

Az embert különös érzések fogják el, amikor a földi méretekhez képest nagy távolságokat, tíz vagy százmillió kilométereket, vagy amikor éppen az ellenkező végletet, a mikrovilág nanométereit próbálja maga elé képzelni. Hát még ha a nagyon nagy és a nagyon kis méretek egyetlen kérdéskörön belül fordulnak elő. Ilyen például az, amikor az ember a Marson, sok millió kilométer távolságra a Földtől, nanométeres távolságokat akar mérni atomerő-mikroszkóp segítségével.

Az atomerő-mikroszkóp a tűsugaras mikroszkópok családjának második tagja (1986; az első a pásztázó alagút mikroszkóp, 1981) rendkívül érzékeny műszer és nagymértékben kell a környezet rezgéseitől függetleníteni, hogy működőképességét biztosíthassuk. Ezért nehéz elképzelni, hogy atomerő-mikroszkóp a Földön kívül, mostoha űrbéli körülmények között működjön.

Az alábbiakban Mars-missziók, majd az atomerő-mikroszkóp (AFM) rövid ismertetése után arról szeretnék írni, hogy mi indokolta AFM bevonását a Mars-kutatásba, milyen műszaki megoldásokra volt szükség az űrbéli körülményeket elviselő AFM kifejlesztéséhez.

## Mars és a Mars-missziók

A Mars iránt az ember régóta érdeklődik, és ez az érdeklődés az alapja, hogy 2030–2040 között szeretné megvetni lábát a Marson. [1–3, 6–8]

A Mars Földhöz viszonyított legkisebb távolsága körülbelül 60–100 millió km között változik a következő évtizedben, és a kedvező útra kelési időpontok 780 naponként következnek be (ennyi a Mars szinodikus periódusa). A 4–6 hónapig tartó odaút és a Marson tartózkodás együttes optimális ideje ez a bizonyos 780 nap. Ehhez hozzászámolva a visszafelé utat, csaknem három esztendő adódik, hacsak újabb meghajtási technikát (pl. plazmasugarhajtást) nem sikerül kifejleszteni. Addig viszont rengeteg információt kell beszerezni ahhoz, hogy egy ilyen vállalkozás ne valljon kudarcot, márpedig a Mars-missziók között feltűnően sok volt a kudarc.

A Marssal kapcsolatos csillagászati mérések a 19. század elejére nyúlnak vissza, de az ismeretek akkor kezdtek igazán gyarapodni, amikor a Mars mellett elhaladó (Mariner 4, 1965-ben), a körülötte keringő (Mariner 9, 1971–1972) vagy éppen a Marsra leszálló űrszondák (Viking 1 és Viking 2, 1976-ban, Pathfinder 1997-ben) berendezései ontották a mérési eredményeket.

2008 végén a Mars körül három űrszonda kering: a Mars Odyssey, a Mars Express és a Mars Reconnaissance Orbiter; felszínén két Mars-járó működik, a Spirit és az Opportunity, valamint egy álló egység, a Phoenix.

A Mars felszínén mért alacsony hőmérsékletek ismeretében várható, hogy folyékony víz nincs, és ha nincs, akkor a tudomány mai állása szerint élet sincs. A „lehetetlenségre” egy példa a közelmúltból: olyan

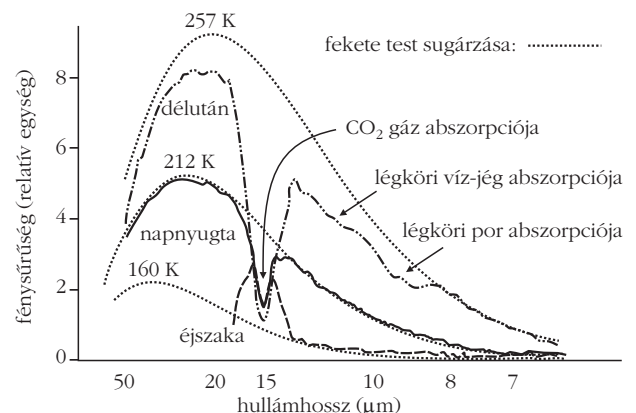
mikroorganizmust találtak az amerikai Yellowstone Nemzeti Park savas iszapjában, amely optimális életkörülményeit a 80 Celsius-fokos „savfürdőben” találja meg. A Mars Asztrobiológia Kutatócsoport létezése is azt mutatja, hogy komoly érdeklődés van a Marson elképzelt élet iránt. Létezhetnek a Marson olyan baktériumok, amelyek extrém hőmérsékleteket is elviselnek, vagy olyanok, amelyek nagyon hosszú ideig inaktív állapotban maradnak [4, 9]. Ezért, ha egyszer létezett folyékony víz a Marson (márpedig erre közvetett bizonyítékok vannak), akkor élő szervezetek megőrződhetnek.

