

Különleges elmék

*Ezt a kötetet
Eszternek, Michele-nek
Matthew-nak és Stephanie-nak
ajánljuk*

Hargittai Balázs
Hargittai Magdolna
Hargittai István

Különleges elmék

Találkozás 111 híres tudóssal

CORVINA

A magyar fordítás az eredeti angol nyelvű kiadás *Great Minds: Reflections of 111 Top Scientists* (Oxford University Press, New York, 2014) nyomán készült.

Fordította: Silberer Vera

A kiadvány a Magyar Tudományos Akadémia támogatásával készült



Szöveg és képek © Hargittai Balázs, Hargittai Magdolna, Hargittai István,
2014

Jelen kiadvány a jogtulajdonos írásos engedélye nélkül sem részben, sem egészben nem másolható, sem elektronikus, sem mechanikai eljárással, ideértve a fénymásolást, számítógépes rögzítést vagy adatbankban való felhasználást is!

Tervezte és tördelte: Kállói Judit

Kiadja 2014-ben a Corvina Kiadó Kft.,
az 1795-ben alapított Magyar Könyvkiadók
és Könyvterjesztők Egyesülésének tagja.



1086 Budapest, Dankó utca 4–8.

E-mail: corvina@lira.hu

www.corvinaikiado.hu

Felelős kiadó: Kúnos László, a Corvina igazgatója

Műszaki vezető: Illyés Éva

ISBN 978 963 13 6236 7

Nyomdai kivitelezés: AduPrint Kft., 2014

Felelős vezető: Tóth Béláné

Tartalom

Előszó a magyar kiadáshoz 7

Előszó 9

ELSŐ RÉSZ • FIZIKUSOK

Zsoresz I. Alfjorov 15 • Philip W. Anderson 18 • Jocelyn Bell Burnell 21 •
Catherine Bréchnac 25 • John H. Conway 29 • Mildred S. Dresselhaus 32 •
Freeman J. Dyson 35 • Jerome I. Friedman 38 • Richard L. Garwin 42 •
Vitalij L. Ginzburg 45 • Donald A. Glaser 48 • Maurice Goldhaber 51 •
David Gross 55 • Antony Hewish 57 • Gerardus 't Hooft 60 •
Wolfgang Ketterle 63 • Kürti Miklós 66 • Benoit B. Mandelbrot 69 •
Rudolf Mössbauer 72 • Yuval Ne'eman 74 • Mark Oliphant 77 •
Wolfgang K. H. Panofsky 79 • Roger Penrose 81 • Arno A. Penzias 84 •
John C. Polkinghorne 87 • David E. Pritchard 90 • Norman F. Ramsey 93 •
Vera C. Rubin 96 • Dan Shechtman 99 • Telegdi Bálint 102 • Teller Ede 105 •
Charles H. Townes 108 • Martinus J. G. Veltman 112 • Steven L. Weinberg 114 •
John A. Wheeler 117 • Frank Wilczek 120 • Kenneth G. Wilson 123

MÁSODIK RÉSZ • KÉMIKUSOK

Herbert C. Brown 129 • Erwin Chargaff 132 • Mildred Cohn 135 •
John W. Cornforth 138 • Donald J. Cram 141 • Paul J. Crutzen 144 •
Johann Deisenhofer 146 • Carl Djerassi 149 • Gertrude B. Elion 153 •
Albert Eschenmoser 156 • Kenichi Fukui 159 • Jelena Galpern 162 •
Darleane C. Hoffman 164 • Roald Hoffmann 167 • Isabella L. Karle 170 •
Jerome Karle 173 • Reiko Kuroda 176 • Yuan Tseh Lee 179 •
Jean-Marie Lehn 182 • William N. Lipscomb 185 • Stephen Mason 188 •
Bruce Merrifield 191 • Oláh György 194 • Linus Pauling 198 •
John C. Polanyi 201 • John A. Pople 203 • George Porter 206 •

Vladimir Prelog 208 • F. Sherwood Rowland 211 • Frederick Sanger 214 •
Glenn T. Seaborg 218 • Nyikolaj Ny. Szemjonov 223 •
Frank H. Westheimer 226 • Ada Yonath 229 • Richard N. Zare 233 •
Ahmed H. Zewail 237

HARMADIK RÉSZ • ORVOSBIOLÓGUSOK

Werner Arber 243 • David Baltimore 246 • Seymour Benzer 249 •
Paul Berg 251 • Baruch S. Blumberg 255 • Sydney Brenner 257 •
Arvid Carlsson 260 • Aaron Ciechanover 264 • Francis H. C. Crick 267 •
D. Carleton Gajdusek 270 • Walter Gilbert 274 • Avram Hershko 276 •
Oleh Hornykiewicz 279 • François Jacob 283 • Aaron Klug 286 •
Arthur Kornberg 290 • Paul C. Lauterbur 293 • Joshua Lederberg 295 •
Rita Levi-Montalcini 298 • Edward B. Lewis 301 • Peter Mansfield 304 •
Maclyn McCarty 307 • Matthew Meselson 309 • César Milstein 312 •
Salvador Moncada 315 • Benno Müller-Hill 318 • Paul Nurse 321 •
Christiane Nüsslein-Volhard 323 • Max F. Perutz 326 •
Frederick C. Robbins 329 • Jens Chr. Skou 332 • Gunther S. Stent 335 •
John E. Sulston 337 • Harold E. Varmus 340 • Alexander Varshavsky 343 •
James D. Watson 346 • Charles Weissmann 350 • Rosalyn S. Yalow 354

A kötetben szereplő személyek 357

Név- és tárgymutató 371

Előszó a magyar kiadáshoz

A huszadik század utolsó és a huszonegyedik század első évtizedében sok interjút készítettünk híres tudósokkal, amelyek egyrészt a *Candid Science* (Őszinte tudomány) című hatkötetes könyvsorozatunkban jelentek meg, másrészt amerikai és nemzetközi tudományos magazinokban, mind angolul. Ezért különösen örülünk annak, hogy az interjúgyűjteményből készített új válogatásunk az angol nyelvű megjelenés után (*Great Minds: Reflections of 111 Top Scientists*) most magyarul is hozzáférhetővé válik. A könyvet széles olvasóközönségnek szánjuk, és azt reméljük, hogy jó fogadtatása lesz.

A könyv kiadását a Magyar Tudományos Akadémia Kémiai Tudományok Osztálya és Könyv- és Folyóirat-kiadó Bizottsága támogatta. Megköszönjük Silberer Vera értő, odaadó és pontos fordítását. Ugyancsak köszönettel tartozunk a Corvina Kiadónak a magyar kiadás gondozásáért.

Loretto, PA és Budapest, 2014. április

Hargittai Balázs, Hargittai Magdolna
és Hargittai István

Előszó

A huszadik század utolsó és a huszonegyedik század első évtizedében több száz beszélgetést rögzítettünk a világ vezető fizikusaival, kémikusaival, az anyagtudomány és az orvosbiológia legkiválóbb képviselőivel. Ezeket a beszélgetéseket teljes terjedelmükben közöltük *Candid Science*¹ (Őszinte tudomány) című hatkötetes könyvsorozatunkban, miután minden egyes esetben beszélgetőpartnereinknek lehetőségük volt a lejegyzett szöveg kijavítására, bővítésére, esetleg rövidítésére, akár több menetben is. Egyes beszélgetések nem a könyvsorozatban, hanem tudományos magazinokban jelentek meg. A hat kötet közel négyezer oldalán olvasható interjúk átfogó képet adtak a tudósok felfedezéseiről, életútjáról, filozófiájáról. Beszélgetőpartnereink között száznál jóval több Nobel-díjas is szerepelt. A „tudományos beszélgetések” elsősorban azok számára voltak érdekesek, akik behatóan akartak foglalkozni a szereplők munkásságával és életük alakulásával. A tudományos lapok recenziói és a kötetek kelen-dősége alapján a *Candid Science* sorozatnak nagyon jó visszhangja volt. Felvetődött azonban, hogy sok olyan olvasó is szívesen megismerkedne ezeknek a beszélgetéseknek egyes vonatkozásaival, akiket nem érdekel a tudományos kutatások összes részlete vagy a kutatók életútjának összes mozzanata. Így született meg a mostani válogatás gondolata.

Ebben a kötetben az olvasó a közel négyezer oldalas *Candid Science* sorozatból kap ízelítőt. A több száz beszélgetés közül 111-re esett a választásunk, de még ezek közül is csak egy-egy olyan részt emeltünk ki, amely szélesebb érdeklődésre számíthat. Így sikerült egyetlen kötetben összeállítanunk ezt a gyűjteményt. Most már a teljesség igénye nélkül, inkább csak bepillantást engedünk a különlegesen kiváló elmék gondolataiba. Tűnhet úgy, hogy részkérdésekre korlátozódunk, de összességében ez a 111 kis fejezet jellemző képet ad azokról a gondolatokról, amelyek a legutóbbi századforduló 111 válogatott elméjét foglalkoztatták. Esetenként igazi tudományt is tartalmaznak ezek a fejezetek, de reményeink szerint nem erőszakolt, hanem szórakoztató módon.

¹ Hargittai, I., Hargittai, M., Hargittai, B., *Candid Science*, I–VI. London, Imperial College Press, 2000–2006.

Széles olvasóközönségnek szánjuk könyvünket azzal a nem titkolt szándékkal, hogy kedvet csináljunk a tudományos tájékozódáshoz. Az emberiség történelme során soha nem volt ennyire fontos, hogy a hétköznapi ember, az egyszerű választópolgár is tájékozott legyen valamennyire tudományos téren, hiszen modern életünk és a demokrácia által biztosított jogok gyakorlása soha nem látott mértékben függ ettől a tájékozottságtól. Ugyanakkor arra is számítunk, hogy a tudományhoz eleve közel állók szintén érdeklődéssel forgatják majd kötetünket, mert a modern tudományban a kutatók csak saját szűk területükön szakemberek, másutt majdnem olyan távolról szemlélik a tudományos fejleményeket, mint bárki más.

A *Candid Science* kötetek kapcsán gyakran megkérdezik tőlünk, hogyan születhetett meg ez az egyedülálló interjúfolyam. Van, aki feltételezi, hogy nagy pénzügyi támogatással. Valójában semmilyen anyagi támogatást nem kaptunk, csupán a természetes kíváncsiság és a családban elhatározott áldozatvállalás mozgatta ezt a munkát, amelyet mindig is hobbinak tekintettünk. Kutatóként és egyetemi oktatóként sohasem díjaztak bennünket különlegesen, de minden alkalmat felhasználtunk arra, hogy híres kollégáinkkal és tőlünk egyre távolabb eső tudományterületek neves képviselőivel is találkozassunk.

Felbecsülhetetlen az az érték, ami ezekből a találkozásokból származott. A számunkra kevésbé ismert területekbe is azok leghivatottabb képviselői vezettek be bennünket. Beszélgetőpartnereink is értékelték azt a lehetőséget, hogy értő és érdeklődő tudományos kutatókkal oszthatják meg gondolataikat, és sokkal jobban megnyíltak előttünk, mint amikor érezhetően felületesen érdeklődő és nem kellőképpen tájékozott kérdezőknek kell nyilatkozniuk. Emiatt még azok közül is többekkel hosszan tartó barátság alakult ki, akiket eredetileg csak az irodalomból ismertünk. Ezért különösen szomorú, hogy egyre többen távoznak el korábbi beszélgetőpartnereink közül.

A mostani kötetbe kerülő anyag kiválogatásakor az volt az egyik célunk, hogy a fizika, a kémia és az orvosbiológia minél szélesebb területeit és minél színesebb művelőit szerepeltessük. Az összeállítás során nem állítottunk fel különösebb kritériumokat. A kötet nagyon egyszerű szerkezetű. Három részre osztottuk a 111 tételt, előbb a fizikusok jelennek meg, majd a kémikusok, végül az orvosbiológia képviselői. Természetesen szerepelnek tudósok a rokon területekről is, és a részek között átfedések is vannak, hiszen a modern tudományban egyre kevésbé lehet megkülönböztetni egymástól a kutatókat tudományterületeik szerint. Minden egyes esetben abszolút kiválóságok szerepelnek, de természetesen sok kiváló név

hiányzik, hiszen még egy ilyen nagy, 111 személyiséget felvonultató válogatás sem törekedhet a teljességre. Azt azért megjegyezzük, hogy noha a szereplők kétharmada Nobel-díjas, a Nobel-díj sohasem volt számunkra meghatározó beszélgetőpartnerreink kiválasztásában; kizárólag a szakmai kiválóság számított. Ezt jól mutatja az is, hogy jó néhány beszélgetőpartnerünk csak később lett Nobel-díjas, esetenként néhány hónappal, máskor néhány évvel a beszélgetést követően. A bemutatott partnerek között valamivel több, mint tíz százalék női tudós, ami nem tűnik soknak, és inkább azt is jelzi, hogy ebből a szempontból még van tennivaló.

Fontos technikai megjegyzés, hogy az eredetileg megjelent beszélgetésekből átvett részek idézőjellel kezdődnek és végződnek. A kérdező szövege mindig dőlt betűs, a válaszolóé álló betűs. Az összeállítás során írt megjegyzéseink szintén dőlt betűsek.

Amint erre már céloztunk, csak az érdekességet és az ismeretterjesztést tekintettük szempontnak az idézett részletek kiválasztásában. Amikor azonban összeállt ennek a kötetnek az anyaga, észrevettük, hogy bizonyos témák gyakrabban fordulnak elő, mint mások. Az egyik ilyen visszatérő téma a mentor szerepe a tudományos kutató pályájának kialakulásában.

Néhány témát most kiemelünk, csak azért, hogy felkeltsük az olvasó érdeklődését:

- Werner Arber felveti, hogy a tudomány veszélyes lehet a földi élet számára.
- Paul Berg, Benno Müller-Hill és James D. Watson azt a szinte tabunak számító kérdést elemzi, hogy milyen kapcsolat áll fenn az intelligencia és a genetika között.
- John W. Cornforth a hallássérült kutatók nehézségeiről vall.
- Francis H. C. Crick úgy látja, hogy a gyógyíthatatlan betegnek jár az élet befejezésének joga.
- Paul J. Crutzen és F. Sherwood Rowland kifejti, hogyan károsíthatja a kémia a Föld légkörét.
- Mildred S. Dresselhaus és Christiane Nüsslein-Volhard a női kutatók nehézségeit érzékelteti.
- Freeman J. Dyson, Vitalij L. Ginzburg, Paul Nurse, Glenn T. Seaborg, Nyikolaj Ny. Szemjonov, Gunther S. Stent és Harold E. Varmus a jövő természettudományáról gondolkodik.
- Gerardus 't Hooft elmondja, miért nem hisz a Földön kívüli értelem létezésében.
- Isabella L. Karle a kiváló amerikai tudomány és a tudományosan tájékozatlan amerikai tömegek paradoxonáról számol be.

- Matthew Meselson a bioterrorizmusról beszél.
- Wolfgang K. H. Panofsky a tudósok társadalmi felelősségére hívja fel a figyelmet.
- Roger Penrose felvázolja, mi lesz a következő lépés a világ megismerésében.
- John C. Polkinghorne és Charles H. Townes a vallás és a tudomány kapcsolatát tárgyalja és így tovább.

Bizonyos témák, történetek kiegészítik egymást a beszélgetéspárokban. Néhány példát erre is említünk:

- Jocelyn Bell Burnell részvétele a pulzárak Nobel-díjat érdemlő felfedezésében (Bell és Hewish),
- a Parkinson-kór korábbi és jövőbeli kutatása (Carlsson és Hornykiewicz),
- a mentor nagyvonalúsága, amely elősegítette volt tanítványa Nobel-díjas felfedezését (Ketterle és Pritchard),
- ellentmondó értelmezések a kvázikristályok természetéről (Pauling és Shechtman),
- a mágneses rezonancia képalkotást (MRI) felfedező kutatók nehézségei pályájuk elindításában (Lauterbur és Mansfield).

A kötet összeállításakor összes korábbi interjúmat újra elolvastuk, és ebben sok örömet leltünk. Felelevenedtek a találkozások várakozásai, izgalmi, élményei. Indokoltnak tartjuk, hogy ismételten megköszönjük interjúalanyaink türelmét, segítőkészségét és önzetlen elkötelezettségét. Köszönettel tartozunk dr. Hargittai Eszternek és dr. Michele R. S. Hargittainak hasznos tanácsaikért. Megköszönjük a Saint Francis Egyetem (Loretto, Pennsylvania), a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem és a Magyar Tudományos Akadémia intézményi segítségét. Ugyancsak megköszönjük Jeremy Lewis szerkesztőnek és az Oxford University Pressnek (New York) a bizalmat és támogatást.

Azt reméljük, hogy a jövő tudósgenerációja és azok a fiatalok, akik a tudományos kutatói pályát választják, nemcsak érdekesnek, hanem hasznosnak is találják ezt a kötetet, hogy bátorítást és biztatást kapnak majd ezekből az olvasmányokból.

Loretto, PA és Budapest, 2013. július

Hargittai Balázs, Hargittai István
és Hargittai Magdolna

Első rész

Fizikusok

Zsoresz I. Alfjorov

*A tudományban mindig Joffe
akadémikus volt a példaképem.*



Zsuzsanna I. Alfjorov feleségével (jobbra) és Hargittai Magdolnával
2001-ben Stockholmban (*Hargittai István felvétele*)

Zsuzsanna I. Alfjorov¹ (1930–) az Orosz Tudományos Akadémia szentpétervári Abram F. Joffe Műszaki–Fizikai Intézetének emeritus igazgatója. 2000-ben megosztott fizikai Nobel-díjat kapott. A díj felét Herbert Kroemerrel, a Santa Barbara-i Kaliforniai Egyetem professzorával nyerte el a nagy sebességű elektronikában és az optoelektronikában használt félvezető heteroszerkezetek kidolgozásáért. A díj másik felét Jack S. Kilbynek, a Texas Instruments munkatársának ítélték oda az integrált áramkör felfedezésében játszott szerepéért. Zsuzsanna Alfjorovval 2001 decemberében beszélgettünk Stockholmban, a Nobel-díj egyhetes centenáriumi ünnepségén.

Zsuzsanna Alfjorov a Szovjetunióban folytatott sikeres kommunikációs technológiai kutatásokat. Az ország ezen a téren nem tartozott a nagyhatalmak közé, vagy ha mégis, elsősorban a katonai alkalmazásokban tűnhetett ki, amelyeket valószínűleg kivétel nélkül titkosítottak. A tudósok alig érintkeztek nyugati kollégáikkal. Alfjorov kutatásait visszavethette volna az elszigeteltség, de ő másképp látta:

¹ Hargittai, M., Hargittai, I., *Candid Science IV: Conversations with Famous Physicists*, London, Imperial College Press, 2004, 602–619.

„Talán eltúlozzuk az elszigeteltséget, amely valóban nagy volt a háború után, egészen az 1950-es évek közepéig. A legfontosabb munkáim azonban az 1960-as évekre estek, és az elszigeteltség – legalábbis a tudományos életben – ekkor már nem tűnt áthatolhatatlannak.

A mi intézetünknek kezdettől fogva voltak nemzetközi kapcsolatai, együttműködései. Abram F. Joffe alapította, rögtön a forradalom után, 1918-ban. Joffe 1921-ben utazott először külföldre a szovjet időkben. Közvetlenül Lenintől kapott pénzt az útra, hogy berendezéseket és szakkönyveket vásároljon. Az intézet épülete 1923-ban készült el, és felszereltsége elérte a kor legjobb európai laboratóriumainak színvonalát. Az 1920-as, 1930-as években aranykorát élte a fizika; a mi intézetünkben is ebben az időben jött el a fizika aranykora. Csupa fiatal dolgozott itt. Az összes szovjet fizikus, aki később híres lett, Joffe köpönyegéből bújt elő. A Nobel-díjas Landau, Kapica és Szemjonov innen indult el. Szemjonov Joffe helyetteseként részt vett az intézet igazgatásában. Nukleárisfegyver-programunk vezetői – Kurcsatov, Alekszandrov, Hariton, Zeldovics – szintén itt szerezték meg az alapokat. A Szovjetunióban a Szocialista Munka Hőse volt a legmagasabb [polgári] kitüntetés. Mindössze hat tudós kapta meg három ízben a nukleáris fegyverek fejlesztéséért, és öten közülük a Joffe-intézetből kerültek ki. Az 1930-as évek közepén az intézet megroggyant, de az 1950-es években új erőre kapott. A nemzetközi együttműködés nagyon erős hagyományokra tekint vissza. Az amerikai és a szovjet fizikusok között még a hidegháború idején is jó volt a kapcsolat. A kormányok mindkét oldalon számos akadályt támasztottak, de ezeket általában legyőztük. Az 1960-as évek végén sokat javult a helyzet. Tudományos folyóirataink többsége – körülbelül hat hónapos késéssel – angolul is megjelent. Részt vettünk a nemzetközi konferenciákon, és külföldi tudósokat hívtunk meg a mi konferenciáinkra.

– *Az »érzékeny« kutatások többségét nem titkosították? A szputnyik, például, meglepetést keltett külföldön.*

– Igen, voltak titkos munkák is; a nukleáris fegyverek, a műholdak és a nukleáris fegyvereket hordozó rakéták fejlesztésekor kifejezetten titkos tevékenységet folytattunk. De az 1950-es évek végétől, az 1960-as évek elejétől a Tudományos Akadémia több intézetében is fokozatosan visszaszorult a titkos kutatás. Nobel-díjasaink jórészt fizikusok; mindannyian a moszkvai Lebegyev-intézetben, a leningrádi Joffe-intézetben és persze Kapica Fizikai Problémák Intézetében dolgoztak, ami egyáltalán nem véletlen, mert ezek rendkívül sokrétűek voltak: a fizika összes modern ágát művelték, kezdettől fogva. A háború előtt szabadon

kutattak, és kiváló külföldi partnerekkel működtek együtt. Később számos kutatójuk részt vett a nukleáris fegyverek fejlesztésében. Néhányuk elhagyta a Lebegyev-intézetet vagy a Joffe-intézetet, és a nukleárisfegyver-program új, titkos központjának vezetője lett. Az 1950-es évek végétől a Joffe- és a Lebegyev-intézetben már jelentéktelen szerepet játszott a titkos kutatás. Amikor a Joffe-intézetbe kerültem, és a félvezető-technológián dolgoztam, titkosították a munkámat. 1955–56-tól néha részt vettem korábbi eredményeim egy-két alkalmazásának titkos kutatásában, de lényegében minden kutatásom nyilvánosan folyt és az eredményeimet publikálhattam. 1960-ban kezdtem nemzetközi konferenciákra járni, és nem voltam egyedül: rengeteg fiatal tudós ment el az 1960-as prágai félvezető fizikai konferenciára. A szovjet delegáció hetven főből állt, többségében fiatal, harminc év körüli kutatókból.”²

Megkértük Zsoresz Alfjorovot, hogy hasonlítsa össze a szovjet és a posztszovjet orosz rendszer tudományos életét.

