veránkra*, jó úton jár.

Bár képtelenek leszünk teljessé tenni a képet, lássuk, hogyan, miként született meg, pontosabban újjá a *tudás művészet*.

Mint annyi más dolog, ez is az antik világhoz köthető. Néhol persze már a bronzkorban is mutatkoztak a tárgyhiű ábrázolás jelei (lásd a műkénéi, minoszi és egyiptomi példákat, de szélesebb körben csak

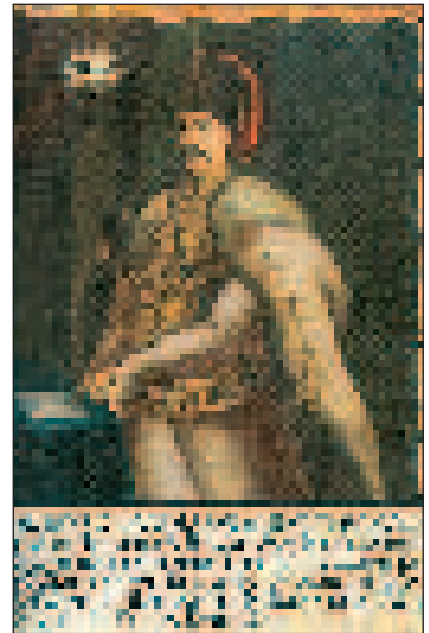
a görög-római kultúrákban vált „divattá”. Aki most felszisszen: „bár e képek esetenként művészi természetábrázolások, mégsem nevezhetjük tudományosnak egyiket sem” – igaza van. Ezeket tényleg nem tekinthetjük tudományosnak, olykor megejtő pontosságuk ellenére sem. De gyökérnek, kiinduló pontnak, avagy a barlangrajz folytatásának mindenképpen. A Pompejiben fennmaradt falfestmények növényei, madarai, tengeri állatai nem képzeletbeli lények, hanem fajra felismerhető ábrázolások. Alkotójuk egyértelműen jól ismerte modelljeit. Ezekben a képekben csak az ábrázolt jelenet mitikus, a részletek reálisak. Persze nem minden alkotó gondolta (vagy tudta) így. Az ókortól szinte napjainkig folyamatosan divat (mit tehet az ember, erre nincs jobb szó!) a *fantasztikum*. Aminek képi összetevői ugyancsak reális részletek. Olyat ugyanis lehetetlen kitalálni, ami nem a valós világhoz kötődik. A középkorban – az itt-ott jelentkező reális ábrázolások mellett – egyenesen túlteng a már-már horrorba torkolló fantasztikum. Szepesi Attila a koraközépkori képes állatgyűjteményekről így vélekedik: „a bestiarum pontos képet ad az antik világhoz ezer szállal kötődő középkor állatismeretéről, amelyben összemosódik a megfigyelés a hallomással.” A bizánci és más bestiáriumok még csak az ámulatba ejtés céljával mutatnak be nem létező lényeket, *Hieronymus Bosch* (1450 körül–1516) azonban már jószerevével csak effélékkel zsú-



Egy lap Clusius művéből: Galambicza

folja tele a Túlvilágot és a Poklot megjelenítő képeit. A belőlük (és eszmetársaikból) kiáramló képzetek hosszú időre megbénítják a józan észet, és nem ritkán mély undort ültetnek a fejekbe a természet egyes lényei iránt. Olyannyira, hogy Boscht követően

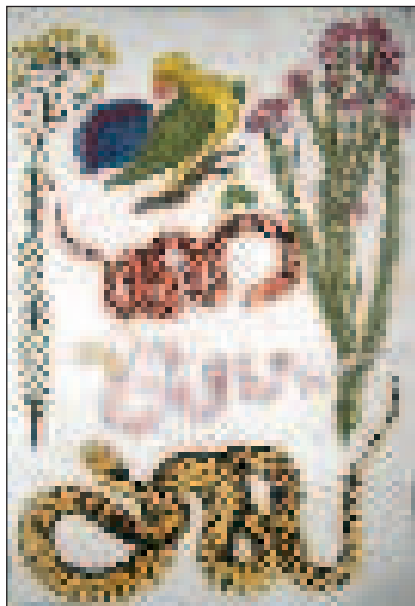
Merian idejében, tehát 200–250 év múlva is még az „*ördög állatainak*”, ennél fogva „*útálatos*”-nak nevezi a köznyelv a rovarokat. Legyünk azonban igazságosak! A



Gróf Batthyány Boldizsár

Bosch-kortárs *Albrecht Dürer* (1471–1528) másfélét is látott, alkotott, nem csak szörnyeket. (Ez utóbbiakat a vallásos-babonás közizlés várta el tőle!) Kevésszámú fennmaradt álomszép vázlata a virágos rétről, kankalinról, mezei nyúlról, özbakról, tarisznyarákról, szajkóról, süvöltőkről, bagolyról már a mai ábrázolási követelmények szellemében készült, tudatva, hogy alkotójuk tisztában volt a realitásokkal. De még nem a tudomány számára! – hallom újra az ellenvetést. Igaz. Dürer a művészi megjeleltetés pontosságára törekedett és nem kereste a valóság nem látható összefüggéseit. Ám élt ekkoriban még egy ember, aki idáig is eljutott! A sokoldalú *Leonardo da Vinci* (1452–1519), mint annyi minden más dolognak, a tudományos illusztrációnak is megteremtette az alapjait. Kár, hogy gazdagon illusztrált anatómiai (és egyéb) feljegyzéseit csak és kizárólag önmagának szánta, amint azt az elolvasást nehezítő tükörírás ténye is igazolja. Igaz, alkalmasint a saját életét övta ezzel.

Ha kissé előre haladva is, maradjunk még ennél az időszaknál. Új csillag kezd ragyogni az égen: a protestáns Charles de l’Écluse (ismertebb nevén *Carolus Clusius*, 1526–1609) – francia és flamand kötődésű polihisztor az érdeklődés háttérében maradó fűvészet, vagyis a botanika felé fordul. Igaz, akkoriban ez a terület az orvosi tudás fontos (és titkos) részének számított, és ugyancsak telítve volt zagyaságokkal. Clusius kezdte



Albertus Seba: Cabinet of Natural Curiosities c. munkájának egyik oldala

a rendteremtést: bizonyos előzmények után 1601-ben, tehát meglelt korábban kiadta a *Rariorum plantarum historia c.* (eredetiben saját készítésű) növény- és gombaképekkel gazdagon illusztrált művét, és általa egyúttal beírta a nevét a magyar tudománytörténetbe is! Igen, igen! Hiszen a 14 éven át (1573–1587 között) Habsburg-szolgálatban tevékenykedő tudósnak számos magyar főúri barátja volt, köztük *gróf Batthyány Boldizsár* is, aki Clusiuszt rendszeresen elkísérte nyugat-magyarországi felfedező útjain. Kettőjük érdeme, hogy Clusius számos virágos növény, illetve gomba leírását adta



Merian: Leguán

Magyarországról, és számunkra külön érdekes, hogy azok akkori magyar nevét is feljegyezte. Sőt Clusius írt először a dohányról, és ő hozta be török földről az első tulipánokat Hollandiába. A máig létező leideni botanikus kertet is ő alapította.

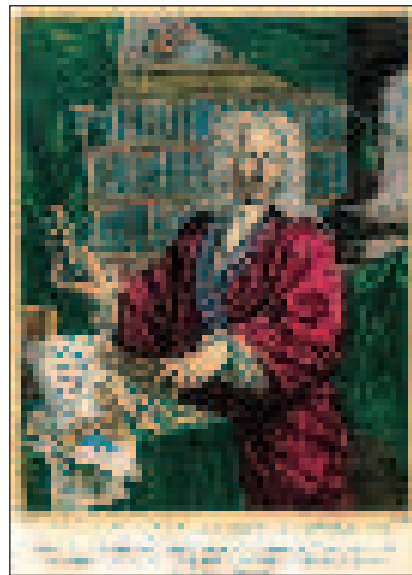
Most már elég közel vagyunk Merian asszonyhoz, akit a nem eléggé körültekintő sajtóvilág a legelső tudós-illusztrátornak tart. Pedig „csak” nőként a legelső! Persze, ismerte az akkori világ felfogását, még ez is hihetetlenül hangzik. Merian asszony minden tiszteletet és elismerést megérdemel! Különösen, ha figyelembe vesszük, hogy részben saját finanszírozású expedícióján jutott el Dél-Amerikába (Suriname holland gyarmatra), ahol két évig tartózkodott, és csak a malária készítette hazatérésre. Ottoni utazgatásai során mélyen behatolt az országba és elsőként adott hírt annak addig javarészt ismeretlen élővilágáról. Íme, erre képesítette a családjában uralkodó protestáns szellem, és festőművész nevelőapja tanítása. Hála a mai világ információs lehetőségeinek, a Merian-alkotta képek és tudományos leírások a ma emberét is foglalkoztathatják: a gyönyörködtetésen kívül kutatási (és kritikai) lehetőséget nyújtanak a tudománytörténeti feldolgozás számára.

Nos, nemcsak elődei, hanem kortársa is volt Meriannak. Méghozzá egy vérbeli holland: *Albertus Seba* (1665–1736), aki hollandusként nem is lehetett volna más, mint anatómus – és festőművész. De leginkább az újonnan felfedezett világok állatainak ismerője, tehát zoológus. Metszetei veszedelmesen hasonlítanak Merianéra, de itt nem történt plágium, hanem a kor stílusigénye nyomta rá az alkotásokra a bélyegét.


Ha a tudomány területén egyelőre nem is akadtak Meriannak női követői, a rajzolni-festeni tudó emberek előtt új kihívás, új lehetőség nyílt az élővilág mind pontosabb ábrázolásában. Ezért a XVIII. században a könyvnyomtatás fejlődésével párhuzamosan (azzal oda-visszaható kölcsönhatásban) egyre több jó minőségű, a tudományos igényeket is kielégítő illusztráció jelenhetett meg. Orvosi és más természettudományi vonatkozású tankönyvek, enciklopédiák sora látott napvilágot: valamenyny a felfedezés meglepetését tartogatta nézője-olvasója számára. Ám ezek a szerencsések viszonylag kevesen voltak: a könyvek csak a gazdagok számára voltak elérhetőek. Az egyházi (vagy egyéb tulajdonú) könyvtárak sem álltak nyitva bárki előtt. Mégis, ebből

az időszakból már csak találomra választhatunk neveket, a jó illusztrátorok olyan sokan voltak. Divattá vált a sikeres kiadványok más nyelvre történő fordítása is, miközben az illusztrációk újrametszése gyakran azok tartalmi és formai eltorzulásával járt. Ilyen

például *Georges-Louis Leclerc de Buffon: Naturgeschichte der Vögel* (A madarak természetrajza) című sokkötetes műve német nyelvű változata (kiadója Joseph Georg Trasler, Brünn 1786), amit például a székesfehérvári Szent István Múzeum könyvtára is őriz. Sajnos a képek eredeti alkotóját nem nevezték meg. A könyv fordítója (franciá-



Albertus Seba arcképe

ról németre) viszont az a Christian Bernhard Ottó, aki közigazdászként, botanikus kert alapítóként (Frankfurt am Oder), orvosként és szülészként is megállta a helyét. 

Irodalom

Kádár Zoltán – Tóth Anna: Az egyszarvú és egyéb állatfajták Bizáncban <http://mek.oszk.hu/05000/05025/html/>

The hedgehog seen from several views from Albertus Seba's magnificent 1734 natural history, *Locupletissimi rerum naturalium thesauri accurata descriptio*.

Csiby Mihály; Apró csodák festője; Vásárhelyi Tamás T.V. 3. sz. 2013. március

Dr. Jantsits Gabriella: Magyar orvosi illusztrációk a XVI-XVIII.

században (http://www.orvostortenet.hu/tankonyvek/tk-05/pdf/6.1.1/1961_021_022_jantsits_gabriella_magyar_orvosi.pdf)

1601 Antwerp *Rariorum Plantarum Historia*^[6] *Fungorum Historia* Charles de l'Écluse (1526–1609) clusius

1802-12 Vienna *Descriptiones et icones plantarum rariorum Hungariae* Pál Kitaibel (1757–1817) Franz de Paula Adam von Waldstein (1759–1823) Karl Schutz Johann Schutz

http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_florilegia_and_botanical_codices

Orvosszemmel

A GLUKAGON ÉS A KÖVÉREK

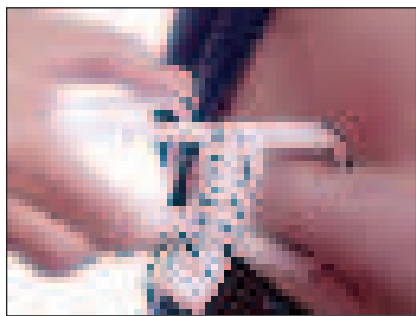
A glukagont, ha a szervezetben csökken a vércukor szintje, például nagy fizikai terhelés során, elválasztása fokozódik, ingerli a májat, hogy glikogénből glukózt képezzen, aktiválja a glukoneogenezist, a zsírokból pedig zsírsavak keletkeznek.

A glukagon termelődése az étel összetételétől is függ. Sok szénhidrátot tartalmazó ennyivaló fogyasztására a vér glukagonszintje csökken, és ezzel gátolja a vércukor jelentős növekedését. Ha viszont fehérjében gazdag az étel, a vér glukagontartalma növekszik.

Az inzulinnal ellentétes hatású glukagon még több, más hormonális effektust is kifejti, emberben befolyásolja a növekedési hormon és a kortizol elválasztását. Korábbi vizsgálatok arra is utaltak, hogy a gyomorban lévő peptidet, a ghrelint, mely fokozza az étvágyat, a glukagon közvetlenül befolyásolja a hipotalamusz–hipofízis tengelyen keresztül.

Nem ismert, hogy a glukagon hogyan hat a ghrelinre, illetve aktív formájára, az acetilált ghrelinre kóros állapotokban 1-típusú diabéteszben vagy elhízás esetén, hiszen a WHO a kövérséget hivatalosan is betegségnek nyilvánította.

Berlinben a Charité Egyetem munkacsoportja, *Ayman M. Arafat* vezetésével ezt a kérdést vizsgálta prospektív, kettős-vak placeboval kontrollált tanulmányban. A vizsgált személyek egyik



csoportja 1-típusú diabéteszben szenvedő 6 férfi és 7 nő volt, átlagos testtömeg indexük (TTI) $24,8 \pm 0,95 \text{ kg/m}^2$. A második csoportba 11 kövér embert, 5 férfit és 6 nőt tettek (TTI: $34,4 \pm 1,7 \text{ kg/m}^2$), a harmadikban pedig 13 egészséges, karcús személy; 6 férfi, 7 nő volt (TTI: $21,7 \pm 0,6 \text{ kg/m}^2$).

Kezelésként mindhárom csoport tagjainak, a hipotalamusz-hipofízis funkció megfelelő vizsgálata után, 1 mg glukagont vagy placebo adtak injekcióval. Már fél óra múlva a plazma glukagonszintje átlag nyolcszorosára, kilencszeresére nőtt. A vérszint alatti görbe felszíne még 240 perc után is valamennyi vizsgálati alany esetében hasonlóan alakult.

A jóllakottsági index a sovány résztvevőknél 30 perc múlva szignifikánsan növekedett a kezelés után a kiindulási értékről (2,6) 3,4 pontra, és az 1-típusú cukorbetegknél 2,2-ről 3,2 pontra. Ezzel szemben a kövérek csoportjában 30 percnél maradt a kiindulási érték (4,3), majd szignifikánsan csökkent 3–4 óra során 3,1, illetve 2,9 pontra.

„További kutatásra van szükség annak tisztázására, hogy a glukagon miért nem befolyásolja az éhségérzetet úgy, ahogy a soványak és az 1-típusú cukorbeteg esetében olyan kövérek csoportjában, akik egyébként egészségesek” – nyilatkozta Arafat. „Eredményeink azt igazolták: a hormon nem jelzi a kövér embereknek, hogy már telt a gyomruk, ezért tovább esznek, és a túlevés fokozza az elhízást”.

ÉLETMENTŐ HIPOTERMIA

A váratlan, hirtelen szívhalál következtében összeeső emberek késedelem nélküli újraélesztése gyakran sikeres, és egy évtizede jól kontrollált vizsgálatok igazolták, hogy az esetleges neurológiai károsodások is lényegesen ritkábbak és enyhébbek a test gyors lehűtése esetén.

A nemzetközi terápiás irányelvek javasolják is a reanimációt követő mielőbbi lehűtést, ennek ellenére *Mark E. Mikkelsen* és munkacsoportja azt találta, hogy az Egyesült Államokban igen kevés újraélesztett betegnél történik hipotermiás kezelés. A kutatók 538 olyan kórház adatait összesítették, amelyekben sikeres újraélesztés történt 2003–2009 között. Ezen idő alatt 67 498 beteget sikerült a hirtelen szívhalálát követően újjáéleszteni, majd hazarendelni. A terápiás irányelvek javasolta $32\text{--}34 \text{ }^\circ\text{C}$ testhőmérsékletet csak a betegek 44,3%-ánál érték el és tartották fenn 24 órán keresztül. A vizsgálat kezdetétől, 2003-tól annak befejezéséig (2009) a lehűtött betegek száma csaknem ötször

rősére nőtt, ami igen szignifikáns, azonban a dolgozat részletes elolvasásakor kiderül: ez azt jelenti, hogy a terápiás hipotermia gyakorisága 0,7%-ról csak 3,3%-ra növekedett. Az ajánlott technikát elsősorban az oktató kórházakban, a fiatalabb korú betegek esetében és munkanapokon alkalmazták sikerrel. „Vizsgálatunk azt bizonyította, hogy a terápiás hipotermia a kórházakban történő, hirtelen szívhalál esetekben is csak ritkán használt eljárás. A University of Pennsylvania intézeteiben, saját tapasztalatunk szerint öt-tíz éve alkalmazzák ezt



a terápiás módszert, és logikus volna, ha ma ötször-tízszer gyakrabban használnák” – mondta Mikkelsen.

A Vanderbilt University munkatársai *Jeremy Pollock* vezetésével 2007 májusa és 2012 januárja között 181 felnőtt beteg hirtelen szívhalála esetében végeztek hipotermiás terápiát. A betegek dokumentációjából kiemelték azokat, akik dohányoztak és ezek eredményeit vetették össze a nemdohányzók adataival. A dohányzók az életkor, az eredeti szív működés, a spontán keringés visszatérteig eltelt idő, a külső újraélesztés időtartama, a terápiás hipotermia kezdetéig eltelt idő, valamint a nem és a kísérő betegségek szerint módosított statisztikai elemzés szerint is jobb neurológiai állapotban hagyták el a kórházat, mint a nemdohányzók. (Forrás: *Weborvos*)

Gombahatározó másképpen



Bevallom, hogy némi malíciával nyitottam ki ezt a kabátzsebbe méretezett kis kötetet, hiszen az elmúlt években annyi gombaismerettel foglalkozó könyv jelent már meg a hazai piacon, hogy azt gondolhattam, hogy ez is csak egy a sok közül. Azután, amikor végiglapoztam, és elkezdtem elmélyülni benne, úgy változott a véleményem, mert rá kellett jönnöm, hogy ez a zsebhatóróznak szánt kötet nem versenyezni kíván az eddig megjelent terepi határozókkal, hanem csupán azt célozza meg, hogy az átlag természetjáró és az alkalmi gombaszedő képes legyen eligazodni a hazai nagygombák világában, de semmiképpen sem szeretné azt elérni, hogy ennek a képes határozónak a birtokában az olvasó máris képzett gombaszakértőnek képzelje magát.