Nemcsak a mikroorganizmusok, de a Mars talaja, a felszínén lévő por is befolyásolhatja az ember tartózkodását a Marson. A por szemcsemérete például a szilikózis szempontjából fontos, ugyanis a 4  $\mu\text{m}$ -nél kisebb szemcsék jutnak le a legnagyobb eséllyel a tüdőbe. A porok keménységét pedig a mérőműszerek és az űruha tervezésekor kell ismerni. A Phoenix-missziót megelőzően is volt már közvetett bizonyíték a víz-jég létezésére: a NASA szerint annyi jég van a Mars két sarkvidékén, hogy felolvadása esetén 11 méter mélységű víz borítaná a bolygó felszínét.

A Mars felszínén lévő porviharokról, továbbá a por szemcseméretéről is van rengeteg közvetett adat. Az 1. ábrán látható termoemissziós spektrumokat a Mars körül keringő Global Surveyor fedélzetén lévő spektrométer vette fel 1997-ben. A mérési eredményeket az ábrán kiegészítik a feketetestspektrumok is, amelyek bár közelítések (minthogy a Mars nem tekinthető tökéletes feketetestnek), mégis sok következtetést lehet levonni belőlük. A hőmérséklet az éjszakai 160 K-ről (–113 °C) délutánra 257 K-re (–16 °C) emelkedik. A légkör viszonylag sok szén-dioxidot tartalmaz, ezt jelzi a 15  $\mu\text{m}$  körüli erős abszorpció, de a légkörben lévő víz-jég és por hatása is detektálható volt.

Az 1. ábrán lévő spektrumokat elméletileg modellezni lehet, ebből meg lehetne állapítani a por kémiai összetételét. Sajnálatos módon túl sok feltételezést kell tenni a modellben az összetétel meghatározásá-

1. ábra. A Mars termoemissziós spektruma (Global Surveyor, 1997)



hoz az egyes poralkotók szemcseméretére, alakjára, felületi simaságára, szemcseméret-eloszlására, optikai tulajdonságára (a törésmutató valós és képzetes részére), így nem jutottak elfogadható eredményre. Az 1971–72-es porvihar magyarázatára egy sor anyagot (pl. kvarc, bazalt, andezit, obszidián, gránit stb.), illetve ezek kombinációját tétélezték fel a por alkotójaként, mégsem kaptak kielégítő egyezést. Viszont eredménynek tudható be, hogy tíznél több Mars-misszió közvetett méréseinek kiértékelésekor a por-szemcsék effektív méretére mindig  $2\ \mu\text{m}$ -nél kisebb értéket kaptak.

A fentiek alapján érthető, hogy miért fontos a Mars felszínét fedő finom por tulajdonságainak (méret, méreteloszlás, keménység stb.) pontos ismerete, és miért terveztek közvetlen mikroszkópos méréseket a bolygó felszínén a Phoenix-misszió során.

## Phoenix-misszió

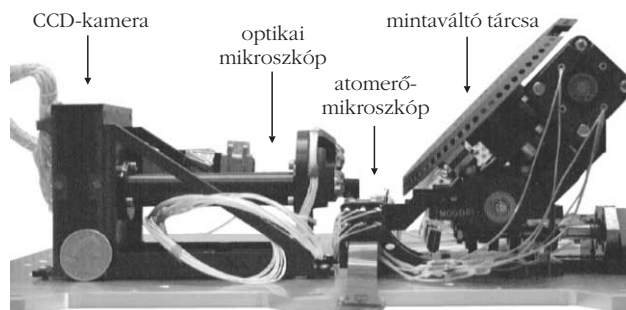
A Phoenix Mars-szonda 2007. augusztus 4-én indult és 295 napos utazás után 2008. május 25-én szállt le a Marsra. Az Arizonai Egyetem vezetése alatt álló projekt széles együttműködés eredményeként jött létre, amelynek résztvevői az Amerikai Űrhajózási Hivatal (NASA), a NASA Jet Propulsion Laboratory (a California Institute of Technology-ban), a Lockheed Martin Space System és még sokan mások, közülük említsük meg a Neuchâtel Egyetemet, a Baseli Egyetemet és a Nanosurf A.G. alkotta svájci konzorciumot, amely a cikk címében szereplő atomerő-mikroszkópot létrehozta.