„Határozottan rosszabbodtak a körülmények. A mostani rendszer sokkal bürokratikusabb, mint a korábbi. A demokráciának kétségtelenül vannak értékei. Bármiről beszélhetünk. De ez roppant bürokratikus rendszer, és sok fontos dolog azoknak a kezébe került, akiket oligarcháknak hívunk. Az egész gazdaság büdzséje csökkent a jól ismert »árnyékgazdaság« és a nemzetgazdaságban megjelenő tolvajok miatt. A tudomány azelőtt nagyobb rangot és fontosabb szerepet kapott, mint ma. Ez a fontosság nagymértékben, de nem kizárólag, a védelmi kutatásból eredt. Tréfásan azt szoktam mondani, hogy régen a személyek vagy a szervezetek relatív fontosságát abból lehetett megítélni, hogy milyen sorrendben követik egymást a nevek a nekrológok végén. Az első aláírássok mindig az SZKP Politbürojának tagjaitól származtak, őket közvetlenül a Szovjet Tudományos Akadémia elnöke követte. Csak ezután jöttek a miniszterelnök-helyettesek és a többiek. Ma már nem így van. Csökken a tudomány relatív fontossága.”³

² 604–605.

³ 617–618.

Philip W. Anderson

*A tudomány nem pusztán evolúciós fa;
az ágak egymásba fonódnak, összekapcsolódnak.*

(Anderson Steven Weinberget idézi.)



Philip W. Anderson¹ (1923–) Indianapolisban született, az Egyesült Államokban. A Harvard Egyetemen tanult, minden fokozatát ott szerezte. Pályafutása során dolgozott az Egyesült Államok Haditengerészeti Kutatólaboratóriumában, a Bell Laboratóriumokban és a Cambridge-i Egyetemen (részmunkaidőben). 1975 óta a Princetoni Egyetem professzora. Fizikai tudása széles körű; elsősorban a kondenzált anyagok fizikája foglalkoztatja. 1977-ben megosztott fizikai Nobel-díjat kapott Nevill F. Mott-tal és John H. Van Vleckkel a mágneses és rendezetlen rendszerek elektronszerkezetének alapvető elméleti vizsgálatáért.

Philip W. Anderson 1999-ben a Princetoni Egyetemen
(Hargittai István felvétele)

Philip Anderson hevesen ellenezte Reagan elnök stratégiai védelmi kezdeményezését (csillagháborús tervét), és bírálta Teller Edét a hidrogénbomba fejlesztésében játszott szerepe miatt. Azt azonban nem ítélte el, hogy az amerikaiak atombombákkal vetettek véget a második világháborúnak.

„Nem tartozom azok közé, akiket lelkiismeret-furdalás gyötör a bombák miatt. Az viszont befolyásol, hogy tudtam valamit, amit az amerikaiak többsége nem tud: Japánban, az ottani barátaimtól hallottam a tűzbombázásról. Tokió tűzbombázása csaknem tömeggyilkosság volt: annyi embert elpusztított, hogy még az atombombáknál is iszonyatosabbnak gondolom. De tudtam Nankingról is, és nem értem, miért olyan kevés amerikai hallott róla. A nankingi mészárlás, a japánok kínai és koreai rémtettei embertelenek, elképesztően kegyetlenek voltak. Nem hinném, hogy fel kellene »panaszolnom« az atombombákat. És nem érzek részvétet a németek iránt Drezda miatt. Igaza van a régi

¹ *Candid Science IV*, 586–601.

mondásnak: aki szelet vet, vihart arat. A németekkel és a japánokkal pontosan ez történt. A bombák nem hagytak bennük kétséget afelől, hogy vereséget szenvedtek.”²

Beszélgetésünk következő részlete a vallás és a tudomány kapcsolatát érintette.

„– Egyes tanulmányok – sikeres könyvek is vannak közöttük – összekapcsolják a tudományt és a vallást. Azt is feltételezik, hogy a természet kvantummechanikai leírásának igénye az isteni valóság megnyilvánulása. Természetesen nem szeretném megbántani, ha vallásos.

– Egyáltalán nem vagyok vallásos; ateista vagyok – és helytelenítem, amikor vallásos értelmet próbálnak tulajdonítani a tudománynak. Inkább az bosszant kicsit, hogy szóba hozta a vallást. Ezekben a kérdésekben [Steven] Weinberget tartom mértékadónak. Arról viszont nagyon szívesen beszélgetek, hogy miért tűnik sokak számára felfoghatatlannak a kvantummechanika. A problémának ismeretelméleti és szemantikai oka van: mit is kell tulajdonképpen megértenünk? Ha a megértésre törekszünk, támaszkodnunk kell az intuíciónkra. Agyunk a háromdimenziós – kauzális és tárgyakkal teli – világ érzékelésére van felkészülve. Ezt a világot közvetlenül fel tudjuk fogni. A valóság azonban nem feltétlenül ebben az egyetlen struktúrában jelenhet meg. De ez az egyetlen olyan struktúra, amelyet intuitíve meg tudunk ragadni. A kvantummechanika nem tárgyakkal foglalkozik, hanem terekkel; és – hála istennek – még három dimenzióban, de akár harminchárom dimenzióban is megtehetné. Abban a pillanatban, amikor megértjük, hogy a világ működését nem feltétlenül az egymástól megkülönböztethető tárgyakkal lehet csak leírni, a kvantummechanika az általa kezelt dolgok tökéletesen determinisztikus elmélete lesz.

– *Miért nem beszélnek erről többet?*

– Részben azért, mert még a fizikusok többsége sem érti a kvantummechanikát. A szimmetriasértés jól példázza, hogyan válik el a kvantummechanika a mindennapi valóságtól. A kvantummechanika azt mondja nekünk, hogy a szimmetrikus rendszer összes sajátállapota a rendszer szimmetriáját veszi fel. De a körülöttünk levő tárgyak, például egy ceruza, nem képviselnek kvantummechanikai sajátállapotokat. Egyetlen makroszkopikus tárgy sem lehet kvantummechanikai sajátállapot, mert a makroszkopikus tárgyak határozott irányban és helyen

² 594–595.

találhatók, és a sajátállapotok bonyolult keverékei. Ezek a tárgyak nem mozognak, nem változnak folyton, ezért sajátállapotaik rettenetesen degeneráltak, ez pedig a szimmetriasértés jelensége. Nem is a mikroszkopikus objektum, például a kölcsönhatásba lépő elektron viselkedése a bonyolult, hanem annak a makroszkopikus berendezésnek a kvantummechanikai leírása, amellyel ezt a viselkedést mérjük.”³

Az interjú végén a fizika jövőjéről kérdeztük Philip Andersont.

„Szeretném, ha a fizika a komplexitással, a geofizikával, a kozmológiával és az asztrofizikával, de mindenekelőtt a biológiával keresne kapcsolatokat. Nemrégiben olvastam Ed Wilson *Consilience*⁴ című könyvét, amely nem azért hatott rám annyira, mert sok újat tanultam belőle, hanem mert rezonál a gondolataimmal. Wilson abból az elképzelésből indul ki, hogy a világ permanens fejlődés közepette működik. Elemezhetjük egyre mélyebbre nyúlva – az anyag minél kisebb részeit tanulmányozva, a biológia molekuláris szintű szerveződését vizsgálva. De másképp is megnézhetjük, hogyan bontakozik ki a komplex világ az egyszerű világból. Nagyon régen írtam egy cikket »A több nem ugyanaz« címmel arról, hogy amikor különböző dolgokat összerakunk, több keletkezik a pusztá összegüknél. Ezt tapasztaljuk például, ha az atomoktól a molekulákon át a szilárd testekig haladunk.

Azt is látnunk kell, hogy minden összeér. Ed Wilson ezt »consilience«-nek (egybecsengésnek) nevezi, én »a tudomány láthatatlan hálója« kifejezést használom: az intellektuális kapcsolatok az összes tudományterületet egybeolvasztják. Hihetetlenül izgalmas ezeknek a kapcsolatoknak a megkeresése. Steve Weinberg mondta nemrég, hogy a tudomány nem pusztán evolúciós fa; az ágak egymásba fonódnak, összekapcsolódnak. Ha ez igaz, a fizika nem halott, mert a fizika az a tudomány, amely szinte mindennel érintkezik.”⁵

³ 597–598.

⁴ Magyarul: Edward O. Wilson: *Minden egybecseng. Az emberi tudás egysége*. Typotex, 2003.

⁵ *Candid Science IV*, 600.

Jocelyn Bell Burnell

*Nobel-díj nélkül is
kitűnően elboldogulok.*



Jocelyn Bell Burnell¹ (1943–) az egyik leghíresebb kutató azok között, akik érdemesek lettek volna a Nobel-díjra, de nem kapták meg. Belfastban, Észak-Írországban született, doktori tanulmányait Antony Hewishnál folytatta, a Cambridge-i Egyetemen. Nagymértékben hozzájárult a pulzárak felfedezéséhez. 1974-ben Antony Hewish Nobel-díjat kapott a pulzárak felfedezésében játszott meghatározó szerepéért. Sokan gondolták úgy, hogy Jocelyn Bell is rászolgált a díjra. A Princetoni Egyetemen beszélgettünk 2000-ben, amikor vendégprofesszorként dolgozott a fizika tanszéken.

Jocelyn Bell Burnell 2000-ben a Princetoni Egyetemen
(Hargittai Magdolna felvétele)

Jocelyn Bell így írta le a pulzárak felfedezését:

„... a véletlen műve, hiszen azelőtt senki sem hallott még a pulzárokról. A szó szoros értelmében elképzelhetetlenek voltak. A kvazárokat tanulmányoztam; ezek a világegyetem nagyon távoli objektumai. A következő hasonlat talán jól érzékelteti a szituációt: Mondjuk, a naplementéről akarunk videofelvételt készíteni egy ideális pontból, ahonnan csodálatosan látszik a hanyatló Nap. Egyszer csak jön egy autó, leáll előttünk, villognak a vészjelző lámpái – persze tönkreteszi a felvételünket. Ilyesmi történt velünk is. Az univerzum néhány legtávolabbi objektumát vizsgáltuk, de felbukkant egy furcsa jel. Kiderült, hogy pulzártól származik, de addig még sok minden történt. Először a berendezésünk hibájára gyanakodtunk. Aztán arra, hogy valamilyen zajt detektálunk; rengeteg hibaforrás jutott az eszünkbe. Csak akkor kezdtünk reménykedni abban, hogy csillagokkal, természetes objektumokkal lehet dolgozni, amikor a második jelet is megtaláltam.”²

¹ *Candid Science IV*, 638–655.

² 641.



Jocelyn Bell azzal a rádióteleszkóppal, amellyel a pulzárokból érkező jeleket észlelték az 1960-as évek közepén Cambridge-ben (*J. Bell Burnell szíveségéből*)

Először LGM-nek, „little green men”-nek (zöld emberkéknek) nevezték őket.

„Ezzel csak tréfálkoztunk. De a rádiócsillagászok tudják, hogy ha vannak értelmes lények, zöld emberkék a világűrben, akkor valószínűleg ők – a rádiócsillagászok – észlelik majd először a jeleiket. Számos SETI-kutatásnak ez az alapja.³ De a zöld emberkék detektálásának borzasztó kicsi az esélye, ezért nem is hittünk benne komolyan. És amikor megtaláltam a második, majd a harmadik és a negyedik jelet, az emberkék minden esélyüket elvesztették, én pedig fellélegeztem.”⁴

Mit nevezünk pulzárnak?

„Másik neve is van: neutroncsillag, mert főként neutronokból áll. Rendkívül tömör, emiatt óriási a sűrűsége. Ezermillió-millió-millió-millió tonnányi anyag van egy körülbelül tíz kilométer sugarú labdában – nagyjából ugyanannyi, mint a Napban. Ezért a pulzár sűrűsége

³ SETI – search for extraterrestrial intelligence – a Földön kívüli értelem keresése.

⁴ *Candid Science IV*, 641.

többé-kevésbé akkora, mint az atommagé. Különleges objektum, a tulajdonságai is azok. A „mi pulzárjainknak” valószínűleg nagyon erős mágneses terük van. Úgy gondoljuk, hogy a neutroncsillag mágneses pólusainál rádióhullám-sugár képződik – mintha egy világítótoronyból indulna ki fény. A mágneses pólusok nem esnek egybe a földrajzi pólusokkal, ahogy a Földön sem. A Föld északi mágneses pólusa Észak-Kanadában van. A neutroncsillagon még nagyobb lehet a két pólus közötti különbség – olyan, mintha például Texasban lenne a Föld mágneses pólusa. A csillag forgása közben a mágneses pólusból kiinduló sugár úgy pásztázza az eget, mint a világítótorony fénye a tengert. Amikor a rádiófrekvenciás sugár áthalad a Föld fölött, detektálhatunk egy impulzust, így végül szabályosan ismétlődő impulzusok sorozatához jutunk. A pulzár a Pulsating Radio Star (pulzáló rádiócsillag) rövidítése; az elnevezés erre a viselkedésre utal.”⁵

Az 1974-es Nobel-díjról ezt mondta Jocelyn Bell:

„A Nobel-díjat harminc éve ítélték oda, amikor még élt az a felfogás, hogy a tudomány a »nagy emberek« dolga (és emberek alatt férfiakat értettek). Ezek a nagy emberek asszisztenseket tartottak, akik sokkal alacsonyabb rendűek és butábbak voltak náluk, nem vártak tőlük gondolatokat, csak az utasításukat kellett végrehajtaniuk. Talán így folyt a kutatás száz évvel ezelőtt vagy még néhány évtizede is. Az utóbbi harminc évben azonban rájöttünk, hogy a kutatás inkább csapatmunka, amely rengeteg ember ötletéből, elgondolásából táplálkozik. De akkor, amikor a Nobel-díjról döntöttek, még azt hitték, hogy a tudomány a nagy emberek privilégiuma, és a díjak – minden díj – odaítélése ehhez a képhez igazodott. Abban az időben nem ismertük még fel a kutatás csapatmunka jellegét.”⁶

Akkor így gondolkozott a Nobel-díjról:

„Nagyon örültem, jórészt »politikai okokból«. Stratéga vagyok, politikus alkat. Ekkor adtak először fizikai Nobel-díjat csillagászati felfedezésért. Természetesen nincs külön csillagászati Nobel-díj, és hozzánk a fizika áll a legközelebb. Azon talán lehet vitatkozni, hogy a csillagászok is kaphatnak-e fizikai díjat. Mindenesetre ekkor jelezték először világo-

⁵ 642–643.

⁶ 652.

san, hogy igenis kaphatnak, és ez hihetetlenül fontos volt. Egy sor ajtót kinyitott előttünk. Ezt azonnal láttam, és ennek borzasztóan örültem.

– *Nem jutott eszébe, hogy önnek szintén »járna« a díj?*

– Elégedett voltam. Aztán rájöttem, hogy Nobel-díj nélkül is kitűnően elboldogulok, anélkül is élvezhetem az életet. És rengeteg egyéb díjat kaptam.⁷

Jocelyn Bell és elmaradt Nobel-díjának története később lábjegyzettel egészült ki. 1993-ban Joseph Taylor professzor és korábbi doktorandusza, Russell Hulse fizikai Nobel-díjat kapott egy új típusú pulzár felfedezéséért. Jocelyn Bellt meghívták a díjátadó ünnepségre (1974-ben nem volt jelen). Egyszer csak Anders Bárány, a fizikai bizottság titkára félrevonta őt, és kijelentette, hogy 1974-ben neki is meg kellett volna kapnia a Nobel-díjat. Ezután Bárány Jocelyn Bellnek adta az érme egyik kisméretű másolatát, amely addig az övé volt, és azt mondta: „Ez a legtöbb, amit tehetek.”⁸

⁷ 653.

⁸ Hargittai István: *Út Stockholmba. Tudósok és Nobel-díjak*. Budapest, Galenus, 2004. 271.

Catherine Bréchnignac

Miután kineveztek, egész egyszerűen be kellett bizonyítanom, hogy mindenkinél – minden férfinál és nőnél – alkalmasabb vagyok erre a munkára.



Catherine Bréchnignac¹ (1946–) Párizsban született. 1977-ben fizikából szerzett PhD-fokozatot a Paris-Sud Egyetemen. 1971 óta az Aime Cotton Laboratóriumban dolgozik, Orsayben, 1989 és 1995 között ő irányította a laboratóriumot. 1997 és 2000 között a Francia Országos Tudományos Kutatási Központ (CNRS) főigazgatója volt, 2006 és 2010 között a CNRS elnöki tisztét töltötte be. Tevékenységének egyik elismeréseként megválasztották a Francia Tudományos Akadémia tagjának, jelenleg az Akadémia állandó titkára. Orsayi dolgozósobájában beszélgettünk, 2000-ben.

Catherine Bréchnignac 2000-ben Orsayban
(Hargittai Magdolna felvétele)

Catherine Bréchnignac különös okból döntött a fizika mellett egyetemi tanulmányai során.

„Kezdetben a matematika érdekelt, mert nem kellett vele sokat babrálni – logikusnak tartottam és jól ment. A francia irodalom volt a másik kedvencem: egyenesen rajongtam érte. Ezt a kettőt szerettem: a matematikát és az olvasást.

A természettudományok csak később jöttek. Az École Normale matematika szakán kezdtem meg az egyetemi tanulmányokat, de végül a fizikánál kötöttem ki. Nehéz megmondani, miért – talán azért, mert a fizikusokat kedveltem a leginkább az ismerős diákok közül; könnyebben barátkoztak, mint a többiek, az ő társaságukban éreztem magam a legjobban. A választásomnak csak emberi okai voltak, a tudomány egyáltalán nem játszott benne szerepet. Aztán úgy döntöttem, megpróbálkozom a kutatással, és PhD-tanulmányokat folytattam fizikából.

¹ *Candid Science IV*, 570–585.

Mire megszereztem a PhD-fokozatomat, már nagyon izgalmasnak találtam a kutatást. Tudtam, hogy ezt akarom csinálni.”²

Elsősorban a fémklasztereket tanulmányozta.

„A klaszterek képviselik a nanovilág »előszobáját«. Ha megnöveljük a méretüket, a gáz és a szilárd fázis közötti hídként is elképzelhetjük őket. Mivel azonban a kicsi különbözik a nagytól, a klaszterek tulajdonságait még annak ellenére sem ismerjük, hogy a szilárd anyagokéval már többnyire tisztában vagyunk. Ezért úgy döntöttem, hogy belépek erre a »terra incognitá«-ra, és a klasztereket fogom vizsgálni: a kutatás igazi kalandnak bizonyult.”³

A fémklaszterek bontása során felfedezték a szabad fémklaszterek „Coulomb-hasítását”.

„Egy kis cseppet például úgy készíthetünk hasadásra, hogy elektromosan feltöltjük. Rayleigh a vízcseppek stabilitásának tanulmányozásakor, 1872-ben felfedezte – és azóta általánosan elfogadottá vált –, hogy a többszörösen töltött kis részecskék nem stabilak egy kritikus méret alatt, mert a pozitív töltések közötti Coulomb-taszítás energiája nagyobb, mint a részecskét összetartó energia. A hasadás mechanizmusáról és a kis klaszterek disszociációs mechanizmusáról viszont még keveset tudtak, amikor belefogtunk a kutatásba. Speciális berendezést állítottunk össze, amelyben két repülési időt mérő tömegspektrométert alkalmaztunk soros kapcsolásban. Az elsővel adott méretű, kétszeresen töltött nátriumklasztereket választottunk ki, a másodikkal a hasadási termékeket követtük nyomon. Kimutattuk, hogy az a kritikus méret, amely alatt a többszörösen töltött klaszterek tömegspektrometriás módszerrel már nem figyelhető meg, erősen függ a klaszterképződés módjától. Megállapítottuk, hogy a magas hőmérsékletű klaszterek esetében az atomok párolgása verseng a Coulomb-hasítással, aminek eredményeként két, egyszeresen töltött fragmens keletkezik. A hideg klaszterek esetében mindig a hasadás dominál. A hasadási termékek a Coulomb-energia és a felületi energia arányától függnék.

² 571–572.

³ 572.

Nem tudtuk, hogy a fémklaszterek az atommagokhoz hasonlóan viselkednek-e, de kiderült, hogy igen, és az a modell, amelyik leírja az instabil atommagok hasadását, a fémklaszterek Coulomb-hasadásának leírására is alkalmazható. Sőt, a klaszterek bizonyos szempontból »rugalmasabbak«, mert – az atommagoktól eltérően – egymástól függetlenül változtathatjuk a töltésüket és a tömegüket.”⁴

... Ma nagy fantáziát látunk abban, hogy a komponensek nanométeres szintű szabályozásával állítsunk elő anyagokat, eszközöket vagy rendszereket. A miniaturizálás a technológia egyik hajtóereje. A klaszterek kutatásának több aspektusa is van. A különálló klaszter egy kis véges rendszer prototípusának tekinthető, és kiválóan megfelel a skálátörvények vizsgálatára. Ha pedig kölcsönhatásba lép, a bonyolultabb rendszerek elemi építőköveként foghatjuk fel. A klaszter építőköveknek az az egyik nagy előnyük, hogy önmagukban is kompozit rendszerek lehetnek.”⁵

Catherine Bréchignac férje, Philippe Bréchignac szintén fizikus.

