



zött folyékony marad (megint földi légköri nyomásokon). Mivel a kémiai reakciók gyorsabban folynak magasabb hőmérsékleteken, a Titán felületén meglehetősen lassúak lehetnek. De a kutatók hipotézise szerint a Földön különböző anyagokból képzett élettől eltérően ott kisebb szénhidrogének és nitrogén például előfordulhatnak.

A víz legreménykeltőbb általános alkalmazási változata a formamid, egy szénből, hidrogénből, oxigénből és nitrogénből (mindezek köznapiak az univerzumban) álló szintelen szerves folyadék, ami fel tudja oldani ugyanazokat a vegyületeket, mint a víz, beleértve a fehérjéket és a DNS-t. Szintén folyadékként maradhat egészen 210 °C-ig, lehetővé téve számos kémiai reakciót olyan bolygókon, amelyek a Földnél sokkal extrémebb felületi hőmérsékletűek. A formamid szintén izgalmas változata a víznek, amiről egyes asztrobiológusok úgy vélik, hogy fő oldószere lehetett a földi élet legelső formáinak. Ezt a vegyületet megtalálták a Naprendszer szélén lévő felhőkben és nagyobb távolságra lévő nebulákban is.

## Sejtek

A földi élet egységeit, a sejteket lipidmembránok borítják. Az ilyen membránok nem lennének stabilak egy olyan közegben, mint a folyékony metán, de egzotikus életformák a Titánon ehelyett *azotozom* nevű szerkezetekből építhetnek membránokat. Ezek pillanatnyilag hipotetikus molekulák, nitrogéndús szerves vegyületekből képződve. Feltételezik, hogy képesek lennének működni a Titánon uralkodó ultraalacsony hőmérsékleteken. Esetleg teljesen membrán nélküli élet is lehetséges. Életszerű kémiai reakciókat olyan ásványok felületén is kimutattak, mint a pirit. Ezek gyakran tartalmazzák pórusok és üregek hálózatát, amelyek különböző szerepeket tölthetnek be lipidalapú sejtekben. Esetleg biológiai reakciók lehetnek a bolygóközi légkörben lebegő folyadékcseppekben is.

Végül az életnek információt kell tárolnia saját magáról és azt át kell adnia utódainak. A földi szerkezetek ezt nukleinsavakkal végzik. Laboratóriumi kísérletek és meteoritokból vett minták ki-

mutatták, hogy sokkal több nukleotid és aminosav létezik, mint amennyit korábban feltételeztek. Ezek nem épülnek be a földi anyagokból képzett életformákba. A kutatók igyekeznek olyan vegyületeket találni, amik különböző biokémiai rendszerekben fellelhetők.

A kutatások egyik eszköze a tömegspektrométer. Ez a berendezés ionizálja a mintákat és az ionokat tömegük alapján azonosítja. A tömegspektrométerek évtizedeken keresztül, többek között, az űr kutatásának szemei és fülei voltak. A berendezések különböző nemzedékei az űrben repülve lehetővé tették, hogy a kutatók mindenfelé jellemezhessenek vegyületeket, például a Mars felületén, a Vénusz és Titán légkörétől egészen az Enkeládusz által lövellt vízig. A tömegspektrométerek következő nemzedéke kisebb méretű lesz, de nagyobb erejű. Hordozásukra a világűrben különböző űrjárművek fedélzetén kerül majd sor. Amennyiben egzotikus élet létezik, akkor az olyan kémian alapul, amely jelentősen különbözik attól, amit jelenleg az asztrobiológusok el tudnak képzelni. Hogy odáig jussanak, ahhoz gondolni kell olyan biomarkerekre, amelyek az élettel társult viselkedések jellemzői.

Az életnek nincs általános definíciója, de az asztrobiológusok gyakran használják a NASA-nak tulajdonított működési definíciót: „darwini fejlődésre képes önfenntartó kémiai rendszer”. Az élőlények „megismétlik” magukat (*self reproducing*), és nagyszámú jellemző bonyolult molekulát (például fehérjéket és DNS-t) hoznak létre. Ezek energiát vonnak ki és fogyasztanak környezetükből ahhoz, hogy táplálják a metabolizmusukat. A biomarkerek lehetővé tehetik ezeknek a folyamatoknak a feltérképezését.