A Phoenix-küldetés célja volt víz-jég jelenlétét kimutatni a felszín alatt, és megvizsgálni a talaj összetételét, hogy alkalmas-e az élet fenntartására.

A leszálló egység berendezései közé tartozik – többek között – egy ásóval ellátott robotkar és két tudományos egység: a TEGA (termikus gáz analizátor) és a MECA. Az előbbi a marsi mintákat felmelegítő kályhákat és tömegspektrométert tartalmaz, az utóbbi pedig mikroszkópos (M), elektrokémiai (E) és konduktivitási (C) analíziseket (A) végez a talajmintákon.

A sajtóban nagy visszhangot kapott, hogy a Phoenix-misszió során sikerült közvetlenül vizet kimutatni a Mars felszínén talált jégből. A küldetésben résztvevő AFM-ről kevesebb szó esett, pedig mint látni fogjuk, igencsak nagy műszaki teljesítmény volt. A néhány nanométer felbontásra képes berendezés gyufásdoboz méretű, és a meghajtó elektronika nélkül 15 grammot nyom. Ez a kis méret jelentős, ha figyelembe vesszük, hogy minden egyes Marsra küldött kilogramm 1 millió dollárba kerül. A Phoenix atomerő-mikroszkópja nem az első a világűrben, mert az Európai Űrügynökség (ESA) 2004-ben felbocsátott Rosetta űrszondáján már helyet kapott egy MIDAS (Micro-Imaging Dust Analysis System) elnevezésű atomerő-mikroszkóp.

Mi ebben a cikkben főként a Phoenix mikroszkópos egységére, azon belül is az atomerő-mikroszkóp-óra összpontosítjuk figyelmünket (2. ábra).



2. ábra. A Phoenix mikroszkópos egysége

Az optikai mikroszkópban keletkező képet CCD-kamerával detektálták. Az optikai mikroszkóphoz képest kisméretű atomerő-mikroszkóp néhány nanométeres felbontásával jelentősen kiszélesíti a még mérhető szemcsék tartományát a fénymikroszkóppal összevetve. A mintákat a mintaváltó tárcsa vitte a vizsgálatra alkalmas pozícióba. Mielőtt a képen látható atomerő-mikroszkóppal megismerkednénk, vessünk egy pillantást a földi körülmények között működő atomerő-mikroszkópra, amelynek megtervezésekor és kivitelezésekor távolról sem kellett olyan szigorú követelményeknek eleget tenni, mint az űrbéli változatnak.

## Az atomerő-mikroszkóp működési elve és földi változatai

Az atomerő-mikroszkóp (AFM) működését sematikusán a 3. ábrán láthatjuk.

A vizsgálandó minta fölött egy rugalmas tartón, nevezük szondakarnak, található egy tű, amely alatt a vizsgálandó minta vízszintes síkban pásztázó mozgást végez. A pásztázás módja olyan, hogy egy pontban való információgyűjtés után az asztal a következő pontba lép, majd a sor végén általában visszamegy az adott soron, mielőtt átlép a következő sorba. Az érzékelő tű, vagy ahogy az ábrán nevezzük, tűszonda, kölcsönhatásba kerül a minta felszínével és rá vonzó vagy taszító erők hatnak attól függően, hogy milyen távol van a minta felszínétől (3.b ábra). Ezáltal a mintafelület topográfiája leképezhető. A szondakar lehajlását a Hooke-törvény írja le. Meg kell jegyezni, hogy a 3.b ábrán feltüntetett van der Waals-erőket csak egy lehetséges kölcsönhatásnak szabad tekintenünk, amely most a megértés elősegítésére szolgál. Sok egyéb kölcsönhatási forma létezik, például mágneses, kapilláris, elektrosztatikus stb. erők, amelyek mérése az atomerő-mikroszkópia egy-egy külön ágát képezik.