„A férjem mindig sokat segít, és sikerre ösztönöz. Tudja, hogy akkor érzem magam a legjobban, amikor dolgozom, és hogy élvezem a kutatásaimat. Nagyon toleráns és megértő. Nem panaszkodik, ha későn érek haza, ha nincs kész a vacsora, éppen ellenkezőleg: igyekszik megkönnyíteni a dolgom. Persze, van segítségünk a háztartásban, mert mindketten gyakran vagyunk távol. De néha azt mondja, ami sok, az sok, és akkor kitalálunk valami közös programot.”

Catherine Bréchignac a Tudományos Akadémia tagja, a férje nem.

„Nagyon büszke volt, amikor megválasztottak; láttam a szemén. Az életünk azonban nem a szakmai sikerre épül. Arra törekszünk, hogy a magánéletünket különválasszuk a munkánktól, és nem akarunk versenyezni. Nemrégiben mégis együtt dolgoztunk, két közös cikket is írtunk. Azelőtt megpróbáltam elkerülni az ilyen közös kutatást. De meg kellene kérdeznie erről az ő véleményét is, bár nem hiszem, hogy sokat rágódik rajta.

⁴ 575.

⁵ 576.

– *Az akadémiai tagsága és az összes elismerése kizárólag a tudományos eredményeinek szól, vagy talán annak is, hogy nő?*

– Persze, az is belejátszik. Bár a tudományos elismerés esetében nem tudom, de nem hinném. A CNRS főigazgatójának viszont kifejezetten azért neveztek ki, mert nő vagyok. Természetesen értékelik a tudományos eredményeimet, jól vezettem a labort, korábban pedig a CNRS Fizikai Osztályát – és a politikusok szívesen büszkélkednek az-
zal, hogy mennyire odafigyelnek a kisebbségekre.

– *Zavarta?*

– Cseppet sem. Úgy döntöttem, nincs ezzel semmi baj, de miután kineveztek, egész egyszerűen be kellett bizonyítanom, hogy mindenkinél – minden férfinál és nőnél – alkalmasabb vagyok erre a munkára.”⁶

⁶ 577–579.

John H. Conway

A matematika világa következetes.



John H. Conway¹ (1937–) Liverpoolban született. Az alkalmazott és számítási matematika John von Neumann-professzora a Princetoni Egyetemen és a Royal Society tagja. A matematika számos ágát műveli. A szimmetriaelv alkalmazásában elért eredményei révén a kötet jó néhány tudósával van rokon kutatási területe. 1999-ben hosszan beszélgettünk az Aucklandi Egyetemen, Új-Zélandon, amikor ketten (HI és HM) ugyanakkor voltunk ott vendégprofesszorok, mint John Conway.

John H. Conway 1999-ben Aucklandben
(*Hargittai István felvétele*)

Beszélgetésünk végén John Conway a matematikai felfedezés természetéről mondta a következőket, miután megkérdeztük tőle, van-e kedve tanulságképpen megfogalmazni néhány gondolatot.

„Szívesen elmondom, milyennek látom a matematikai felfedezést. Az ember ide-oda kóborol, mintha egy nagyon szép, idegen városban járna. Befordul egy sarkon, és nem tudja, jobbra vagy balra menjen-e tovább. Egy ideig téblábol, aztán véletlenül rátalál a helyes útra, és már tudja, hogy a palotához vezető lépcsőkhöz ért. Pazar épületet lát maga előtt, pedig nem is sejtette, hogy palotának kell ott állnia. Egy matematikai struktúra felfedezése gyönyörűséggel tölti el az embert. Ezt hihetetlen intenzitással éltem át, amikor felfedeztem a szürreális számokat. Fogalmam sem volt róla, hogy oda fogok kilyukadni. Arról sem, hogy mit csinálok. Azt hittem, hogy a játékokat tanulmányozom, és hirtelen rátaláltam a számoknak erre a végtelen világára. Lélegzetelállítóan egyszerű struktúra jelent meg előttem: egészen elvesztem a csodálatában,

¹ Hargittai, B., Hargittai, I., *Candid Science V: Conversations with Famous Scientists*, London, Imperial College Press, 2005, 16–35.

aztán meg a magam csodálatában, amiért rátaláltam. Rettenetesen örültem neki. Nagyjából hat hétig álomvilágban éltem. És mi következett ezután? Hiába próbálom átadni ezt a tapasztalatot másoknak. Megpróbálok beszélni róla, megpróbálok megmutatni, hogy milyen csodálatos, milyen elképesztő – hova juthatunk el valami másnak a vizsgálatából. Engem egyfolytában lenyűgöz a matematika, ahogy megragadhatjuk a bámulatos matematikai világot, amely biztosan nem fizikai úton keletkezik, nem olyan, mint ezek a betonépületek vagy fák. Egyetlen matematikus sem hiszi, hogy a matematikai világot feltalálták. Mindannyian úgy gondoljuk, hogy felfedezték. Ez bizonyos platonizmusra utal, arra a felfogásra, hogy létezik az ideák világa. Amiben azért nem hiszek. Semmit sem értek. Állandóan foglalkoztat, hogy milyen az a matematikai világ, amit tanulmányozunk. Hosszú éveig vizsgáljuk, és semmit sem tudunk róla. Elképesztő, hogy csak ülök egy szinte üres szobában, és találok egy világot. Ez a világ gazdag, váratlan tulajdonságai vannak, és nem tudjuk, mire bukkanunk legközelebb. Befordulunk egy sarkon, s talán egy palotához vezető lépcsőn találjuk magunkat – vagy sem.

Hogyan lehetséges mindez? Képtelen vagyok felfogni. Nem értem, mit jelent. Nem tudom, hogy van-e egyáltalán ilyen absztrakt világ. Arra hajlok, hogy nincs, és becsapjuk magunkat.

Régebben úgy gondoltuk, a Föld lapos – képtelenségnek tűnt a gömbölyű forma. Csak néhány nagyon fájdalmas jelenség kényszerített bennünket arra, hogy higgyünk a Föld többé-kevésbé gömb alakjában. A természettudományokban egyre azt tapasztaljuk, hogy az igazság még csak nem is olyan lehetőség, amelyen elgondolkozunk, aztán elvetjük. Hanem olyan lehetőség, amelyen el sem gondolkozunk, mert olyan nyilvánvaló képtelenség.

A matematikában kicsit később kezdődött a fejlődés, de ugyanez történt például a Gödel-tétellel. Amit igazságnak hittünk, az csak az igazság egyfajta közelítése volt. A newtoni dinamika a relativisztikus dinamika közelítése, és nagy sebességeken, nagy energiákon nem írja le jól a jelenségeket; de nagyon kis méretek mellett sem működik jól a kvantumelmélet szerint. A matematikában azt hisszük, hogy végtelenül sok egész számunk van. De például minden olyan elképzelés, amelyik a tetszőlegesen távoli dolgok természetére vonatkozik, a fizikában hamisnak bizonyul. Ezért azt gondolom, hogy a matematikában is az. Szerintem rájövünk majd, hogy valami nincs rendben az egész számokkal, és akkor a klasszikus egész szám csak közelítés lesz. Sokat gondolkozom ezen. Nem igazán hiszek a mesterséges matematikai világban. Van

benne valami csodálatos következetesség: gondolok valahogy valamire; valaki más másképpen is gondolhat rá, de mindketten ugyanarra a következtetésre jutunk. Ha nem, akkor biztosan hibáztunk – legalábbis eddig így volt. De nem értem, miért kellene ennek a következetességnek fennállnia egy olyan világban, amelynek a létezésében nem igazán hiszek. Olyan ez, mint valami mese, de a mesének nem kell következetesnek lennie, mert emberi találmány. A matematika világa azonban következetes, és nem értem, mi az isten lehet, de nem természetfölötti erők játékára gondolok. Nem vagyok vallásos.”²

² 33–35.

Mildred S. Dresselhaus

*A nőkkel sok rossz dolog történik,
de ezzel együtt kell élniük és közben dolgozniuk.*



Mildred S. Dresselhaus 2002-ben a Massachusettsi Műszaki Egyetemen (*Hargittai Magdolna felvétele*)

Mildred S. Dresselhaus¹ Mildred Spiewakként született 1930-ban Brooklynban. Fizika- és villamosmérnök-professzor, emerita, a Massachusettsi Műszaki Egyetem (MIT) kiemelt professzora. A Hunter College-ban kezdte meg tanulmányait, a Harvard Egyetemen szerzett master fokozatot. Doktori disszertációját a Chicagói Egyetemen írta, posztdoktori éveit a Cornell Egyetemen dolgozott férjével, Eugene Dresselhaussal, aki szintén fizikus. Mildred Dresselhaus egész pályája során az anyagok tulajdonságait kutatta. Mindig az élvonalban volt az anyagtudomány, de különösen a szénttudomány felfedezéseinek születésekor.

Mildrednek és Eugene-nek négy gyermeke van. Mildred Dresselhaus nagyon aktív a szakmai közéletben. Az Egyesült Államok legtöbb kitüntetéssel elismert tudósainak egyike. Az Amerikai Nemzeti Tudományos Akadémia tagja, a Nemzeti Tudományos Érem tulajdonosa. 2002-ben beszélgettünk dolgozószobájában, az MIT-n.

Mildred Dresselhaus sokat tesz a női egyenjogúság elismertetéséért. Pályája kezdetén, 1958-ban, mérnökhallgatóknak tartott főkollégiumi előadásokat az elektromágnesség elméletéről a Cornell Egyetemen. Akkoriban ez rendhagyó volt.

„Azért kerültem a katedrára, mert a tárgyat meghirdető professzor a szemeszter első hetében távozott, és senkit sem találtak helyette. Én jelentkeztem, hogy fizetés nélkül is vállalom a tanítást, mert volt ösztöndíjam. Ettől aztán felbolydult az egész kar. Egy héten át naponta ülészetek: nem arról tárgyaltak, hogy eleget tudok-e, hanem arról, hogy mit kezdenek a fiatalemberek egy fiatal nővel. Az elektromágnesség elméletében már jártas voltam. A hallgatók között egyetlen nő sem akadt. Az

¹ *Candid Science IV*, 546–569.

idősebb egyetemi kollégák nehezen emésztették meg, hogy egy fiatal nő is taníthat fiatal férfiakat. Valószínűleg azért bólintottak rá, mert férjem és gyermekem is volt már. Sosem tudtam meg, pontosan mi zajlott a zárt ajtók mögött. Végül megtarthattam az előadásaimat, és minden nagyon jól sikerült. Még évek múlva is megszólítottak azok a diákok, akik az előadásaimra jártak, mert emlékeztek rám – ez a kollégium különbözött a többitől. Ilyenkor azt is elmondták, hogy milyen sokat tanultak az óráimon.

Jóval később az Amerikai Nemzeti Tudományos Akadémia kincstárnoka voltam, ami nagyon fontos pozíció Washingtonban. Az Akadémia igazgatótanácsa az előadóteremben ülésezett. Az egyik előadó az országos aeronautikai és légkörkutató intézetből érkezett. A terembe lépve sok-sok év után is felismert, és azzal kezdte a hozzászólását, hogy hadd mondja el, amire már régóta készül: nagyon sokat köszönhet az előadásaimnak. Fantasztikus bevezetés volt, én pedig szörnyen zavarba jöttem. Az emberek értékelik, ha egy tanár a szokásosnál többet ad, nem csak a kötelességét teljesíti.

Az MIT-n nagyon megbecsültek. Öt évvel az után, hogy a karra kerültem, kineveztek a villamosmérnöki tanszék társtanszékvezetőjének. Mind a hatvanhat kollégám férfi volt. Számos alkalmam nyílt vezetői pozíció betöltésére, és sohasem éreztem, hogy az embereket nagyon izgatná a női mivoltom. Ez az egyik jó oldala a tudománynak, a fizikának, a mérnöki tudománynak: itt létezik egyfajta norma, a teljesítmény objektívebben mérhető, mint más területeken. Megfigyeltem, hogy a fizika sokkal »macsőbb« szakma, mint a kémia, legalábbis az Egyesült Államokban – de ha egy nő jól teljesít, akkor elfogadják. Nehéz volt áttörni a falon, és most is az. Nézzen csak körül, nagyon kevés nőnek van PhD-je fizikából, tizenöt százalék lehet az arányuk. Az összes többi tudományág példája további lépésekre ösztönöz bennünket. Az amerikai fizikusok közül általában ugyanannyi nő szerez PhD-t, ahány férfi. Tehát nem az a baj, hogy a nők nem akarnak magasabb szintű tanulmányokat folytatni, de néhány tudományágot messze elkerülnek. Egyes te-



Mildred S. Dresselhaus 1960 körül a Cornell Egyetemen (Mildred S. Dresselhaus szívességéből)

rületek nem vonzzák a nőket, és nemcsak a tárgyuk, hanem – azt hiszem – szociológiai okok miatt sem. A fizikához nagyon közeli diszciplínákban, az anyagtudományban és a kémiában, arányosan, több mint kétszer annyi a nők száma.”²

Női példaképek

„Elmondom dióhéjban a kezdeteket. Az MIT-n először azt a profeszszori állást nyertem el, amelyet Abby Rockefeller Mauzé, az öt Rockefeller fiú nővére alapított. Valószínűleg esélyt akart adni a nőknek a tudományos karrierre. Úgy éreztem, időt kell szakítanom a diáklányok mentorálására is; ezért hetente egy-másfél órán át fogadtam a lányokat, tanácsokat adtam nekik, próbáltam segíteni az előrejutásukat. Ez a munka rögtön a kezdet kezdetén elindult, mert ez a fajta tevékenység a kinevezéssel járt, legalábbis én így értelmeztem. De nem ez a fő feladatom az MTI-n. Az 1960-as években a nők csak elvétve léptek tudományos pályára. A diáklányainknak szükségük volt példaképekre, és én megpróbáltam segíteni.

Én Rosalyn Yalow-t választottam példaképnek. Az elején volt egy fiú diákom, akit rettenetesen érdekelt a közélet, a tudománypolitika, és doktoranduszként is remekül megállta a helyét. A barátnője rosszul érezte magát az MIT-n, ami a teljesítményét is lerontotta. A lánynak példaképre és segítségre volt szüksége. A fiú azt mondta, abban különbözöm a többi MIT-professzortól, hogy képes vagyok adni valamit az itteni diáklányoknak, különösen azoknak, akik segítségre szorulnak. Kifejtette, hogy ha, mondjuk, az időm öt százalékát – ez heti egy-két óra volt – rájuk szánom, nagyon sokat tehetnék értük. Elgondolkoztam, és beláttam, hogy igaza van. Ezután rengeteg olyan munkám volt, ami a diáklányok életminőségének javítását célozta. Nagyon megérte, mert tíz év múlva azzal jöttek vissza hozzám, hogy miattam csinálták végig az egyetemét és szereztek diplomát. Talán a saját tapasztalatom révén segíthettem nekik. Később az MIT elnöke, Jerry Wiesner többször felkért, hogy segítsem sikerre a nőket az MIT-n, és én eleget tettem a kérésének. Utána országos szintű megbízásokat is kaptam, ugyancsak a nők érdekében. Nem mozgattam meg minden követ ezekért a munkákért, de nem is mondom rájuk nemet, és emellett sok olyan társadalomsegítő feladatom van, amelynek semmi köze a nők tudományos pályafutásához.”³

² 551–553.

³ 558–559.

Freeman J. Dyson

Azt szeretném, ha inkább íróként emlékeznének rám, mint tudósként.



Freeman J. Dyson¹ (1923–) brit-amerikai tudós és író. Crowthorne-ban született, Angliában. A Cambridge-i Egyetemen matematikából szerzett BA-fokozatot, utána az Egyesült Államokban, a Cornell Egyetemen tanult fizikát. 1953 óta a princetoni Institute for Advanced Study (IAS) munkatársa. Sokféle fizikai kutatásban vett részt; munkáját számos kitüntetéssel, díjjal ismerték el. IAS-beli dolgozószobájában beszélgettünk 2000-ben.

Freeman J. Dyson 2000-ben a princetoni Institute for Advanced Studyban (*Hargitai Magdolna felvétele*)

Freeman Dyson pályái

„Két pályát futottam be: egy kutatóit meg egy íróit, és az írás ugyanolyan érdekes, mint a kutatás. Ötvenévesen már könnyebb helyzetben van az ember, ezért ötvenévesen többé-kevésbé eldöntöttem, hogy válotok. Beláttam, hogy ötven fölötti tudósként nehéz felvenni a versenyt, íróként viszont könnyű.”²

Freeman Dyson felhívta a figyelmet, hogy a fizikusoknak elő kell segíteniük a molekulabiológia fejlődését. 2000-ben ezt jósolta a következő harminc évre:

„Úgy gondolom, a molekulák elsődleges szerkezetének a meghatározása, szekvenálása valószínűleg hasznos lesz, és elsősorban a fizikusokra vár. Persze, sohasem tudjuk megmondani, mikor kerül rá sor. Harminc éven belül biztosan, és nagyon gyors lesz a szekvenálás, amihez nem is kell majd szétválasztani a molekulákat. Természetesen a fehérjekémia-

¹ *Candid Science IV*, 440–477.

² 474.

ban is hasonló feladattal állunk szemben; ott még nincs igazán gyors módszerünk a fehérjék szerkezetének meghatározására...”³

A számítógép-tudomány és a génmódosítás összekapcsolásának veszélyei

„Minden, aminek köze van a biológiához, veszélyes. Sokkal nagyobb a veszély, mint a fizika esetében, mégis azt gondolom, hogy rendkívül ígéretes kezdeményezések vannak. Figyelni kell tehát a veszélyekre, de butaság lenne, ha nem erednénk az ígéret nyomába. Az ígéret, természetesen, az orvostudományban válhat elsősorban valóra, de az állatok és a növények nemesítésében is biztosan élnek majd a két terület kombinálásának előnyeivel. Sőt, ez nem is mesterség lesz, mint ma, hanem inkább művészet: a növény- és állatdizájn nagyon izgalmas művészeti ággá válhat. Gondoljunk csak arra, hogy mennyit bajlódnak a különböző virágok, például az orchideák és a rózsák nevelésével – jobban menne, ha a számítógépre is támaszkodnának.”

Az állatvilág felé tartva megnövekednek a veszélyek...

„Pontosan. Minél közelebb kerülünk az emberekhez, annál fokozottabb a veszély. Így igaz. [...] A mesterséges megtermékenyítést folytató kórházakban, ahol csecsemőket fogantatnak, már sejtekkel dolgoznak. Ma az egész világon alkalmazzák ezt az eljárást – nemcsak a gazdag országokban, hanem a szegényekben is, és egyre többen veszik igénybe. Óriási dolog, hogy esélyt adnak a gyerekekre az embereknek. [...] Nemsokára már az embriókba is beavatkozhatunk: azt a gént, amelyik tetszik, betesszük, és amelyik nem tetszik, kivesszük. Ettől kezdve nagyon észnél kell lenni.”⁴

A huszadik század első felében a fizika dominált, a második felében a biológia. Mi lesz a huszonegyedik század zászlóshajója?

„Rendszerint az idegtudományra tippelek, de lehet, hogy nagyot tévedek. Talán még nem is bontakozott ki az a tudomány, amely meghatározó lesz ebben a században. Szóval nem tudjuk. A jelenlegi tudományágak közül az idegtudományt gondolom a legvalószínűbbnek, mert az közvetlenül az aggyal foglalkozik, és az agyműködés központi kérdés.”⁵

³ 442–443.

⁴ 443.

⁵ 444.

Freeman Dyson Carleton Gajdusekről is beszélt.

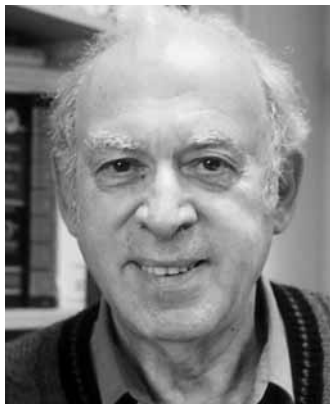
„Először is nagy tudós. Nagyon fontos eredményeket ért el a kuru (»nevető halál«) és egy másik érdekes, szibériai betegség (*Viliuisk encephalomyelitis*) vizsgálatában, ezt még most is tanulmányozza. Úgy tervezte, hogy majd visszatér Szibériába, a vizsgálatok miatt. Azt szokta mondani, ha minden kötél szakad, Szibériában még mindig talál munkát. Vitathatatlanul nagy tudós. És csodálatos, ahogy fittyet hány a konvenciókra. Mindig is sokra tartottam az eretnekeket. Gajdusek örökbe fogadott hatvan melanéz gyereket. Négyen akkor is ott voltak, amikor a börtönnél köszöntöttük őt. Tisztelik, felnéznek rá. Gajduseket kizárólag azért ítélték el, mert ez az ország szereti a boszorkányüldözést. Amikor valakire ráfognak, hogy molesztálja a gyerekeket, olyan, mintha kommunistának kiáltanak ki. Aztán már senki sem segít neki, és szörnyen felfűjják az ügyet. Gajdusek belekerült ebbe a boszorkányüldözésbe. Nem tudom, mit csinált, de biztosan nem ártott a gyerekeknek; elmondhatatlanul sokat tett értük. Adoptálta őket, fizette a tanítást: minden az ő javukat szolgálta. Elképesztő humorérzékkel veszi az akadályokat. Amikor börtönben ült, rengeteg levelet írt; én is sokat kaptam tőle. Mindig jókat nevettem rajtuk.