A szerzők jól ismertek a Természet Világa olvasói előtt is. Legutóbb a lap 2013. évi áprilisi számában engedtek bepillantást írásukkal és képeikkel a Gömör–Tornai-karszt gombavilágába. dr. Vasas Gizella és dr. Locsmándi Csaba valóban profi szakemberek, hiszen mindketten a Magyar Természettudományi Múzeum Gombagyűjteményének munkatársai, és hogy egyáltalán nem szobatudósok, hanem elsősorban terepen dolgozó szakemberek, az már abból is látható, hogy könyvüket nem a gombák bemutatásával kezdik. Bevezetőjükben ugyanis előre leszögezik, ez a kis könyv csak segédeszköz, aminek korántsem az a célja, hogy bemutassa a hazánkban honos nagygombákat, hiszen a kötet a Kárpát-medencében honos mintegy 4000 makroszkopikus méretű gombából csak 232 fajt tárgyal. Azt is mindenkinek a tudatába vésik, hogy a gombaismeretet nem csak könyvből kell tanulni, elengedhetetlen feltétele a gombák felismerésének a gyakorlati tapasztalat is, amit csak a hozzáértő szakember segítségével, a terepen lehet igazán megtanulni. Hogy senki ne bizza el magát, de kedvét se szegje senkinek a gombák világának hatalmas ismeretanyaga, a szerzők olyan fontos tanácsokkal látják el az olvasót, amelyek megtartása esetén egyetlen amatőr gombagyűjtőnek sem kell tartania attól, hogy bármi is fenyegetheti, ha gombászásra adná a fejét. „*A gombagyűjtés és -fogyasztás általános szabályai*” alatt leírtakat én minden nagygombákról szóló könyv legfontosabb fejezetévé tenném. Legyen ez a nyolc pont a gombászok kötelezően megtartandó alapelve, hiszen az ebben foglaltak nemcsak hasznos gyakorlati tanácsokkal

szolgálnak a gyűjtéssel, az elő- és elkészítéssel, a fogyasztással és a tartósítással kapcsolatosan, hanem leszámolnak azokkal a babonákkal és hiedelmekkel is, amelyek az elővigyázatosság elmulasztása mellett a legtöbb gombamérgezésnek az okozói. Azt hiszem, hogy már sokkal korábban is ezekkel a gondolatokkal kellett volna kezdődni minden gombákról szóló könyvnek.

A szerzők ezt követően röviden ismertetik a gombák lehetséges termőhelyeit. Persze tudjuk, hogy gombákat bárhol találhatunk, ha elhagyjuk a város flaszterét, de mégis fontos útmutatás, hogy melyek azok az élőhely típusok, ahol nagyobb eséllyel pályázhatunk jóízű, ehető gombákra, és melyek azok az időszakok, amikor esélyünk van arra is, hogy a saját szükségletünknek megfelelő mennyiséget gyűjthessünk. A kötet praktikussági szempontból leghasznosabb része az eligazító jeleket és piktogramokat magyarázó fejezet. Ezek a jelek mérhetetlenül megkönnyítik az olvasó eligazodását a könyvben, anélkül, hogy terjedelmes szöveges ismertetőket kellene böngésznie.

A részletes, azaz a bemutató részben – néhány kivételtől eltekintve, ahol egymáshoz közel álló gombafajok szerepelnek – egy oldalt szentelnek a szerzők egy gombafaj bemutatására. A határozást segítő szöveg elsősorban a gombák termőtestének morfológiai bemutatására koncentrál. Nagyon részletesen, de korántsem szakembereknek szólóan írják le a gombák méreteit, formáját, színét, fényét, hanem az átlagos erdő, mezőt járó ember számára is közérthetően. Még olyan, esetenként fontos tulajdonságokra, mint az illatra, vagy az ízre is kiterjed a szerzők figyelme. Ami pedig egy gombász számára nagyon fontos, minden faj esetében szerepel az adott gombafaj étkezési értéke, jó tanácsok az ehető gombák elkészítéséhez, illetve az a nagyon fontos információ, hogy a bemutatott gombák mely fajokkal téveszthetők össze. Erre külön is találunk utalást a piktogramoknál, amelyek az oldalszám feltüntetésével is jelzik, hogy a hasonló gombafajok a könyv melyik oldalán találhatóak. Ha egy-egy gombász szakkifejezés bárki számára kétségeket jelentene, az bátran visszalapozhat a 8-9. oldalra, ahol minden, a gombászszargonban naponta használt szóra részletes magyarázatot találunk.

De mit sem érnének mindezek az ismeretek, ha nem társulna minden faj bemutatásához egy fotó, amely a szakember által kiválasztott gombát vagy gombákat mutatja be természetes környezetében. Magam vi-

zuális típus vagyok, és sokkal könnyebben jegyzem meg azt, amit látok, mint azt, amit elolvasok. Úgy gondolom, hogy nem vagyok ezzel egyedül. Még ha mint gombahatórózásra felkészült olvasó alaposan „át is rágnám magam” a gombákat bemutató szövegeken, nem hiszem, hogy a terepen sikerrel ismerném fel a fajokat, ha nem lenne előttem egy képi minta. E helyen külön elismerésemet fejezem ki a fotók készítőjének, Locsmándi Csabának, aki nem csak kivételes érzékkel választotta ki a terepen a bemutatásra legalkalmasabb gombákat, és a sok-sok ezer gombafotóból azokat, amelyek összhangban állnak a szöveggel. Minden képnél tetten érhető, hogy a szakember külön hangsúlyt fektetett a határozó bélyegek bemutatására, és az is, hogy fotós szemmel nézve is kiváló alkotott. A tónusgazdag fotókon a gombák nemcsak valóságghú színűek, hanem a képek szerkezeti felépítése, kompozíciója is jó szemről árukkodik. De a gyulai Dürer Nyomda is megérdemel egy kalaplevélt, hiszen kifogástalan, nemzetközi szintű munkát adott ki a kezéből.

Erről az aprócska kis kötetéről nehéz negatívumokat mondani. A könyvet becsukva csupán két dologban maradt hiányérzetem. Sajnáltam, hogy csak 232 gomba kerülhetett a kötetbe, holott én azt a közel 1800 nagygomba fajt is szívesen láttam volna ily módon feldolgozva és képeikkel bemutatva, amelyek a szűkre szabott terjedelem miatt nem kerülhettek be a kiválasztottak közé. A másik, amit hiányoltam az a jelenleg természetvédelmi oltalom alá vont 35 ritka gombafaj közül néhány tetszőlegesen kiválasztott, amely nemcsak színesítette volna a kötetet, hanem talán az olvasóhoz is egy kicsit közelebb hozta volna ezeket a valóban ritka, szörványos előfordulású, veszélyeztetett gombákat. De bízunk abban, hogy lesz folytatása ennek a hasznos kezdeményezésnek, és a következő kötetekben már azokkal a gombákkal is megismerkedhetünk, amelyek ebből a képes határozóból kimaradtak. Addig is jó szívvel ajánlom ezt a kis kötetet minden természetjáró olvasó figyelmébe.

(Locsmándi Csaba–Vasas Gizella: *Gyűjtünk gombát erdőn, mezőn! Gombaszedőknek, gombavizsgálóknak. Cser Kiadó, 2013*)

KALOTÁS ZSOLT



(2013. szeptember 16.)

A TÖKÉLETES HÁZIÁLLAT, A MACSKA

A világ legkedveltebb háziállata kétségkívül a macska; háromszor annyit tartunk belőle otthonunkban és környékén, mint kutyából. Ezt a népszerűséget kétségkívül segíti az a tény, hogy a macskák egyszerre szeretetteljesek és önállóak. Gyakorlatilag nem kell őket tanítani. Nem igényelnek különösebb gondozást, jól elvannak magukban, mindemellát barátságosan üdvözölnek bennünket, ha hazatérünk. **Egyszóval: a tartásuk kényelmes.**

Mindezek ellenére a macska természete kifürkészhetetlen. A kutyák általában nyitlak, őszinték és engedelmesek. A macskák azt igénylik, hogy fogadjuk el őket, olyannak, amilyenek, de a valódi természetüket teljes egészében sosem mutatják meg. Vajon megismerjük-e őket igazán valaha is? Aki már megosztotta otthonát macskákkal, tudja, hogy bár vannak szokásaik, igazi természetük kiismerhetetlen. A tudomány megpróbálja feltárni a macskák valódi természetét, különösen az emberekhez való viszonyukat illetően.

A macska és az ember nagyon régóta él együtt. A DNS-bizonyítékok szerint a mai házimacska őse az arabiai vadmacska (*Felis silvestris lybica*) volt, a háziasítás helye és ideje pedig a Közel-Kelet, nagyjából 15–10 ezer éve. Valószínű, hogy a macskák háziasítását a Natúf-kultúrában kezdték meg a Földközi-tenger keleti partvidékén, e kultúrához kötik a mezőgazdaság „feltalálását”, melyhez szorosan kapcsolódik a termést dészáló egerek megjelenése. A vadmacskák nyilván behatoltak az ember lakta helyekre, hogy az egereket zsákmányul ejtsék. Az emberek pedig hamar rájöttek, hogy ez nekik hasznos, ezért megtúrták a közelükben.

Ezek persze, még nem olyan macskák voltak, mint amilyeneket ma házi kedvencként tartunk. Inkább a városokban meglepedett rókákhöz lehetnek hasonlóak; miközben megtartották vad természetüket, alkalmazkodtak az emberi környezethez. Persze, a macskák más előnyös vonásai sem kerültek el az ember figyelmét. Megnyerő külső, lágy szőrzet és az a képességük, hogy szeretetre méltóan viselkednek, mind segítették abban, hogy háziállattá váljanak. A macskák tehát fokozatosan bevették magukat az emberek otthonába és szívébe és néhány ezer év leforgása alatt háziállattá váltak. Átalakulásuk ellenére azonban még mindig megvan a vad oldaluk. A kutyák agya lényegesen megváltozott annak során, hogy vad farkas őstükből olyanná lettek, mint ma, ám a macskák még mindig úgy gondolnak, mint egy vadász.

A macska nem az ember teremtménye. Szinte minden más háziállattal ellentétben a mai napig maga határozza meg mindennapi életét. A legtöbb macska akkor és oda megy, amikor és ahova akar és maga határozza meg, hogy kivel párosodjon. A kutyákkal ellentétben a macskáknak csak a töredékét tenyésztette ki az ember. Nem tenyésztették őket házörzésre, állatok terelésére, vagy a vadászatban való segédkezésre. A macskák háziasítását lényegében a természetes kiválasztódás mozgatta, együtt fejlődtek velünk. Ilyenképpen a macska lényegében ma sem tekinthető teljesen háziasítottnak és sok vonásuk, tulajdonságuk vad őstőneiket tükrözi. Ezeket az őstőnőket kell megismernünk ahhoz, hogy meg tudjuk, miért viselkednek úgy, ahogyan tapasztaljuk.

A vadmacskák jórészt magányosak és a legtöbb fajtáruskra riválisként tekintenek. Ennek egyik maradványa a házimacskáknál a más macskákkal szemben mutatott megalázódó testbeszéde. A háziasítás mindemellát tompította az óvatosságukat. Együtt kell élniük bizonyos fajtársaikkal és az emberrel, s mindez kitágította a macskák társadalmi repertoárját. A társadalmi viselkedést valószínűleg már akkortól számíthatjuk, amikor elkezdtek megjelenni az ősi magtárak körül. Ha ott egy macska másokkal szemben ellenérzéseit fejezte ki, hátránya kerülhetett az élelemért való harcban. Még ma is, amikor elég élelem áll rendelkezésükre, az elvadult macskák kolóniákba tömörülnek. E kolóniákban fontos az együttműködés a genetikailag rokon nőstények között. Az anyák néhány hónap után elűzik a csapatból a hím utódaikat, hogy a beltenyészetet megakadályozzák. Ha egy kolóniában több család is van, ezek harcolnak egymással. A társadalmi együttélésük során hatalmas ugrás következett be a kommunikációjukban. A házimacskáknál a legfőbb jel a többiek számára az égnek csapat farkok. Kolóniákban, ha két macska találkozik, az egyik rendszerint felemeli farkát. Ha a másik örül a találkozásnak, szintén ezt teszi. Ez a jelzés minden bizonnyal a háziasítás során fejlődött ki; a felnőtt vadmacskák ezt sosem teszik. Ha a farkemelést megtörténik, a két macska összedörzsöli a fejét, esetleg nyalogatják egymást, ami a barátságos viszony kifejezése.

A macskák nem arra születtek, hogy kötődjenek az emberhez, viszont ha 4 és 8 hetes koruk között rendszeresen foglalkozunk velük, kialakul egyfajta erős kötelék. Ha ellenben 10 hetes korukig nem találkoznak emberrel, egész hátralevő életükben félni fognak tőlük. Már a háziasításuk legkorábbi szakaszában szükségük volt az emberre, hogy gondoskodjon róluk, ha éppen egérszűkében voltak. Sok ember szereti a macskákat, de vajon hogyan éreznek irántunk ők? A legtöbb gazdi úgy gondolja, hogy a macskája a dorombolással az elégedettségét fejezi ki. Ez

azonban nem egészen igaz. A macska akkor is dorombol, ha pl. éhes, dühös, vagy éppen beteg. A macska gyakran dörgölőzik az emberhez, nyalogatja is. Hogy ennek mi a valódi oka, nem tudjuk biztosan, bár nagy valószínűséggel ez a szeretet jele. Két ellenséges viszonyban levő macskánál ez sosem fordul elő. Simogatni is szeretjük a macskánkat, és minden jel szerint ők is szeretik, ha simogatjuk őket, olyannyira, hogy ezt ki is provokálják, ezzel is erősítve a kapcsolatot gazdájával. A macska kommunikációs eszköztárában a nyávogásnak is nagy a szerepe, habár egymás között nagyon ritkán „beszélgetnek” így, a vadmacskák pedig egyáltalán nem. Valamennyi macska a nyávogás képességével születik, így mindegyiknek meg kell tanulnia, hogyan használja ezt az eszközt a leghatékonyabban. Miután megtanulták, hogy az emberek az egyes hangokra hogyan reagálnak, macska és gazdája egyfajta, mindegyik fél által értett kommunikációs eszköz birtokában lesz.



(2013. november 15.)

A KUTYÁK VALÓSZÍNŰLEG EURÓPAI EREDETŰEK

A farkasokat a legújabb feltevések szerint európai vadászó-gyűjtögető emberek háziasították nagyjából 18 ezer évvel ezelőtt, így fejlődött ki belőlük a kutya, mely végül háziállattá vált. Ezt az eredményt szűrték le kutatásaikból az University of California (Los Angeles) szakemberei. A legrégebbi kutyák Európában jelentek meg, s ezt a régészeti bizonyítékok mellett genetikai kutatások is alátámasztják.

Robert Wayne és munkatársai három, jelenleg is élő farkasfajta (a Közel-Keletről, Kelet-Ázsiából és Európából), két ősi kutyafajta és a boxer genomját hasonlították össze, a legkorszerűbb technikák alkalmazásával. A vizsgálatokból az derült ki, hogy egyik farkaspopuláció sem áll közeli rokonságban a háziasított kutyával. Előzetesen úgy gondolták, hogy legalább az egyik farkasfajta-hoz lehet köze, hiszen a három említett régiót úgy tartották számon, mint a háziasított kutyák „szülőhelyét”, ám ez a feltevés nem vált be. Valamennyi farkasfajta és valamennyi kutyafajta saját csoportot alkot.

Egy kutatás során tíz ősi farkasszerű és nyolc kutyaszerű állatot vizsgáltak meg, főként Európából. Mindegyik állat több mint ezer éve élt, a legtöbbjük több ezer éve, kettő pedig több mint 30 ezer éve. Az állatok mitokondriális DNS-ét vizsgálták, mely

a régi maradványokban is jól kimutatható. Az ősi mitokondriális DNS-eket összehasonlítva jelenleg élő 77 háziásított kutyafajta, 49 farkasfajta és négy prérifarkas-fajta mitokondriális DNS-ének segítségével azt állapították meg, hogy a háziásított kutyák genetikailag az ősi európai farkasokhoz és kutyákhoz állnak a legközelebb, nem pedig a ma élő farkasokhoz, származzanak a világ bármely részéről, akár Európából is. A következtetés tehát az volt, hogy a kutyák hajdan Európában élt, de már kihalt farkasokkal állnak a legközelebbi rokonságban.

Wayne úgy véli, hogy a farkasok háziásítása kutyákká valószínűleg vadászó-gyűjtő ember közösségek körében történt, nem pedig a letelepedett, mezőgazdasági művelést folytató embercsoportok körében. Szerinte a farkas volt az első háziásított állatfaj, sőt az egyetlen nagy ragadozó, amit az ember háziásított. Más vad fajok háziásítása mind a mezőgazdaság fejlődésével párhuzamosan történt és ezt követően az ember közelségében kellett lenniük. Ez igen nehéz helyzetbe hozhatott egy nagy és agresszív ragadozót. Am ha a háziásítás vadász-gyűjtő embercsoportok körében történt, könnyen elképzelhető, hogy a farkasok kezdetben előnyt élveztek abból, hogy elfogyaszt-

hatták a vadászok által elejtett zsákmány maradványait (amint ez egyébként természetes körülmények között is történik), aztán fokozatosan egyre közelebb kerültek az emberhez és evolúciójuk is együtt zajlott.

Az az elképzelés, hogy a háziásítás vadászó-gyűjtő emberek körében történt, magyarázatot kínál arra a genetikai elágazásra, amely a kutyák megjelenéséhez vezetett. A farkasok követték a vadászat során vándorló embercsoportokat, ezzel feladták territoriális életmódjukat, aminek során egyre kevésbé párosodtak az ugyanazon a területen élő más farkasokkal. Ezt a folyamatot egyébként a jelenlegi farkaspopulációk körében is megfigyelték, Észak-Amerika tundravidékén és boreális erdeiben a vándorló farkascsoportok körében. Ezek a populációk a vándorló rénszarvacsordákat követik akár ezer kilométeren át is. Amikor télen a tundravidékről visszatérnek az erdős területekre, nem párosodnak azokkal a farkasokkal, amelyek ott élnek és sosem vándorolnak.

Több tízezer évvel ezelőtt voltak olyan farkaspopulációk, amelyek nagytermetű állatokra vadásztak, lóra, bölényre. Ezt az izotópvizsgálatok is bizonyítják és a kutya valószínűleg olyan farkasoktól származik, ame-

lyek a pleisztocén késői szakaszában Európában éltek. Wayne-ék tanulmánya szerint a kutyák genetikailag sokkal közelebb állnak a Közel-Keleten élő szürke farkasokhoz, mint bármely más farkaspopulációhoz, amiből könnyen az a következtetés vonható le, hogy a mai kutyák is a Közel-Keletről származnak. A legújabb genetikai vizsgálatok azonban az ellenkezőjéről győzték meg őket. A genetikai hasonlóság még nem egyértelmű bizonyíték a származási helyre. Az alternatív feltevés szerint ahogy a vadászó-gyűjtő emberek vándoroltak, szinte bizonyos, hogy immár kutyává lett farkasaik az érintett területeken élő farkaspopulációkkal szaporodtak. Ezt azonban csak még bonyolultabb és részletesebb genetikai vizsgálatokkal lehet bizonyítani.

A mai kutyafajtáknak kb. a 80 százaléka olyan új fajta, ami csupán az utóbbi néhány száz évben fejlődött ki, nem utolsósorban emberi hatásra. Vannak azonban olyan kutyafajták is, amelyeknek a múltja több ezer évre tekint vissza. Az ismert régészeti leletek szerint a legidősebb kutyafossilizáltia Belgium területéről származik, kb. 36 ezer évvel ezelőttről, Oroszország nyugati vidékein pedig, a jelenlegi ismeretek szerint, 15 ezer évvel ezelőtt jelentek meg a kutyák.