A szondakar mintához viszonyított magasságát a visszacsatoló körrel lehet szabályozni. Amikor a tűszonda a minta felszínét éri (3.c ábra), akkor a taszítóerőket használjuk a felület egyenetlenségeinek leírására. Puha mintafelületek esetén ez az üzemmód a minta megkarcolását vonhatja maga után, szerencsére a vonzó erők tartományában is („B” és „C” tartomány az ábrán) lehet működtetni a mikroszkópot. Ilyenkor a szondakart a sajátfrekvenciájának megfelelő rezgés-

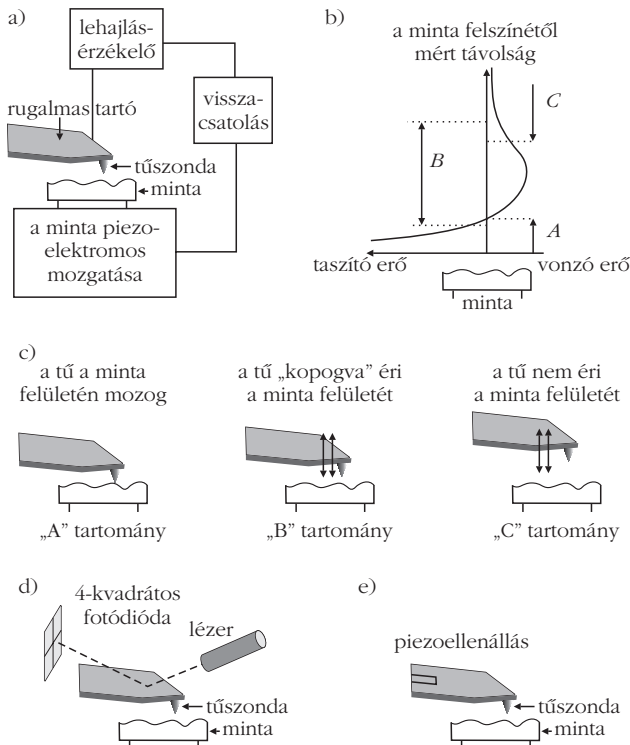
be hozzák és a vizsgált felület a szondakar rezgésének amplitúdóját vagy a frekvenciáját változtatja meg, ez szolgál a mérés vagy képalkotás alapjául. Alapesetben a szondakar lehajlását mérik; a *3.d* és *3.e* ábrán a két leggyakrabban alkalmazott detektálást láthatjuk: a lézersugárzást érzékelő fotodiódát, illetve a szondakarban ébredő mechanikai feszültség piezoelektromos detektálását.

Nem kézenfekvő, hogy a leírtak a valóságban is működnek: az 1970-es években a műszaki feltételek hiányoztak ahhoz, hogy mindezt kivitelezni lehessen [5].

A felbontóképességet az AFM-gyártók számszerűen nem szokták megadni, mert azt a minta síkjában a tűszonda mérete és a felület tulajdonságai együttesen határozzák meg. Minél kisebb a szonda lekerekítési sugara, annál jobb felbontás érhető el. Ha még azt is hozzávesszük, hogy olyan tűszonda, amely egyetlen atomban végződik, nem számít kurióznak, akkor bizony nanométernél kisebb felbontásra számíthatunk. A minta felületére merőleges irányban meg szokták adni, hogy a pásztázó mechanika mekkorára korlátozza a felbontást, és ez általában 0,05 nm. A kristályrács atomjai megjeleníthetők, ha az atomerő-mikroszkópot ultravákuum-körülmények között alkalmazzák. Lényeges, hogy a tűsugárral működő mikroszkópoknál nincs lencse, és ennek következtében nincsenek lencsehibák. Ugyanakkor nem kellő vékonyságú tű használata műtermékek képződéséhez vezethet.