A boszorkányüldözés azzal kezdődött, hogy két gyereke vádat emelt ellene szexuális zaklatás miatt. Ezeknek a gyerekeknek megvoltak a saját szexuális hagyományaik, amelyek nagyon különböznek a mieinktől. Carleton azt mondta, ha itt valaki megrontott valakit, akkor a gyerekek rontották meg őt, nem pedig fordítva. Kétségtelen, hogy szexuális téren nagyon szabadosak voltak, és a törvények szigorú értelmezésébe az is belefért, hogy valóban megtörtént a szexuális zaklatás, de az ügynek nem lett volna szabad bíróság elé kerülnie. Valószínűleg két adoptált gyerek, akinek nem alakultak olyan jól a dolgai, mint a többinek, így zsarolta meg Gajduseket – azt remélték, hogy a zsaroláson majd meggazdagodnak. Szomorú történet, illetve azért nem olyan szomorú, mert Gajdusek nagyszerűen kezelte. Ezekkel a szavakkal jött ki a börtönből: Oscar Wilde-ot megtörték, de engem nem. Gajdusek igazi hős. Írtam is róla egyszer »Korunk hőse« címmel. Igen, Feynmant, [Martin Luther] Kinget és Gajduseket hősnek tartom.”⁶

⁶ 457–458.

Jerome I. Friedman

Harmadik gimnáziumi évem végén [...] kezembe került Albert Einstein A speciális és általános relativitás című könyve, és teljesen magával ragadott.



Jerome I. Friedman 2002-ben a Massachusettsi Műszaki Egyetemen (*Hargittai István felvétele*)

Jerome I. Friedman¹ (1930–) Chicagóban született. A Massachusettsi Műszaki Egyetem (MIT) fizikaprofesszora, emeritus. 1990-ben MIT-s kollégájával, Henry W. Kendall-lal és a Stanford Egyetem munkatársával, Richard E. Taylорral fizikai Nobel-díjat kapott azért az úttörő munkáért, amellyel az elektronok protonokon és kötött neutronokon történő rugalmatlan szórását vizsgálták, és amely alapvetően fontos volt a részecskefizika kvarkmodelljének kidolgozásában.

Jerome Friedman a Chicagói Egyetemen folytatott fizikai tanulmányokat, összes fokozatát itt szerezte meg. Előbb Chicagóban és a Stanford Egyetemen dolgozott, majd 1960-ban átment az MIT-ra. MIT-beli dolgozószobájában beszélgettünk 2005-ben.

Jerome Friedman éppen akkor tanult a Chicagói Egyetemen, amikor a fizika tanszéken egyszerre több világhírű professzor is dolgozott. Arra kértük, elevenítse fel az emlékeit Enrico Fermiről és más tudósokról.

„[Fermi] 1954 tavaszán kvantummechanikai kurzust tartott, amire bejártam. De minden kurzusára elmentem, függetlenül attól, hogy hallottam-e már korábban, mert mindig tanultam valamit ettől a fantasztikus embertől. Fermi robusztus volt, és úgy látszott, kiváló egészségnek örvendő. Azon a nyáron elutazott Olaszországba, ahol gyorsan végzetessé váló gyomorrák kerítette hatalmába. Láttam őt szeptemberben, amikor visszajött. Tizenöt méterre lehetett tőlem a folyosón, épp a dolgozószobájába tartott. Integtem neki, ő visszaintegetett. Ránéztem, és ször-

¹ *Candid Science IV*, 64–79.

nyen megijedtem, amikor észrevettem, milyen rosszul néz ki. Másnap feküdt be a Billings-kórházba, feltárási műtétre, és megállapították, hogy inoperábilis rákban szenved. Soha többé nem láttam. November 28-án halt meg. Óriási úrt hagyott maga után. Nemcsak egy nagy fizikust veszítettünk el, hanem egy roppant kedves, figyelmes embert is. Határtalan türelemmel magyarázta a fizikát a tanítványainak. Csodálatos személyiség volt.

Doktori témámnak a nukleáris szórással kiváltott protonpolarizáció nukleáris emulziós vizsgálatát javasolta. A jelenség ciklotronenergiákon figyelték meg korábban. A kutatás során azt kellett meghatározni, hogy rugalmas vagy rugalmatlan szórásból származik-e a polarizáció. Fermi elméleti úton már megmutatta, hogy a rugalmas nukleáris szórással nagy polarizációhoz vezethet, de ezt akkor még nem tudtam. A számítás abban a híres füzetében volt, amelyben az elemzett és megoldott problémákat írta le. Szokás szerint ebben az esetben is egyszerű modellen alapult a megfontolása, amely valós és képzetes magpotenciált használt, és figyelembe vette a spinpályacsatolás járulékát. Ennek a járuléknak a beépítését Maria [Goepfert] Mayernek is javasolta Fermi, mert úgy gondolta, szerepet játszhat az atommag szerkezet kialakításában. A gondolat alapvetőnek bizonyult az atommag Goepfert Mayer-féle héjmodelljének kidolgozásakor.

Még be sem fejeztem az emulziós lemezek kiértékelését, amikor Segrè meglátogatta Fermit, és elmesélte, hogy rugalmas nukleáris szórással nagy polarizációkat észlelt egy másik kísérletben, amelyet a Berkeley ciklotronján végeztek. Segrè szerint Fermi még aznap délelőtt kiszámította a kísérletből várható polarizációt: eredményei szépen egyeztek Segrè méréseivel.

Emiatt értelmetlenné vált a munkám, és nagyon elkedvetlenedtem. De Fermi nem hagyta, hogy keseregjek, és a mérések folytatására biztatótt. Úgy látta, egyrészt hasznos lenne, ha másik módszerrel is alátámasztanám Segrè eredményeit, másrészt azt is meghatározhatnám, mekkora polarizációhoz vezet a rugalmatlan szórással.

Fermi halála rettenetesen feldúlt. Mindannyiunkat óriási veszteség ért. A disszertációm nem fejeztem még be, és egyáltalán nem akar-



Enrico Fermi (az Oak Ridge-i Nemzeti Laboratórium szívességéből)

tam új kutatásba kezdeni egy másik professzornál. John Marshall mentett meg. Ő lett a témavezetőm, és ő hagyta jóvá a disszertációm.

A PhD-fokozat megszerzése után továbbra is Fermi nukleáris emulziós laboratóriumában maradtam, amelyet egy kiváló fiatal kutató, Tegledi Bálint vett át. Akkoriban merült fel a »tau-théta paradoxon«, ami abból adódott, hogy két ellentétes paritású, de azonos tömegű részecskét találtak. A rejtélyes eredmények sok vitát és töprengést váltottak ki a részecskefizikusok körében. Egy bátor dolgozatban Lee és Yang annak tulajdonította a paradoxont, hogy gyenge kölcsönhatás esetén nem marad meg a paritás. A hipotézis ellenőrzésére kísérleteket is javasoltak.

A részecskefizikusok többsége a paritásmegmaradást szentnek és sérthetetlennek tartotta, Val [Valentine – Bálint] azonban gyorsan felmérte a dolgozat jelentőségét. Megkért, hogy mérjük meg közösen a müonbomlást nukleáris emulzióban, amivel próbának vethetjük alá ezt a radikálisan új elgondolást. Lee és Yang javaslatát követve azt terveztük, hogy a müonbomláskor előre-hátra megnyilvánuló aszimmetriát mérjük, ami biztosan jelzi majd a paritásmegmaradás sérülését. A doktori disszertációmban már szert tettem némi gyakorlatra az aszimmetria kettős vak vizuális mérésében. A laborunkban általában elvesztegetett időnek titulálták ezt a munkát. Emlékszem, még intézeti szemináriumot is tartottam a tervezett mérésről. A szeminárium után odajött hozzám az egyik tekintélyes idősebb kolléga, és azt mondta, szép előadást tartottam, de be kell látnom, hogy semmit sem fogunk találni.

Végül is három csoport mutatta ki a paritásértést a gyenge kölcsönhatásokban; az egyik a miénk volt. Először Madame Wu és munkatársai látták az effektust a kobalt-60 bomlásának mérésekor, Garwin, Lederman és Weinrich pedig müonbomlás során. Ez a két gyönyörű kísérlet kiváló megbízhatósággal demonstrálta a jelenséget. Bár sokan a kísérletezők versenyének tekintették a munkát, mi nem gondoltunk erre. 1956 nyár végén, amikor belevágtunk, nem tudtuk, hogy mások is próbálkoznak a paritásértés kimutatásával. A mi kísérleteinket a következő körülmények gátolták. Valnak 1956 kora őszén – személyes okokból – Európába kellett utaznia, és körülbelül két hónapig ott maradt. Ekkor már kezdtem érezkenni az effektust, és szerettem volna, ha több segítséget kapok az emulziós mérések feldolgozásához. De az emulziós labor vezetésével megbízott fizikus senkit sem adott mellém: mindenkit ígéretesebbnek vélt mérésekhez osztott be. Csak Val visszatérésekor kaptam több segítséget. Csupán akkor hallottunk a két másik kísérlet-

ről, amikor a méréseink végén jártunk, és már láttuk az effektust. A három cikk gyors egymásutánban jelent meg.

Val mélyen értette az összefüggéseket, és többször adott hangot hátrázott véleményének. Emellett csodálatos humorérzékével is megörvendeztetett, sohasem fogyott ki a viccekből. Kiváló mentor volt, rengeteget tanultam tőle. Az ő segítségével jutottam először igazi munkához: hároméves posztdoktori állást kaptam Robert Hofstadternél, a Stanford Egyetemen.”²

² 72–74.

Richard L. Garwin

*Szerencsére, egyetlen városunkban sem történt
eddig terrorista atomrobbantás.
Biztos vagyok benne, hogy néhány éven
belül erre is sor kerül.*



Richard és Lois Garwin 2004-ben
Scarsdale-ben (Hargittai István felvétele)

Richard L. Garwin¹ (1928–) Clevelandben született. A Kaliforniai Műszaki Egyetemen szerzett egyetemi diplomát, PhD-fokozatot pedig a Chicagói Egyetemen, 1949-ben. Az IBM kutatóintézteiben vezetői posztokat töltött be. Ezzel egy időben tanácsadói és részmunkaidős megbízásoknak tett eleget honvédelemhez kötődő és országos jelentőségű intézményekben, többek között a Los Alamos-i Nemzeti Laboratóriumban. Scarsdale-i otthonában (New York állam) beszélgettünk 2004-ben.

Richard Garwin valószínűleg azzal írta be nevét a történelembe, hogy ő tervezte meg az 1952. november 1-jei „Mike” kísérleti nukleáris robbantást, amelynek során a Teller–Ulam-féle sugárzásos berobbanást alkalmazták a termonukleáris robbantáshoz. A Teller–Ulam-modellt 1951-ben írták le a „Heterokatalitikus detonációk 1. Hidrodinamikai lencsék és sugárzás-reflektorok” című titkos jelentésben, amelynek csak a címét oldották fel a titkosítás alól. Minden más azóta is titkos.

„Igen, a cím kivételével. 1951 februárjában Ulamnak – akit jól ismerem, szívesen járt társaságba – előadást kellett tartania a munkájáról, és elmondta az egyik ötletét. Ez nem feltétlenül a hidrogénbombára vonatkozott; Ulam olyan segédbombát képzelt el, amely előkészítené a fő bomba robbantását. Közönséges hasadásos robbantás esetén a segéd-bomba sokkal alkalmasabb lenne nagy anyagmennyiség összenyomására, mint egy erős robbanóanyag, és termonukleáris üzemanyag eseté-

¹ Hargittai, I., Hargittai, M., *Candid Science VI: More Conversations with Famous Scientists*, London, Imperial College Press, 2006, 480–517.

ben is hasznát vehetnék. Ulam az atomrobbanás lökéshullámát akarta kihasználni, de az elképzelés nem volt még kiforrva. Elment vele Teller Edéhez, aki azt válaszolta: »Nem fog működni a hidrogénbombában, és azt is tudom, miért nem. Azért nem, mert a hidrogénbombában minden reakció bimolekuláris.«

Teller 1979-ben lediktált egy húszoldalas memorandumot. Rögzítette az álláspontját, amely szerint ha nem működik szokásos sűrűségű cseppfolyós deutériumban, akkor ezerszeresére összenyomott deutériumban sem fog, mert a térfogat megváltozása milliószeres tényezőt jelent a sebességben, a részecskeszám megváltozása pedig ezerszerest. Aztán eszébe jutott valami, és azt mondta Ulamnak: »Ha viszont működik, jobban is megcsinálhatjuk; használjuk a sugárzást, a lágy röntgensugarakat.« A lágy röntgensugarak hordozzák a nukleáris robbantás energiájának nagy részét, ezt lehet kiaknázni. Ebből született ez a valójában kétrészes dolgozat: hidrodinamikai lencsét javasolnak a lökéshez, hogy jól definiált komprimálást érjenek el, valamint sugárzás-reflektorokat – »sugárzási doboz«-t, ahogy a megvalósításkor nevezték. Teller és Ulam beszélgetésére február 24-én került sor. Ulam beszámolt róla barátjának, Neumann Jánosnak, aki tanácsadóként dolgozott Los Alamosban. Ulam elmesélte, hogy van egy jó ötlete, de lehet, hogy nem lesz belőle semmi, »mert Edwardnak [Edének] is tetszik«. Ebben a levélben Ulamnak fogalma sem volt a sugárzásos berobbantásról, vagyis arról, hogy a nukleáris robbantásból származó termikus sugárzás használható fel a fő robbantás beindítására.

1951. március 9-re Teller mindent kidolgozott, mert Stan Ulam nem az az ember volt, aki aprólékosan végigszámolja az egyenleteket. A Los Alamos-i kutatók most már rádöbbenek, hogy korábbi véleményükkel ellentétben elő lehet állítani a hidrogénbombát. Végül nem is az volt a fontos, hogy sugárzást vagy lökéshullámot használnak-e: a kompresszió számított igazán. Ahogy Teller mondja a memorandumában, ezért hívták »egyensúlyi szuper«-nek, míg korábban egyszerűen csak »szuper«-



Richard L. Garwin 1957-ben kísérlet közben (*Richard L. Garwin szívességéből*)

nek nevezték a megoldást. Az »egyensúlyi szuper« kifejezés arra utal, hogy annyi energia áll rendelkezésre, amennyi a sugárzási térben lehet. Bár a kompresszió miatt minden sebesség megnő, a sugárzási tér energiája csak a hőmérséklettől függ. A nukleáris reakció anyagaitól származó energia nagysága a kompresszióval arányos. Ezért értették meg azonnal Los Alamosban, hogy ez a megoldás. Egyáltalán nem világos, miért kellett ehhez ennyi idő. Hans Bethe későbbi írásaiban a megértés csodájáról beszél. Tulajdonképpen Hansnak, nekem vagy bárki másnak könnyen eszébe juthatott volna – különösen azért, mert 1951 márciusára terveztünk egy nagy, fúziószerű kísérletet, és a kísérleti robbantást 1951 nyarán végre is hajtottuk a Csendes-óceánon. Ez volt a Greenhouse nukleáris kísérletsorozat George nevű kísérlete. A George-ban még nem próbáltuk az Ulam–Teller-féle elgondolást.

1951 májusában, amikor Los Alamosba érkeztem, és megkérdeztem Tellertől, mi történt időközben, Teller megmutatta nekem azt a dolgozatot, amelyet Stan Ulammal írtak. Aztán megkért, hogy tervezzek egy kísérletet (feltehetően kis nukleáris kísérleti robbantást), amelyből kiderül, hogy működik-e az elgondolás, vagy sem. Arra jutottam, hogy az lesz a legmeggyőzőbb kísérlet, ha az ő ötleteik alapján készítünk hidrogénbombát. 1951. május 1-jén kezdtem el a munkát, és 1952. november 1-jén hajtották végre a kísérleti robbantást. Az eszköz a Mike nevet kapta. 11 megatonna energia szabadult fel; majdnem ezerszer több, mint a hirosimai bombával felszabadított 13 kilotonna energia, és körülbelül ötszázszor több, mint a nagaszaki plutóniumbomba 20 kilotonnája.

Nem én találtam fel a sugárzásos berobbanást, semmit sem én találtam fel a Mike-ban, de az összes, egymással versengő elképzelés mérlegeléséből én mondtam meg, hogyan kell előállítani a bombát. Az a kérdés, hogy cseppfolyós deutériumot vagy deutériumvegyületet, lítium-deuteridet használjunk-e, amely az összes modern hidrogénbomba komponense, 1952 januárjáig nyitva maradt. A Mike-ban cseppfolyós deutériumot használtunk, mégpedig azért, mert jól ismerem a cseppfolyós hidrogént: a Chicagói Egyetemen már dolgoztam vele a részecskefizikai kísérleteim során, és nem okozott gondot ennek a (70 tonnás) eszköznek a tervezése, amely néhány köbméter – cseppfolyós hidrogénnel hűtött – cseppfolyós deutériumot tartalmazott. A bomba egyik végén hagyományos nukleáris robbanóanyag volt, amelyet melegen kellett tartani, mert hidegen nem lehetett volna felrobbantani, és hasonló problémák garmadáját kellett megoldani.²

² 489–491.

Vitalij L. Ginzburg

*Az emberiségnek az a szerencséje,
hogy nem Sztálinnak és Hitlernek
lett először atombombája.*



Vitalij L. Ginzburg és Hargittai István 2004-ben az Orosz Tudományos Akadémia Fizikai Intézetében, Moszkvában *(ismeretlen fotós felvétele)*

Vitalij L. Ginzburg¹ (1916–2009) Moszkvában született. Szinte mindvégig az Orosz (korábban Szovjet) Tudományos Akadémia P. Ny. Lebegyev Fizikai Intézetében dolgozott. Egy ideig az I. J. Tammról elnevezett elméleti fizikai osztályt vezette. Igor Tamm a mentora volt, de Lev Landaut is a tanárának tekintette. Az Orosz Tudományos Akadémia rendes tagjai közé választották. 2003-ban megosztott fizikai Nobel-díjat kapott Alekszej A. Abrikoszovval és Anthony J. Leggett-tel a szupravezetők és a szuperfolyadékok elméletében elért felfedezéseiért. Vitalij Ginzburggal 2004-ben beszélgettünk Lebegyev-intézeti dolgozószobájában.

Politika

„Volt egy híres, A. Galics nevű énekes Oroszországban, aki később emigrált. Eredetileg szintén Ginzburgnak hívták, de nem állunk rokonságban. Ő fogalmazott meg valami ilyesmit: »Mindenki másnál jobban félj attól, aki mindig meg tudja mondani, mit hogyan kell csinálni.« Okos beszéd; Galics arra gondolt, hogy Lenin, Sztálin és Hitler is azt hirdette: ő mindenre tudja az egyedül helyes választ. Én tudom, mi az, amit nem tudok, de megvan a véleményem, és ki is mondom: a *totalitarizmus* mindennél rosszabb. A demokrácia az egyetlen elfogadható rendszer. Tudom, persze, hogy Oroszországban sok mindent szabad, amiről szó sem lehetett a Szovjetunióban. Egyetérték a nagyszerű

¹ *Candid Science VI*, 808–837.



Vitalij L. Ginzburg 1950 körül, optikai kísérlet közben
(Victoria Dorman, Ginzburg unokája szívességéből)

Churchill-lel, aki szerint a demokráciának sok hátulütője van, de még mindig ez a legjobb kormányzási mód. Nem értek egyet azokkal, akik csak panaszkodnak, és a régi rendszer dicsőségét zengik. Akkor cenzúra volt, ma nincs cenzúra – na jó, részleges cenzúra van, főként a televízióban. Azelőtt nem utazhattunk, ma utazhatunk. Bár ateista vagyok, örülök a mostani szabad vallásgyakorlásnak.”²

Iskolai hitoktatás

„Egész életemben ateista voltam, és sose érdekelték ezek a viták. Nemrég mégis ilyenbe keveredtem véletlenül. Megjelent egy cikk az irodalmi folyóiratunkban, a *Lityerturnaja Gazetában*, amely leszögezte, hogy már alig van ateista Oroszországban, és többé-kevésbé azt javasolta, hogy mindenkit zárjanak karanténba, aki ateista maradt. Barátommal, Jevgenyij Fejnberggel annyira feldühödtünk, hogy válaszoltunk a cikkre, és határozottan elutasítottuk a javaslatot. Ennek aztán hosszú folytatása lett, és azóta rengeteget írtam a témáról. Ugyanakkor

² 829.

mélységesen elítélem a bolsevikok büntetteit, amelyeket a különböző felekezetek papjai vagy egyszerűen a hívók ellen követtek el.

Most azt javasolják, hogy a hittan legyen választható tárgy az iskolákban. De mit jelent a »választható«? Hogy kell, vagy nem kell. Ez elfogadhatatlan, és eltökélten harcolok ellene. A feleségem megpróbál viszsztatartani; azt mondja, az én koromban – 88 vagyok – már ne törődjek ezzel.”³

Élete utolsó évtizedeiben Ginzburg többször is számba vette a fizika jövőben várható irányzatait. Ennek kapcsán vetődött fel, hogy milyen kutatási témát választana, ha újra huszonöt éves lenne.

„... Sokféle területen dolgoztam, elsősorban az elméleti fizikában. Gyakran előfordult, hogy az egyik nap ezt csináltam, a másik nap pedig egészen mást. Ha még egyszer újrakezdeném, biztosan megint elméleti fizikus lennék. Van egy imám, és bár általában nem beszélek róla senkinek, magával kivételt teszek. Amint tudja, a zsidó férfiaknak van egy imájuk, amelyben megköszönik Istennek, hogy nem nőnek teremtette őket. Én az imámban azt köszönöm meg Istennek, hogy elméleti fizikusnak teremtett. Ez nem jelenti azt, hogy bármi bajom lenne a kísérleti fizikusokkal. Szerintem ők a lehető legnehezebb munkára vállalkoznak. Egész életükben egy berendezés előtt kell ülniük. Az elméleti fizikusnak az a nagy szerencséje, hogy bármikor könnyen válthat témát. A Nobel-előadásomban felvettem, hogy miért tartott nekem olyan sokáig a London-egyenlet általánosítása. Az általánosításra már 1943-ban szükség volt, mégis csak 1950-ben publikáltuk. Azért, mert rengeteg más feladaton dolgoztam. Mindig sok problémával foglalkoztam. Ezért nem tudok magának határozott választ adni arra a kérdésére, hogy mit választanék ma, ha ismét huszonöt éves lennék. Az elméleti fizika problémái ezer Ginzburgot is ellátnak gondolkoznivalóval. Azért ha belemerülünk kicsit a részletekbe, előjön néhány fixa ideám. 1964 óta érdekel a magas hőmérsékletű szupravezetés. Ma már a szoba-hőmérsékletű szupravezetés kérdése is felmerül. Képesek vagyunk-e olyan szupravezető előállítására, amelyet szobahőmérsékleten is használhatunk, és elegendő hozzá például a vízhűtés? Ezt roppant érdekes problémának tartom. Lehet, hogy ma nem ez a fizika legnagyobb kérdése, de valószínűleg ezen kezdenék el dolgozni, ha hirtelen újra fiatal lehetnék.”⁴

³ 829–830.