KÖNYVSZEMLE

PONORI THEWREWK AURÉL: A Bolygókirály. A Jupiter és mitológiája (Magyar Csillagászati Egyesület, Budapest, 2013)

Jupiterre! Ismét eltelt két év és megjelent Ponori Thewrewk Aurél új könyve! Persze sokan vártuk, hiszen 2007-ben a Napról, 2009-ben a Holdról, 2011-ben a Vénuszról szóló kötetét adta ki az MCSE. A kimondatlanul is sorozatnak tekintett kiadványok legújabb része a bolygók királyát, a Jupitert mutatja be. Az előző könyvekhez hasonlóan az égitest fizikai tulajdonságainak, tudományos érdekességeinek bemutatása mellett a planéta mitológiájával is foglalkozik.

A legtöbb ókori népnél a főisten égi megfelelőjét látták benne, fontosságát azonban mára sem veszítette el. Első ránézésre a méretével tűnik ki. Átmérője majd' 12-szer, tömege több mint 300-szor nagyobb a Földénél. Mintegy 12 év alatt kerül meg a Napot. Holdrendszerének több mint 60 tagját ismerjük és vékony gyűrűje is van. Négy legnagyobb kísérője, az ún. Galilei-holdak külön-külön is izgalmas világok. Közülük is kiemelkedik, az Europa, amely ígéretes célpontja lehet a Földön kívüli élet keresésének.

A könyv bemutatja a Bolygókirály kutatásának történetét, ízelítőt ad jelenlegi is-

mereteinkből és ismerteti a közeljövő űrszondás terveit. Mi azonban „csak” a légkörének felső rétegét láthatjuk, melyre keskeny felhősávok jellemzőek. Ennek a gyors forgás az oka, alig 10 óra alatt fordul meg a tengelye körül. Legfeltűnőbb jelensége a Nagy Vörös Folt. A több száz éve működő képződményt már az első távcsöves megfigyelések idején is látták. Valószínűleg nincs is szilárd felszíne, de még kevés ismeretünk van a szerkezetéről és általában a gázbolygók kialakulásáról. Érdeemes tehát minél többet foglalkozni vele, viszonylag közel is van, nem is beszélve arról, hogy az eddig felfedezett exobolygók döntő többsége a Jupiterhez hasonló, vagy annál is nagyobb méretű gázóriás.

A Jupiter hatalmas gravitációja kihat az egész bolygórendszerre, emiatt a Naprendszer mai képének kialakulásában is jelentős szerepet játszott. Jóval több kisebb-nagyobb égitestet söpört ki a rendszer szélére, mint amennyit befelé terelt, így az évmilliárdok során kevesebb bombázást kapott bolygónk, mint nélküle. Túlzás nélkül állíthatja tehát a szerző, hogy mi, földlakók is sokat köszönhetünk neki.

Ponori Thewrewk Aurél tisztelői és munkásságának ismerői jól tudják, hogy amiben igazán jártas, az az égitestek mitológiarendszere. A betlehemi csillaggal kapcsolatos kutatásairól itt is olvashatunk,

ami szervesen kapcsolódik a témához, hiszen a jelenség létrehozásában a Jupiter is közreműködött. Az Őszövetségben megtaláljuk a héber Cedek, a közel-keleti Baál vagy a babiloni Marduk égi megfelelőjeként, nem is beszélve Zeuszról vagy Jupiterről, akiről a nevéet kapta.

Már a régi kiniak is tudták, hogy az égitest majdnem 12 év alatt jár körbe az égbolton. (A pontos érték 11,86 év.) Ebből az következik, hogy nagyjából egy évig tartózkodik egy-egy csillagképben. Kínában pedig az esztendőt mindig erről a csillagképről nevezték el, így lesz 2014. január 31-étől a Ló éve.

A recenzió elején található felkiáltás eredetét aligha kell magyarázni, jogoságát pedig akkor érzi igazán az olvasó, ha szembesül a kötetben a számtalan izgalmas és meglepő összefüggéssel, ami a Jupiterhez köthető és valamilyen módon szerepel mai kultúránkban. Alighanem kevesen gondolják, hogy ennek a planétának ilyen kiterjedt mitológiája van: az árgus szemek, a barkochba-játék, tengerek, bolygóholdak, csillagok és csillagképek neve stb.

Mindezek után csak annyit mondhatunk: árgus szemekkel figyeljük, mikor jelenik meg a Szaturnuszról szóló kötet.

TRUPKA ZOLTÁN

A Világegyetemről alkotott képünk alakulása

RADNÓTI KATALIN

A tudomány változó ismeretrendszer, Anem pedig örök érvényű kinyilatkoztatások tárháza. Egy adott korszakra jellemző, hogy az emberek, a tudósok miként gondolkodtak egy-egy témakörrel, milyen kérdésekre kerestek válaszokat, hogyan vetődnek fel újszerű kérdések, amelyekre az adott válaszok nem egy esetben kikényszerítették az addig biztosnak hitt elméleti keret változását. Ennek egyik jellegzetes példája a Világegyetemről alkotott kép alakulása.

A reál és a humán gondolkodás ötvözése, tudományos ismeretterjesztés szépirodalmi stílusban

Arthur Koestler *Alvajárók* című könyve alapján tekintem át a címben jelzett tudománytörténeti folyamatot. A műre nem lehet azt mondani, hogy tudományos, és azt sem, hogy ismeretterjesztő, valahol a kettő között van, ugyanakkor a könyv szövegén, történetfűzésén és hasonlatain érződik, hogy szerzője igazi szépíró. Sajnos napjainkra fal alakult ki a reál és a humán világlátás között. El kellene kezdeni e fal lebontását, melyhez reményeim szerint e cikk is hozzájárul, és ami fel kívánja hívni a figyelmet arra, hogy a természettudomány nagy alakjai milyen fölmérhetetlen módon rendezték, alakították át történelmünket és tudatunkat, aminek azonban a fordítottja is érvényes: egy-egy adott korszak elvárásai, szellemi közege jelentősen befolyásolta a természettudományt, a természettudósok látásmódját egy-egy jelenségről, témáról.

A szerző az emberiségnek a miniket körülvevő világmindenségről alkotott elképzeléseit követi nyomon a babiloniaiaktól Isaac Newtonig, vagyis az e tárgykörre vonatkozó ismeretek keletkezését, szinte az alkotás pillanatainak szemtanújává avatva az olvasót.

Ehhez nemcsak hozzáértően kellett megbirkózni a különböző irodalmi forrásokkal és azok bölcs kommentáráival, hanem a szövegek csillagászati, matematikai, fizikai, teológiai fífikáit, ügyeskedéseit és ügyetlenségeit is észre kellett venni, hogy a fogalmazások mögött rejlő tudományos és emberi fe-



ARTHUR KOESTLER

Alvajárók

szültségeket meg lehessen érteni. Az *Alvajárók* cím talán éppen azt az elvárásolt állapotot kívánta idézni, amikor a könyv hősei mintegy alvajárókként tapintottak rá a további fejlődéshez éppen szükséges dolgokra, tényekre.

A könyv kiváló képet nyújt arról az oktatás során nem sokszor hangoztatott tényről, hogy egy adott korban a tudósok látásmódját erősen befolyásolja a korszak ideológiája, szellemi környezete, amitől nehezen tudnak csak elvonatkoztatni. Példa erre a könyvben az egyenes körmozgás, amelyet *Platón* vezetett be, és *Arisztotelész* emelt dogmává, majd hosszú évek múlva *Ptolemaiosz* egyenes körmozgásokból próbálta összerakni a bolygók pályáját, a deferensek mellett számtalan epiciklust (segédkört) fölhasználva. Évszázadok múlva *Kopernikusz* is addig helyezte a köröket, amíg végül a bolygók mozgását ő is le tudta írni egyenes körmozgások eredőjeként.

Az újkori világgép előzményei

A történet az ókorban kezdődött. A könyv első részében Koestler a Hőskor című fejezetben az ókori természettudomány kibontakozását tekintette át. A szerző fő mondanivalója a csillagvi-

lágban a kör-koncepció megjelenése, és annak útja az egyszerű konstruktív ötlettől a téveszme asztronómiai dogmává dermedéséig *Platón*, majd *Arisztotelész* nyomdokain keresztül. A fejezet különös bája, hogy megmutatja, miként keletkeztek, majd haltak el pompás megfigyelések is, a mai eszmék előfutárai, mint számos *Arisztarkhosz* napközéppontú modellje, *Hérakleidész* félig napközéppontú modellje, amely a föld- és napközéppontú modellek közti átmenetnek tekinthető. A második fejezet végén Koestler megfogalmazta azt az öt kardinális kérdést, ami a továbbhaladás gátjává vált:

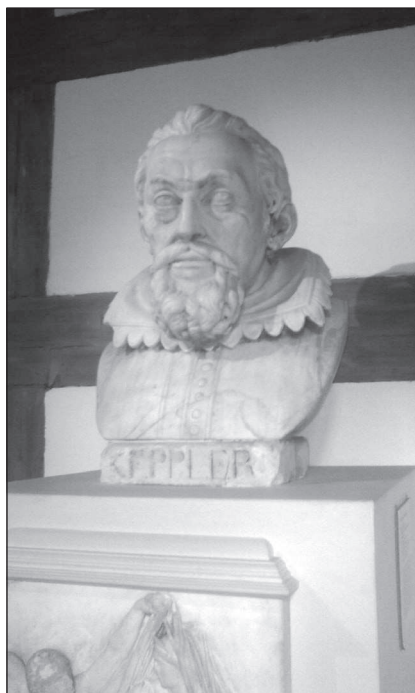
1. A világ két minőségre – ha tesszik, égire és földre – volt fölosztva, és ami még ennél is rosszabb, ez nemcsak „geometriai” felhasadás, hanem egyben tudat-hasadás is.
2. A világgép a geocentrizmus dogmájára épült.
3. A mozgások leírása az állandó sebességű körmozgás dogmájára épült.
4. A tudomány elszakadt a matematikától.
5. Annak felismerésére való képtelenség, hogy a mozgás, nem pedig a nyugalom a testek természetes állapota.

A kopernikuszi forradalom kezdő lépései

A harmadik rész főszereplője *Nikolausz Kopernikusz*, akit a szerző „félsgesz kanonokként” mutat be, aki nem merte nyilvánosságra hozni elméletét, de nem az egyház ellenkezése miatt, amely valójában nem is létezett, hanem mert tudóstársai gúnyától félt. Koestler a következőt írta erről: „...bizonyítékok vannak arra, hogy a Vatikán már a legkorábbi időktől jóindulatú érdeklődést mutatott a kopernikuszi elmélet iránt.” Majd később: „Minden bizonyíték azt látszik igazolni, hogy nem a mártíromságtól rettegett, hanem a nevetségességtől – mert kétségek mardosták elméletét illetően, és jól tudta, hogy sem bizonyítani nem tudja annak igazságát, sem pedig meg-

védelmesni a szakértő kritikával szemben.” (E hibát évtizedek múlva *Galileo Galilei* követte el, akinek sajátos látásmódja biztosan megdöbbentő a könyv sok olvasójának.)

Kopernikusz *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (1543) című könyve a maga módján rekordernek tekinthető, mert úgy csinált forradalmat, hogy (Koestler szavai szerint) „minden idők egyik legkevésbé ismert és olvasott könyve” volt. „A példátlan kudarc oka, hogy e könyv gyakorlatilag olvashatatlan. Mulatságos észrevenni,



Kepler szobra

hogy még a leglelkismeretesebb tudósok Kopernikuszról szóló írásaiból is kitűnik: soha nem olvasták”. Ennek az állításnak egyszerű a bizonyítása: soha senki nem vette a fáradságot, hogy megszámlolja, végül is hány epiciklust alkalmazott Kopernikusz. Koestler szerint negyvennyolcat, míg korábban harmincnégyet használtak, amit a szerző terjedelmes lábjegyzeteinek egyikében be is mutatott. „Kopernikusz távolból nézve az emberi gondolkodás rettenetetlen forradalmárának látszik, amint azonban közelítünk felé, fokozatosan áporodott, sőtlan figurává alakul át, az eredeti génusz holdkóros árnyalakjává, aki a jó gondolatra hibás szerkezetet épített fel, ásványi türelemmel halmozva egymásra epiciklusokat és deferenseket, s létrehozta a legszárzabb és legolvashatatlanabb könyvet, amely valaha is történelmet csinált”.

A szerző szerint Kopernikusz, a derék lengyel kanonok egy magának való, mogorva, félős öregember volt, aki saját maga sem nagyon hitt abban, amit állított. Valószínűleg egyáltalán nem gondolta, hogy halála után ötven évvel éppen az ő rendszerére kezdenek el hivatkozni az utódok.

Kepler, a könyv legszimpatikusabb főhőse

Aki a hosszú évekig tartó megfeszített szellemi munka árán megszabadult a köröktől, az *Johannes Kepler* volt a Mars pályájának vizsgálatakor. Kepler életútja is azt példázza, hogy a könyv hősei, az „alvajárók” iszonyú erővel küzdöttek előre magukat céljuk felé, miközben nem is voltak egészen tisztában azzal, hogy mit is csináltak, és hogyan csinálták.

Először Kepler is mindenáron körre akarta illeszteni a megfigyelésekből nyert adatokat, amelyeket ő írt először úgy fel, hogy nem a Földhöz rögzített vonatkoztatási rendszert választott, hanem egy napközéppontú rendszerre számolta át a Mars koordinátáit. Kepler számításaiban Koestler szerint nagyon sok számolási hiba volt, amelyek nem egy esetben kiejtették egymást, és végül helyes eredmények adódtak.

De honnan is származtak a Kepler által használt adatok? Koestler élvezetesen írta le a híres dán csillagász, *Tycho Brahe* és Kepler találkozását, és együtt töltött rövid idejű néhány fontos mozzanatát. Brahe jelentőségét az adja, hogy soha előtte nem mértek olyan pontosan a csillagászatban. A másik, s talán még ennél is fontosabb újdonság volt megfigyeléseinek folyamatosága és rendszeressége. Ezt úgy is lehetne mondani, hogy a korábbi asztronómusok pillanatfelvételei után Brahe „mozgófilmet készített” a bolygókról. Több mint harminc éven keresztül gyűjtötte a megfigyelési adatokat.

Brahe nem a kopernikuszi rendszerben, de nem is a ptolemaioszi, földközéppontú rendszerben hitt. Elképzelése az Univerzumról a Hérakleidész-féle, félig napközéppontú modellhez állt közel. Annyi változtatást tett, hogy modelljében nemcsak az általunk belső bolygónak nevezett Vénusz és Merkúr keringtek a Nap körül, hanem a Föld kivételével az összes addig ismert bolygó is, továbbá a Hold a Föld körül keringett. Ezt az elképzelést szerette volna Keplerrel meg erősíteni. Brahe hirtelen halála után a több évtizeden át gyűjtött megfigyeléseit (ma úgy mondanánk: adatbázisát) Kepler felhasználta, saját elképzelésébe próbálta meg beilleszteni az adatokat.

A könyv hosszan taglalta, hogy Kepler milyen és mennyi, a mai tudomány szempontjából nézve „vargabetűvel” tűzdelt gondolatmenet bejárása után jutott végül el a törvényeinek megfogalmazásához. Ezek közül kiemelkedik egyik ifjúkori alkotása, a *Mysterium Cosmographicum*, amit öregkorában sem tagadott meg, sőt valójában ez adta munkájához az inspirációt. Alapgondolata az volt, hogy Isten a teremtéskor a bolygók pályájának kijelölésekor az öt szabályos platóni testet tartotta szem előtt. Az egymásba helyezett szabályos testek határozzák meg a bolygók egymás után következő pályáit. Ehhez még azt is tudni kell, hogy abban az időben a Szaturnuszon túli bolygókat (Uránusz, Neptunusz) még nem ismerték.

A könyv legszimpatikusabb főszereplője Kepler, aki megszállottan és önzetlenül kereste a válaszokat saját kérdéseire, s úgy jutott korszakos fölfedezésekhez, hogy maga sem nagyon volt tisztában azok jelentőségével. A Plátón által kitalált és Arisztotelész által köbe vésett gondolat, a bolygók egyenletes körmozgásáról szóló dogma közel kétezer évig tartotta magát a tudományban, és senkinek nem jutott eszébe azt megkérdőjelezni. Helyette rengeteg tudós kitalált, hogy tökéletes körmozgásokkal leírja a Világegyetem működését, és ebbe a csapdába Kopernikusz is beleesett. Míg nem Kepler neki nem állt a Mars „valódi, Nap körüli” pályájának meghatározásához, aminek során fölfedezte a később róla elnevezett törvényeket.

A Kepler-törvények felfedezésének körülményei

Brahe adatai szolgáltatták a kulcsot Kepler számára a Világegyetem titkainak megfejtéséhez. Amikor megérkezett Prágába Brahe asszisztensének, Kepler meggyőződéses kopernikánus volt. A két tudós másfél évet dolgozott együtt, amikor Brahe váratlanul meghalt. Kepler ezután jutott hozzá Brahe mérési adataihoz. Különösen a Marsról fölvetett adatok okoztak komoly nehézségeket számára. Kepler, miután a napközéppontú világegyetemben hitt, átszámolta a földi megfigyelési adatokat úgy, mintha a Napról figyelnék meg azokat. Hogyan is látnánk a Marsot a Napról? Négy évet töltött el e számolással, majd következett a megfelelő pályagörbe, az ellipszis megtalálása.

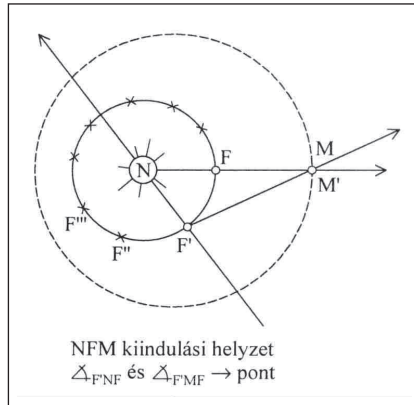
A Mars pályájának alakját sokan próbálták már Kepler előtt is leírni, ami komoly nehézségeket okozott, mivel nem lehetett egyenletes körmozgások összegeként előállítani. Kepler három újítást vezetett be vizsgálataiban kezdetén:

Az egész rendszer középpontját a Napba helyezte, vagyis az abban az időben létező világmodellek közül a *kopernikuszi modellt* fogadta el.

A bolygók pályasíkja nem billegett a térben.

Az egyenes sebességű mozgások elvének föladata.

A megfigyelési adatokat kezdetben ő is, mint előtte mindenki, körre akarta il-



leszteni, ami nem járt sikerrel. A Mars megfigyelt pozíciói 8 ívperccel eltértek a modell által megkövetelt értéktől. Zsenialitását és merészségét bizonyítja, hogy hajlandó volt a körkörösség eszméjétől is megszabadulni, és valamilyen más görbét keresni.

Kepler munkája két fő részből állt. Mivel a Föld a megfigyelőhely, először a Föld pályáját kellett meghatározni, majd annak ismeretében a Marsét. Mivel Kepler a kopernikuszi modellben gondolkodott, ezért a Föld Nap körüli pályáját is csak e modellben akarta leírni. Továbbá, míg a régi, ptolemaioszi modellben az égitestek látható iránya volt csak a fontos (ezért csak a látószögeknek volt értelme), addig Kepler már olyan modellt alkotott, amelyben az égitestek távolsága is fontos szerepet játszott. A bolygók Naptól való távolsága megadható a Föld–Nap-távolsággal kifejezve, vagyis relatív távolságokról van szó. Akkoriban már ismert volt a bolygók Nap körüli keringési ideje is.