Általánosságban elmondható, hogy AFM felbontóképessége körülbelül ezerszer jobb, mint a fénymikroszkópé, és ha ez utóbbit 200 nm-nek vesszük,

*3. ábra.* Az atomerő-mikroszkóp: a) működési elv, b) a tűre ható van der Waals-erők, c) működési módok, d) a lehajlás lézeres detektálása, e) a lehajlás piezoelektromos detektálása



akkor az AFM felbontóképessége a minta síkjában 0,2 nm. A minta felületére merőleges irányban jobb, körülbelül 0,05 nm.

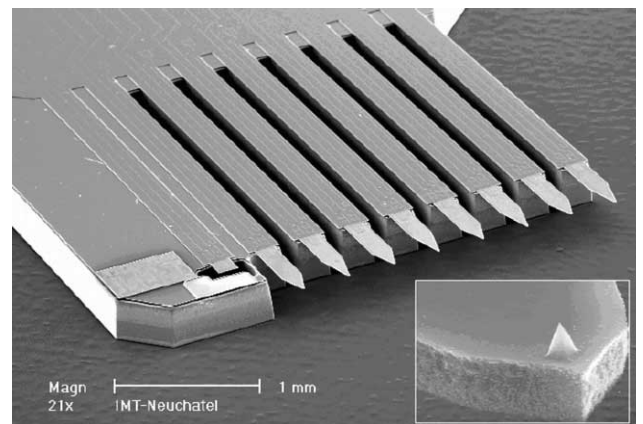
Az atomerő-mikroszkóp erőmérő üzemmódban is működtethető,  $10^{-12}$  newton erőt meg lehet mérni, és például a biológusok számára rutin feladatnak számít annak az erőhatásnak kimérése atomerő-mikroszkóppal, amely egy összecsavarodott DNS molekula kiegyenesítéséhez szükséges.

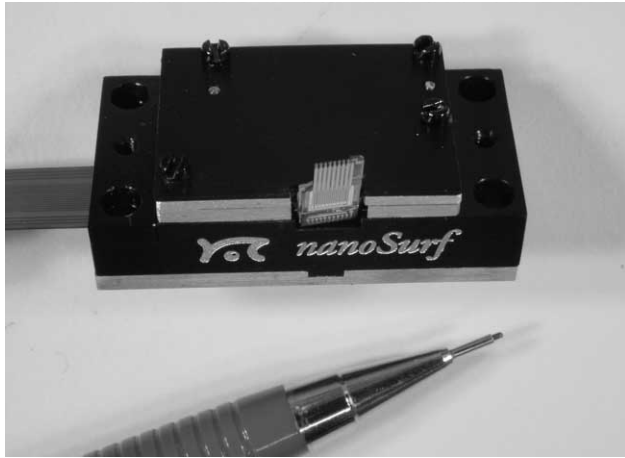
## Az atomerő-mikroszkóp (AFM) úrbeli változata

Az itt ismertetendő AFM különlegességét [10] az űrutazás által szabott kemény követelmények jelentik. Emiatt nem is lehetett olyan tökéletes, mint földi „testvére”. A mechanikai igénybevétel, a rázkódás különösen erős a kilövés és landolás idején. A hőmérséklet akár  $-120$  °C is lehet, és a nyomás erősen eltér a földi viszonyoktól. A Mars légköri nyomása 7 mbar, ami miatt az elektromos kisülések könnyebben bekövetkezhetnek az elektronikában, mint a Földön. A következő veszélyt a kozmikus sugárzás hordozza magában, amely meglehetősen kemény és veszélyesebb az elektronikára, mint az alfa- és béta-sugarak. Még tovább lehetne sorolni a veszélyforrásokat, de inkább említsünk egy másik erősen korlátozó tényezőt, a pénzt. A pénz határozza meg, hogy mekkora tömeget és mekkora térfogatot küldhetnek fel, mert a költségek e kettővel arányosak, ezért mindkettőnek a lehető legkisebbnek kell lennie.

Ha visszatekintünk a *3.a* ábrára, akkor a minta-mozgató egységen kívül az összes többi szilíciumlapkára, pontosabban szigetelőanyagban lévő szilíciumlapkára integrálták. A *3.d* és *3.e* ábrákon látható lehetőségek közül nem a lézersugaras, hanem a piezoelektromos detektálást valósították meg, mert energiaigénye kisebb, mint a lézeres változatnak, és behangolása sem olyan kritikus. A piezoelektromos ellenállást bór implantálással készítették a szondakaron. Az AFM-chipet a *4. ábra* mutatja.