⁴ 830–832.

Donald A. Glaser

Sokszor néztek bolondnak.



Donald A. Glaser¹ (1926–2013) Clevelandben született. Kísérleti fizikusból lett kísérleti biológus, aztán idegtudós és bioinformatikus. A Case Műszaki Egyetemen fizikát és matematikát tanult, 1946-ban kapott BSc-diplomát. PhD-fokozatot 1950-ben szerzett a Kaliforniai Műszaki Egyetemen, ahol a nagy energiájú kozmikus sugárzás tengersiz közelébe érő részecskéit tanulmányozta. Először a Michigani Egyetemen oktatott. 1959-től a Kaliforniai Egyetemen dolgozott, Berkeley-ben. Fizikából és molekulabiológiából is elnyerte a professzori címet. 1960-ban fizikai Nobel-díjat kapott a buborékkamra feltalálásáért.

Donald A. Glaser 2004-ben Berkeley-ben

Donald Glasert számos fizikai és biológiai probléma foglalkoztatta.

„Más is érdekelt. Zenészként kezdtem, aztán körülbelül két hónapig mérnöki tanulmányokat folytattam, mert sem a szüleim, sem a tanárain nem tudták, mi a különbség a mérnöki tudomány és a fizika között. Két hónap alatt sikerült rájönnöm, hogy a fizikus nem mérnök. Utána belevetettem magam a fizikába. Már gondolkoztam, hogy mit mondjak magának egy ilyenfajta kérdésre. Az a válaszom, hogy olyan vezérfonal húzódik végig az életemen, amely kikerüli a nagy projekteket. Szeretek együtt dolgozni a diákokkal és a posztdoktorokkal, de a felduzzasztott kutatócsoportokban nem érzem magam jól. A doktori-munkát a kozmikus sugárzás vizsgálatából írtam – ez nagyon magányos munka volt, a saját kis kutatásomat vittem végig. Aztán amikor elkezdtem állást keresni, ajánlottak egy munkát: a ciklotronnál kellett volna dolgozni talán a Columbián, az MIT-n vagy máshol, egy nagy csoportban. Inkább a Michigani Egyetemre mentem, ami jó hely, és megígér-

¹ *Candid Science VI*, 518–553.



Donald A. Glaser Hargittai Magdolnával 2004-ben otthonában, Berkeley mellett
(*Hargittai István felvételei*)

ték, hogy azt csinálhatok, amit akarok. Engem pedig az érdekelt, hogy minél többet tudjak meg az elemi részecskékről.

Akkoriban csak a nagy ködkamrákkal lehetett igazán jól mérni. A magas hegyeken és a tengerszint környékén néha órákon, napokon át várakozott az ember, hogy valami újdonság tűnjön elő a felvételen, amit nem lehet értelmezni a részecskékről szerzett addigi tudással. Meg is jelent valami, amit V részecskének kezdtünk nevezni, mert V alakú nyomot hagyott. Az elméleti fizikusok kijelentették, hogy a jelenlegi ismeretek szerint ilyen részecskéknak nem szabadna előfordulniuk: furcsa részecskéknak kezdték őket nevezni, mivel egyik elméletbe sem illettek bele. Ezután még több ilyen részecskét kellett keresni – mintha egy kirakós játék darabjaira vadásztunk volna –, amiből már átfogó elméletet lehet felállítani, és kiderül, hogy mik ezek a részecskék, milyen szerepet játszanak a világegyetem dinamikájában és szerkezetében. De a kísérlet elviselhetetlenül sokáig tartott, ezért új módszert kezdtem keresni, hogy gyorsabban szerezhessünk információt erről a részecskeszemlétről, amelyet kezdtünk felfedezni – sok más kollégával együtt, szerte a világon.

Azt képzeltem, ha elég ügyes vagyok, és elég jó a berendezésem, akkor egyedül is elüldögélhetek egy konyhóban a hegy tetején, és csak gyűjtöm az információt. Akkoriban talán egyetlen érdekes felvételünk volt naponta. Aztán egy logarléccel kiszámolhattuk azt a nagyjából relativisztikus dinamikát, amiből a mérésnek megfelelő tömeg és töltés kö-

vetkezett. Nem használtunk számítógépet, és nem is volt rá szükség. Később, persze, amikor megjelentek a számítógépek, sokat segítettek. Egy sor találmánnyal – különböző részecskedetektorokkal – próbálkoztam, és végül eljutottam a buborékkamrához, amely körülbelül az ezerszeresére növelte az információgyűjtés sebességét. Az viszont nagy csatlódást okozott, hogy nem a hegytetőn vált be, hanem a nagy részecskegyorsítók mellett. Saját csapdámba estem.

Ha továbbra is azzal akartam foglalkozni, ami érdekelt, a nagy gyorsítóknál kellett dolgoznom. Ezt csináltam éveken át, de egyre inkább elegendem lett belőle. Akkoriban minden kísérlet húsz-harmincmillió dollárba került – ez bizony nagyon messze volt attól a munkastílustól, hogy az embernek eszébe jut valami, bemegy a laborba, elmondja a diákjainak, és dolgoznak rajta. Nem, a valóságban értekezlet értekezletet követett, ahol súlyos döntések születtek. Végül jó sok felvétel gyűlt össze az érdekes eseményekről. Ki sem tudtuk elemezni őket, ezért automatizálni kellett a mintázatfelismerést, szoftverre és hardverre volt szükségünk. Szkennereket, szoftvereket fejlesztettünk, és próbáltuk megérteni, miért nem ismeri fel a számítógép olyan könnyen a mintákat, mint az ember. A mintázatfelismerés abban az időben még egyáltalán nem ment jól. A világ minden tájára, egy csomó egyetemre elküldtem a felvételeinket, és végül Genfben kellett találkozunk, hogy elkészítsük egy 23 szerzős cikk végső változatát. Ekkor úgy döntöttem, elég volt.”²

² 520–522.

Maurice Goldhaber

*Én még akkor választottam a fizikusi pályát,
amikor a kutatás hívás volt; később,
sokak számára, már csak foglalkozás lett.*



Maurice Goldhaber 2001-ben a Brookhaveni Nemzeti Laboratóriumban (*Hargittai István felvétele*)

Maurice Goldhaber¹ (1911–2011) osztrák származású amerikai fizikus volt. A Berlieni Egyetemen tanult; 1933-ban menekült kutatóként került Angliába, majd az Egyesült Államokba. Az angliai Cavendish Laboratóriumban szerzett PhD-fokozatot. Pályáját Amerikában, az Illinoisi Egyetemen kezdte. 1950-től élete végéig a Brookhaveni Nemzeti Laboratóriumban (BNL) dolgozott. Elsősorban a magfizikában és az elemi részecskék fizikájában ért el nevezetes eredményeket. 1939-ben feleségül vette Gertrude Scharffot, aki később maga is elismert fizikus lett. Maurice Goldhaberrel brookhaveni dolgozószobájában beszélgettünk 2001-ben és 2002-ben; másodszer az interjú kiegészítése céljából kerestük fel.

Maurice Goldhaber annak a nagy fizikusnemzedéknek a tagjai közé tartozott, akik még élvezhették a berlini kollokviumok sistergő légkört, aztán az Egyesült Államokba kerültek, ahol részt vettek egy világszínvonalú fizikusközösség kialakításában. Így számolt be pályája indulásáról:

„Lembergben születtem, ami akkor az Osztrák–Magyar Monarchiához tartozott. Aztán Lengyelországhoz, később a Szovjetunióhoz kapcsolták, ma [Lviv néven] ukrán város. Szüleim eredetileg lengyelül, jiddisül és németül beszéltek. Az apám végül már 14 nyelvet tudott. Hároméves koromban Egyiptomba költöztünk, ahol édesapám utazási ügynökként dolgozott. Amikor a szüleim nem akartak előttünk valamiről beszélni, olaszra váltottak. Ezért rögtön el tudtam olvasni Fermi olaszul publikált cikkeit. Az első világháború alatt a britek polgári elenségnek tekintették apámat, és internálták. Anyámat velünk, gyere-

¹ *Candid Science IV*, 214–231.



Gertrude és Maurice Goldhaber
(*Brookhaveni Nemzeti Laboratórium
Fényképezési Osztálya felvétele, Maurice
Goldhaber szíveségéből*)

kekkel együtt hajóra tették, és Ausztriába küldtek bennünket. Anyai nagyszüleim Bécs közelében éltek, ez a terület később Csehszlovákiához tartozott. Ott kezdem el az iskolát. A tanítás németül folyt. A háború után apám visszatért, és Németországba, Chemnitzbe költöztünk. 1930-ban végeztem el a Realgymnasiumot. Aztán a Berlini Egyetemre mentem fizikát tanulni. A kollokviumokon Max Planck, Albert Einstein, Max von Laue, Walter Nernst, Erwin Schrödinger, Otto Hahn és Lise Meitner ült az első sorban.

Gyakran híres vendégek is érkeztek. A fiatal tanárok és a hallgatók közül többen neves tudósokká

váltak, ilyen volt például Szilárd Leó. Mindez ösztönözte az embert. 1933-ban, a nácik hatalomra jutásával minden megváltozott. Apám és a család többi tagja visszatért Egyiptomba, de én Berlinben maradtam. Addig nem akartam elmenni, amíg nem kapok valahol helyet. Ernest Rutherford felvett doktorandusznak a cambridge-i Cavendish Laboratóriumba, ezért 1933 júniusában Angliába utaztam. Először Londonban töltöttem pár hetet, és csak augusztusban mentem Cambridge-be. Én voltam az első menekült Rutherford laboratóriumában. Később mások is jöttek. Rutherford kivette a részét a menekült kutatók mentéséből. Szilárd meghatározó szerepet játszott a tudósokat segítő szervezet, az Academic Assistance Council alapításában. Berlinben Szilárd ahhoz a néhány idősebb emberhez tartozott, akik szóba álltak a diákokkal. Időnként találkoztunk Londonban, ahol megbeszéltük a világ és a magfizika dolgait. Lassan »a kölcsönös csodálat társaságá«-vá fejlődünk. Egyszer, amikor egy nukleáris problémán dolgoztunk Szilárd oxfordi tartózkodása alatt, elment mellettünk egy angol fizikus, aki megkérdezte: »Melyikőjük az okosabb?« Teljesen elképedtem, de Szilárd nem jött zavarba. Rám mutatott, és azt mondta: »Neki jobb a fantáziája.« Ezen elgondolkoztam, és rájöttem, hogy »az erősségem a gyengeségem, a gyengeségem az erősségem«. Amikor elolvastam Szilárd életrajzát, a *Zseni árnyékban*, meglepve értesültem arról, hogy 21 éves ko-

rában felvette a református vallást. Elég jól ismertem ahhoz, hogy tudjam: lelke mélyén nem tért át.

Cambridge-ben megismerkedtem James Chadwickkel: a diákok hozzá fordulhattak, különösen akkor, ha Rutherford távol volt, mint az én érkezésemkor is. Chadwick nem sokat beszélt. Megemlítettem neki, hogy az olcsó Fitzwilliam House-ban szeretnék lakni, de azt tanácsolta, válasszam inkább az egyik college-ot. David Shoenberg, aki már doktorandusz volt, és később ismert szilárdtestfizikussá vált, azt javasolta, próbáljam meg a Trinityt, a St. John'sot és a Magdalene-t. A Trinity-ben nem volt hely, a St. John's csak sokára ígért választ. A Magdalene College vezető tutora, V. S. Vernon-Jones rám nézett, látta, hogy menekült vagyok, és azt mondta: »Azt hiszem, nálunk is elkél egy menekült.« Anyagi támogatást is felajánlott. Doktori tanulmányaim alatt végig a Magdalene-ben laktam, és fiatal tanárként, Junior Fellow-ként (Charles Kingsley Bye-Fellow-ként) még két évet ott töltöttem.

Elvben Rutherford irányította az összes diákat, de érdeklődésük alapján szétosztotta őket maguk között. 1933-ban még mindig elméleti fizikus akartam lenni. Azt javasolta, dolgozzam Ralph Fowlernél, a végénél: ő volt a Cavendish teoretikusa. Fowler békén hagyta azt, aki tudta, mit akar csinálni. Dirac és Chandrasekhar is az ő diákja volt korábban. Diracnak odaadta Heisenberg egyik megjelenés előtt álló dolgozatát – ennyi elég is volt.”²

Nem értettük, miért nem vett részt a Manhattan-tervben a magfizikában jártas Goldhaber, hiszen a projekt kezdetekor már elismert szaktekinetely volt. Elmesélte nekünk a történetét.

„Különbéféle kifogások merültek fel, de ez csak közvetve derült ki. Kezdetben [Gregory] Breit elméleti fizikust bízták meg a számunkra érdekes kutatások vezetésével. 1940-ben találkoztunk Washingtonban, egy konferencián. Megkérdezte, milyen elképzeléseim vannak, mire elmeséltem neki néhányat. Szó szerint széttárta a karját, és azt válaszolta: »De hát Fermi és Szilárd is ugyanezt mondja.« Úgy éreztem, elégük van már a »fontos« idegenekből. Akkor az Illinoisi Egyetemen dolgoztunk; a Manhattan-terv pontosan az én neutronos munkámat valósította meg, és engedélyt kértek, hogy a neutronszámlálóim mintájára készíthessék el az övéket. Ezeket felhasználták az első chicagói atomreaktorban.

² 216–217.

Breit cenzúrázta a kéziratokat [abból a szempontból, hogy mit kell titkosítani]. Amikor meg akartam jelentetni egy cikket, hozzá küldték el a *Physical Review*-tól. Utána a szerkesztő írt egy udvarias levelet, amelyben megkérdezte, nem tekintenénk-e el a publikálástól a háború alatt, és persze nem ellenkeztünk. Legalább fél tucat cikkünk jelent meg a háború után. Az adatainkat azonban felhasználták a Manhattan-tervben, bár sohasem tettek róla említést. 1943-ban Breit megírta nekem, mennyire sajnálják, hogy nem dolgozhatnak velünk, mert a feleségem szülei még Németországban vannak. De mások is jártak hasonló cipőben, és őket nem tartották távol a bombától. Ezt csak kifogásnak hozták fel. Nagyon sajnálom, hogy nem voltam elég erőszakos: Trude szüleinek amerikai vízumáért cserébe felajánlhattam volna a szakértelmeimet. A nácik már 1941-ben meggyilkolták a feleségem szüleit. Még a pontos dátumot is tudjuk, mert a németek gondosan könyveltek!”³

³ 221.

David Gross

A jó kérdésekhez sokat kell tudni.



David Gross 2005-ben Lindauban
(*Hargittai István felvétele*)

David Gross¹ (1941–) Washingtonban született. 1962-ben a jeruzsálemi Héber Egyetemen szerzett BSc-, 1966-ban a Kaliforniai Egyetemen, Berkeley-ben, PhD-fokozatot. A Princetoni Egyetemen eltöltött huszonhét év után a Kaliforniai Egyetemen, Santa Barbarában lett az elméleti fizika Frederick W. Gluck-professzora. 2004-ben H. David Politzerrel és Frank Wilczekkel fizikai Nobel-díjat kapott egy alapvető elméleti eredményért, az erős kölcsönhatás aszimptotikus szabadságának felfedezéséért. David Gross-szal 2005-ben beszélgettünk a németországi Lindauban.

Az elméleti fizikai és a molekulabiológiai kutatás kapcsolata

„Nem hiszem, hogy versenyről kellene beszélnünk, mondjuk, az elméleti fizika és a biológia között, mert mindenkinek jut hely. Nem arról van szó, hogy ha lemondunk a nagyenergiás fizikáról, pénzt spórolhatunk meg, amit aztán a biológiára költünk. A biológiára legalább tízszer annyi pénzt fordítunk, mint az összes többi természettudományra együttvéve. Ez tehát nem pénzkérdés. Nem tudom, mi lesz, ha odáig jutunk, hogy nem engedhetjük meg magunknak anyagilag azoknak az izgalmas kérdéseknek a kutatását, amelyek mindenkit lázba hoznak. Azt is nehéz megjósolni, hogy minek veszi hasznát a gyakorlat a következő ötven évben. Már eddig is alkalmaztuk a fizikai alapkutatás olyan eredményeit, amelyek eredetileg a mindennapi élettől teljesen idegennek tűntek; gondoljunk csak az elektromosságra. Újabb példa a kvantummechanika – az 1920-as években alaptudomány volt, ma a modern technika alapja. Ki tudja, mire számíthatunk? Az az érzésem, hogy az emberiség történetének fontos és tragikus mozzanata lesz, ha odáig jutunk, hogy képtelenek vagyunk megválaszolni az olyan nagy kérdése-

¹ *Candid Science VI*, 838–855.

ket, mint az univerzum eredete, mert túl nagy munkát igényelnek és nincs rájuk pénz. Én azért – minden ok nélkül – nagyon optimista vagyok, mert hiszek abban, hogy megtaláljuk ezeknek a ma még reménytelennek tűnő problémáknak a megoldásait.”²

Képes arra az emberi elme, hogy a mai tudásnál mélyebbre ásson?

„Ezt a kérdést gyakran szóba hozom az előadásaimon: korlátozza-e valami azt a képességünket, hogy megértsük a világegyetemet és a törvényeit. Úgy gondolom, nincsenek ilyen korlátok. Szeretem a kutyákat, de tudom, hogy nem taníthatom meg a kutyámnak a kvantummechanikát. Sőt, a klasszikus mechanikát sem. A kutya értelmi képessége korlátozott. És az emberi felfogóképesség? Léteznek az univerzumnak olyan szintjei, amelyek meghaladják az emberi értelem határait?

Komolyan hiszek abban, hogy a válasz: nem; mindent meg tudunk érteni. Számos indokkal támaszthatom alá a véleményemet. Mondom az egyiket: a nyelvnek végtelen a kapacitása. Noam Chomsky híres megállapítása szerint az emberi nyelvnek az az egyik legfontosabb tulajdonsága, hogy még egy baba is végtelen számú mondatot képezhet a néhány szavas tudományából. Vagyis a baba ösztönösen képes olyan új mondatok alkotására, amelyek korábban nem léteztek. A nyelv »tud valamit«. Magasabb rendű alakját matematikának nevezzük, és ez végtelen kapacitást sugall. A tudás rendszerében – amely évszázadokon át fejlődött – semmi jelét nem látom annak, hogy elértük a határokat, hogy olyan problémákkal kerültünk szembe, amelyeket képtelenek lennénk felfogni.

Végül pedig empirikus bizonyítékom is van. Ha igaz lenne, hogy egy ponton túl nem érthetjük meg a világot, ha a felfogóképességünknek lenne határa, akkor egyre tovább kellene tanítani a fiatalokat ahhoz, hogy új tudományos eredmények közelébe jussanak el. De nem ez a helyzet. A legragyogóbb koponyák ma is nagyjából ugyanannyi idő alatt érnek el oda, hogy megrenessék a világot, mint ötszáz évvel ezelőtt. Newton a húszas éveiben járt, amikor a legnagyobb munkái születtek. Ma sokkal bonyolultabb dolgokkal foglalkozunk, de a fiatalok ugyanilyen gyorsan bekerülnek a fizikai kutatás élvonalába. Egyetlen jelét sem látom annak, hogy képességeink határainak akár csak a közelébe jutnánk, és amíg ennek az ellenkezőjéről nincsenek meggyőző adatok, addig bizony azt hiszem, hogy nincs ilyen határ.”³

² 853–854.

³ 854–855.

Antony Hewish

*Ennél szerencsésebb asztrofizikus
már nem is lehetnék.*



Antony Hewish¹ (1924–) Fowey-ban született, Angliában. A Cambridge-i Egyetem rádiócsillagász professor emeritusa. 1968-ban választották a Royal Society tagjai közé. A rádiócsillagászatban elért eredményekért Martin Ryle-lal fizikai Nobel-díjat kapott. Hewisht főként a pulzárak felfedezésében játszott döntő szerepéért tüntették ki. A Cavendish Laboratóriumban beszélgettünk 2000-ben.

Antony Hewish 2000-ben Cambridge-ben
(Hargittai István felvétele)

Antony Hewish így mesélte el a Nobel-díjhoz vezető felfedezést:

„Terveztem egy rádióteleszkópot, hogy az égbolt tanulmányozása során egyre kisebb szögben fellelhető rádiógalaxisokat is detektálhassak. Erre azért volt szükség, mert ezek mutatták a legjobban a diffrakciós hatást, a rádióhullámok szóródását. Nagy érzékenységet kellett elérnem, mivel sok galaxist akartam látni. Mérnem kellett a szcintillációs effektust is, a sugárzás gyors fényváltozását, amely nagyobb hullámhosszon látszik a legerősebben, mert a napszélben levő plazmával kapcsolatos. A rádióteleszkópok akkor nem mértek ebben a tartományban, tehát speciális berendezést terveztem. Méteres nagyságú hullámhosszal kellett számolnom, így óriási területre volt szükségem, hiszen nagy érzékenységet akartam elérni. A rádiógalaxisok szögméretének meghatározásához többször is végre kellett hajtani a mérést.

¹ *Candid Science IV*, 626–637.