A Föld pályájának alakja

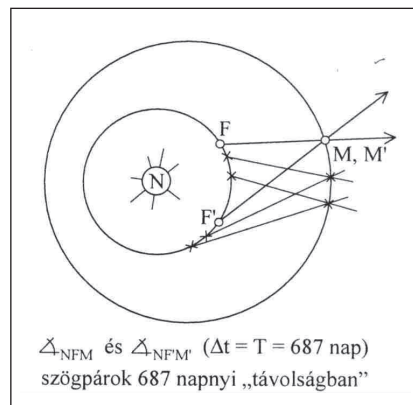
A Föld-pálya alakjának meghatározásához Kepler egyedülálló ötlettel állt elő: a megfigyelő pozícióját a Marsra helyezte át. Kiinduló helyzetként az szerepelt, amikor a Nap, a Föld és a Mars egy egyenesbe esett (NFM). Ismerte a Mars Nap körüli keringési idejét, ami 687 nap. Tehát ennyi idő elteltével a Mars ismét a kiindulásival azonos térbeli helyzetbe kerül. A Föld viszont ekkor pályájának valamilyen F' pontjában lesz,

amely pontot meg lehet szerkeszteni, ha ismerjük a Nap–Föld és a Mars–Föld irányt. Újabb 687 nap múlva a Mars ismét ugyanabban a helyzetben lesz, míg a Föld pályájának egy másik, F'' pontjában, amely szögmérések segítségével ismét megadható. És így tovább, vagyis anélkül, hogy bármi egyebet tudnánk a Mars pályájáról a keringési időn kívül, a Föld pályájának az alakja megszerkeszthető. A távolságok itt és a későbbiekben is relatív távolságok, amennyiben minden távolságot a Föld Naptól mért távolságához viszonyítva fejezzük ki.

A Mars pályája

A Föld pályájának ismeretében határozta meg Kepler a Mars pályáját. Az egyes pontok megszerkesztéséhez a következő gondolatmenetet használta: előzetes tudásként ismét fölhasználta, hogy a Mars Nap körüli mozgásának periódusideje 687 nap. Tehát 687 naponként a Mars ugyanabban a térbeli helyzetben van. Válasszunk ki két, egymástól 687 napnyi „távolságban” lévő helyzetet a Föld-pályán. Ha megmérjük a Mars irányát mindkét helyzetben, akkor a két irányvonal metszéspontja kijelöli a Mars-pálya egyik pontját.

A bemutatott szerkesztést kell sok esetben elvégezni, hogy minél több pont legyen az ismeretlen görbén. A hosszú évekig tartó mérésorozatot nem kellett Keplernek elvégeznie, hiszen rendelkezésre álltak Brahe adatai, „mindössze” a számára szükségeseket kellett abból meghatározott rendszer szerint kiválogatni. Vagyis a kopernikuszi elmélet



szerint a 687 naponkénti (Mars-évnvi) adatpárokat kellett kikeresni és megszerkeszteni az egyes pontokat. Így valójában meg lehetett kapni a Mars-pálya „nyomképét”, amelyből a bolygó pálya menti sebessége, illetve annak változása is „látható” volt (az azonos időszakok végpontjaiban kapott pontok sűrűsége alapján). Ez a magyarázata annak,

hogy Kepler valójában a róla elnevezett 2. törvényt előbb fogalmazta meg, mint az elsőt (Simonyi 1978).

Azt, hogy e mérési eredmények milyen görbére illeszthetők, szintén nem volt könnyű feladat megtalálni. A kúpszeletekkel, így az ellipszissel már az ókori görögök is sokat foglalkoztak. E tudást fölhasználva lehetett azonosítani a bolygópálya alakját mint ellipszist.

Jellemző volt Kepler egész gondolkodásmódjára, hogy a bolygópálya meghatározását nem egyszerű geometriai problémaként kezelte, ahogyan addig mindenki, hanem fizikai erőkkel kapcsolatos magyarázatot keresett. A Nap központi helyre állításában is kifejeződött ez, mert Kepler már a tömegvonzásra is gondolt. *Új fogalmi rendszerbe illesztette a problémát, másképpen látta azt, mint az elődei.* Továbbá, Brahe példájából látható, hogy hiába végez valaki rendkívül pontos megfigyeléseket, csak a mérési adatokból nem tud bárki törvényszerűségeket kiolvasni. Koestler (1955/1996, 444. o.) igen szellemesen a következőt írta erről: „Tudni kell használni az észleleteket; a nehézséget az okozza, hogy mikor vegyük figyelembe az egyiket, s mikor a másikat.”

A mérési eredmények közül a megfelelőek kiválasztásához komoly elméleti felkészültség szükséges, sőt valójában a mérés, az észlelés megtervezéséhez is. Különben nem tudjuk, hogy valójában mit is keresünk, és nem veszünk észre lényeges momentumokat.

Példánkból az is látszik, hogy Kepler munkamódszere egyáltalán nem nevezhető induktívnek. Ugyanis csupán a mérési adatokból nem fedezhetett volna föl semmit. Szüksége volt természetesen az adatokra, de azok csak egy meghatározott elméleti keretben nyertek értelmet. Nem arról van tehát szó, hogy a tapasztalásnak, a megfigyelésnek, az észlelésnek, a mérésnek ne lenne nagyon fontos szerepe a megismerésben. Mindössze azt mondjuk, hogy ahhoz, hogy valamire rátaláljunk, már kell, hogy legyen róla valamilyen előzetes elképzelésünk. Olyan adatokat kell figyelembe venni, amelyek a vizsgált hipotézist alátámaszthatják vagy cáfolhatják, lehetővé téve az előzetes elképzelések ellenőrzését.

Kepler a Mars pályájával kapcsolatos kérdését eleve egy modell, a kopernikuszi keretei között fogalmazta meg. A Föld és a többi bolygó keringési idejének eleve csak e modellben van értelme. És ezért nem tudott Brahe mit kezdeni a saját adataival, mivel ő nem e modellben gondolkodott. Hiába volt az ő kezében a sok évtizednyi megfigyelési adat, mégsem volt képes azokat rendszerbe illeszteni.

Keplernek a bolygópályák alakjára vonatkozóan különböző hipotézisei voltak. Ilyen volt az addigi modellekben kizárólagosan szereplő kör.

Megpróbálkozott tehát a kiválasztott észlelési adatok alapján kapott pontoknak körre való illesztésével, amely hipotézis azonban nem vált be. Újat kellett tehát keresnie. Végül rátalált az ellipsziszre, de csak azért tudta ezt megtenni, mivel már ismert volt az ellipszisz fogalma. E görbét nem neki kellett tehát fölfedeznie.

Föltehetjük a kérdést ezek után, hogy Kepler csak a mérési adatokból fedezte-e föl a Mars-pálya alakját? A válasz egyértelműen „nem”. Természetesen szükség volt a mérési adatokra. Ezek nélkül nem sikerült volna a munka. Ahhoz azonban, hogy mely észlelési adatokat vegyen figyelembe, majd azokat miként használja fel, szükséges volt a hipotézisre (Radnóti 2002).

Kepler és a gravitáció

Koestler a következőképpen jellemzi az újszerű gondolatok keletkezését, amit Keplerrel kapcsolatban írt le: „A bolygópályák problémája reménytelenül megfeneklett a geometriai előzmények ingoványában, s amikor Kepler ráeszmélt, hogy képtelen onnan kiszabadítani, egyszerűen kitépte környezetéből, és a fizika fogalomkörébe helyezte át. Ez a művelet – egy probléma kiragadása hagyományos és megkövesedett összefüggéseiből, és beillesztése egy új fogalmi rendszerbe, mintha más színű szemüvegben át vizsgálnánk – számomra mindig is a teremtő gondolkodás legfontosabb mozzanatának tűnt.”

Kepler igen közel került ahhoz, hogy fölismerje a gravitációt, de az utolsó lépést sosem sikerült megtennie. Az *Astronomia Nova* bevezetésében a következőt írta: „Ha két követ bárhol az űrben, ahol semmiféle harmadik test nem hat rájuk, egymás közelébe helyezünk, a két kő egymás felé fog közeledni, s találkozni fognak – akárcsak a mágnesek – egy közbelső pontban, amely a kövek tömegével arányosan a súlyosabbikhoz lesz közelebb.”

Amint az idézetből is látható, Kepler esetében a gravitációs és a mágneses kölcsönhatás még nem differenciálódott; azt hitte, hogy a kettő azonos. Ez érthető is az ő korában, hiszen 1600-ban jelent meg William Gilbert De Magnete című könyve, amelyben a mágnességgel kapcsolatos akkori tudást írta le, többek közt azt, hogy a Föld egy nagy mágnes. Tehát joggal hihette Kepler, hogy ez a kölcsönhatás azonos a gravitációval.

A kölcsönhatásokkal ismerkedő gyermekeknek az esetek nagy részében hasonló elképzeléseik vannak. Ők előbb ismerkednek meg játékaik során a

mágnessel, mint tanulják meg, hogy a testek azért esnek a földre, mert a Föld nevű bolygó gravitációs ereje lefelé húzza őket.

Kepler helyes magyarázatot adott az árapályjelenségekre, amit a Holdnak tulajdonított. Sőt rájött arra is, hogy nemcsak a Hold, hanem a Hold és a Nap együttes vonzása is elér a Földig. (Évtizedekkel később Galilei kigúnyolta Keplert ezért az állításáért.) Ennek ellenére Kepler a Napot a későbbiekben nem mint valami vonzócentrumot említette a művében, hanem sokkal inkább a bolygókat körbehajszoló seprűt.

Galilei és a kopernikuszi világgkép találkozása

Galileit kifejezetten antipatikus figuraként állítja az olvasók elé Koestler, aki szerint Galileinek az egyházzal való szerencsétlen konfliktusát ő maga provokálta ki, ugyanis az egyház egyáltalán nem vaskalapos emberek gyülekezete volt, ahogyan azt később beállítani igyekeztek. Ha Galilei nem izgágáskodik, a Vatikán valószínűleg szép lassan elfogadta volna az új, heliocentrikus univerzumképet is. Ekkor másként alakult volna a világ sorsa.

Ki volt Galilei? Koestler lassan szalóigévé vált meghatározása szerint: „Szemben még a legmodernebb tudománytörténet állításaival is: Galilei NEM fedezte föl sem a hőmérőt, sem pedig az ingaórát. NEM fedezte föl a



Kepler síremlékén található ábrák

tetetlenség törvényét, sem az erők eredőjének kiszámítását, sem a napfoltokat. Egy szikrányival sem járult hozzá az elméleti csillagászat fejlődéséhez. NEM ejtett súlyokat a mélybe a pisai ferde torony tetejéről, és NEM igazolta

a kopernikuszi rendszer helytállóságát. NEM volt része az inkvizíció kínzásában. NEM sínylődött börtönben. NEM mondta azt, hogy „és mégis mozog a Föld”, és egyáltalán NEM volt a tudomány mártírja.” „Amit valóban tett: létrehozta a dinamika modern tudományát, ami a történelmet – vagy az emberiség végzetét – alakító szellemek közé emeli őt.” (Koestler 1955/1996 471. o.)

Galileit az irodalomtörténet az olasz didaktikus próza mestereként tartja számon, áttetsző tisztaságú érvelőnek. Belőle teljesen hiányzik már a miszticizmus, ő már akkor sem habozott kiállni vélt igazáért, ha még nem is voltak meg a megfelelő érvei, csak a meggyőződése vezetete. Koestler elemzése szerint nem Galilei kopernikánus nézetei, hanem inkább ez az arrogancia volt az inkvizíciós eljárás mozgatórugója. Bizonyára még mindig nehéz eldönteni, hogy melyik oldalon van az igazság. Tény, hogy a protestánsokat zavarta először a kopernikanizmus. A modern csillagászat útját eleinte még a katolikus egyház hívó papjai – mint csillagászok – is egyengették, számos jezsuitát is ideértve. Valószínű, hogy a Galilei-perben szerepet játszottak olyan szempontok is, hogy a kopernikánus rendszer átütő bizonyítékai még jó évszázadig vártak magukra (a csillagok parallaxisának kimutatása még annál is tovább), miközben az ellenreformáció ideológiájának hívei egyre merevebb álláspontot foglaltak el. Ebbe persze belejátszottak hatalmi kérdések is, amelyek olykor látványos, szenzációs megnyilvánulásokkal bizonyíthatóak az erő, a hatalom igazát (pl. Giordano Bruno máglyahalála, 1600).

Galilei gondolkodásának tanulmányozása is sok érdekességet rejt magában. Galilei, aki megoldotta a szabadesés, az egyenletesen gyorsuló mozgások leírásának problémáját, kiváló kísérletező volt, egyszerűen nem tudta elfogadni a bolygópályák ellipszisz alakját. Híres könyvében, a Dialogóban, ami a Galilei-per alapját képezte, az egyszerűsített kopernikuszi világgképet tárta az olvasó elé. Ebben a bolygók körpályán keringenek a kör középpontjában lévő Nap körül. Tehát a köröktől nem tudott ő sem megszabadulni. Kérdés, hogy a Kopernikusz által bevezetett sok epiciklusról mi lehetett a véleménye, mivel ezeket meg sem említi könyvében. Ellenben úgy kezeli a kopernikuszi elképzelést, mintha az lenne a végső igazság, és nemcsak egy lehetséges hipotézis, számítási segédeszköz. És ez az, ami nem volt elfogadható az egyházatyák, illetve az arisztotelianusok számára. Ráadásul nem is tudott kellő tapasztalati bizonyítékot fölmutatni a kopernikuszi elmélet mellett, hiszen

a csillagok parallaxisát akkor még nem lehetett kimutatni. A Vénusz ténylegesen megfigyelhető tényként hangoztatott fázisváltozásai másként is magyarázhatók voltak. A Vénusz fázisai csak azt bizonyították, hogy a bolygó a Nap körül kering, de azt már nem, hogy a Föld is ezt teszi.

Koestler a következőképpen jellemezte könyvét: „A tudomány haladását általában egyenes vonalú, józanul töretlen fejlődési folyamatnak tekintjük, holott nagyon is szabálytalan, olykor a politikai gondolkodás evolúciójánál is cikcakkosabb csapást öket. Különösen a kozmológiai elméletek fejlődése nevezhető – túlzás nélkül – a kollektív megszállottság és kiegyensúlyozott skizofrénia történetének, s az útvonalát meghatározó egyes felfedezések és felismerések inkább tűnnek egy holdkóros, mint egy elektronikus agy produktumainak.

Amikor Kopernikust vagy Galileit lesegítettem a talapzatról, ahová a tudományos mitográfia állította őket, nem az volt a célom, hogy lealacsonyítsam őket, csupán hogy teremtő gondolkodásukba bepillantsak. Nem bánom azonban azt sem, ha a kaland melléktermékeként szembe kerülök a legendával, mely szerint a Tudomány józan és szikár, a Tudósok pedig higgadtabbak és szenvedélyektől mentesebbek másoknál (aminek folytán a világ dolgainak irányításában vezető szerepet kellene játszanuk), és képesek maguknak és kortársaiknak megfelelően racionális megoldásokat nyújtani a más eredetű etikai ítéletek helyett.

Szándékom volt, hogy e bonyolult tárgykört az átlagolvasó számára hozzáférhetővé tegyem, de remélem, hogy az egyetemi ifjúság is haszonnal forgatja majd könyvemet.”

A newtoni szintézis

Newton három axiómát fogalmazott meg a mozgásokkal kapcsolatban.

Az *első*t tehetetlenségi axiómának is mondják. Eszerint, ha egy test valamilyen módon fölgyorsult egy adott sebességre, akkor amennyiben semmilyen másik testtel vagy mezővel nem kerül kölcsönhatásba, e sebességét megtartja. Ha ez a sebesség nulla, akkor pedig nyugalomban van, vagyis áll. Ezt röviden úgy is megfogalmazhatjuk, hogy a magára hagyott test sebessége állandó. A magárahagyottság jelenti azt, hogy nincs semmiféle kölcsönhatásban a környezettel.

Ennek az axiómának az a nehézsége, hogy ilyen test a valóságban nem létezik, hiszen bármilyen messze is megyünk ki gondolatban a világűrbe, ott is hat a gravitáció. Tehát egy olyan helyzetet kell a ta-

nulóknak elképzelniük, amely nem létezik.

A *második* axióma azt mondja ki, hogy amennyiben egy test kölcsönhatásba kerül más testekkel (vagy mezőkkel), amelyek hatását az erő fogalmával írjuk le, akkor változni fog a test mozgásállapota. A különböző kölcsönhatások által



A *Mysterium Cosmographicum* világbábrázolása

okozott erőket vektoriálisan kell összegezni. Ez nem külön axióma, hanem a másodikhoz tartozó megjegyzés. A második axióma valójában az erő definíciója. A testek közötti kölcsönhatások különbözőek lehetnek. Ha a vektori eredő nulla, akkor a test nem fog gyorsulni. De ez az állapot nem azonos az első axiómában megfogalmazottal, amikor a képzelt test nincs semmivel sem kölcsönhatásban. Ténylegesen csak ilyen állapotokat tudunk megfigyelni.

A *harmadik* axióma az ún. hatás-el lenhatás törvénye, ami Newton teljesen eredeti gondolata volt. Eszerint a hatások kölcsönösek és egyenrangúak. Ez abban a korban egyáltalán nem volt magától értetődő.

A newtoni fizika alapfogolatainak világgépi jelentősége van, amely gondolatok alapvetőek az egész fizika mint tudomány, és ezzel együtt a jelenlegi technikai fejlődésünk létrejöttében. Az emberiség ezáltal megértette a mozgást. Megfogalmazódtak azok az alapvető fogalmak, problémamegoldási módszerek, amelyeket a későbbi korokban a további (például az elektromos és a mágneses) jelenségek leírásához mintának lehetett tekinteni. Nevezetesen, a második

axióma konkrét mozgásokra való alkalmazásakor fölírandó a mozgásegyenlet (ami valójában egy másodrendű differenciálegyenlet), és annak megoldásával előre meg lehet határozni a vizsgált test pályáját, ki lehet számítani, hogy mely időpontban a tér mely pontjában lesz a pontszerűnek tekintett test. Newton ezt alkalmazta az égi jelenségek leírásához is a gravitációs erő róla elnevezett törvényének fölhasználásával. Kortársai valójában ezt tekintették Newton fő alkotásának, az általa bevezetett axiómákat csak a későbbi korokban kapcsolták a nevéhez.

Galilei *Discorsi* című könyve, amit a per után, már a házi őrizetében írt, volt az egyik nagyon fontos azon művek közül, amelyekből Newton és kortársai tovább építhettek. Segítségével ténylegesen megérthették a mozgás törvényszerűségeit, miszerint nem a test állandó sebességű mozgásának fenntartásához, hanem a sebesség megváltoztatásához, a vizsgált test gyorsításához szükséges erőhatás. Newton óriási érdeme, hogy konkrétan be is mutatta a mozgással kapcsolatos új tudás alkalmazását néhány égi jelenségen a róla elnevezett gravitációserő-törvény fölhasználásával:

$$F = \gamma \frac{M \cdot m}{R^2},$$

ahol M a központi égitest tömege, m a központi égitest körül keringő test tömege, R a tömegközéppontjaik távolsága, F a két test között ható erő nagysága, γ pedig a gravitációs állandó. Newton ezt a törvényszerűséget teljesen általánosnak, minden testre kiterjedőnek tartotta. A tapasztalati ellenőrzéshez sok tény, adatot használt föl. Nemcsak a Nap és a bolygók, hanem az akkor már jól ismert, Galilei által fölfedezett Jupiter-holdak helyzeteit is vizsgálta az adott időpontokban, hogy egyeznek-e számításai.

A példa ismét rámutat a matematika és az empiria összhangjára. Nem helyezhető egyik a másik fölé. Bár Newton többször hangoztatta, hogy nem alkot hipotéziseket, valójában azt tette, majd abból empirikusan vizsgálható, távcsővel megfigyelhető következtetéseket vezetett le.

Érdekes az $1/r^2$ -es távolságfüggés megjelenése több esetben, amikor a testek pontszerűnek tekinthetők. Ilyen a Newton-féle gravitációs törvény, a Coulomb-törvény vagy a gyertya fényintenzitásának térbeli változása. Kepler valójában ez utóbbi alapján, azzal analóg gondolkodás útján jutott hasonló felismerésre, amit azonban nem aknázott ki. Sőt Newton kortársai, például *Robert Hooke* számára is ismert volt, de

ők nem tudtak vele ténylegesen mit kezdeni. Newton volt az, aki rájött, hogy a Holdat ugyanazon erő tartja körpályán, ami az érett alma földre esését is okozza. Ezzel egyesítette az égi és a földi fizikát.