*4. ábra.* Az atomerő-mikroszkóp chipjének pásztázó elektronmikroszkópos képe. Nyolc szondakart készítettek, hogy a tűszonda kopása esetén egy új szonda vehesse át a feladatot. A jobb alsó sarokban a szondakar végén felfelé néző tűszonda látható.





5. ábra. A komplett marsbeli atomerő-mikroszkóp. A kép közepén a 4. ábrán mutatott AFM-chip látható.

A részletek mellőzésével azt mondhatjuk, hogy a mikroelektronikában ismeretes gyártási lépéseket, fotolitográfiát, oxidmaratást, ionimplantálást, foszfor-szilikát üveg felvitelét, kémiai rétegleválasztást (CVD) stb. használtak arra, hogy a szondakar, a tűszonda és a szükséges elektronika monolitikusan létrejöjjön egy n-típusú szilícium-szilíciumoxid lapon.

A mintamozgató egységet (3.a ábra alsó része) földi körülmények között piezoelektromos kerámiahengerrel valósítják meg. A meghajtásához mintegy 100 V feszültségre van szüksége, viszont a marsi 7 mbar szén-dioxid atmoszférában már 50 V is átütne. Ezért olyan mágneses mintamozgatót terveztek, amely 12 V-tal működik. Ez az egység foglal helyet az AFM-chip alatti sötét dobozban az 5. ábrán.

A 6. ábra a Marsról küldött első atomerő-mikroszkópos képet mutatja, amely egy kalibrációs kép, de ez mit sem von le értékéből.

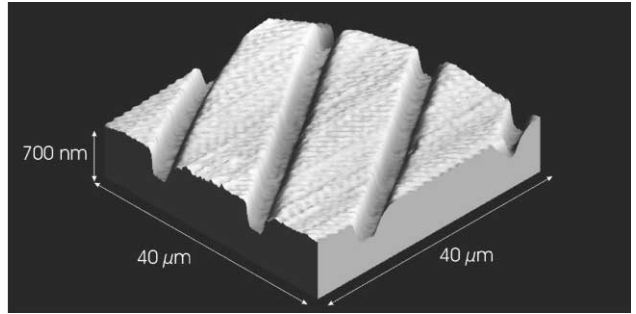
A 7. ábrán egy marsbeli porszemcse AFM-képét látjuk a bekarikázott helyen. A hordozóban lyukak voltak kiképezve, hogy a porszemek ott csapdába eszenek.

Néhány érdekesség a tervezésből és kivitelezésből:

- Az AFM chip oly kicsi, hogy 60 darab fér el egy 10 cm átmérőjű szilícium szeleten.

- Felváltva alkalmaztak szilícium és gyémánt tűszondát a nyolc szondakaron. A szilícium tűt monolitikus formában KOH-ban való maratással állították elő a szondakarból, míg a gyémánt tűket a Si szondakaron előkészített piramis alakú bemélyedésekben kémiai rétegleválasztással (CVD) hozták létre. A gyémánt tűket keményebb porszemek vizsgálatára tervezték.

- A kozmikus sugárzás elleni védelemként az elektronikát úgy tervezték, hogy minden egyes bitet három független regisztercellában tárolnak, amelyeket egy „szavazó” cella vizsgál, hogy fellépett-e sérülés és dönt arról, hogy melyik bit volt többségben a három regiszterben. Különösen veszélyes az, amikor a kozmikus sugárzás olyan helyen üt be, ahol rövidzárat okoz a tápvonalban és a keletkező nagy áram tönkretesz egy CMOS chipet. Ennek megakadályozására védő áram-



6. ábra. Az első AFM-kép a Marsról; a kalibrációra szolgáló objektumot mutatja.

kört kellett beépíteni, amely rövidzár esetén lekapcsolja a tápegységet, majd kis idő múlva újra visszakapcsolja és letölti a megszakadt programot.

- Az AFM-et földi viszonyok között a belélegzésre veszélyes tartományba eső (100 nm – 3 μm) α-kvarc kristályokon tesztelték 10 nm-es lekerekítési sugarú szondatűkkel. A szemcsék méreteloszlását lézerdiffrakciós mérésekkel határozták meg, majd 150 szemcsét AFM-mel is megmértek. A kétféle eljárás jó egyezést mutatott.