Az égbolt tanulmányozását úgy terveztem, hogy több száz rádiógalaxist figyelhessünk meg hetente. Egy nagyon szerencsés véletlen folytán az általam tervezett berendezés egy addig ismeretlen jelenség, a pulzár detektálására is alkalmas lett. Teljesen váratlanul bukkanunk a pulzárra, senki sem jósolta meg a létezését. A tudomány időnként meghökkenítő jelenségekre bukkan, ilyen volt például a röntgensugárzás felfedezése is. El se tudtuk volna kerülni a pulzárak detektálását. Ezek a források szabályos időközönként – körülbelül másodpercenként, néha gyakrabban – rádióimpulzusokat bocsátanak ki. Erre senki sem számított. 1967 novemberében kezdtük észlelni az impulzusokat, és körülbelül egy hónapnyi iszonyú kemény munka után mertem kijelenteni, hogy ezek az objektumok valószínűleg neutroncsillagok, de még nem voltam egészen biztos benne, amikor a felfedezést publikáltuk a *Nature*-ben. Ez a felfedezés hozta meg később a Nobel-díjamat.

A díjat azért kaptam, mert – ahogy mondták – döntő szerepet játszottam ebben a felfedezésben. Ez azt jelenti, hogy én fogalmaztam meg a kutatási programot, én terveztem meg a berendezést, és én döntöttem el, milyen megfigyeléseket kell végrehajtani. Mások például azért vettek részt a mérésben, mert a PhD-disszertációjukon dolgoztak. Bámulatos, nagyon termékeny felfedezésnek bizonyult.

– *Az eredeti célját is elérte?*

– Igen, de az sokkal tovább tartott. Feltérképeztük a keresett galaxisokat: a következő évtizedben sok diák dolgozott rajta. Jó hosszú programnak bizonyult, de a pulzár azonnal megjelent; gyönyörű volt. Ennél szerencsésebb asztrofizikus már nem is lehetnék.

– *Megkapta volna a Nobel-díjat a pulzárak nélkül?*

– Nem hiszem. A Nobel-díjhoz igazi különlegességgel kell előállni.

– *Martin Ryle módszereket dolgozott ki elsősorban?*

– Nem egészen. Mindkét esetben a »rádió-asztrofizika terén folytatott úttörő munkásság«-ot emelték ki. Az apertúra-szintézis, amelyet ő talált fel, forradalmasította a rádióteleszkópok tervezését. Ma mindenhol ezt a módszert alkalmazzák. De az ő csillagászati észlelései szolgáltatták az első bizonyítékot a világegyetem keletkezésének ősrobbanás-elméletéhez, ami ellentmondott az akkor divatos »stacionárius állapotú világegyetem« elméletnek.

– *Nem az egyik doktorandusza vette észre először a pulzárokat?*

– De igen. Neki kellett végrehajtania azokat az észleléseket, amelyeket megterveztem. Ügyes diáklány volt, és nagyon sokat dolgozott: se-

gített a rádióteleszkóp elkészítésében, az észlelés után pedig több száz méternyi papírtekercset elemzett végig gondosan.

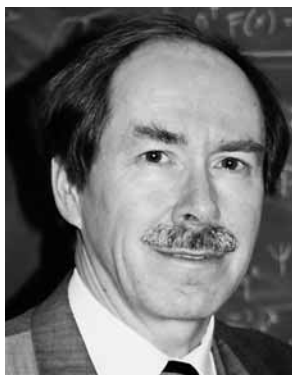
– *Hogy hívják, mi lett vele?*

– Jocelyn Bell Burnell; Bell a leánykori neve, Burnellnek a férje után hívják. Megmaradt ezen a területen. Eleinte különböző állásai voltak, mert mindig oda kellett mennie, ahol a férje dolgozott. Most már a Milon Keynes-i Open University fizika (asztrofizika) tanszékének vezetője. Nagyon szép karriert fut be. Kevés nő vezet ebben az országban fizika tanszéket.”²

² 631–633.

Gerardus 't Hooft

A természet túljár az ember eszén.



Gerardus 't Hooft¹ (1946–) a hollandiai Den Helderben született. Az Utrechti Egyetem Elméleti Fizika Intézetének kiemelt fizikaprofesszora és Spinoza Intézetének munkatársa. Az Utrechti Egyetemen szerzett PhD-fokozatot 1972-ben, azóta ott dolgozik. 1999-ben Martinus Veltmannal fizikai Nobel-díjat kapott az elektrogenge kölcsönhatások kvantumszerkezetének felderítéséért. Számos más kitüntetéssel is elismerték az eredményeit. Az Utrechti Egyetemen beszélgettünk 2001 márciusában.

Gerardus 't Hooft 2001-ben Utrechtben
(Hargittai Magdolna felvétele)

„– *Létezik valójában »a nagy egyesítés elmélete« vagy »a mindenség elmélete«?*

– Amint a »Standard Modell« és az egyenletei, a tulajdonságai többé-kevésbé világossá váltak, mindenki, aki beleásta magát, rájött, hogy van benne egy nagy léptékű rendszer, nem lóg minden véletlenszerűen a levegőben. A jelek szerint léteznek a kvarkok és a leptonok, s ezek mutatnak valamilyen mintázatot – nagyon meglepő lenne, ha a világegyetem teremtője csak úgy összerakott volna egy zsák szemetet, hogy na, itt a »Modell«. Nem ez a helyzet. Elképesztő módszerességet látunk. És mindenki tudta: további magyarázatoknak kell megindokolniuk, hogy miért pont így van felépítve a modell, meg kell magyarázni a szerkezetét, kell lennie egy további egyesítési elvnek. A kémikusok is hasonlóan gondolkodhattak, amikor Mengyelejev előjött a periódusos rendszerrel. Világosan látták, hogy van benne rendszer, nem önkényesen helyezte el az elemeket. De akkor a kémikusok még nem tudták, hogy mitől működik ez a rendszer, csak a mintázatot látták. Most mi

¹ *Candid Science IV*, 110–141.

tartunk itt: látjuk a Standard Modellt, és látjuk, hogy van benne rendszer. Mindannyiunk számára nyilvánvaló, hogy kell léteznie egy átfogóbb elméletnek, amely megmagyarázza a Standard Modellben érzékelhető mintázatot. Meg fogjuk találni, hogy milyen okok rejlenek e mögött a mintázat mögött. Ma még nem tudjuk – de sok elképzelés, feltevés született már.

– *Egyszerű vagy bonyolult magyarázatra számíthatunk?*

– Azt hiszem, inkább meglepőre. A természet mindig túljár az ember eszén. Szép, szellemes érvelésre vagy következtetésre számítok, és biztos vagyok abban, hogy ha egyszer összeáll a kép, sokan mondjuk majd, hogy ezt már rég kitalálhattuk volna, annyira egyszerű! Csak erre nem gondoltunk. Egyelőre nagyon bonyolultnak tűnik, és még nem látzik a megoldás.”²

„– *Hisz abban, hogy a Földön kívül is letelepedhet majd az ember?*

– Igen, szeretek erről ábrándozni. Elvben semmi sem áll az utunkban. A Hold karnyújtásnyira van tőlünk. Ha csak a technikai szempontokat tekintjük, semmi sem gátolja a Hold benépesítését. Erre azért nem került sor eddig, mert még a Földön is rengeteg hellyel számolhatunk. A sivatagokban vagy Kanadában óriási lakatlan területek vannak. Ennek csakis gazdasági okai lehetnek. Egyelőre nem érdemes ott élni: az életkörülmények kegyetlenek, nincs jó munka – egyszerűen nem gazdaságos. A Hold benépesítése sokkal nehezebb lesz, mint a földi sivatagok, tundrák meghódítása.

– *Hisz a Földön kívüli civilizációkban?*

– Nem. Két kérdést kell megválaszolni. Az egyik: léteznek-e Földön kívüli civilizációk, a másik: kapcsolatba lehet-e velük lépni, vagy van-e már velük esetleg kapcsolatunk. A második kérdésre, azt hiszem, tagadó választ adhatunk; ezek a civilizációk valószínűleg túlságosan távol vannak. Az egyoldalú kapcsolat nem teljesen elképzelhetetlen olyan értelemben, hogy egy napon találhatunk bizonyos jeleket. Talán mi is küldhetünk jeleket, de kommunikációra nem leszünk képesek, mert ezek a civilizációk túl messze vannak. Ami pedig a létezésükre vonatkozó kérdést illeti: azt hiszem, gyakran a kelleténél jóval optimistábban ítélik meg, hogy kialakulhat-e valahol intelligens élet. Rendkívül valószínűtlennek tartom, bár nem zárom ki, hogy a Földön kívül is van élet a Naprendszerben. Néhányan úgy gondolják, hogy elképzelhető élet a

² 121–122.

Jupiter vagy a Mars holdjain. Szerintem nagyon kicsi a valószínűsége. Látjuk, hogy bár a Földön roppant barátságos körülmények alakultak ki, és sok szerencsés tényező játszott közre, hihetetlenül lassan fejlődött ki az élet. A Naprendszer legtöbb bolygóján sokkal kedvezőtlenebbek a körülmények az élet számára. Igen, a távoli csillagok körül lehetnek élő bolygók, de ezek számát nagyon nehéz megbecsülni. Az emberek valószínűleg nem fogják fel, hogy mit jelentenek a nagy számok. Márpedig ezt a kérdést sok nagy szám dönti el, és ezek kioltják egymást. Nagy számok írják le, hogy mennyire valószínű vagy valószínűtlen az élet megjelenése. Ezek a nagy számok feltehetően kioltják egymást, de a kioltásnak egyáltalán nem kell teljesnek lennie. Lehet, hogy több milliárd bolygón van a miénkhez hasonló intelligens élet, de az is, hogy a földi élet esélye egy a milliárdhoz, az egész univerzumban; bármelyik elképzelhető a kettő közül. Én kicsit pesszimista vagyok, és az a gyanúm, hogy a Föld borzasztóan magányos hely. Egész galaxisok létezhetnek az élet legkisebb jele nélkül.”³

³ 137–138.

Wolfgang Ketterle

„Odaadtam neki az autónk kulcsát, mert tudtam,
hogy jobban vezetni majd, mint én.”

(Ketterle David Pritchardot idézi. Pritchard átadta neki egyik kutatási területét, amelyen Ketterle Nobel-díjhoz vezető eredményeket ért el)



Wolfgang Ketterle¹ (1957–) a fizika John D. MacArthur-professzora a Massachusettsi Műszaki Egyetemen (MIT). Heidelbergben született, Münchenben tanult, ott is doktorált 1986-ban. Heidelbergi és MIT-beli posztdoktori tanulmányai után 1993-ban az MIT oktatója lett. 2001-ben Eric A. Cornell-lel és Carl E. Wiemannal – a boulderi asztrfizikai intézet, a Joint Institute for Laboratory of Astrophysics (JILA) munkatársaival együtt – fizikai Nobel-díjat kapott az alkáliatomok híg gázaiban megvalósított Bose–Einstein-kondenzációért és a kondenzátumok tulajdonságainak kezdeti, alapvető tanulmányozásáért. Wolfgang Ketterlével az MIT-n beszélgettünk 2002-ben.

Wolfgang Ketterle 2002-ben a Massachusettsi Műszaki Egyetemen (*Hargittai Magdolna felvétele*)

A Bose–Einstein-kondenzátumról, röviden

„Senki sem állított még elő hidegebb anyagot a Bose–Einstein-kondenzátumnál. Talán ez a világegyetem lehidegebb anyaga. Ilyen alacsony hőmérsékleten az anyag különleges tulajdonságokat mutat. Nem úgy viselkedik, mint közönséges körülmények között. A következő példával szemléltethetjük a legjobban a különlegességét. A villanykörte és a lézersugár között szembeötlő a különbség. A körte minden irányba bocsát ki fényt, vagyis sok elektromágneses hullám lép ki belőle szerteszét. A lézersugárban a fény egyetlen irányban halad, egyetlen hullámként. Hasonlóképpen különbözik a Bose-kondenzátum egy közönséges gáztól. A közönséges gázban az atomok egymástól függetlenül mozognak ide-oda, minden irányban. A Bose-kondenzátumban az összes atom egy ütemre masírozik, egyetlen nagy hullámot alkot.”²

¹ *Candid Science IV*, 368–389.

² 370–371.



(balról jobbra): Dan Kleppner, Wolfgang Ketterle, Thomas Greytak és David Pritchard a Massachusettsi Műszaki Egyetemen (*Wolfgang Ketterle szívésségéből*)

Hogyan „örökölte meg” Wolfgang Ketterle David Pritchard kutatásait?

„Szerettem az MIT-t, sokat tanultam Dave Pritchardtól és Dan Kleppnertől is, ezért úgy döntöttem, hogy ott maradok. Még ma sem fogom fel teljesen, mit kaptam Daviddól. Odaadta nekem a laborját meg a lézeres hűtőberendezést, hogy használjam csak. Példátlan! Azt mondta, továbbra is fordulhatok hozzá mindenféle tanácsért, de az összes döntést egyedül hozhatom meg, és nem fogjuk együtt publikálni az eredményeket. Nemcsak teljes függetlenséget, hanem kezdősebességet is adott. Elmondhatatlanul nagylelkű volt. Amikor az ember elkezd az egyetemi pályafutását és összehozza a laborját, két év múlva – ha minden jól megy – megépít egy többé-kevésbé bonyolult berendezést, és talán közli az első cikkét. Az én első két évem alatt eljutottunk a Bose–Einstein-kondenzációig. Dave Pritchard támogatása nélkül nem lettem volna erre képes! Amikor sikerült a Bose–Einstein-kondenzáció, felajánlottam Dave-nek, hogy legyen az első dolgozatunk társszerzője, mert a cikket korábbi együttműködésünk betetőzésének tartottam, de ezt is elhárította.”³

„– *Mintha Pritchard a legizgalmasabb résznél hagyta volna abba...*

– [Pritchard] így fogalmazott egyszer: »Odaadtam neki az autónk kulcsát, mert tudtam, hogy jobban vezet majd, mint én.« Soha egyet-

³ 375.

len szóval sem mondta, hogy megbánta volna. Mindig apaként büszkélkedett a sikeremmel. Tudja, hogy rengeteget tett az MIT-ért, az atomfizikáért és értem. Eric Cornell, a Bose–Einstein-kondenzációt megvalósító első csoport vezetője az ő diákja volt, a másik csoport vezetője pedig posztdoktorként dolgozott nála. Döntő hatást gyakorolt erre a területre.

– *Kivételes személyiség lehet, mert a tudományban a Nobel-díj a legnagyobb elismerés, és már-már emberfeletti, hogy nem is sajnálkozott. Ön törekedett a Nobel-díjra?*

– [Hosszú szünet után:] Látja, nem tudom, mit válaszoljak, mert sohasem ez lebegett a szemem előtt. A nívós kutatást tartottam fontosnak, amit rettenetesen élveztem. Épp elég jutalom, ha az ember átéli azt a fantasztikus időszakot, amikor izgalmas eredmények születnek. A Nobel-díj elismeri az eredményeket, de szerencse és más is kell hozzá. Soha nem ajánlanám egyetlen kutatónak sem, hogy a Nobel-díjra hajtson, és nekem sem ez járt a fejemben. Több munka érdemel Nobel-díjat, mint ahányat elismernek ezzel a díjjal, s az én munkám minősége ugyanilyen lenne akkor is, ha nem kaptam volna meg a díjat érte.”⁴

Ketterle és dr. Pritchard kapcsolata egy hosszú láncolatba illeszkedett. Dan Kleppner Norman Ramsey tanítványa, Kleppner pedig Dave Pritchard mentora volt egykor.

„Nagyon közel állok Danhez. A híg atomi gázok Bose–Einstein-kondenzációjához már az 1970-es évek végén megtették az első lépéseket, amikor a polarizált atomi hidrogéneken dolgoztak. A két legjobb csoport közül az egyik amszterdami volt, a másik az MTI-n működött Tom Greytak és Dan Kleppner vezetésével. Ők táplálták be a kutatók agyába a Bose–Einstein-kondenzációt. Egy egész évtizeden át az atomos hidrogéngázra koncentráltak. Az 1980-as évek végén, a lézeres hűtés megjelenése után már többféle atomot is használhattak az ultrahideg atomfizikában. Mégis az atomos hidrogénnel folytatott eredeti munka befolyásolta erőteljesen, vagy éppen az indította el az alkáliatomokban lejátszódó Bose–Einstein-kondenzáció keresését. Ismertem az összes előző munkát, minden cikket olvastam, ami rettenetesen fellelkesített. De ennél is nagyobb hatást gyakorolt rám Dan Kleppner: ezen a folyosón van a dolgozószobája, gyakran beszéltünk egymással.”⁵

⁴ 376–377.

⁵ 377.

Kürti Miklós

*Azt gondoltam magamban:
hová mehetnék még innen? Nem is mentem el soha.*
(Oxfordba érkezésekor)



Kürti Miklós¹ (1908–1998) Budapesten született (később Nicholas Kurtiként vált ismertté). Középiskolai tanulmányai után, 1926-ban, a zsidóellenes törvénykezés miatt elhagyta Magyarországot. Párizsban és Berlinben tanult, aztán Breslauban (ma Wrocław, Lengyelország) dolgozott, később a náci Németországot maga mögött hagyva Angliában telepedett le. Az Oxfordi Egyetem Clarendon Laboratóriumának fizika-professzora, a Royal Society tagja, a Brit Birodalom Érdemrendjének tulajdonosa volt. 1994-ben beszélgettünk Londonban, a Royal Society épületében.

Kürti Miklós 1994-ben Londonban (*Hargittai István felvétele*)

Budapesttől Oxfordig

„Tizennyolc évesen elmentem [Paul] Langevinhez, Párizsba. Szerencsére, akkorra már tudtam franciául. Langevin azt mondta, hogy mindenekelőtt meg kell szereznem a *Licence en sciences physiques* fokozatot. Ehhez nagyon komoly írásbeli, majd szóbeli vizsgát kellett tenni. Két éven belül sikerült. Kémiát, fizikát és matematikát tanultam. Kémiából és fizikából is nagyon híres professzoraim voltak. Szentpéter Jakab [egy budapesti fizikus barát] azt tanácsolta, hogy Berlinben folytassam a tanulmányaimat. Polányi Mihály akkor Berlinben élt, hozzá kaptam ajánlólevelet. Polányi azt tanácsolta, szánjak egy évet posztgraduális munkára, aztán készítsem el a doktori disszertációm. Az alacsony hőmérsékletek fizikáját választottam kutatási területként; Franz Simon professzor volt a mentorom. Az alacsony hőmérsékletek fizikáját részben ő alapozta meg Németországban. Az 1928 és 1931 közötti berlini évek voltak a legeslegjobbak. De élni nem szerettem Berlinben. [...]

¹ *Candid Science VI*, 554–565.

A *Physik Kolloquia*, amelyeket Max von Laue szervezett a fizika tanszéken, azonban mindennél fontosabbnak bizonyultak. Ezek a szó mai értelmében nem kollokviumok, hanem inkább szemináriumok voltak. Minden szerdán tartottunk egy kétórás összejövetelt. Néhányan egyszerűen beszámoltak a friss cikkekről. Jellemző, hogy 1929-ben vagy 1930-ban Max von Laue átfogó képet szerezhett a fizikai szakirodalomról, ha megnézte a *Proceedings of the Royal Societyt*, a *Physical Review*-t és a *Physikalische Zeitschriftet*. Ha valaki rendszeresen eljárta a kollokviumra, tudta, hogy mi történik a fizikában. Mindennel lépést tarthatott. Laue mindig megkérdezte a hallgatóságtól, hogy ki vállalná el egy-egy cikk ismertetését a következő hétre. Szokás szerint ez a doktoránsokra várt. Képzeld csak el: az ember egy híres fizikus friss dolgozatát ismerteti, és a hallgatóság első sorában ott ül Schrödinger, Von Laue, Gustav Hertz, Haber, Nernst, nagyjából hat-hét Nobel-díjas vagy leendő Nobel-díjas. Mögöttük pedig Wigner, Szilárd és a többiek. Nem mindennapi feladat. Borzasztóan élveztük, hogy néha a nagy emberek is ejthetnek hibákat. Emlékszem, egyszer Schrödinger hirtelen felállt a háromatomos molekulák spektrumáról folyó vita közben, és azt mondta, sokkal egyszerűbbek lennének a számítások, ha feltennénk, hogy a három atom ugyanabban a síkban van. Egy ideig csend volt, aztán kitört a nevetés.

Az alacsony hőmérsékletű kísérletek közben egyszer majdnem felrobbantottam a laboratóriumot. Legelőször én állítottam elő nagyon erős mágneses teret cseppfolyós hidrogénben hűtött mágneses tekerccsel. Az első kísérletemnél tartottam, minden rendben levőnek tűnt, már csak meg kellett nyomni egy gombot, ami 40 amperes áramot indított el egy fél milliméter átmérőjű rézhuzalban. Amikor megnyomtam a gombot, óriási zaj tört ki, mert felrobbant a hidrogénes edényem. Szerencsére kétméternyire álltam tőle, és nem esett bajom. Később rekonstruáltam az eseményeket: a huzal cseppfolyós hidrogénben haladt, és mivel spórolni akartam a hidrogénnel, előre lehűtöttem cseppfolyós levegőben. Akkor még nem volt cseppfolyós nitrogénünk, csak levegővel dolgozhattunk. Ott követtem el a hibát, hogy nem vártam meg a cseppfolyós oxigén elpárolgását. Nyilván egy szikra, egy rossz kontaktus okozta a robbanást. Végül azonban sikerült a kísérlet, és a doktorátust is megszereztem.