1686-ban a következő szavakkal mutatták be Newton *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* című munkáját:



A Kepler múzeum Regensburgban

„...amelyben a Kopernikusz-féle hipotézis Kepler által adott változatának matematikai bizonyítását adja, és megmagyarázza az égi jelenségek összességét azzal az egyetlen feltevessel, hogy a gravitáció a Nap közepe felé hat a távolság négyzetével fordított arányban.” (a Royal Society jegyzőkönyve, 1686. április 28., idézi Simonyi 1978). Tehát Newton munkájának fontosságát ebben látták a kortársak. Csak érdekességként említem meg a „hipotézis” és a „feltevés” szavak használatát a szövegben. Valójában Kepler, Galilei és Newton munkássága nyomán kezdett el kialakulni a fizika tudománya, amelynek szemléletmódja analógiaként szolgált a többi természettudomány számára is. Kérdés, hogy Kepler és Galilei nélkül létezne-e mai értelemben vett fizikai tudomány és az arra épülő technika?

A tapasztalat szerepe a megismerésben

Érdemes elgondolkodni az érzékelés és a tapasztalat ismeretelméleti problémáiról is. Minden az-e, aminek látszik? Mennyire lehet megbízni a tapasztalatokban? Hiszen minden nap azt látjuk, hogy reggel a Nap fölkel az égen, majd le-

nyugszik, a csillagos égbolt pedig mintha körülöttünk forogna. Mennyire kell a tapasztalatok „mögé menni”? Hogyan kell értelmezni a tapasztalatokat? Mennyiben segít a tapasztalatok „helyes” értelmezésében a dolgokról alkotott elképzelés, hipotézis? Mikor mondjuk azt, hogy jó a tapasztalatok leírása? Ténylegesen mi is a szerepe a tapasztalatoknak a világ törvényeinek feltárásában? Mit jelent az, hogy egy elmélet helyes?

Amint az Koestler könyvében olvasható, Kopernikusz után egyre többen gondolkodtak a napközéppontú rendszerben, amit úgy is szoktak nevezni, hogy *kopernikuszi fordulat*. E kifejezést alkalmazzák sok olyan esetben is, amikor valamiről alapvetően megváltozik a gondolkodásmód. E folyamatot illetik a *paradigmaváltás* kifejezéssel is.

A paradigma kifejezést *Polányi Mihály* használta először, de világhírűvé *Thomas S. Kuhn* tette *A tudományos forradalmak szerkezete* című könyvében. Paradigmán „olyan, általánosan elismert tudományos eredményeket értek, melyek egy bizonyos időszakban a tudományos kutatók közössége számára problémáik és problémamegoldásaik modelljeként szolgálnak.” (Kuhn 1984).

Kuhn a tudománytörténet szempontjából vizsgálva a következőképpen jellemezte a paradigmaváltás folyamatát: „Amikor a tudománytörténész a jelenkori történetírás nézőpontjából tekinti át letűnt korok kutatási krónikáját, kísértésbe esik, hogy felkialtsa: *a paradigmák megváltozásával maga a világ is megváltozik*. Új paradigmákat követve, a tudósok új eszközöket alkalmaznak, és új területeket vesznek szemügyre. Még fontosabb, hogy *forradalmak idején a tudósok új és más dolgokat látnak meg, mint azelőtt, noha megszokott eszközeiket használják ismert területeken*. Mintha a szakmai közösség egyszer csak átkerült volna egy másik bolygóra, ahol az ismerős tárgyak más megvilágítást kapnak és ismeretlenekkel együtt jelennek meg.” (Kuhn 1984, 153. o.).

A leírtak fényében paradigmaváltás volt, amikor a Nap került a Föld helyett a Világmindenség középpontjába, illetve az is ide sorolható, amikor a mozgásról vagy az anyag szerkezetéről alkotott kép megváltozott (a folytonos anyagképet felváltotta a részecskéké). Nem látjuk a részecskéket, csak következtetünk rájuk közvetett bizonyítékok/tapasztalatok alapján. Bizonyos tapasztalatok annak föltételezésével írhatók le, hogy az anyag nem folytonos, hanem részecskékből áll (például a keveredés, az oldódás jelenségei). E folyamatok *nem* tekinthetők egyszerűen egy jól bevált paradigma bővülésének.

Összefoglalás

Az írásban bemutattam az emberiség Világegyetemről alkotott képének változását az ókortól Newtonig Koestler *Alvajárók* című könyve nyomán. Valójában nemcsak a fizika mint tudomány kialakulásába kaptunk betekintést, hanem a tudományos kutatási folyamatba is, az újszerű gondolatok megjelenésébe. Azt is láthattuk, hogy az utókor által tisztelt tudósok sem tették rögtön magukévá a napjainkban már a tankönyvek lapjain szereplő, megtanulandó fontos törvényeket, mivel nem érezték azok jelentőségét, vagy éppen egészen másként gondolkodtak. Más területen viszont korszakalkotó felfedezéseket tettek. Tehát a tudományról nem lehet úgy gondolkodni, mintha az kikövezett, egyenes út lenne az igazság megtalálása felé. *

Irodalom

- Galileo Galilei (1632/1983): *Párbeszéddek. A két legnagyobb világrendszerről, a ptolemaiosziról és a kopernikusziról*. Kriterion Könyvkiadó, Bukarest, Ford.: M. Zemplén Jolán
- Galileo Galilei (1638/1986): *Matematikai érvelések és bizonyítások két új tudományág, a mechanika és a mozgások köréből*. Európa Könyvkiadó, Budapest, Ford.: Dávid Gábor. Jegyzetek: Gazda István. Utószó: Vekerdi László
- Koestler, Arthur (1955/1996): *Alvajárók*. Európa Könyvkiadó, Budapest
- Kuhn, Thomas S. (1984): *A tudományos forradalmak szerkezete*. Gondolat, Budapest; Eredetileg: Kuhn, T. S. (1962) *The Structure of Scientific Revolution*. Princeton University Press, Princeton
- Simonyi Károly (1978): *A fizika kultúrtörténete*. Gondolat Kiadó, Budapest
- Radnóti Katalin (2002): A fizikatanítás tudományelméleti háttere. In: Radnóti – Nahalka (szerk.): *A fizikatanítás pedagógiája*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 109–128. o. <http://members.iif.hu/rad8012/>
- Vekerdi László (1997): *Így él Galilei*. Typotex Elektronikus Kiadó, Budapest
- History and Philosophy in Science Teaching: <http://hipswiki.wetpaint.com/page/5.2+Galileo+Galilei%3A+life++work++thinking>

KLIKKELJEN RÁ!

www.termeszetvilaga.hu

XXII. TERMÉSZET–TUDOMÁNY DIÁKPÁLYÁZAT



Megjelenik a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala támogatásával

Fazekasmesterség Gömörben

TURČANI ESZTER

Tornaljai Gimnázium, Szlovákia

Az agyagművesség termékeivel már az emberi kultúra legkezdetlegesebb fokán találkozunk. A fazekaskorong már az egyiptomi falfestményeken feltűnik, és Homérosz a körtáncot a fazekaskorong forgásával hasonlítja össze.

A természetes vagy mesterségesen kevert anyagból készült alapanyag, valamint a tartósság és a díszítés kedvéért alkalmazott máz minősége szerint a keramikai termékeknek több fajtáját különböztetjük meg:

1. A *mázatlan cserép* természetes agyagból készül, amely az égetés folyamán keménnyé és porózussá válik.

2. Az *ólmázás cserép* könnyen olvadó és áttetsző, színes vagy szintelen ólmázással borított edény.

3. Az *ónmázás fajansz* és *majolika* át nem tetsző fehér vagy színes mázzal borított cserép, festéssel is díszített, és igen magas hőfokon történik az égetése.

4. A *porcelán* kaolin és földpát keverékéből készül, alapanyaga fehér és igen kemény, festése máz alatti, ill. máz feletti (Kína, Japán).

5. A *keménycserép* mesterségesen kevert agyagból készül, szintelen, áttetsző máz borítja (Anglia).

6. A *kőcserép* anyaga igen keményre égetett agyagból készül, amelyet vékony sómáz borít (német).

A fazekasság kibontakozása a XIX. századra tehető. A manufaktúrák és városi céhes műhelyek mellett sok-sok településen dolgoztak *parasztfazekasok*.

Gömörben a fazekasfákvaknak két nagy tömbje figyelhető meg. Az egyik a Turóc és a Murány folyó völgyében található: *Gice, Lice, Mikolcsány, Naszraj, Süvete, Perlász, Deresk, Levárt, Szkáros, Visnyó*. A másik a történelmi kishonti részekben van a Szuha-patak mentén: *Nagyszuha, Pongyelok, Osgyán, Zaluzsány, Szusány*, valamint a Rima völgyében: *Szkálnok, Kecege, Rimaráhó, Törék, Felsőpokorágy, Tamásfalva*. A köztük levő részekben is mívjeltek, mégpedig *Pádárban, Papócson*

társaságokba kellett lépniük, ill. tömörülniük. A legismertebb a süveteiek esete, akik 1881-ben kezdték vezetni a jegyzőkönyveiket, s ebben utalnak arra, hogy a társaság már félszázada létezik. A legalapvetőbb ok, ami miatt társaságokba tömörültek, a máz alapanyagának a nagybani, azaz minél olcsóbb beszerzése. Süvetén a XIX. század végén 60–65 fazekas dolgozott.

Agyagásás

Az edénykészítésre alkalmas agyagrétegek – a fajtájuktól is függően – a határ más-más helyein, különböző mélységben helyezkedtek el. Süvetén többféle

agyatot bányásztak: ezek az ún. *plítka (sekély)*, ill. az égetés után nyert színéről elnevezett *zelená, meseškavá (zöld, meszes)*, valamint a vérpirosra égő *kabatér* agyagfajta.

Általában késő őszszel vagy télen ásták ki az agyagot. Eszköze az ún. *gyükerkapa*, ill. *motyika* volt. Először kör formájú, 70–80 cm átmérőjű gödröt ástak, aminek a neve *torok*, ill. *verem* volt. Mélysége elérte a 10–12 métert

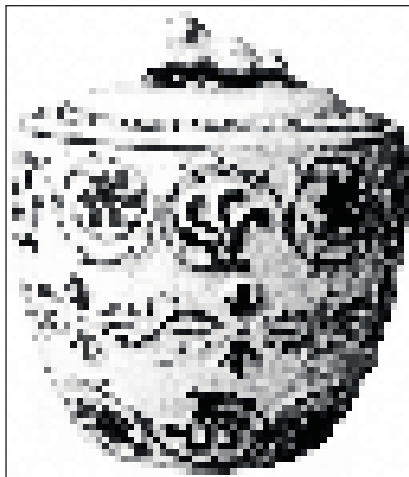
is. A verem oldalába lépcsőket vájtak, hogy a kötélbe kapaszkodva a ki- és bejárást megkönnyítsék. A szűk átmérő mellett azért döntöttek, hogy csökkentsék a beomlás veszélyét.



Mázatlan és ólmázás cserép

és *Balogon*. De dolgoztak fazekasok *Várgedén, Csomán, Síden, Gömörhorkán* és *Lekenyén* is.

A XIX. század derekán a fazekasoknak jogszabályi rendelkezés alapján céhekbe,



Kőcsérép

A kitermelt agyagot csiga segítségével juttatták a felszínre. Az *agyagér* vastagsága változó volt, fél métertől akár két méterig is terjedhetett. Ezt a vízszintes vájatot *padnalnak*, *tárónak* nevezték. A beomlás ellen ún. lábakkal támasztották alá, *kistompolták*. Az agyagot *laposkapa* segítségével helyezték az *agyagásó-kosárba*, s fönt csomókba rakták.

Az agyag előkészítése

Az agyagot elkerített, száraz, tiszta helyre rakták, az *agyaghelyre*, *agyagosba*, *kalitkába* (6–8 szekérenyi). Itt megszáritották, hogy elveszítse eredeti nedvességét, majd apróra vágva az *áztatóba* került. Ez egy kb. 1 m mély, tölgyfával bélelt gödör volt. A téli áztató vizont téglával volt kiágyazva.

Az agyag tömörítésének, tisztításának első fázisa a *verés*. Erre szolgált a kemény fából készült *fatőke*, *agyagverő-deszka*, *hlineci stólok* (Süvetén-agyagszék), esetleg fahamuval megszórt ponyva. Az *agyagverő bakó* könnyű és erős fából, nyírfából készült.

Ezt követte a kétszeri taposás, amely folyamatot „fazekastáncnak” is neveztek. Majd kiszedték az agyagot, kupacba rakták, aztán pedig *leszeldesték* házikenyér nagyságúra. Következett a gyúrás a *gyúrólócán*, majd rézdróttal karikára vágták. Ennek a munkafolyamatnak a végén félgömbölyű *agyagtészták* sorakoztak, várta a formálásra. A gyúrás (kaparás) során az agyag alá öntött vízből lett a *focsok*. Ezt külön edényben tartották.

A mijjelés

A mijjelés a korongolás hagyományos megnevezése Gömörben (a művelés nyelvjárási változata). A korongot (Süvetén: koruha), ill. annak felső lapját sokszor maga a fazekas készítette a helyi legke-

ményebb fafajtából, mégpedig a mocsári tölgyből.

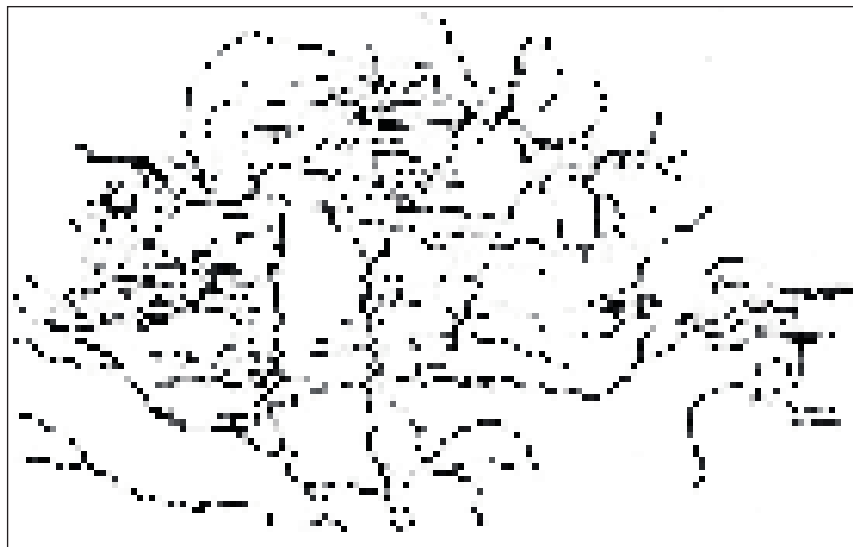
A XV. századtól a lábbal hajtott ún. *orsókorong* volt használatos. A fazekas a jobb lábával rúgta, a bal lábával húztavonta az alsó korongot, amiy egy összekötő rúd segítségével hajtotta meg a felső korongot. A koronghoz illesztettek még egy cöveken álló padot, a *koronglócát*.

A mester levágott egy darabot az előkészített agyagmasszából – ennek *rög*, *kocka* volt a neve. Nagyságát az határozta meg, hogy milyen edényt szándékozott készíteni. A tojás formájúra tapsikolt agyagcsomót a korong közepére csapta, s elkezdte annak *véknyítését*, felhúzását. Ez volt az utolsó alkalom, hogy a benne maradt szennyeződésekeltávolítsa.

Díszítés

A díszítés két összetevője a festés és a mázazás. A jól megsikkadt edény felületét általában a kívánt színű agyagiszappal (angób) vonták be. Ezt az eljárást *beeresztés* néven ismerték. Erre az alapszínre viték fel aztán a díszítőmintát, majd vonták be átlátszó ólommal. Előfordult, hogy természetes, világossárga színében hagyták az edényt (gyantáros színű). Az alapozó festék többnyire szárított agyagból készült.

A fehér agyagot Deresken bányászták (bécsi mész). A vörös színt a helyben kibányászott agyagból kapták, a barna színt pedig úgy, hogy vas-oxidot adagoltak a vöröshöz. A zöld színű festéket az-



Ahol egykor iparendélyvel és anélkül működő fazekasok dolgoztak

Lapos edények esetén *rövid csőre*, magasabb edények (fazék, tejeskőcsög) esetén *hosszú csőre* húzta az agyagot. A kész edényt levágta a korongról, és a *száritó pócra* helyezte szikkadni. Ezután kezdődhetett a *filezés*, természetesen csak füles edények esetében. A tartozékokat – fül, *csicsika* vagy *szopóka* – puhább, fockosabb agyagból készítették. (Nagy szégyen volt a mesterre, ha a fül levált az edényről!)

A díszítésre váró edényt tovább szárították, ennek gyorsítása érdekében finomra összetört békasó (=kvarckavics) porával megszórták. A gömri fazekasok által készített edények: *tányír*, *fazék*, *serpenyű*, *tepsi*, *korsó*, *butykos*, *kanta*, *rátó* (*tejfölt tartottak benne*).

A korsó összehúzott szájú, rostája, esetenként csece is van, benne pedig agyagolyó csörög, ami a vízkő leülepedését akadályozza. A butykos annyiban különbözik tőle, hogy nincs benne csörög.

által nyerték, hogy a fehér festékporthoz rézport kevertek. A kék színt kobalttal kevert üvegpórhozzáadásával (szmolka) ér-

Munka közben

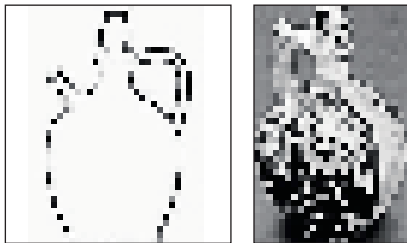


ték el. Maga a festék úgy készült, hogy a megszáritott agyagot a mázörllön, helyi néven *glétörllő kővön* porrá zúzták és vízben feloldották. A mellétei fazekasok a közeli Rákosról, a süveteiek Ispánmezőről szerezték be azt a kőnyersanyagot, amelyből vagy a molnárok, vagy a fazekas faragta ki az őrlőkövet. A festékport a molnároktól kölcsönkért pitlén vagy szítán szűrték át az edénybe. Festéket csak annyit készítettek, amennyit fel is használtak. Úgy tartották, hogy nem áll el, *megikrásodik*. A szájával lefelé fordított edényt – a fenékrész kivételével – a mester a festékes tál felett leöntötte. Ezután hagyták megszáradni, majd kezdődött a tulajdonképpeni díszítés (*írózás, írókázás, írzás*).

A motívumokat (vonalak, pontok) kétféleképpen vitték fel az edényre. Az egyik volt az agyagból erre a célra készített *cicka, kicka, gurgula* (inkább vonal kihúzására). A másik díszítőeszköz a *szarvacska, kürtöcske, rozsok*, ami egy ökörszarv volt, amelyiknek a vékonyabb végébe lúdtollat, nyúlászort tettek, s az így készült ecsettel díszítették.

Elsősorban a süvetei fazekasok kedvelték a papírsablon alkalmazását. Ez volt képpen negatív minta. Az alapozó festék felvitele előtt az edény felületét letakarták előre készített, kivágott mintákkal, olykor leszakított növényi lapuval. Ezek helyén megmaradt az agyag eredeti színe. A minta kimetszése Süvetén a különböző méretekben készített vaseszköz segítségével történt. Nagyon kedvelt volt Süvetén az ún. *spongya, moha* díszítés, amelyet festékbe mártogatott szivacs segítségével értek el.

Végül a domborműves díszítés kell még megemlíteni, melyet csak nagyobb



Butykos és korsó

főzfazekakon alkalmaztak (leggyakoribb a körbefutó abróncs). Ez a könnyebb fogást, hordozhatóságot volt hivatott biztosítani. Ugyanez mondható el a szurkált díszítésről is. Végül: a leggyakoribb díszítés a mázatlan edények nyakrészén alkalmazott *kígyóvonal, a zsinórozás*.