Az asztrobiológusok szerint jó lenne tanulni azokból a hibákból, amelyeket a kutatók a földi tengeri élet kutatásában követtek el a 19. században. Egy expedícióban például a Man szigetről származó természettudós, Edward Forbes, az Égei-tengerben kutatott. Megjegyezte, hogy minél távolabb élnek a növények és az állatok a vízfelülettől, annál kevésbé növekednek. 1843-ban hiányos adataiból extrapolálta azoikus hipotézisét, amely szerint 550 méter alatt egyáltalán nem létezhet élet. Több évtizedre volt szükség tévedésének bizonyításához.



Ménes András

# Háromszáz éve hunyt el Antonie van Leeuwenhoek

Leeuwenhoekot hagyományosan a tudomány egyik nagy technikai megújítójának tartják. Ámbár nem ő volt a mikroszkóp felfedezője, ő használta először hatásos megfigyelésekre és leírásokra. Csekély iskolázottsága képest – ahhoz, hogy a Royal Societyval, az Angol Királyi Társasággal tartassza a kapcsolatot, le kellett fordítani köznapi hollandással írt leveleit – teljesítménye páratlan és változatos. Általában őt tartják a mikrobiológia megalapítójának, de egyéb tudományok, például az embrioló-

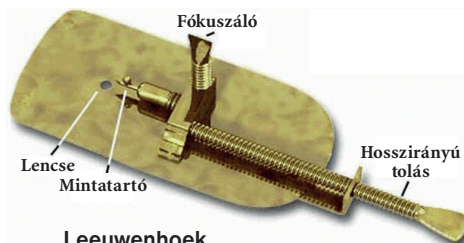
gia, a krisztallográfia és a vegyészet fejlődéséhez is hozzájárult, némelyik megfigyelése olyan pontos, hogy három évszázad múlva is értelmezni lehet. „Ha az érdeklődés változatosságát és mélységét vesszük, nehéz Leeuwenhoeknak versenytársat találni” – írja Brian J. Ford. Látványos eredményeket ért el egy egyszerű mikroszkóppal, a természet bonyolultsága az ő szemén át új dimenziókat nyert.

Antonie van Leeuwenhoek 1632. október 24-én született Németalföldön, Delft

városában, Philips Antonyszoon van Leeuwenhoek és felesége, Margaretha Bel van den Berch gyermekeként. Apja kosárfonó volt, aki meghalt, amikor fia még csak hat éves volt. Ezt követően anyja feleségül ment egy Jacob Molijn nevű festőhöz. Az elemi oktatás befejeztével Leeuwenhoek tizenhat éves korában inas lett egy posztókereskedőnél, a tanoncévek után maga is üzlettel foglalkozott szülővárosában. Kereskedelmi tevékenysége mellett volt még egy állása: már húszas éveiben a delfti bírák kamarása



Antonie van Leeuwenhoek  
Jan Verkolje festményén



Leeuwenhoek  
egyik  
mikroszkópjának  
másolata

lett, majd később a város súlyának és mértékeinek a felügyelőjévé választották. Ismerte Jan Vermeert, a nagy festőt, aki, egyes feltételezések szerint, őt tette meg végakarata végrehajtójának. Leeuwenhoek, ahogy említettük, nem volt túlságosan iskolázott, tudományos pályafutása negyvenéves korában kezdődött, és ötven éven át tartott.

A mikroszkópot valószínűleg némileg korábban fedezték fel, mint a teleszkópot. A teleszkóppal ellentétben eleinte nem szolgáltattott fontos információkat. 1660-ban azonban Marcello Malpighi felfedezte egy béka tüdejének hajszálereit, amivel aztán megerősítette William Harvey felfedezését, a vérkeringést. 1665-ben Robert Hooke adta közre *Micrographia* című munkáját. Saját tervezésű, összetett mikroszkópját használva Hooke részletesen leírta a rovarok, a növények felépítését, és egy parafaforgács apró „fülkéire” ő találta ki a *sejt* szót. Ezek a felfedezések magyarázzák Leeuwenhoek meleg fogadtatását, akinek hírneve a megfigyelések kiterjedtségén és minőségén, a technikai kiválóságán és a tudományos módszerek ösztönszerű alkalmazásán alapult.