Aztán Simon asszisztense lettem. Egy idő múlva tanszéket kapott Breslauban [a város akkor még Németországban volt, ma Lengyelországhoz tartozik és Wrocławnak hívják], én pedig vele mentem. Amikor Hitler hatalomra jutott, Simon úgy döntött, hogy nem marad ott to-

vább; mindenekelőtt két kisgyermekét féltette. Bár Simon zsidó volt, kezdetben nem vonatkoztak rá a zsidótörvények, mert az első világháborúban első osztályú Vaskereszttel tüntették ki. Gyakran elmesélte, hogy az elsők között szenvedett gázmérgezést a nyugati fronton. Simon ismerte F. A. Lindemannt [a későbbi Lord Cherwellt], és elintézték, hogy Lindemann hívja meg őt Angliába. Engem is magával vitt, az aszisztenseként. Ez 1933 tavaszán történt. Simon nem akarta nagy dobra verni a távozását. Egyszerűen lemondott a tanszékvezetéséről. Behívott az irodájába, és elmesélte, hogy épp akkor írta alá a lemondó levelét, amikor megérkezett a *Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft*, az akkori német kutatástámogató szervezet értesítése. Hat hónappal korábban Simon nagy összegű támogatásért folyamodott. Most arról tájékoztatták, hogy minden kérését jóváhagyták, még a laboratórium teljes felújítását is. De ez sem bírta maradásra. Így kerültem én Oxfordba.”²

² 557–558.

Benoit B. Mandelbrot

*Hosszú tudományos pályafutásom
kiállta és túlélte a beskatulyázást.*



Benoit B. Mandelbrot 2000-
ben Stockholmban
(Hargittai István felvétele)

Benoit B. Mandelbrot¹ (1924–2010) Varsóban született. Fraktálgeometriai munkája nyomán szerte a világon ismertté vált. 1936-ban családjával Franciaországba költözött, ahol a zsidóüldözések ellenére túlélte a második világháborút. Az École Polytechnique-on végzett mérnökként 1947-ben, később a Kaliforniai Műszaki Egyetemen (Caltech) master fokozatot szerzett, és 1952-ben doktorált a Faculté des sciences de Paris-n. 1958-tól az IBM-nél dolgozott, az Egyesült Államokban. A fizikai Wolf-díj (Izrael, 1993) indoklása szerint – a fraktálgeometriai leírás általános alkalmazhatóságának korszakos jelentőségű felismerésével – megváltoztatta természetszemléletünket. Mandelbrotnak szigorú édesanyja volt, aki nagy reményeket fűzött fia jövőjéhez: „Sokat várt tőlem – mesélte Mandelbrot –, én azonban lassan fejlődtem. Hosszú élete folyamán, azt hiszem, mégis megnyugodhatott. De ha nincs ilyen hihetetlen szerencsém, és nem botlom a fraktálokba, akkor egyáltalán nem biztos, hogy megfeleltem volna az elvárásainak.”² 2000-ben beszélgettünk Stockholmban.

A fraktálfogalom születése

„Ez a történet kizárásos alapon indult, és csak fokozatosan bontakozott ki. Nem éreztem jól magam a Caltech mérnökképzésében, sem a Philips cég mérnökeként, ezért úgy döntöttem, visszatérek a tudományhoz, ledoktorálok. Az elméleti fizika nem állt tőlem távol, de Franciaországban nem találtam jó mentort, másrészt nagy ívben el akartam kerülni mindent, aminek köze lehetett az atombombához. A klasszikus geometria is tetszett, de a nagybátyám meggyőzött arról, hogy zsákutca. Az algebrát utáltam, ezzel a tiszta matematikát kilőttem. Nagyra-törő és lázadó idealista voltam: olyan területet kerestem, ahol én teremthetek matematikai rendet a nagy összevisszaságban. Nagybátyám

¹ *Candid Science IV*, 496–523.

² 500.

mindvégig azon szórakozott, hogy Kepler akarok lenni, de néhány évszázaddal elkéstem.

Ezt azonban nem hittem el, mert megfigyeltem valamit. A tudományterületek szerveződése közben egyre több olyan eredmény halmozódik fel, ami sehová sem illik. Nyugodtan kutathattam kincs után a sötét zugokba félretolt pizsokban. Végül, csodával határos módon, sikerült eltakarítanom egy csomó szemetet, és a romantikus álom maradéktalanul valóra vált. Ez mindent elsöprő érzés. Egy idős ember számára azonban magától értetődően félelmetes is. Nagyon hosszú utat jártam be, és csak most kezdem felfedezni a rendszert ebben a vad keresgélésben. Rájöttem, hogy azokon a területeken, amelyeket kizártam, »a símaság uralkodik«. Én a durvaságra adtam elméletet, egy élet munkájával.

– Sokáig gondolkozott a »fraktál« kifejezésen, ami aztán az egész világon elterjedt?

– 1975-ben írtam az első könyvet a fraktálokról, de az eredeti címe nagyon nehézkes volt. Odaadtam a kéziratot Marcel-Paul Schützenburgernek, egy kedves, éles elméjű barátomnak, aki nagyon jól tudott franciául. Ez a zseniális ember többé-kevésbé műkedvelő maradt: annyira szétszórt volt, hogy már nem is emlékeznek rá. Mindenekelőtt azt mondta, hogy ha megpróbálok házalni ezzel a vacakkal (valójában egy francia káromkodást használt), tiltakozni fog a kiadómnál, mert jó franciasággal is meg tudom írni, tehát kapjam össze magam. Újra elolvastam a könyvet, és rájöttem, hogy »Marcó«-nak (így hívtuk) igaza van. A kézirat hemzsegett az anglicizmusoktól. Valakinek segítenie kellett, hogy újra otthonosan mozogjak a nyelvben.

Másodjára pedig azt mondta Marco, hogy mivel olyan dolgot hívtam életre, ami azelőtt nem létezett, jogom van a névadáshoz. A durvaságról a törésre, a törött felület látványára (*fracture*) asszociáltam. Felapoztam egy latin szótárt, és láttam, hogy a *fracture* a latin *fractus* (*fracta, fractum*) melléknévhez – »olyan, mint a törött kő« – kapcsolódik. A rómaiak nem sokat törődtek az absztrakcióval; földhözragadt szavakat használtak. Először a »fractum« elnevezés jutott az eszembe, de ez a kvantumra rímelt. Emiatt hatásvadász, ízléstelen lett volna. Másodjára a »fractal« ötlött fel, ami franciául és angolul egyformán jól hangzott – később sok más nyelven is, amelyre lefordították a könyvemet. Ma már az összes szótárban szerepel.

Természetesen adódtak különféle nyelvi nehézségek. Például az oroszban keményen vagy lágyan végződjön a »fraktál« szó, és milyen nemű legyen? Egy bizottság úgy döntött, hogy az »l«-t meg kell lágyí-

tani, és a szó nőnemű. Az új tudományos kifejezések között a »fraktál« kevésbé problematikus, mint a »káosz«. Minden régi szóra teherként nehezednek a korábbi jelentések, míg az új szavak mentesülnek ez alól. Persze, a fraktál szavam már több új értelmet kapott.

– *Ezek után hogyan definiálja a fraktálokat?*

– Nem létezik egyetlen matematikai definíció. A matematikában is nehezen definiáljuk a fontos dolgokat. Ha nem hiszi, próbálja meg definiálni a valószínűség-elméletet. És ne felejtse el, hogy az általános topológia – definíció szerint – »a szomszédság fogalmának vizsgálata«. Ha nem akarok részletekbe bocsátkozni, ennek a mintájára »a durvaság vizsgálatá«-nak nevezem a fraktálgeometriát.

Ha nem hagynak békén, hozzáteszem, hogy az önhasonlóság és a hozzá kapcsolódó invarianciák elmélete. Az önhasonló alakzatok közelről és távolról szemlélve is ugyanolyannak látszanak. Minden olyan hivatalos definíció, amit ismerek, kizár valamilyen fontos aspektust, ezért már nem keresem az egyetlen, mindent felölelő definíciót. Az első könyvemben nem szerepelt definíció. Aztán engedtem, és egy fraktáldimenzió alapuló, közelítő definíciót fogalmaztam meg. De egy jeles francia matematikus – egy merev sznob – élesen kritizálta. Értette a fraktalitás fogalmát, és alapvetőnek is tartotta. A fraktáldimenzió azonban speciális fogalom, amelynek számos variánsa van. Ezért azt mondta, hogy egy alapfogalmat nem definiálhatok egy speciálisból kiindulva. A fizikusok másképp gondolkoznak. A fraktál fogalom, a fraktáldimenzió szám: megadja a durvaság mértékét, és kísérleti úton meghatározható. A fizikusok utálják a fogalmakat és imádják a számokat, amelyeket ki tudnak mérni.

Az viszont fontos kérdés, hogy benn marad-e a köztudatban a fraktálgeometria, továbbra is jó szolgálatot tesz-e a természettudományoknak és a közgazdaságtannak. De ennek semmi köze ahhoz, hogy találunk-e átfogó definíciót.”³

³ 507–509.

Rudolf Mössbauer

*...látjuk, hogy a Nap úgy működik,
ahogy gondoltuk.*



Rudolf Mössbauer
1995-ben Budapesten
(Hargittai István felvétele)

Rudolf Mössbauer¹ (1929–2011) német fizikus volt. A Müncheni Műszaki Egyetemen végzett, 1958-ban ugyanitt doktorált. Részből az egyetemen, részből a heidelbergi Max Planck Intézetben dolgozott; itt fedezte fel a „visszalökődésmentes magrezonancia-abszorpció”-t. Ebből ered a Mössbauer-effektus és a Mössbauer-spektroszkópia kifejezés. 1960-ban a Kaliforniai Műszaki Egyetem munkatársa lett, a következő évben felfedezéséért elnyerte a fizikai Nobel-díjat. 1965-ben a Müncheni Műszaki Egyetem professzoraként tért vissza Németországba. 1997-ben innen ment nyugdíjba. 1972 és 1977 között a Max von Laue–Paul Langevin Intézetet irányította a franciaországi Grenoble-ban. 1995-ben Budapesten beszélgettünk.

A Mössbauer-effektus felfedezése és kiterjedt vizsgálata utáni években Mössbauer érdeklődése a neutrínók felé fordult. A következők miatt találta fontosnak ezt a kutatást:

„Először látjuk, hogy a Nap úgy működik, ahogy gondoltuk. Feltételeztük, és most már tudjuk is, hogy a Nap energiája az atommagok egyesüléséből származik. Természetesen minden más csillagé is. Ez alapkutatói eredmény, és nem használható fel közvetlenül a mindennapi életben, de rengeteg alkalmazása, mellékterméke van.”²

Rudolf Mössbauer intenzíven dolgozott a GALLEX-kísérletben (Gallium Experiment).

„Ebben a kísérletben a napneutrínókat detektáljuk, nagy nemzetközi együttműködésben. A neutrínónak nincs töltése, és csak gyenge kölcsönhatásokban vesz részt. Ezeknél már csak a gravitáció gyengébb,

¹ *Candid Science IV*, 260–271.

² 267.

legfeljebb csillagászati léptékben érzékelhető. Testünket az egész Föld vonzza, egyedül emiatt tűnik számottevőnek a gravitáció. Az atommagok mérettartományában a gravitáció elhanyagolhatóan kicsi, még a gyenge kölcsönhatáshoz képest is. Ez utóbbi olyan gyenge, hogy a Nap egyik oldalán belépő és másik oldalán távozó neutrínó alig »veszi észre«. A neutrínók a Nap és a többi csillag belsejében képződnek, amikor négy proton héliumatommaggá egyesül. A héliumatommag kicsit könnyebb, mint a négy proton; ezt a tömegkülönbséget a Nap energia formájában sugározza ki. A képződő neutrínók elhagyják a Napot, valamennyi eljut a Földre, ahol detektálunk közülük néhányat.

– *Ha a neutrínók áthaladhatnak a Napon, hogyan tudjuk, hogy nem átutazókkal van-e dolgunk?*

– Csak a Naptól jöhetnek. A többi csillagban ugyanennyi vagy még több neutrínó keletkezik, de ezek a csillagok nagyon messze vannak: a Földdel olyan kis térszöget alkotnak, hogy a neutrínóik nem jutnak el hozzánk. Csak a Nap van elég közel a neutrínói detektálásához.

– *Hogyan észlelik őket?*

– Elvben könnyen, a gyakorlatban roppant nehezen. Iszonyú sok anyag kell hozzá, és nem felel meg akármi. A radioaktív bomlás során az anyag magasabb energiájú állapotból kerül alacsonyabba. Itt épp az ellenkezőjéről van szó. A napneutrínó elérkezik egy atommaghoz, és ez a Z rendszámú atommag alapállapotból esetleg magasabb energiaállapotba jut, amelynek $Z+1$ a rendszáma. Ehhez az átmenethez a neutrínónak rendelkeznie kell valamekkora energiával – át kell lépnie egy energiaküszöböt –, de ha ennél több energiája van, akkor minden rendben. A gallium különösen alkalmas erre a kísérletre, mert – többek között – viszonylag kis energia kell ahhoz, hogy átalakuljon a szomszédos elemmé, a germániummá. Az energiaküszöb tehát alacsony, és így több napneutrínót is érzékelhetünk. A beérkező napneutrínók közül csak néhány hatására alakul át a galliumbeli alapállapot a germániumbeli magasabb energiájú állapotá. Méréskor a fordított átmenetet érzékeljük, amikor a germánium visszaalakul galliummá. Ezeknek a visszaalakulásoknak, bomlásoknak a száma összefügg az eredeti gerjesztések számával, így a beérkező napneutrínók számával is. Ennek alapján határozzuk meg a neutrínók számát. A gyenge kölcsönhatás miatt a neutrínók általában észrevétlenül haladnak át a mérőberendezésen: csak ritkán lép fel kölcsönhatás, körülbelül napjában egyszer.³

³ 265–266.

Yuval Ne'eman

... az a társadalom, amelyik megpróbálja rákényszeríteni az akarátát a kutatóira, és megköveteli, hogy haszonelvű célokat kövessenek, stagnálásra van ítélve.



Yuval Ne'eman 2000-ben Stockholmban

Yuval Ne'eman¹ (1925–2006) Izraelben született. Párhuzamosan futott be sikeres pályát a katonaságnál, a politikában és a tudományban. Az elemi részecskék fizikájában Nobel-díjra érdemes felfedezéseket tett, de saját becslése szerint csak ideje felét töltötte kutatással. Murray Gell-Mann és Ne'eman egyaránt meghatározó eredményeket ért el az elemi részecskék rendszerének kialakításában. Gell-Mann azonban minden idejét a kutatásnak szentelte, és szellemes neveket adott felfedezéseinek; Ne'eman elnevezései szárazak voltak. 1969-ben Gell-Mann osztatlan fizikai Nobel-díjat kapott az elemi részecskék és kölcsönhatásaik osztályozásában született felfedezéseierért és munkájáért. Ez az indoklás Yuval Ne'emanra ugyanígy illett volna. Ne'eman csodagyerek volt a középiskolában, BSc-fokozatát és (MSc-fokozatnak megfelelő) diplomáját 1945-ben, illetve 1946-ban szerezte meg a Technionban, az Izraeli Műszaki Egyetemen. A következő fokozatig aztán tizenhat év telt el: PhD-disszertációját 1962-ben védte meg a Londoni Egyetemen. 2000 szeptemberében beszélgettünk Stockholmban.

Yuval Ne'eman becslést adott a Higgs-részecskére.

„A modellem szerint a Higgs tömege kétszer akkora, mint a W -é, ami 85 GeV, tehát a Higgsé 170 GeV. Szükség van azonban renormálási korrekcióra, mert nagy energiákon a tömeg az energia függvénye. Ez a pitagoraszi eredmény magasabb energián érvényes. Alacsonyabb energián a Higgs tömegét 130 ± 10 GeV-nak számoltuk.² Egyedül én adtam becslést ezen a területen. A többi elmélet semmit sem mond a Higgsről – a közönséges szuperszimmetrián kívül, ami sok új részecske létezését követeli meg. [...]

Arra az esetre, ha megtalálják a Higgset, és a tömegét is megméri, szeretném már most felhívni a figyelmet, hogy az én elméletem megjósolta. Javasoltam a kollégámnak, David Fairlie-nek, akivel együtt dolgo-

¹ *Candid Science IV*, 32–63.

² Ne'eman előrejelzését kísérletek 2012-ben igazolták.

zunk, hogy össze kellene gyűjteni a cikkeinket egy kötetbe, vagy jelentessünk meg átfogó cikket a *Physics Reports*ban. David még mindig töpreng egyes részleteken, ki akar számolni néhány megnyiséget, hogy könnyebben megértsék az elméletünket. A supercsoport neve $SU(2/1)$. Már mindent közöltünk, le van írva, csak azt akarom, hogy tudjanak róla.”³

2000-ben Yuval Ne’eman beszélt az izraeli tudományos életéről, amely már akkor is jelentős volt, de még nem született meg az a számos Nobel-díj, amellyel a következő években kitüntették az izraeli tudósokat.



Murray Gell-Mann
2001-ben Stockholmban
(Hargittai István felvételei)

„1983-ban, amikor én voltam az első tudományos miniszter, meghívtak az exkluzív Elsevier »Economist« klubba, ahol Izrael tudományosan megalapozott ipari tevékenységéről beszéltem. Ez a klub havonta tart összejövetelt Haarlemben, Hollandiában. Elöttem Helmut Schmidtet, a korábbi nyugatnémet kancellárt, utánam Henry Kissingert hallgatták meg. 1983-ban már jelentősek voltak a tudományra épülő iparágaink, és azóta tovább fejlődtek. Szerte az országban működnek ilyen cégek. Hosszú évekkel ezelőtt jöttek létre, a Weizmann Intézet és a Technion közelében. Ma már nagy számban megtalálhatók Tel-Aviv környékén, de máshol is. Egyetemekről kikerülő embereket alkalmaznak, köztük olyan kutatókat, akikből sikeres vállalkozók lettek. A mi gazdaságunk ereje tulajdonképpen a »high tech«. [...]

Az iparban nálunk ma meghatározó szerep jut a számítástudomány-nal foglalkozó csoportoknak. Nagyobb az arányuk, mint Amerikában és Európában. [...] Az izraeli kutatás, véleményem szerint, ugyanolyan színvonalas, mint a legjobb amerikai és európai kutatás, de vannak gyenge pontjai. A világ tudományos eredményeinek egy százaléka általában tőlünk kerül ki, pedig a világ népességének csak egytized százalékát alkotjuk. A tudományos infrastruktúránk nem elég jó. Az elméleti fizika kitűnő, remek kollégák dolgoznak például a hűrelméleten. A kísérleti fizika sokkal gyengébb lábakon áll, mert nem költünk eleget az infrastruktúrára. Van, ami jól megy, van, ami kevésbé. Annak idején próbáltam ezen segíteni, de azóta megváltozott a helyzet. Az orosz bevándorlás fellendítette a fizikai kutatást. Előtte kevesebben jelentkeztek

³ *Candid Science IV*, 50–51.

már fizikusnak, a bevándorlás azonban megfordította ezt a tendenciát. Más tudományágakban is ezt láttuk. Mostanában már inkább az üzleti élet vonzza a fiatalokat, más országokhoz hasonlóan.”⁴

A tudomány zsidó művelői

„Az amerikai doktori iskolák azelőtt zsidókkal voltak tele, most mindenhol ázsiaiak tanulnak. Azt hiszem, tudom, miért választott annyi zsidó tudományos pályát. Úgy 1800-ig a zsidókat kirekesztették a társadalomból, csak házalóként tűrték meg őket. Másrészt az összes férfi tudott írni-olvasni. Aztán jött két forradalom, az egyik a francia, amely elkezdte a zsidók emancipálását, a másik az ipari forradalom, amely új típusú értelmiségi – mérnöki, könyvelői, ügyvédi – munkának nyitott teret, és más új szakmákat is létrehozott. Az európai társadalom általában tisztelte a hagyományt, és nagy volt a tehetetlensége; a fiúk többnyire apáik nyomdokaiba léptek. Ezért az új szakmák nem keltettek nagy érdeklődést. A zsidók viszont éppen ekkor térhettek át a házalásról más mesterségekre. Az iskolázottságuk révén sok mindenkinél felkészültebbek voltak. Megragadták az új lehetőségeket, és 1900 körül, különösen Kelet-Európában, az értelmiségiek, hivatalnokok nagy hányadát már zsidók tették ki. Ez még nem jelentette azt, hogy közel kerültek a tudományhoz, amely továbbra is jórészt a korábbi felső rétegek privilégiuma volt. Bár fokozatosan csökkent a vallás jelentősége, számos zsidó professzornak ki kellett keresztelkednie, ha feljebb akart jutni a ranglétrán. Talán más tényezők is szerepet játszhattak. A *Talmud* tanulmányozása a zsidó tudósokat felkészítette az absztrakt gondolkodásra. Még genetikai okokra is gyanakszom. A zsidóktól kétezer éven át azt akarták, hogy mondjanak le a vallásukról. Azok álltak ellen a nyomásnak, akik másoknál könnyebben teremtették meg és lakták be saját absztrakt világukat. Ez egyfajta szelekcióhoz vezethetett. Több zsidó választott elméleti munkát, mint kísérleti és mérnöki területet.

Egy holland szerző más genetikai magyarázatot adott a zsidók tudományban betöltött szerepére. Szerinte a keresztény világ évszázadokon át – Konstantin és a reformáció között, a katolikus közösségekben még tovább – kilökte magából az absztrakt gondolkodásra alkalmas tehetségeket. Ha egy fiú hajlott az elméletre, egyházi pályára adták: ezzel lényegében eltávolítottak bizonyos géneket. A zsidóknál éppen fordítva volt. Egy gazdag zsidó arra törekedett, hogy a lányát nagy tudású emberhez adja, aztán eltartotta őket, és egyre több tudós alkat született.”⁵

⁴ 54–55., 56.

⁵ 55–56.

Mark Oliphant

... az elméleti fizikus van a legközelebb Istenhez.



Mark Oliphant 1999-ben
Canberrában (*Hargittai
István felvétele*)

Marcus (Mark) Laurence Elwin Oliphant¹ (1901–2000) Kent Townban, Adelaide közelében született, Ausztrália déli részén. Ernest Rutherforddal együtt fedezte fel a tríciumot és a hélium-3-at; a második világháborúban fontos szerepet játszott a szövetségeseket védő hatékony radarrendszer felállításában; a Manhattan-terv vezető brit résztvevője volt; ő hívta életre az Ausztrál Tudományos Akadémiát; és ő volt az Ausztrál Nemzeti Egyetem társalapítója. 1999. július 22-én látogattuk meg canberrai otthonában, ahol a lányával, Vivian Wilsonnal élt. 98 éves korában még mindig impozáns személyiség volt. Szellemességével, figyelmességével és érdeklődésével elkápráztatott bennünket.