Égetés

Az edények kiégetésére szolgáló kemence Gömörben általánosan használatos neve a *bánya*. Az első égetést az ún. *alag-*

útkemencében, hosszúkemencében végezték közösen. Csupán a második égetésre használták a *boglya* vagy *katlankemencét* (bányicska, kiskemence). Ez veszélyes művelet volt, ezért az égetést a kertben, a házaktól távolabb végezték. Legrégiesebb formája a két sor vesszőből font, mintegy



Agyagásás

2 m magas kör alakú kerítés, ún. *lésza*, amelynek közét agyaggal verték be. Ez képezte a kemence testét. Máshol vályogból készítették a falat. A kemence alját kőből rakták ki (átmérője 1,5–2 m).

A kiégetésre szánt edényeket kézzel kicsépelte gabonaszalmára, zsúpra helyezték. A kemence megpakolása komoly hozzáértést igényelt. Gyakorta vették igénybe a sokat tapasztalt idősebb emberek segítségét, mivel a térnek gazdaságos kihasználása volt a cél. Általában alulra az ún. szálas edények kerültek (fazék, köcsög), felülre pedig a lapos edények (tányér, virágcserep, tál). A pakolás sorrendje azonban vidékenként változott.

A tűz számára több lyukat hagytak, középen *feneklyukat*, mellette oldalt egy-egy alsó lyukat. Feljebb, a kemence oldala mentén ugyancsak kialakítottak egy-egy melléklyukat. Az égetéshez leginkább gyertyán, tölgy és nyárfa volt alkalmas, de használtak bükköt, Süvetén még fenyőfát is. Az első égetés neve a *zsengélés, meffonnyasztás (foňastovali)* volt, ami mintegy 2–4 órán át tartott.

Mázazás

A mázazást a *zsengélés* után gyorsan el kellett végezni. Az alapanyagot, a *glétet* vagy *galétet*, azaz ólom-oxidot az alsó-magyarországi bányavárosokból szerezték be (Selmecebányáról többnyire). Úgynevezett *tonnácskákban* vagy *gléstonnában* tartot-

ták. A mázanyag kétharmad része ólom-oxid, egyharmada pedig közönséges *hőmpölykő*, azaz kvarc, Gömörben *békasókó*. Licén csak vízből szedték a kvarc-követ. Az első égetéskor fehérre égették, porrá őrlték, s így keverték meg a szintén összeőrölt ólom-oxidokkal. Az őrlés nehéz, fáradságos munka volt (18–20 órán át is forgatták a glétörllőt).

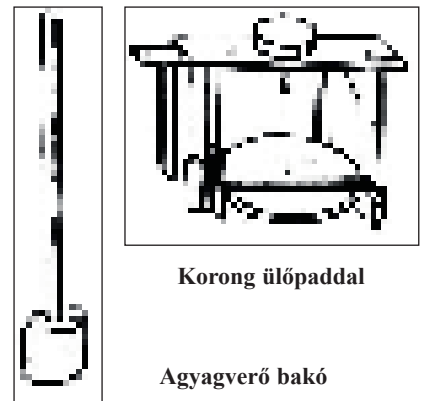
A *glétolás* során a mázport felhígították, s így öntötték rá az edény felületére. A második égetés neve *tisztálás* (ožehanie). Ezzel már nem kellett annyira sietni, a két égetés között akár egy év is eltelhetett. Ehhez az égetéshez száraz, hajalt fát használtak, mert annak könnyű volt a hamuja. (Előfordult, hogy némelyik edényt *elszitt* a tűz, *elkajlult*, ezeket nem vitték a vásárba, hanem krumpliórt, gyümölcsért elcserélték).

A kész termékeket már csak el kellett adni. A gömri fazekasoknak a legfontosabb felvevő piaca évszázadokon át az Alföld volt.

A süvetei fazekasmester

A nyári kézművestábor egyik szép programja az volt, hogy kirándulást tettünk Süvetére, ami régi fazekasmestereiről és körtemplomáról, rotundájáról híres.

Érdekes volt látni, hogy amit mi a táborban kicsiben, olykor ügyetlenül csinálunk,

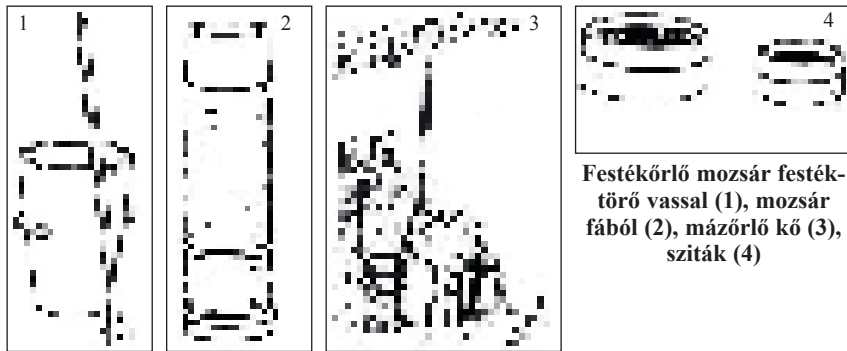


Korong ülőpaddal

Agyagverő bakó

azt Feri bácsi milyen hozzáértéssel, gyakorlott mozdulatokkal végzi. Ez adta az ötletet ahhoz, hogy alaposabban utánanézzek ennek a mesterségnek. Felkerestem, s nagyon nagy szeretettel számolt be munkájáról, s szívesen mesélt életéről is.

Feri bácsi egyszerű, közvetlen ember, aki valójában Rozsnyón született 1936. június 31-én. 1995-ig ott is élt feleségével, aki süvetei volt, majd 1995-ben költöztek a szülői házba. Süvetére való költözésük-



Festéklőrő mozsár festéktörő vassal (1), mozsár fából (2), mázórló kő (3), sziták (4)

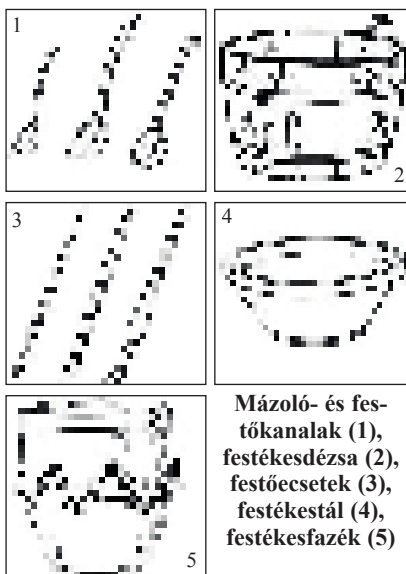
kor már csak két család foglalkozott fazekassággal. Eredeti foglalkozása villanszerelő volt, de nagyon sok minden érdekelte, többek között a barlangkutató is. Felesége nagypája volt fazekas, s nagyon sok mindent volt alkalma ellesni, megtanulni tőle. Kézügyessége már régebben megmutatkozott – első figyelemre méltó alkotása a krasznahorkai vár megformálása volt agyagból.

Elvitte Rozsnyón a bányászati múzeumba, ahol mindjárt ajánlatot kapott. Emléktárgyakat készített a környék turisztikai látványosságairól, mint a domicaei és a dobsinai barlang, a betléri kastély, a krasznahorkai vár.

Elárulta, hogy ötször annyit keresett az akkori megrendeléseivel, mint villanszerelőként. Ez utóbbi szakmájához is nagyon értett, mert gépeit, amelyek az agyagművességhez keltek, mind maga készítette. Igazi ezermester. Később, miután nyugdíjba vonult 1988-ban, több ideje juthatott az agyagművességre. Nagyon sok megrendelése volt, ma azonban már csak raktárra dolgozik, ami azt jelenti, hogy alkalmanként ad el, ha felkeresik. Elmondása szerint az eladáshoz, az áru értékesítéséhez nem ért.

Mesélt az agyagásásról, de arról is, hogy miért lehet a környéken annyi agyag, hogyha gyárat létesítenének, több száz évre is elég lenne az. Elmesélte, hogy az ásás a lefűrés és mintavétel után következik, majd egy földmunkagép segítségével

egyszerre nagyobb mennyiséget ásnak ki, hogy sokáig kitarsson. Az agyag előkészítése szintén saját készítésű gépek segítségével, saját kikísérletezett technológia útján történik. Húsörlőhöz hasonló ma-



Mázoló- és festőkanalak (1), festékesdézsza (2), festőecsetek (3), festékestál (4), festékesfazék (5)

sinája is van, és a szűrést követően még vákuumszivattyú segítségével is egészen sűrű, speciális anyagon átszűri a szemcsék eltávolítása érdekében (a vizet szivattyúzza ki belőle, amikor már olyan, mint a sűrű tejföl). A megmunkálásra előkészített lég-

telenített agyagot műanyag zacskókban, kisebb adagokban tárolja. Saját készítésű gipszformái vannak, azok segítségével készíti az edényeit, attól függően – nyomkodva, ill. öntve –, hogy milyen edényt készít. Az öntőtnél fontos, hogy a minta száraz legyen, mivel az leszívja a nedvességet az agyagból. Néha utána is kell önteni.

A formából kiszed-

ve aztán acélrótos szerkezet segítségével, amely a kívánt magasságra állítható, egyformára vágja pl. a kancsókat, majd retusálja, lekapargatja a fölösleget, előkészíti a festéshez. A szárításhoz is a maga találmányát használja. Speciális segédeszközeihez sorolandók: infúziós tű, orvosi fecskendő, a minta kaparásához való eszközök, a pettyekhez szivacsfejű botocskák.

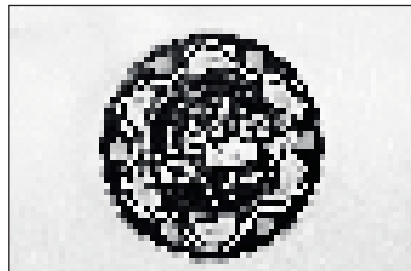
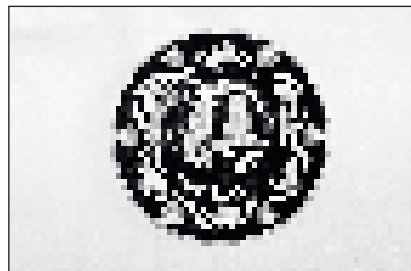
Szarka Ferenc bácsi 72 éves múlt, s szomorúan mondta el, hogy nincs a faluban sem, a családban sem, aki mesterségét továbbvinné. Raktárában pedig ott pihennek gondosan dobozokba csomagolva az érdeklődőkre, esetleg vásárlókra várva a szebbnél szebb agyagedények.

Köszönettel tartozom Szarka Ferencnek, hogy a munkámhoz szükséges adatokat rendelkezésemre bocsájította.

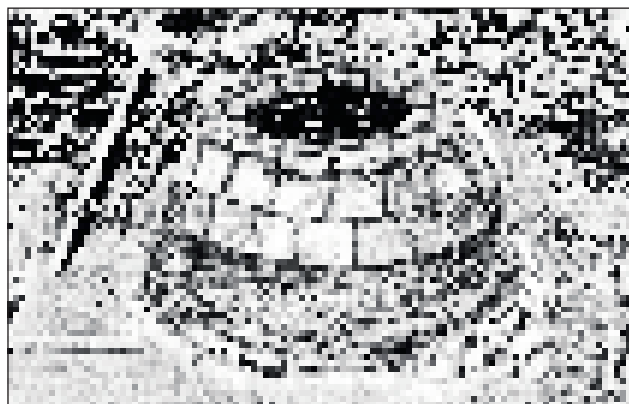
Az írás diákpályázatunk Simonyi Károly alapította Kultúra egysége kategóriába érkezett pályamű.

Irodalom

Baraci Kovács István: Agyagkenyér
Ortutay Gyula: Néprajz
www.fazekasmester.hu



Égetés



Egy fejlődő nagyközség levegőminőségének vizsgálata zuzmótérkép alapján

SZANYI KÁLMÁN

Nagydobronyi Középiskola

Napjainkra korunk egyik legnagyobb problémájává a levegőszennyezés vált, ami rendkívül káros a környezetünkre, az élőlényekre és nem utolsósorban az emberre. A globális klímaváltozással foglalkozó kutatók túlnyomó része azt állítja, hogy a légkörbe jutó antropogén eredetű üvegházhatású gázok gyors és drasztikus éghajlatváltozást idéznek majd elő, sőt ez a változás már el is kezdődött, és a XXI. században a pozitív visszacsatolási mechanizmusok következtében fel fog gyorsulni (Kerényi, 2006). A szennyezetszintnek különböző forrásai vannak, amelyek származhatnak a természetből, például vulkánkitöréskor, vagy az emberek környezetátalakító tevékenységének következményeként. A legjelentősebb forrás az ipar (termelés, feldolgozás, közlekedés), rengeteg szennyezőanyag kerül a levegőbe. Azt gondolnánk, hogy ezek a problémák javarészt a nagyobb városokat érintik, de sajnos mára a kisebb településeken is megfigyelhető a hatásuk. Nincs ez másként szülőfalum, Nagydobrony tekintetében sem. A község levegőminőségét eddig még semmilyen formában nem vizsgálták, kutatással ezen szeretnék változtatni.

Középiskolásként elég korlátozottak a lehetőségeim, így sem költséges, sem speciális anyagszükségletű vizsgálatokat nem végezhetek. Ezért döntöttem úgy, hogy elkészítem Nagydobrony zuzmótérképét, ami egyszerűsége ellenére a valósághoz nagyon közeli értékeket adhat a község levegőminőségéről.

A zuzmók olyan indikátorok, amelyek előfordulásukkal vagy hiányukkal jelzik meghatározott faktorok minőségének változását. (Dukay – Dukay, 2002). A zuzmók zöldalgák vagy cianobaktériumok és gombafonalak együttéléséből létrejött telepes növények. Ez az együttélés olyan sajátosságos, hogy a zuzmók mind külső megjelenésükben, mind belső felépítésükben és bizonyos mértékig működésükben is jelentősen eltérnek a többi növénycsoporttól. Életműködésüket a levegő páratartalmának mennyisége és időszakos változása jobban meghatározza, mint a csapadék (Verseghy, 2003). Valószínűleg ennek köszönhető, hogy rendkívül jó indikátor. A zuzmókat növekedési formájuk szerint három nagy csoportra osztják: kéregtelepű zuzmók, leveles zuzmók, bokros zuzmók (Verseghy, 2003).

A zuzmók egyes fajai különlegesen érzékenyek a légszennyeződésre, ezért a legalkalmasabb szervezetek annak vizsgálatára. Az egyik legveszélyesebb levegőszennyező anyag a kén-dioxid, ez a gáz felelős többek között a savas esők kialakulásáért, és mér-

medence területén helyezkedik el. Ungvártól 42 km-re délkeletre, míg Munkácsról 23 km-re található a Latorca és a Szernye-csatorna között. Domborzata alapján síksági területnek tekinthető, tengerszint fölötti 105 m-es átlagos magassággal. A táj talajai túlnyomó



Nagydobrony madártávlatból

gező az emberi szervezetre. E gáz jelenlétét a legkönnyebben a zuzmók jelenlétével vagy hiányával lehet kimutatni. Ugyanis minél nagyobb a kén-dioxid koncentrációja a levegőben, annál kevesebb zuzmó él a környéken. A zuzmók mellesleg ki tudják mutatni a levegő hidrogénfluorid-tartalmát is.

Vizsgálataim során az alábbi célok megvalósítására törekedtem:

- zuzmófajok felmérése és zuzmótérkép készítése;
- zuzmótérkép alapján a különböző szennyezettségű zónák elhatárolása;
- az elkülönített zónák kialakulási okainak feltárása.

Anyag és módszer.

A vizsgálati terület jellemzése

Nagydobrony a Beregi-sík kárpátaljai részén fekvő, közel 6000-es lélekszámú település. Ukrajna nyugati csücskén, a Csap–Munkács-

részben fiatal folyami öntéseken létrejött, kevéssé kialakult képződmények. Az összes talaj közös jellege, amely a víz uralmát mutatja, az ingadozó talajvízszint nyomán kialakuló glej (Gönczy és mtsai, 2005). A környező területeken számos eltérő növénytakarás-típus található, amelyek ma még sok szempontból érintetlen, természeti értékekben gazdag élőhelyek (Szanyi, 2011).

Nagydobrony a valaha volt Szernye-láp peremterületén helyezkedik el. Már 1771-ben megkísérelték lecsapolását a mezőgazdasági hasznosítás érdekében. De a láp lecsapolása csak jóval később valósult meg, ezután a láp talaja kezdett kiszáradni. Ennek eredményeként sajnos már csak néhány hektáros területen figyelhető meg a lápra jellemző kotus fekete föld (Szanyi, 2011). A falu és a környező területek szinte teljesen körbe vannak véve mesterségesen kialakított csatornákkal, amelyek egyes részei időszakosan kiszáradnak. A területet továbbá kisebb-nagyobb tölcsérek, pocsoltyák tarkítják (Szanyi, 2011).

0-10%	11-20%	21-30%	31-40%	41-50%	51-60%	61-70%	71-80%	81-90%	91-100%
1 pont	2 pont	3 pont	4 pont	5 pont	6 pont	7 pont	8 pont	9 pont	10 pont

1. táblázat. A borítottság pontszámának meghatározása

Mivel Nagydobrony környéke a Beregi-síkhöz tartozik, így a község és az azt körülvevő területek éghajlata nem tér el a Beregi-sík éghajlatától. A Beregi-sík az Alföld leghűvösebb, legcsapadékosabb része, és egyben egyike a leginkább kontinentális éghajlatú területeknek is (Simon, 1953). Az évi átlaghőmérséklet az Alföldön itt a leghűvösebb: 1941–1970 között átlagban 8,9 °C. A januári átlaghőmérséklet mindössze -3,2 °C, a júliusi átlag pedig 20,1°C volt ugyanabban az időszakban. A hőmérséklet átlagos évi ingása 23–24 °C között van. Az első őszi fagy átlagosan október 10–15. között köszönt be, míg az utolsó tavaszi fagy április 25-e táján jelentkezik. A csapadékmennyiség évi átlaga 609 mm, a tenyészidőszak csapadékmennyisége 389 mm. A legcsapadékosabb hónap a június (átlag 74 mm), de november folyamán jelentkezik egy kisebb másodmaximum is. Az utóbbi években történő klímaváltozás hatására viszont ezek az értékek megváltoztak. Mindezek alapján a Beregi-sík, így Nagydobrony és környéke is, a Köppen-féle klímarendszer szerint már a D-klímaövbé tartozik; a Walter-diagramok pedig azt mutatják, hogy éghajlata jellegzetesen kontinentális erdőklíma, csekély mértékű szubmediterrán hatással (Szanyi, 2011).

Szennyező források

Közlekedés: Nagydobrony keresztülzeli a Csap városát Munkáccsal összekötő forgalmas autót. Egész évben nagyon intenzív forgalom zajlik rajta, továbbá az agrártevékenység folytatásának hozományaként kora tavasztól késő őszi mezőgazdasági munkagépek haladnak át rajta. A községet több irányban is kisebb autótutak szelik át, amelyen szintén állandó a forgalom.

Ipari tevékenység: A község fejlődését szolgáló fejlesztések következtében telepített fűméggyár és az újra üzembe helyezett téglagyár működése során az alsó légrétegbe jutó szennyezőanyagok egyre károsabb hatást gyakorolnak.

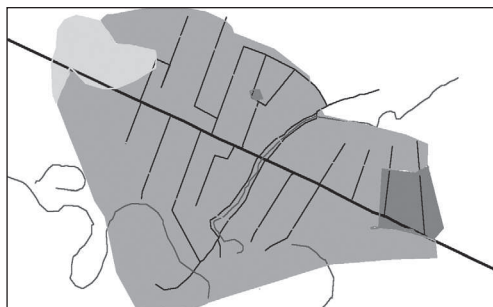
Mezőgazdaság: Nagydobronyban mindig is agrártevékenységgel foglalkoztak, ami a környező területek rendkívül jó minőségű termőtalajának köszönhető. De az utóbbi években a túlzott műtrágyázás, a monokultúras növények termesztése, a permetezőszerek nagy mennyiségű használata és a nehézgépek számának növekedése nagy megterhelést jelent a környezet számára.