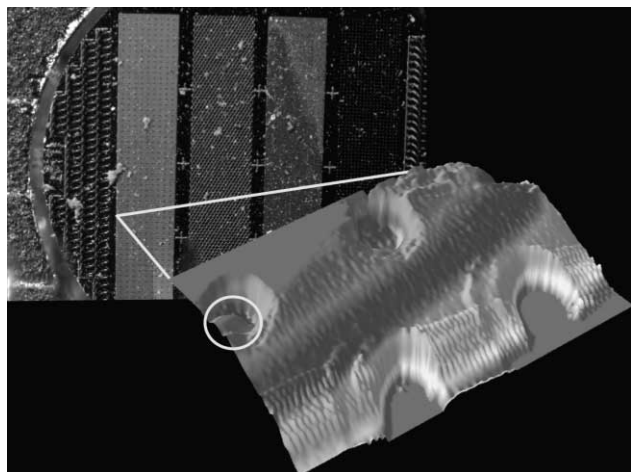
- A berendezést karcolások profiljának meghatározására is használták, hogy ebből a karcolást okozó szemcsék keménységére következtethessenek.

- Külön gondot kellett fordítani arra, hogy a berendezés sterilen kerüljön fel a Marsra. Téves következtetésekre lehet jutni a marsi életre vonatkozóan, ha a műszert az ember elszennyezi.

## Összefoglalás

A Phoenix-expedíció egy lépés ahhoz, hogy az ember majdan megvethesse a lábát a Marson. A Mars felszínén lévő finom por jellemzésére olyan miniatürizált atomerő-mikroszkópot küldtek fel, amely néhány nanométeres felbontásával a fénymikroszkóp lehetőségeit messze túlhaladja. Ez a példa arra is ráirányítja a

7. ábra. Fénymikroszkópos (fent) és atomerő-mikroszkópos kép (lent) montázsa. A körrel jelölt helyen egy marsbeli porszem AFM-képe látható. A hordozó üreges kiképzése a részecskék helyzetének stabilizálását szolgálja.





figyelmet, hogy a miniatürizálás segítségével olyan költségcsökkenést lehet elérni, ami az eddigi űrkísérletezés újragondolását teszi szükségessé.

Irodalom:

1. <http://origo.hu/tudomany/mars/>
2. <http://hirek.csillagaszat.hu/mars.html>
3. <http://www.urvilag.hu/>
4. <http://www.origo.hu/tudomany/vilagur/20080102-asztrobiologia-szelsoseges-elolenyek-es-elohelyek-a-foldon.html>

5. Kálmán Erika, Nagy Péter: Pászttázó tűszondás mikroszkópia. In: *Műszaki felülettudomány és orvosi biológiai alkalmazásai* (szerk.: Bertóti, Marosi, Tóth) B+V Lap- és Könyvkiadó Kft. 2003. 187–218.
6. Arizona University: a <http://phoenix.lpl.arizona.edu/>
7. JET Propulsion Laboratory: <http://marsprogram.jpl.nasa.gov/>
8. NASA: [http://www.nasa.gov/mission\\_pages/phoenix/](http://www.nasa.gov/mission_pages/phoenix/)
9. Mars Astrobiology Group Budapest, <http://www.colbud.hu/esa/>
10. Sebastian Gautsch: *Development of An Atomic Force Microscope and Measurement Concepts for Characterizing Martian Dust and Soil Particles, Dissertation*. Institute of Microtechnology University of Neuchâtel, 2002.

## KACSÓH PONGRÁC, A FIZIKUS

Oláh-Gál Róbert

Babeş–Bolyai Egyetem, Matematikai-Informatikai Kar,  
Csikszeredai Tagozat, Informatikai Rendszerek Tanszék

A *János vitéz* daljáték szerzőjének alkotói zsenije az EME *Orvos-természettudományi Értesítőjében* jelent meg, és ezzel az írásunkkal tisztelettel köszöntjük „Erdély Tudományos Akadémiáját”, a 150 éves Erdélyi Múzeum Egyesületet. A budapesti születésű *Kacsóh Pongrác*<sup>1</sup> Kolozsváron végezte a matematika-fizika szakot, majd beiratkozott doktorátusra *Farkas Gyulához*,<sup>2</sup> a Ferencz József Tudományegyetem felsőmennyiségtan professzorához.