1673-ban küldte el sok leveléből az elsőt az Angol Királyi Társaságnak, amelyben leírást ad egy darab penészről, egy méhfullánkról és egy tetüről. A levelet, amelyet a következő fél évszázad során még számos – összesen 165 (!) – követett, hama-

rosan közzétették a *Philosophical Transactions*-ban. Anyanyelvén, egyszerű, de érthető nyelven írt. A legkülönbözőbb dolgokat vizsgálta meg. 1676-ban az esővízben talált protozoonokat írta le – *animalculus*-nak, „kis állatkáknak” nevezte ezeket. „A legnyomorultabb teremtmények, amelyeket valaha láttam ... belegabalyodtak mindenféle részecskékké és szálakba (sok van belőlük, különösen ha a víz áll néhány napig), összegubancolódnak, elakadnak, testük ovális alakúra nyúlt, küzdöttek, erősen szorongatva egymást, hogy kiszabadíthassák farkukat. Azután egész testüket visszalendítették a farkuk felé, majd farkuk kígyó módjára összetekeredett, mint ha réz- vagy vasdrót lenne, amelyet pálcára csavartak, majd amikor a pálcát kihúzták, a csavarodottság megmaradt.”

„Animalculusait” Leeuwenhoek éppen úgy megtalálta a szomszéd fogain, mint a saját ürülékében, amelyet gondosan megvizsgált, amikor „hígabb volt a szokásosnál”.

1683-ban készítette első rajzait a baktériumokról, de fogalma sem volt a szerepükéről. Felfedezései további vizsgálatokat igényelnek, hogy jobban megértsük őket. Megfigyelte az élesztő gömböcskéit, de nem tudta elmagyarázni az erjedést, és a spermával végzett összehasonlító tanulmányai a szaporodás „animalculus”-elméletéhez vezették el, amely azonban nem sok haladást jelentett az embriológiában.

Jellemző tulajdonsága volt, hogy nem holt a jelenségek mögé, megfigyelései önmagukban értékesek, nem terhelte őket kidolgozott elméletekkel. Történelmileg valószínűtlen feltételezés, hogy rámutatható volna a betegségek bakteriális eredetére vagy arra, hogy a petesejt nem csupán a magzat táplálását szolgálja. Azt viszont kimutatta, hogy a zsiszik nem a gabonában keletkezik, hanem az arra repülő rovarok és bogarak által lerakott petéből kel ki. Tiltakozott a régi elmélet ellen, amely szerint a rothadásban ősnemzettel keletkeznek élőlények. Nézetét csak két évszázaddal később igazolta a tudomány.

Leeuwenhoek nem többlencsés, összetett mikroszkópot használt, hanem egyszerű eszközt, egyetlen saját kezével csiszolt lencsével. A legfontosabb felszerelése egy rézlap volt, amelybe beleillesztette a lencsét, valamint egy hegyes végű csipesz, amellyel megfoghatta és a lencse fókuszába vihette a vizsgálat tárgyát. A huszadik században Brian J. Ford írta le *Egyetlen lencse: az egyszerű mikroszkóp története* című remek könyvében Leeuwenhoek figyelemre méltó eredményeit. Amikor megvizsgálta Leeuwenhoek eredeti példányait, amelyek közül számosat gondosan megőriztek, Ford úgy találta, hogy az eszköz és a tudós egyaránt rendkívüli volt.

Ha Leeuwenhoeknak akadt tudományos hibája, úgy az volt, hogy módszereit eltitkolta mások elől. Ahogy a híre elterjedt, tanult emberek, előkelőségek keresték ismeretségét, ő azonban néha türelmetlen volt, gyanakodott, hátha ellopják az eszközeit. Nagy Péter orosz cárt azonban barátságosan fogadta 1698-ban, és megmutatta neki egy angolna farkának a vérkeringését. Ez „annyira szórakoztatta a fejlődelmet – írja Leeuwenhoek barátja és korai biográfusa, Gerard van Loon –, hogy nem kevesebb mint két órát töltött ezzel és más vizsgálatokkal, majd távozáskor megvárta Leeuwenhoek kezét, biztosítván róla, hogy nagyon hálás, amiért megengedte neki ezeknek az apró lényeknek a megtekintését”.

1680-ban egyhangúlag választották az Angol Királyi Társaság tagjai közé, aminek nagyon örült, de tagja lett a Francia Tudományos Akadémiának is. Kétszer nősült és özvegyült meg. Elérte a tiszteletre méltó kilencvenéves kort; 1723. augusztus 26-án hunyt el.