Kommunális szennyvíz: A település nincs közművesítve, tehát a szennyvíz elvezetésének problémáját minden család maga oldja meg.

Zuzmók gyűjtése, preparálása, meghatározása

A legkönnyebben a talajon élő zuzmók gyűjthetők, hiszen ott csak le kell emelni a talajfelszínről. A kőzetten, illetve fakérgen élő zuzmókat éles késsel választjuk le az aljatról. Az azonos mintavételi területről származó anyagot egy borítékba kell helyezni, a törékenyebb fajokat külön-külön kis dobozokban rakjuk el. Minden borítékban el kell helyezni a pontos lelőhelyi adatokat.

Preparálni csak a bokros és leveles zuzmókat szokás. A preparált és nem preparált fajokat tárolókapuszulába helyezzük.



Nagydobrony zuzmótérképe

A zuzmókat még külső morfológiai bélyegeik alapján is nehéz felismerni szabad szemmel. A leveles és bokros zuzmók meghatározásához elegendő egy sztereomikroszkóp (Sebők, 2009).

Levegőminőség-vizsgálat zuzmók segítségével

A terepi munka első lépéseként ki kell választani azokat a fákat, amelyek:

- egy fajhoz tartoznak,
- hasonló korúak,
- egyenes törzsűek,
- tíz méteres környezetükben nincs zavaró tereptárgy,
- kérgük egészséges,
- nem parkban állnak.

0	Zuzmósvatag
1-35	Belső küzdelmi zóna
36-55	Középső küzdelmi zóna
56-79	Külső küzdelmi zóna
80-	Normál zóna

2. táblázat. A különböző zónákhoz tartozó LMI-értékek

Az említett tényezők hatással vannak az eredményekre. A kiválasztott fákat 50 cm-től 200 cm-ig terjedő magasságban vizsgáljuk, ez a sáv jelenti ugyanis az emberek életterét is. Az ez alatt található zónában nem a levegő szennyezettsége a zuzmók előfordulásának meghatározó tényezője, hanem a nitrogénben dús környezet, amelyet pl. a Lecanora-fajok kifejezetten kedvelnek. A 200 cm fölötti zónában a fák már általában elágaznak, ezért nem felelnek meg a vizsgálat számára. A mintavételezéshez az akác vagy a nyárfa a legcélszerűbb, egyszerű felismerhetőségüknek és gyakoriságuknak köszönhetően, de bármely más savas kérgű fafaj is használható. Az egyes telepeket a következő megfigyelési szempontok alapján vizsgáljuk, és az eredményeket adatlapon rögzíthetjük: a minta sorszáma; a vizsgálati hely pontos meghatározása; fafaj; telep mérete; típusa; színe; alakja; egyéb megfigyelések; zuzmófaj, -nemzettség (Dukay – Dukay, 2002).

A megadott kritériumok alapján vizsgált zuzmótelepeket Levegőminőség Index (LMI) mérőszámmal jelöljük. Az index kiszámításánál az egyes zuzmófajok kén-dioxidra való érzékenységét és a mintavételi helyek zuzmóval való borítottságát vesszük alapul:

$$LMI = Z_{\Sigma} \cdot B,$$

ahol Z_{Σ} az adott fán található zuzmótaxonok (faj, nemzettség) Z-értékeinek összege. Minden zuzmótaxonnak saját Z értéket adunk 1-től 10-ig, érzékenysége alapján.

B a fa teljes borítottsága, százalékos értékek alapján 1-től 10-ig pontozva (Dukay – Dukay, 2002).

A borítottság meghatározása

A vizsgálandó fákat 50-től 200 cm-ig vizsgáltuk, valamint 50, 125 és 200 cm-nél megmértük a fa kerületét. Az értékeket felhasználva kiszámoltuk az 50-től 200 cm-ig terjedő farészlet felszínét, ez az érték lesz a borítottság 100%-ának megfelelő terület, a későbbiekben majd ehhez viszonyítjuk a zuzmótelepek által elfoglalt területet. A borítottság könnyebb leméréséhez úgynevezett standardokat készítettünk. Ezek papírlapból készülnek, mert fontos, hogy követni tudják a fa egyenetlenségeit. Célszerű több standardot készíteni, mi az 1 cm², a 25 cm², az 50 cm² területűeket használtuk (Dukay - Dukay, 2002) (1. táblázat).

A zuzmók jelenlétén/hiányán alapuló levegőminőségi osztályokat öt különböző zónára oszthatjuk az LMI értékek alapján (2. táblázat).

A munka menete

Kiválasztjuk a megvizsgálandó területet, és meghatározzuk, hogy a környéken van-e szennyező forrás.

	Faj neve	Gyakoriság (Z)- érték
1.	Hypogymniaphysodes	3
2.	Lecanora umbrina	1
3.	Parmelia sulcata	6
4.	Phaeophysciaorbicularis	8
5.	Physcia adscendens	4
6.	Physconiapulverulenta	2
7.	Xanthoria fallax	6
8.	Xanthoria parietina	5

3. táblázat

Választunk egy jó levegőminőségű területet referenciának.

A kiválasztott területen megkeressük a megfelelő fákat. (A nyárfá és az akác a leginkább megfelelő.)

A kiválasztott fákat megjelöljük a térképen.

Megkeressük, és meghatározzuk a fán a zuzmókat.

Meghatározzuk a borítási százalékot.

Kiszámoljuk a Levegőminőség Index értéket.

Elkészítjük a térképet.

Eredmények

A Nagydobrony környékén regisztrált zuzmófajok jegyzéke:

Hypogymnia physodes – leveles zuzmó, a telep fonákja csupas, ráncos, kékesszürke (Dukay – Dukay, 2002). Főként lomblevelű fák törzsén található, a légszennyezettséggel szemben ellenálló. (Verseghy, 1994).

Lecanora umbrina – a lomblevelűek poros kérgén száraz, félsárnyékos helyen található, meglehetősen toxitoleráns (Dukay – Dukay, 2002). Élő és elhalt fák kérgén is, napos termőhelyen, az egész Alföldön gyakori (Verseghy, 1994).

Parmelia sulcata – leveles zuzmó, kékes vagy hamvas sötétzöld színű, változatos telepű. (Dukay – Dukay, 2002). Lakott területen is előforduló, a lombos fák kérgén előforduló, széles ökológiai tűrőképességű faj. Az egész Alföldön elterjedt (Verseghy, 1994).

Phaeophyscia orbicularis – leveles zuzmó, amelynek telepe kerekded (Dukay –

Dukay, 2002). Lakott területen, lomblevelű fák törzsén található. Nagyon gyakori az Alföldön (Verseghy, 1994).

Physcia adscendens – leveles zuzmó, a telep karéjai kevésbé elágazóak (Dukay – Dukay, 2002). Lakott környezetben, lomblevelű fákon, kerítésen fordul elő. A légszennyezettséggel szemben ellenálló, az Alföldön nagyon elterjedt (Verseghy, 1994).

Physconia pulverulenta – szabadon álló, repedezett kérgű fákon fordul elő, az Alföldön gyakori (Verseghy, 1994).

Xanthoria fallax – leveles zuzmó, a telep az aljzaton, lazán fekszik, szegélye citromsárga (Dukay – Dukay, 2002). Lomblevelű fákon, napfényes helyeken, főleg szubmontán régióban fordul elő (Verseghy, 1994).

Xanthoria parietina – leveles zuzmó, a nagy levelű telep leginkább sárga színű. Elégé toxitoleráns faj (Dukay – Dukay, 2002). Emberi környezetben, fakérgen, fényben gazdag, száraz termőhelyen fordul elő. Az Alföldön gyakori, a légszennyezetést jól tűri (Verseghy, 1994) (3. táblázat).

Nagydobrony környékén 40 fát vizsgáltam meg, amelyek alapján a meghatározott zónák az alábbiak szerint alakultak (4. táblázat).

A táblázatból rögtön kitűnik, hogy a legnagyobb részt a belső küzdelmi zóna teszi ki, míg a külső küzdelmi zóna értékei csekély méretűek. Nagyon furcsa az a tény, hogy a középső küzdelmi és normál zónát nem képviseli érték az általunk vizsgált minták egyikében sem.

	db	%	szín
Összes	40	100	
Normál	-	-	sötétzöld
Külső küzdelmi	5	12,5	világoszöld
Középsőküzdelmi	-	-	citromsárga
Belső küzdelmi	27	67,5	narancssárga
Zuzmósivatag	8	20	piros

4. táblázat

A térképen a piros szín a zuzmósivatagot, a narancssárga a belső küzdelmi zónát, a világoszöld pedig a külső küzdelmi zónát jelenti. A kapott eredmények azt mutatják, hogy a falu szinte teljes egészében a szennyezett zónák valamelyikéhez tartozik. Ennek oka valószínűleg a már említett – a község területén található – szennyező források. Tovább növeli a szennyezettséget a fosszilis tüzelőanyagokkal való fűtés is. Elszomorító tény, hogy a vizsgálat során kapott eredmények alapján a középső küzdelmi zóna és a normál zóna teljesen

hiányzik, ami a levegőszennyezettség súlyosságára és a levegő magas kén-dioxid-tartalmára enged következtetni.

Összegzés

A község környékének zuzmóflóra-felmérését követően megkaptuk a különböző szennyezettségi zónák elhelyezkedését. A kapott eredmények alapján három zónát különíthetünk el: zuzmósivatag, belső küzdelmi zóna és külső küzdelmi zóna. Szinte az egész település a belső küzdelmi zónába esik, ami a levegőminőség szempontjából viszonylag kedvezőtlen, de nem rossz. Ezen zóna kialakulásáért valószínűleg a közlekedés és a hagyományos tüzelés a felelős. Meglepő, hogy a falu Munkács felé eső végén van a zuzmósivatag, pedig a községi iparhoz tartozó üzemek és gyárak a falu Beregszász és Ungvár felőli végén találhatóak. Éppen ezek miatt érdekes az a tény is, hogy az ungvári részen található a külső küzdelmi zóna, ami a levegőminőség viszonylag kedvező állapotára utal, annak ellenére, hogy a közvetlen közelében található a fűtőgyár. Mivel bizonyos kérdések még megválaszolásra várnak, a terület további kutatását javaslom.

Az írás szerzője diákpályázatunk Önálló kutatások, elméleti összefoglalók kategóriájában III. díjat nyert.

Irodalom

- Dukay K. – Dukay I. (2002): Levegőminőség vizsgálat zuzmótérkép alapján. Göncöl Alapítvány, Vác.
- Gönczy S. – Orbán K. – Molnár J. (2005): Vizadó szintek földtani környezete és veszélyeztetettségi állapotfelmérése Beregszász környékén. A fenntartható vízgazdálkodás eszköztárának bővítése Mátészalka – Beregszász térségében. Lícium Art Kft. Debrecen
- Kerényi A. (2006): Általános környezetvédelem. Globális gondok, lehetséges megoldások. Mozaik Kiadó, Szeged
- Sebők T. (2009): Levegőminőség összehasonlítás zuzmótérkép alapján (Nagyhegyes és Tokaj településein); Diplomadolgozat, Debrecen
- Simon T. (1953): *Az Északi-Alföld erdői*. Akadémiai Kiadó, Budapest
- Szanyi Sz. (2011): A volt Szernye-láp környékének nagylepke-együttese és faunaösszetétele; Diplomadolgozat, Debrecen
- Verseghy K. (1994): Magyarország zuzmóflórájának kézikönyve. Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest
- Verseghy K. (2003): Baktérium-, alga-, gomba-, zuzmó- és mohahatározó. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest – Zuzmók pp. 613-714. (Szerk.: Simon T.)

Nanoméretű kihívások?

BEREKMÉRI EVELIN-SZILÁGYI RÉKA

Bolyai Farkas Elméleti Líceum, Marosvásárhely, Románia

Gondoltuk volna húsz évvel ezelőtt, hogy mára ilyen könnyen elérhetővé válik a nanotechnológia, és akár a háztartásunkban is megtalálhatóak lesznek a termékei? Alaposabban körülnézve közvetlen környezetünkben, naponta találkozhatunk ennek a merőben új tudományágnak a vívmányaival. Kutatók ezrei foglalkoznak ve-

solhatnak. Ettől a tudományágtól várják a gazdasági válság megoldását és a rák hatékonyabb gyógyítását. Amerikai tudósok szén-nanocsövek használatával megoldották a napenergia szinte korlátlan ideig való tárolását, a jelenlegi akkumulátorok kapacitását százszor felülmúlva. Egy kutatócsoport egy olyan cink-

szövet is képes lesz az energia tárolására. Tajvani kutatók arany nanorészecskékkal oltott fákkal kísérleteznek, amelyek az elmélet szerint vöröses fényvel világítanak, csökkentve az igényt az utcai lámpákra. Ez egyszerre csökkentené energiafüggőségünket, a fényszennyezést és még több szén-dioxidot köt meg a levegőből. Bár ez nagyon népszerű kutatási témának számít, a világító fákra még várunk kell.

Nanorészecskéket alkalmaznak az újonnan nagy népszerűségnek örvendő öntisztuló felületek létrehozásánál is. Az egyik ilyen módszer lényege, hogy a felületek a természetet imitáló lótusz-effektusnak köszönhetően víztaszítóvá válnak, így tisztításuk is sokkal egyszerűbb, ami víz- és energiatakarékosághoz vezet. A jelenség nevét a lótusz növényről kapta, amely képes megőrizni tisztaságát még a legpiszkosabb környezetben is, leveleit és virágát víz és egyéb folyadékok nem nedvesítik, hanem egy olyan csepp képződik rajtuk, ami nem tapad meg, leperreg, és a felületen található porszennyeződést is eltávolítja (3. ábra). A lótusz-effektus felfedezője a Bonni Egyetem kutatója, Wilhelm Barthlott, aki rájött arra, hogy a lótusz növény levelének olyan a mikroszerkezete,

A látótérben az elpusztult sejtek és az összes sejt aránya százalékban kifejezve

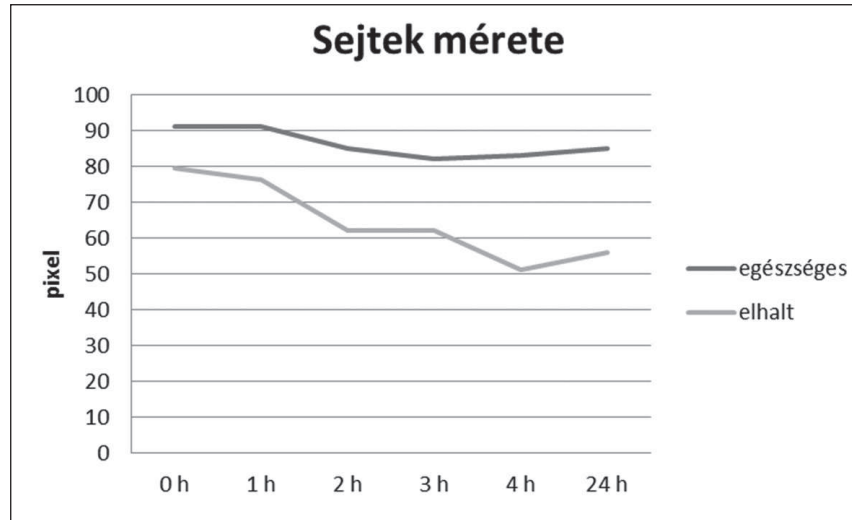


1. diagram

le, innovációk százait ígérve. Ehhez képest azonban kevés biztos adattal rendelkezünk a nanorészecskék veszélyeiről, körülveszük magunkat velük anélkül, hogy tudnánk milyen hatással lehetnek környezetünkre vagy saját szervezetünkre. Ez indította el önálló kutatásunkat, amelyben az élesztőgombák életképességét vizsgáltuk egy nanoszeres környezetben, és amely meglepő eredményekhez vezetett.

Mielőtt a témába részletesebben is elmélyednénk, ejtsünk néhány szót a *nanotechnológia* fogalmáról. Ez a meglehetősen új tudományág magában foglalja az atomi, molekuláris, és makromolekuláris objektumok kutatását és fejlesztését. Egy nanométer a nemzetközi mértérendszerben (SI) 10^{-9} méter (1. ábra). Az ilyen kicsi méretek világában azonban az anyagok viselkedése megváltozik, tehát furcsa, újszerű tulajdonságokra tesznek szert, amelyeket bár meglévő ismereteink alapján ritkán láthatunk előre, számos új lehetőséget ígérnek.

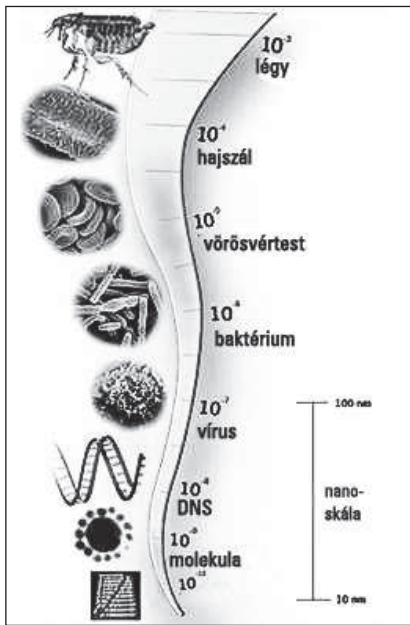
A nanotechnológia segítségével már tudunk vizet tisztítani, felületeket kezelni, anyagokat felépíteni atomokból, és még



2. diagram

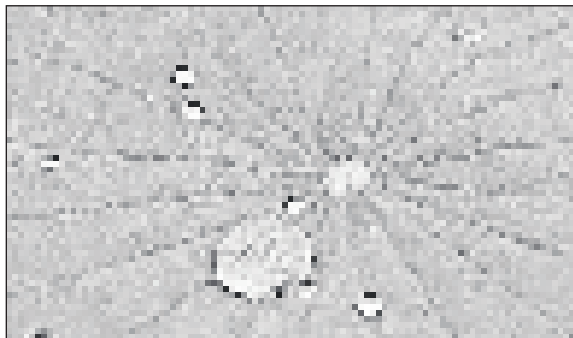
oxidos nanoszál generátort hozott létre, amely hajlításra, nyomásra képes áramot termelni, körülbelül annyit, mint egy átlagos ceruzaelem (2. ábra). Ezt továbbfejlesztve, a jövőben egy darab papír vagy

amely víztaszítóvá, azaz szuperhidrofóbbá teszi a felületet. Ez a különleges struktúra a növényi részekben lévő mikroszkopikus méretű (5–10 mikrométer) kiemelkedések szabályos mintázata, amely lehetővé

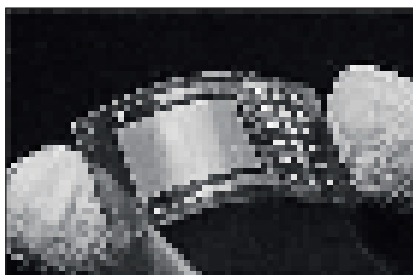


1. ábra. A nanométer szemléltetése
(Forrás: www.discovernano.northwestern.edu)

teszi, hogy a por és egyéb anyagok megakadnak és nem érnek a felülethez (4. ábra). A jelenség felfedezése óta eljárásokat próbálnak kidolgozni a természetet utánzó, nanoméretű kiemelkedésekkel mintázott felület előállítására. Ilyen például a „folyékony üveg” technológia, amelyet akár otthon is kipróbálhatunk textilfelületeken, az erre kifejlesztett, üzletben megvásárolható permet-szóróval. Alapanyaga töb-



3. ábra. A lótuszvirág különleges viselkedése
(Forrás: www.loupiote.com)



2. ábra. Cink-oxidos nanoszálak generátor
(Forrás: www.zoldtechnologia.hu)

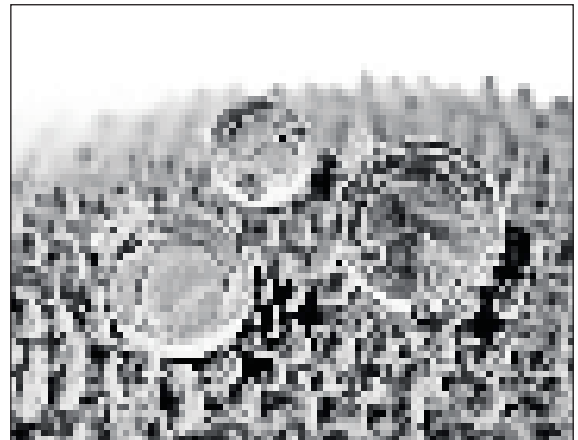
bek között a szilícium-dioxid, az egyszerű homok összetevője, amely egy hármas (nanoméretű) réteget képez a felületen.