Érdeemesnek tartjuk megemlíteni, hogy Kacsóh Pongrác két igen érdekes dolgozatot közölt az EME *Orvos-természettudományi Értesítőjében*: az egyik 1894-ben jelent meg és a címe: *Az Antolik-féle új hangskáláról* [1]. A másik dolgozatot 1896-ban közölte: *Az egyenlőségi és egyenlőtlenégi elv viszonya a mechanikában* címen [2]. Az első természetesen bizonyítja a későbbi sikeres operettszerző elméleti felkészültségét, míg a második szorosan kapcsolódik a fenn említett híres Farkas-lemmához. Ez a második Kacsóh-féle dolgozat azért fontos, mert mutatja, hogy Farkas Gyula tisztában volt az akkor mellékes eredményként kezelt lemmájának elméleti jelentőségével. (Meg kell jegyezzük, hogy Farkas Gyula lemmájáról és munkásságáról szinte semmit sem tudott a tudományos közvélemény, amíg fel nem fedez-



Kacsóh Pongrác

te az Egyesült Államokban *Albert W. Tucker* híres operációkutató. Farkas Gyula elismertetése hasonló a *Bolyaiakéhoz*, mindhármuk nagyságát a külföldnek kellett felismernie. Mint ahogy a Bolyaiak hazai megismertetésében elévülhetetlen érdemeket szerzett *Schmidt Ferenc* temesvári építész, szinte teljesen hasonló módon indította el a Farkas-kultuszt Magyarországon *Prékopa András* akadémikus. Farkas Gyula sírját is hasonló módon kutatta fel *Prékopa András*, mint annak idején *Schmidt Ferenc* a Bolyaiakét. Milyen érdekes ez a világ!

Visszatérve Kacsóh Pongrácra, az igazsághoz tartozik az is, hogy *Szénássy Barna* özvegye, Vali néni fedezte fel, hogy Kacsóh Pongrác Kolozsvárott *Farkas Gyulánál* doktorált.<sup>3</sup> Ezt most azért is illendő megemlíteni, mert Szegeden a Polygon újra kiadta *A Magyarországi matematika története* cím alatt *Szénássy Barna* alapművét, amihez nagyban hozzájárult Vali néni is.

Kacsóh Pongrác doktori disszertációját is felkutatta *Prékopa András*.

Kacsóh Pongrác életéről és zenei munkásságáról részletesen olvashatunk az interneten [3]. Természetesen sok könyv is ismerteti életpályáját és zenei műveit, mi csak azt a dolgozatát ismertetjük, amely a Kacsóh-szakértők és kutatók figyelmét eddig elkerülte.

Az EME *Orvosi-természettudományi Értesítője* alapján három fontos adattal tudjuk kiegészíteni a Kacsóh életrajzot: két fontos dolgozattal, amely a magyar fizikátörténet szempontjából sem lebecsülendő, és azzal a ténnyel, hogy Kacsóh Pongrác rövid ideig az aradi fő-

<sup>1</sup> A régebbi közleményekben Pongrác szerepel, az újabbakban Pongrác.

<sup>2</sup> Farkas Gyula aktív szereplő volt az EME Orvos-természettudományi Szakosztályában, több éven keresztül tisztségeket is vállalt, és a matematikusok között a legtöbbet publikálók között szerepelt. (Farkas Gyula, *Klug Lipót* és *Martin Lajos* köztölték a legtöbb tudományos értekezést az EME szakosztályi értesítőjében, szám szerint 10, 8, 7 dolgozatot.)

Farkas Gyula napjainkban, az 1960-as évektől kezdve lett világhírű, a legidézettebb kolozsvári matematikus, amióta a matematikai és számítógépes programozás világláger lett. A Farkas-lemma lényegében az operációkutatás egyik alappillérenek bizonyult.

<sup>3</sup> E tény már megjelent folyóiratunkban is. Gábos Zoltán: Az erdélyi fizikusok hozzájárulása a magyar tudományhoz. *Fizikai Szemle* 50 (2000) 117.