Az alkalmazási területe szinte végtelen: autóüvegre, autólakkra, felnire, ablaküvegre, műanyagra, ruházati cikkekre, fa-, kő-, padlófelületre, graffiti eltávolítására, képernyőre, fegyverre, párávédelemre használható.

Ezek az új anyagok azonban akarva-akaratlanul bekerülhetnek környezetünkbe, a felületek kopásával, az anyag előállításával. Emellett más, nem kívánatos melléktermékként keletkezett ultrafinom részecskék is lassan kikerülnek a természetbe: a vizekbe és a légkörbe. Ezek jöhetnek álló forrásokból (kazánok, kohók, főzés, cigaretta stb.) vagy akár ásványi fűtőanyagokkal üzemeltetett járművektől, keletkezhetnek ipari folyamatok (kohászat, nagy energiájú mechanikai folyamatok) melléktermékeként vagy légköri átalakulások során.

A nanorészecskék a környezet és az emberi egészség számára akkor a legveszélyesebbek, ha a levegőben vannak jelen. A tüdő szövete nem olyan ellenálló a környezeti behatásokkal szemben, mint a bőr vagy a bélrendszer, így ezek az ultrafinom részecskék ott tehetik a legnagyobb kárt. Kis mé-

Initiative) internetes oldalán olvashatjuk, hogy az intézmény 2005 és 2013 között 650 millió USD-t szándékozik a környezeti, egészségi és biztonsági problémák vizsgálatára fordítani.



4. ábra. Különleges mikroszerkezet
(Forrás: wikipedia.org)

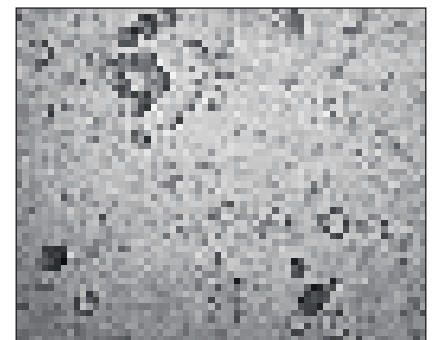
A már említett folyékony üveges termékekre visszatérve, internetes cikkekben állítják róla, hogy „visszaforgatásakor sem távozik semmilyen negatív anyag a földre”, és akár „vissza is kerülhet a természetbe, mindenféle negatív hatás nélkül” [6,7]. Erről mi a saját szemünkkel akartunk meggyőződni, így kísérleteink alanyául egy ilyen terméket használtunk („Nano technologie”, textilfelületre).

A nanoszer mikrokozmoszra való hatásának vizsgálatára az élesztőgombákat (*Saccharomyces cerevisiae*) választottuk ki. Az élesztősejtek az állati sejtekhez hasonlóan eukarióta sejtek, de a növényi sejtekre jellemzően sejtfaluk van. Az élesztő tulajdonképpen gomba, amely egyben egy könnyen hozzáférhető kísérleti alany is.

Az adatok elkészítésekor 100 ml víz-

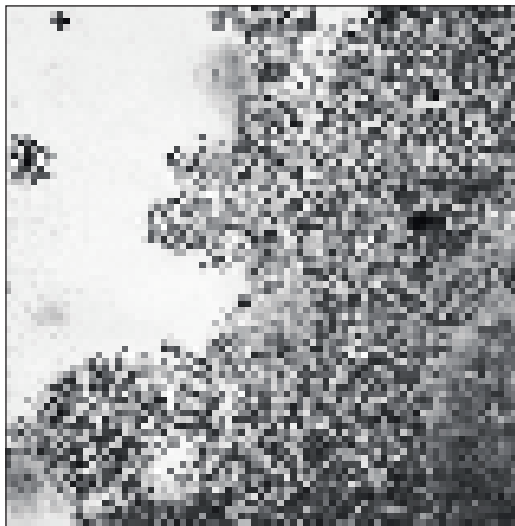
retüknek és nagy diffúziós képességüknek köszönhetően a nanorészecskék lerakódhatnak a légzőszervek minden részébe, ahonnan a szövetközi részekeken keresztül behatolhatnak az ér- és nyirokrendszerbe, majd más szervekbe, gyulladási reakciót váltva ki. A részecskék azon fizikai-kémiai tulajdonságairól, amelyek a káros hatásért felelősek, azonban csak feltevéseink vannak. Az ultrafinom részecskék mérete, lerakódási és tisztulási sebessége, a felület nagysága mind befolyásoló tényezők.

Környezeti hatásokról szintén keveset tudunk, így kibocsátása ismeretlen következményekkel járhat. A nanorészecskék környezeti hatásainak vizsgálatára kevés pénzt és figyelmet fordítanak: 2003-ban az Egyesült Államokban a nanotechnológiába befektetett 700 millió USD-ből csupán 200 000 USD-t költöttek erre a célra. A Nemzeti Nanotechnológiai Kezdeményezés (National Nanotechnology

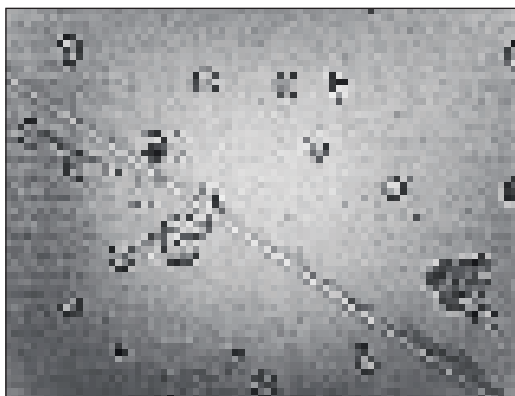


5. ábra. Élő és halott sejtek közti különbség: az elpusztult sejt nem képes kilökni magából a metilénkéket

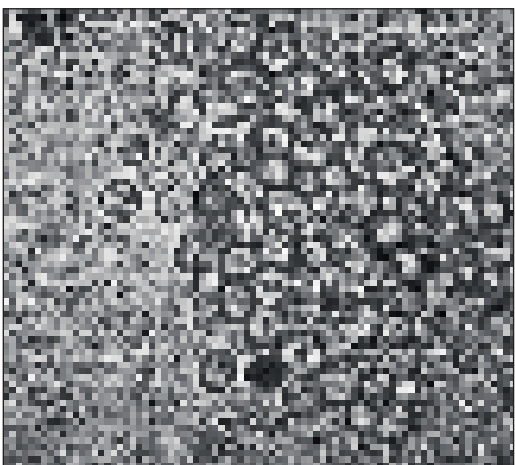
hez keverünk 0,2 g élesztőgombát. Az egyik oldatba nanoszeret csöpögtetünk, a másikat kontrollként használjuk. Óránként készítünk mintákat, amelyhez 0,1%-os



6. ábra. Sejtek aggregálódása a nanoszer hatására 200-szoros nagyításban



7. ábra. A kontrolloldatban nem aggregálódnak a sejtek



8. ábra. A vízvesztés következtében a sejtek szögletesebbek lesznek

metilinkéket adagolunk, és 5 percet várunk a sejtek elhelyezkedésére és a metilinkék hatására.

elhalt sejtek vizet veszítenek, és ezzel jelentősen csökken átmérőjük (akár 30 pixellel).

Ha a sejt felveszi a metilinkéket, azaz megszíneződik, azt jelenti, hogy már nem képes magából kilökní a festékanyagot, így halottnak tekinthető. Ily módon különböztetjük meg az élénk, sötét-kék halott sejtet a fehér vagy a (metilinkékes oldat miatt) világoskék élő sejtől (5. ábra).

A metilinkék is pusztíthatja a sejteket: megakadályozza a légzési folyamatot, aminek következtében a sejt nem tud több energiát termelni, így elhal. Éppen ezért a kontrolloldatot, amelyben a sejt elhalás csak a metilinkék következtében történhet, összehasonlítjuk a nanoszeres oldattal, amelyben az elpusztult sejtek többletét a szer okozza.

A kísérlet következő lépéseként óránként vizsgáljuk a látótérben a halott sejtek számát és az összes sejt számát, és ezt százalékban fejezzük ki.

Optikai mikroszkóp segítségével megvizsgáljuk a sejtek méreteit és képeket készítünk róluk. Akár szabad szemmel is észrevehető, hogy a sejtek aggregálódnak, azaz összetömörülnek a szer hatására (6-7. ábra). Ezért bizonyul ésszerű döntésnek, hogy az élő és az elpusztult sejtek arányát vizsgáljuk, illetve, hogy több helyről is mintát vegyünk. A minták elkészítése után a munkamódszer szerint 5 percet várunk a sejtek elhelyezkedésére.

Az 1. diagramról egyértelműen leolvasható, hogy a nanoszer hatására a sejtek akár 40%-a is elpusztulhat. A 24 óra utáni csökkenés vagy azzal magyarázható, hogy az élesztősejtek vízvesztés után „újjaéledhetnek”, azaz visszaszívhatják magukba a vizet vagy az aggregálásnak köszönhetően egyenlőtlenül oszlanak el.

A 2. diagram a sejtek méretének csökkenését mutatja be. Az idő elteltével láthatóan az egészséges sejtek mérete egyenletesen, maximum 10 pixellel csökken (a kamera 800-szoros nagyítása esetén 10 pixelben érzékelhető). Ezzel ellentétben a nanoszer miatt

Észrevehető, hogy a kritikus időintervallum 3 és 4 óra között van: a halott sejtek száma ekkor a legnagyobb az élő sejtek számához képest, ugyanakkor a méretbeli különbség is ekkor a legjelentősebb. Érdekesképpen megfigyeltük, hogy a sejtek a vízvesztés következtében szögletesebb alakot vesznek fel (8. ábra). Leginkább ez is a 3 órás oldatnál volt jellemző.

Következtetésképpen levonhatjuk, hogy az innovációkkal berobbanó új tudományág tartogat meglepetéseket: a nanorészecskéknek immár bizonyítottan negatív hatásuk van a mikrobiológiai környezetre. A nanorészecskék elvonják a sejtektől a vizet, ez méretbeli, formai és vitális változásokat okoz: a sejtek összezsugorodnak, szögletesebbek lesznek, aggregálódnak, illetve jelentős mértékben elpusztulnak. Kutatásunk legyen felkiáltójel egy tudatosabb bánásmóddhoz az ismeretlen szerekkel és a környezettel szemben.

Az írás diákpályázatunk Önálló kutatások, elméleti összefoglalók kategóriájába érkezett pályamű.

Irodalom:

1. „Nanoforradalom: a természet ajándéka, avagy biliárd az atomokkal és a DNS-sel”, Dr. Bíró László, 2000.03.11.
2. „Így ihatnánk meg a tengervizet”, Pesty Gábor, 2011.06.08.
3. Schultz György: „A nanorészecskék és a környezet”
4. Dr. Pándics Tamás: „A nanorészecskék környezetegészségügyi hatásainak elemzése”, Egészségtudomány, LII. évfolyam, Budapest, 2008, 3. szám
5. Európai Bizottság: „Nanotechnológia – Innováció a holnap világa számára” http://europa.eu.int/comm/research/rtdinfo/index_en.html
6. <http://www.slh.hu/?p=1193> „Folyékony üveg termékcsalád – Innováció Németországból”
7. http://nanotechnika.blog.hu/2011/06/15/mitol_mas_a_folyekony_uveg_technologia „Mitől más a folyékony üveg technológia” 2011.06.15.
8. <http://zoldtechnologia.hu/category/technologia/nanotechnologia> „Nanogenerátor, használható mennyiségű árammal” 2011.04.01. „Világító fák vehetik át az utcalámpák helyét”, 2010.10.12.
9. <http://www.nano.gov/nanotech-101/nanotechnology-facts> Nano.gov, National Nanotechnology Initiative

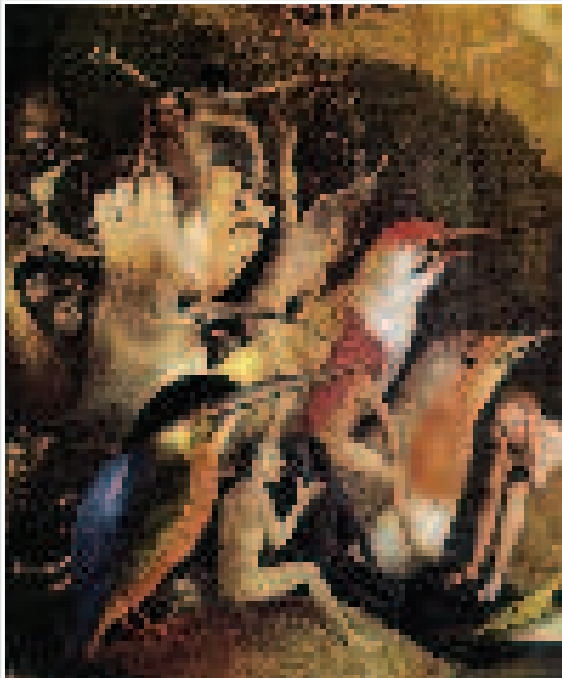
Illusztrációk *A tudás művészete* című cikkünkhöz



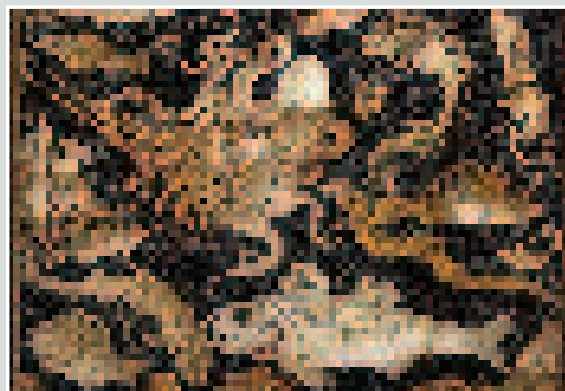
Albertus Seba a paradicsommadarakat preparátumokból rekonstruálta



Maria Sybilla Merian felfedezése a rovarok életciklusának megfejtése



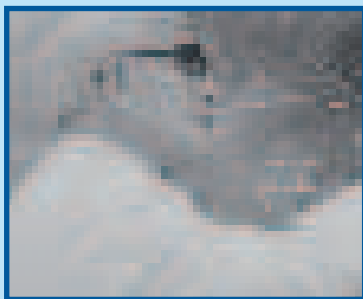
Hieronymus Boschnál minden valóságos, csak a méretek, arányok, történések keverednek össze



Pompeji mozaikkép a tenger állatairól

Albrecht Dürer vadnyúl tanulmánya

TIT Kalmár László Matematika Verseny



A Tudományos Ismeretterjesztő Társulat a 2013/2014. tanévre is meghirdeti a TIT KALMÁR LÁSZLÓ MATEMATIKA VERSENYT. Ez sorrendben a negyvenharmadik verseny, mely Magyarország legrégebbi iskolai matematika versenye. A ver-

verseny célja: A matematikai tudományos ismeretek terjesztése, a matematika népszerűsítése, matematika tehetséggondozás. A matematika ismeretének és alkalmazásának hangsúlyozása a társadalomban, a gazdasági életben, az egyén személyes boldogulásában. Felkészíteni a tanulókat a matematika tantárgyi alapú továbbtanulásra és a későbbi pályaválasztásra. A tanulók problémamegoldó képességének, kreativitásának összehasonlítása 3–8. osztályosok körében, matematikai tudás mérésének lehetősége objektív eszközök segítségével. A sportszerű verseny és küzdelem népszerűsítése.

A verseny rendszere: a verseny háromfordulós: helyi, megyei és országos szervezésű.

1. Helyi első forduló az iskolák házi verseny keretében szervezhető, melyet öntevékeny módon, a korábbi évek tapasztalataira építve, a megyei forduló rendezőivel egyeztetve javasolunk lebonyolítani. A forduló feladatait a helyi tanárok állítják össze. Helyi, házi verseny megszervezése nem feltétele a megyei/területi döntőn való részvételnek. Időpontja: 2014. február.

2. Megyei/területi döntő, melyeket Önök, a verseny szervezői helyben valósítanak meg. Az Egyesület versenyszervezési szándékát kérjük, hogy 2014. január 15-ig jelezze a titkarsag@titnet.hu mail címen. A megyei döntő lebonyolításáról a szervezőkkel /TIT Egyesület, Alapítvány/ írásos megállapodást kötünk.

Megyei döntő időpontja: **2014. március 22. (szombat) délelőtt 10 óra**, időtartama 5-8. osztályokban 90 perc, 3-4. osztályokban 60 perc.

A megyei döntő nevezési díja Magyarországon egységesen **1200,- Ft**, melyet a verseny szervezője közvetlenül szed be a résztvevőktől és abból a helyi forduló lebonyolításának és az elkészült feladatok kijavításának költségeit fedezi. A helyi javítás után a versenyzők dolgozatát kérjük továbbítani a versenyközponthoz, ahol azok egy megadott pontszám fellett újra javításra kerülnek.

3. Országos döntő, melyet a versenyközpont szervez Budapesten, ahová évfolyamonként a legtöbb pontot elért, legjobb teljesítményt nyújtó versenyzőket hívjuk be.

A döntőn a versenyzőnek a részvétel ingyenes, kísérők számára önköltséges.

Időpontja: 2014. május 30–31. (péntek délután és szombat délelőtt) két feladat fordulóval, melynek eredményét összesítve alakul ki a végleges sorrend. A verseny nyerteseit tárgyjutalommal és oklevéllel díjazzuk. A nyertes diákok felkészítő tanárai is elismerést kapnak.

Általános tudnivalók: a verseny mindhárom fordulójában elektronikus segédeszközök és külső segítség igénybevétele nem lehetséges.

A versenyre való felkészülést a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat folyóirataiban – *Élet és Tudomány* hetilap, *Természet Világa* havilap – megjelenő írásai és honlapjai segítik.

A versenyről folyamatosan informáljuk az érdeklődőket a www.titkalmarlaszloamatematikaaverseny.hu portálon. XLIII. TIT KALMÁR LÁSZLÓ MATEMATIKA VERSENNYEL kapcsolatban további információ kérhető a titkarsag@titnet.hu címen és a fenti címen, telefonszámon. Eredményes versenyzést és sikeres lebonyolítást kívánunk.

PIRÓTH ESZTER
igazgató

ÚJ KÜLÖNSZÁMUNK

Természet Világa

TERMÉSZETTUDOMÁNYI KOZLÓNY 144. ÉVF. 2013. II. KÜLÖNSZÁM ÁRA: 980 FT



Káosz, környezet, komplexitás

**Káosz, környezet, komplexitás
november végétől megvásárolható!**

A *Természet Világa* *Káosz, környezet, komplexitás* különszámának fő célja, hogy a komplex rendszerek területén az utóbbi 10 évben elért legújabb eredményeket a terület magyar kutatói érdekes és közérthető cikkek formájában eljuttassák az érdeklődő nagyközönséghez.

A különszám írásai világosan mutatják, hogy napjainkban az alap-természet-tudományok módszereinek behatolása zajlik a biológiai és társadalomtudományi területekre.