Mark Oliphant legfontosabb felfedezése

„Az összes lehetséges részecskével bombáztuk az elemeket, hogy átalakulásra készítsük őket. Természetesnek vettük, hogy a nehézhidrogént is kipróbáljuk, és nagyon érdekes eredményeket kaptunk. A nehézvízes kísérletek két felfedezéshez vezettek, az egyik a hélium-3 volt, a másik a trícium.²”

Ezeket a felfedezéseket Rutherforddal dolgozott együtt.

„Rutherford óriási hatást gyakorolt rám és sok más akkori cambridge-i kutatóra. Ő volt a tudományos apám, a szó minden értelmében. Nem szerette, ha a kollégái hosszú időt töltenek a laborban. Értelmetlen túlzásnak tartotta. De ez nem jelentette azt, hogy Rutherford akár egyetlen percre is abbahagyta volna a munkát. Egy nap úgy mentünk haza, hogy nem értettük az egyik kísérlet eredményét. Éjjel 3-kor csöngött a telefonunk. A feleségem szólt, hogy a professzor akar velem beszélni. Rutherford azt mondta: »Megvan. Azok a rövid pályájú részecskék hár-

¹ *Candid Science IV*, 304–315.

² 307.



Lord Rutherford a deutérium reakcióit mutatja be a Royal Institutionban 1934-ben. Mark Oliphant az asztal előtt áll *(Mark Oliphant szívesességéből)*

mas tömegszámú héliummagok.« Megkérdeztem, miből gondolja, mire azt válaszolta: »Miből! Miből! A csontjaimban érzem!«

– *Barátságos ember volt?*

– Nagyon. Mindig mindenkivel szívesen beszélgetett, akármiről, és emiatt óriási hatása volt. Dörgedelmes hangja messzire elhallatszott az ebédlő professzori asztalától. Rutherfordék nagyon rendesek voltak. A vásárnap délutáni teákra a diákokat is meghívták. A vidéki házukban egész hétvégére vendégül látták őket. Ez mindig nagy eseményszámba ment.³

– *Igaz, hogy Rutherford nem hitt az atomenergia felszabadításában?*

– Elborzadt tőle. Tudta, hogy megvalósítható, de nem akarta, hogy az legyen.⁴

– *Őn valamikor tartott egy előadást »Egy fizikus istenképe« címmel.*

– Azt hiszem, az elméleti fizikus van a legközelebb Istenhez – az elméleti fizikus, aki a világ, a valóság legelemibb történéseiről gondolkodik.

– *Szükségesnek látja, hogy egyesítő elméletet keressünk a természet leírására?*

– Nem, azt hiszem, minden tudás fontos. Nagyon rendjén való, hogy sokféle oldalról és kaotikusan igyekszünk szert tenni a tudásra, és hogy a legkülönbözőbb emberek vadásznak friss információra, mindenfelé. Ennek így kell lennie. A természet nagyon bonyolult. És minél többet tudunk róla, annál bonyolultabbá válik. Ha valaki másképp látja, akkor nem gondolkozik.”⁵

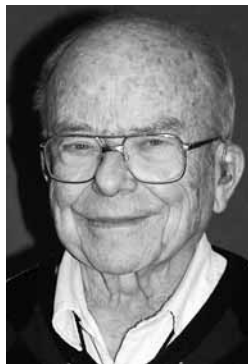
³ Oliphant írt egy könyvet Rutherfordról; M. Oliphant: *Rutherford. Recollections of the Cambridge Days*. Elsevier, Amsterdam, 1972.

⁴ 307–309.

⁵ 311–312.

Wolfgang K. H. Panofsky

*A tudósok hozták ránk azt,
hogy egyre kevesebb ember képes
egyre több embernek ártani.*



Wolfgang K. H. Panofsky¹ (1919–2007) Berlinben született, a náci hatalomátvételt követően emigrált családjával az Egyesült Államokba. 1942-ben szerzett PhD-fokozatot a Kaliforniai Műszaki Egyetemen. 1951-től élete végéig a Stanford Egyetemen dolgozott. Ő szervezte meg és irányította a Stanford Lineáris Gyorsító Központ (SLAC) létrehozását Kaliforniában, Palo Altóban; 1961 és 1984 között ő volt az igazgatója. Számos kitüntetést, elismerést kapott, tanácsadóként működött az Egyesült Államok kormánya mellett, részt vett a fegyverkorlátozási és -leszerelési tárgyalásokban. 2004-ben beszélgettünk dolgozószobájában, a Stanfordin.

Wolfgang K. H. Panofsky 2004-ben Palo Altóban (*Hargittai Magdolna felvétele*)

*A terrorista veszélyt jelentő nukleáris csempészeletről beszélve felmerült,
hogy milyen kicsi lehet ma egy hidrogénbomba.*

„Nem olyan nagyon kicsi. Készítettek már akkora hidrogénbombát, hogy rá lehetett bízni egyetlen katonára, de ez is körülbelül hetven kilót nyomott. Szóval, nem túl kicsi, de ahhoz elég kicsi, hogy ládába vagy teherautóra tegyék. Csak bivalyerős ember tudná bőröndben cipelni, és minden riasztót megszólaltatna. De ez nagyon aktuális kérdés. [Sam] Nun szenátor azt mondta, hogy a terroristák által okozott kárnak csak a rendelkezésükre álló eszközök szabnak határt. Mi az elrettentés miatt nem használunk nukleáris fegyvereket. Hiszen öngyilkosság lett volna, ha akár az oroszok, akár az amerikaiak bevetik a nukleáris fegyvereiket, és ez minden olyan országra igaz, amelyik rendelkezik ezekkel a fegyverekkel. Ha viszont országon belüli csoportokról beszélünk, és vannak, akik azt hiszik, hogy a mennyben boldogabbak lesznek, mint a Földön, akkor az elrettentés nem segít. Ilyenkor bizony valódi kockázattal állunk szemben. A csempészés kiszűrése sokrétű probléma. Persze, észre kell venni a csempészeket, de az a legfontosabb, hogy a forrásukat ta-

¹ *Candid Science VI*, 600–629.

láljuk meg, és átvegyük az ellenőrzést a készletük fölött. A terroristák nem tudnak plutóniumot vagy uránt gyártani. El kell lopniuk, meg kell venniük, vagy meg kell valakit vesztegetniük.”²

A tudósok társadalmi felelőssége

„Nagyon pontosan tisztában vagyok a felelősségünkkel, ezért írok vitriolos leveleket. De óriási változáson mentem át. A szputnyik fellövése után Eisenhower rögtön felállította elnöki tanácsadó bizottságát, amelynek 1959 és 1964 között a tagja voltam. Jól ismertem Eisenhowert. Rendszeresen összeült a tudósokkal, és valóban nyílt vitáink, nyitott bizottságaink voltak. Nagyon sokat számított, hogy Eisenhower rendelkezett tudományos műveltséggel; persze, nem volt tudós, de nagyon jól érzékelt, mikor állunk a helyzet magaslatán, mikor nem. A felső vezetők természettudományos képzettsége azonban egyre hanyatlik. Kennedy többé-kevésbé átlátta a helyzetet. Carterrel többször is találkoztam, és ő, furcsa módon, túlbecsülte a szakemberek képességeit. Például írtam egy fejezetet az atomreaktorok biztonságáról. Később tartott egy egyórás elnöki megbeszélést, ahol tájékoztatnom kellett, majd a végén, amikor már csak két percünk maradt, ezt kérdezte: »Dr. Panofsky, megvilágítaná nekem a nátrium és az urán fűtőanyagciklus közötti különbséget?« Az Egyesült Államok elnökével álltam szemben, aki ugyan sok mindent tudott, de nincs az az ember, aki ezt két perc alatt elmagyarázta volna neki! Nagyon zavarba jöttem. Túl sok tudományos eredményről hallott, ezért nem tudta megkülönböztetni a fát az erdtől – de ő legalább hallott valamit. Azóta...

– *És Clinton?*

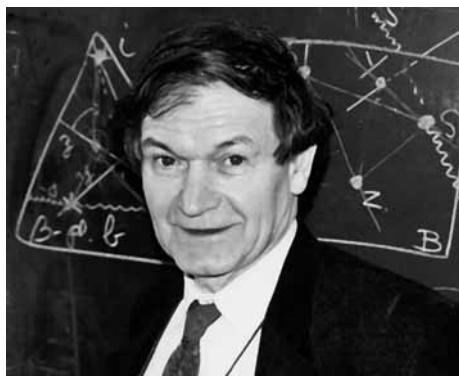
– Nem volt olyan jó. Nem vettem részt közvetlenül az elnöki tudományos és műszaki tanács munkájában, de több embert ismertem onnan. Általában Gore-ral tárgyaltak, nem Clintonnal. Gore szintén eligazodott a természettudományokban, de azt hitte, hogy tudja a választ, ami megnehezítette a párbeszédet. Clinton felmérte a tudomány értékét, és nem volt műszaki analfabéta, de ahhoz nem vette a fáradságot, hogy alaposan megértsen bizonyos dolgokat. A mai vezetést viszont felülmulta. A tudományos kérdéseket Eisenhower ítélte meg a legjobban. Persze, ő egyetemi rektor volt, alaposan ismerte a tudós népséget. Johnsonnal lényegében nem alakult ki kommunikáció. Ez nem annak a kérdése, hogy valaki demokrata vagy republikánus, sokkal inkább az adott ember személyiségén, stílusán múlik.”³

² 618–620.

³ 628–629.

Roger Penrose

*Az igazság érdekel a legjobban,
hogy mi van ott kint, és hogyan érthetném meg.*



Roger Penrose¹ (1931–) Colchesterben, Angliában született. A Londoni Egyetemen szerzett BSc-fokozatot, PhD-disszertációját a Cambridge-i Egyetemen írta algebrai geometriából. Matematikai fizikus és kozmológus, de lehetetlen beskatulyázni. Ezenkívül nagyra becsült tudomány népszerűsítő munkák szerzője. 2000-ben beszélgettünk dolgozószobájában, az Oxfordi Egyetemen.

Roger Penrose 2000-ben az Oxfordi Egyetemen (Hargittai István felvétele)

Érdekelt bennünket, hogy Roger Penrose mennyire tartja rendhagyónak saját tevékenységét.

„Egyesek szerint valóban az vagyok. Kiborulnak a tudattal kapcsolatos munkámtól... Sokan azt gondolják: vagy pusztán számítógépnek tartod az embert, vagy misztikus/vallásos világban élsz, vagy más elképzelésed van, az viszont tudománytalan.

– *Nem mond ellent egymásnak, hogy ön realista, aki azt mondja: a világ akkor is létezik, ha látjuk, és akkor is, ha nem; másrészt antiredukcionista, aki azt mondja: a fizikán és a kémián kívül valami másnak is kell lennie?*

– Ugyanarról van szó, mert azt mondom, hogy a tudati jelenségek valóságok. Valós jelenséggel állunk szemben, amely a valós világhoz tartozik.

– *Meg tudja ezt magyarázni?*

– Egyszer majd igen. Még nincs rá magyarázatunk. Engem csak az igazság érdekel.

¹ *Candid Science V*, 36–55.

– *Hallotta már azt a véleményt, hogy azért nem érthetjük a kvantummechanikát, mert az isteni valósághoz tartozik?*

– Igen. Persze, itt nincsenek világos határvonalak. Amikor azt mondom, nem vagyok vallásos, azt jelenti, nem hiszek egyetlen olyan vallásos tanban sem, amelyet ismerek. És nem jelenti azt, hogy nem gondolom, hogy nincs annál több is, mint amit a világ tisztán redukcionista szemlélete megenged. Ki kell derítenünk, hogy mi folyik itt. A redukcionista szónak nincs világos értelme. Néha egyszerűen azt jelenti, hogy tudományos, ezzel nincsen semmi bajom. De ha azt jelenti, hogy a nagy dolgok megmagyarázhatók a kicsik viselkedése alapján, már nem feltétlenül értek vele egyet. Sok mindent nem tudunk a világról.

– *Mi a megismerés következő lépése?*

– A kvantummechanika nagyon fontos, de fel kell fedoznünk, mi történik valójában. Még nincs világos képünk róla. Új fizikára van szükségünk, és ez még nem született meg. A tudatról való gondolkodás nem független ettől a kérdéstől; csak rossz helyen keresik a választ. Egyesek szerint a kvantummechanikát a tudattal kell kiegészíteni, de én nem hiszek ebben. Abban hiszek, hogy a tudat fizikai jelenség, része a világnak, és még nem értjük az alapjait. Nem ismerjük a kis léptékű kvantumfizika és a nagy léptékű klasszikus fizika közötti határvidéket. Szinte senki sem tudja, milyen fontos ez a hiányzó komponens. A fizikusok azt gondolják, nem nagy ügy, csak a kvantummechanikát kell jobban megértenünk. Én meg azt gondolom, hogy új elméletre van szükségünk. És ha ez meglesz, akkor egy kis lépéssel közelebb kerülünk a tudat megismeréséhez. Most már látja, mit jelent, amikor azt mondom, hogy fordítva gondolkozom. Nem azt mondom, hogy a tudatot kell bevinni a kvantummechanikába, hanem azt, hogy a kvantummechanikát kell módosítani, ha meg akarjuk érteni a tudatot. És ez még nem minden. Többet is kell tudni. Sokkal kevesebbet értettünk meg eddig a világ működéséből, mint ahogy a fizikusok általában gondolják.

Azt kérdezte, kilógok-e a sorból. Stewart Hamaroff javaslatára kezdem el azon gondolkozni, hogy hogyan jelenhet meg a kvantummechanika az agyi folyamatokban. A neuronokban és a szervezet szinte minden sejtjében vannak mikrotubulusok, apró csövek, de a neuronokban különleges szerepet játszanak. Talán nem járok messze az igazságtól, amikor úgy képezem, hogy a neuronok szintje fölött kell valaminek lennie, aminek a hatására nagy léptékben jelenik meg a kvantummechanikai viselkedés. Ez nagyon ellentmondásos elgondolás. Az emberek nevelésnek tartják az emberi test hőmérsékletén kibontakozó nagy léptékű kvantumkoherenciát. Azt mondják, a nagy léptékű kvantumje-

lenségek csak nagyon alacsony hőmérsékleteken fordulhatnak elő, például szupravezetőkben. Ez szűklátókörűségre vall, mert rengeteg struktúrát nem ismerünk. Még a magas hőmérsékletű szupravezetők is sokkal hidegebbek az emberi testnél, és nem tudjuk, miért mutatják ezt a viselkedést. Túl korai határozott véleményt alkotnunk a történésekről. De valami biztosan történik, ami a megszokott klasszikus módszerekkel nem magyarázható meg.

Mi folyik az agyban? Azt mondják, csak valami számítás. Hát ezért lógok ki a sorból: szerintem ez nem magyarázat.”²

² 53–55.

Arno A. Penzias

Meg kellett szereznem a csillagász képesítést...



Arno A. Penzias (jobbra) és Robert W. Wilson
2001-ben Stockholmban (*Hargittai István*
felvétele)

Arno A. Penzias¹ (1933–) Münchenben született. Zsidó és lengyel származása duplán sújtotta; mintha Németország és Lengyelország összeesküdött volna az ő és családja elpusztítására. Ötéves volt, amikor a háta mögött hagyhatta Közép-Európát; végül az Egyesült Államokban kötöttek ki menekültként. A New York-i City College-ban szerzett BSc-, a Columbia Egyetemen MSc- és PhD-fokozatot (1962). Kutatói pályafutása a Bell Laboratóriumokban indult; 1967 és 1985 között részben a Princetoni Egyetemen is dolgozott. 1978-ban Robert W. Wilsonnal osztozott a fizikai Nobel-díj felén a mikrohullámú kozmikus háttérsugárzás felfedezéséért. 2001-ben beszélgettünk Stockholmban.

Arno Penzias és Robert Wilson 1965-ös felfedezése hullámokat vetett, mert a világegyetem keletkezésére vonatkozó, eredetileg Big Bangnek (ősrobbanás) csúfolt elmélet közvetlen bizonyítékának tekintették. Az elmélet legismertebb szószólója, George Gamow akkor még élt.

„Gamow nagyon örült, bár ez nem bizonyította közvetlenül az elméletét. A következő analógiát találta ki. Elveszíték egy ötcentest, és maga megtalálja. Nem tudom bebizonyítani, hogy az az én ötcentesem, csak akkor, ha pont ott vesztettem el. Ez mindenkinek tetszett. Gamow nagyvonalú volt. [Ralph] Alphert viszont szörnyen feldúlta a felfedezés. Kijelentette, hogy ő megjósolta a mikrohullámú háttérrel. Láttam a dolgozatát, és megmondtam neki, hogy nem jósolt meg észlelhető mikrohullámú jelenséget. Azt jósolta meg, hogy a háttérsugárzásnak létezik

¹ *Candid Science IV*, 272–285.

energiája. Egy későbbi cikkben, amelyet a *Physics Today* közölt, ő és Bob Herman azt írta például, hogy a kozmikus háttérsugárzást nem fogjuk észlelni, mert a csillagok fénye és a kozmikus sugárzás – mindkettőnek azonos az energiasűrűsége – elfedi.

– *Mekkora tudósnek tartja Gamow-t?*

– Véleményem szerint jobb volt Galileinél, legalábbis a kozmológiai munkáik alapján. Galilei az árapályjelenséggel »bizonyította« a Föld Nap körüli mozgását. Keringés és forgás közben a Föld bonyolult mozgást végez, ezért a Naptól távoli oldala gyorsabb, mint a Naphoz közeli. Galilei megegyezett a katolikus egyházzal, hogy nem népszerűsíti a tanait, amíg nincs megdönthetetlen tudományos bizonyítéka a Föld mozgására. Galilei az árapályra alapozta a bizonyítást, de csak akkor működött volna az elmélete, ha egyetlen árapály fordul elő 24 óránként. Az emberek viszont már évszázadok óta tudták, hogy naponta két árapály van. Ezeket Kepler hozta összefüggésbe a Hold fázisaival. Néhányan Gamow szemére vetették, hogy durva közelítéseket használt. Galilei példáján azt próbáltam megmutatni, hogy nem ő volt az egyetlen.”²

A kozmikus háttérsugárzás felfedezése elindította Arno Penzias rádiócsillagászati pályafutását, de ettől ő még nem vált egy csapásra rádiócsillagásszá.

„A mikrohullámú kozmikus háttérsugárzás felfedezése után tovább akartam tágítani a kutatási területemet. 1972-ben fizetés nélküli munkatársként dolgoztam a Princetoni Egyetemen. PhD-hallgatók munkáját irányítottam, és rengeteg különböző kísérletet csináltam velük. Egy idő múlva a csillagközi molekulákkal kezdtem foglalkozni. Fizikusi hátterem miatt elsősorban az izotópok érdekelték, nem a kémiai összetétel. A forgási spektrumok felvételéhez a milliméteres tartományra kidolgozott eljárásunkat használtuk, amivel megváltoztattuk az észlelési játék szabályait. Előttünk csak néhány furcsa vonalról tudtak, például az ammónia inverziós átmenetéről vagy a víz néhány rejtélyes állapotáról. Nagyon kevés eszközt használtak a molekulák vizsgálatára. De ha milliméteres tartományban vesszük fel a spektrumokat, mivel ebben a tartományban mindennek van forgási spektruma, nagyon könnyű dolgunk lesz. Az első napokban találtunk egy csomó molekulát, legfőképp szén-monoxidot. Aztán elkezdtük az izotópos munkát. Ma már több százan folytatnak ilyen kísérleteket. Kozmológiai szempontból izgal-

² 277–278.

masnak tartottam, hogy a deutériumon is kipróbáljuk a módszert. Én mutattam ki először deutériumot a csillagközi térben. Tegyük föl, hogy valaki Egyiptomban dolgozik a földjén, és szántás közben az egyik barázdában csapóajtóra bukkan, amely nyilvánvalóan egy sírhoz vezet. Mihez kezd? Jól teszi, ha szépen lefedi az ajtót, és beiratkozik régésznek, mert az a régész lesz a sír felfedezője, aki először megy le a lépcsőn a sírhoz. Csak akkor adnak hitelt a felfedezésnek, ha régéztől származik. Mivel a kozmikus háttérsugárzás felfedezéséig alig néhány cikket közöltem, mindenképpen meg kellett szereznem a csillagász képesítést. Ezt az elismerést nem is a háttérsugárzási kísérletekkel, hanem a csillagközi molekulák felfedezésével értem el.”³

³ 285.

John C. Polkinghorne

*A fizikusi és a papi hivatás nem zárja ki egymást –
nem olyanok együtt, mint a vegetáriánus hentes!*



John C. Polkinghorne 2000-ben cambridge-i otthonában
(Hargittai István felvétele)

John C. Polkinghorne¹ (1930–) Weston-super-Mare-ben született, Angliában. Elméleti fizikus és anglikán pap. Számos könyv szerzője. 2002-ben elnyerte az igen rangos Templeton-díjat, amelyet az élet spirituális dimenzióinak kutatásában vagy felfedezésében elért eredményekért ítélnek oda. Fizikusként az elemi részecskék matematikai fizikájával foglalkozott.

A Cambridge-i Trinity College-ban szerzett PhD-fokozatot 1955-ben, és Cambridge-ben tanított. 1979-ben lemondott professzori állásáról: anglikán teológiai képzésre járt. 1982-ben szentelték pappá. Eleinte nem egyetemi környezetben gyakorolta papi hivatását, de végül visszatért Cambridge-be, bár az anglikán egyház szolgálatát nem adta fel.

2000-ben beszélgettünk a King's College-ban és cambridge-i otthonában.

Pályamódosítás

„Már a fizikusi pályám legelején éreztem, hogy nem maradok végig ezen a területen. Ennek nagyon egyszerű oka volt: bár nem hiszem, hogy ezekben a matematikai orientációjú témákban az ember huszonöt éves kora előtt megalkotja fő művét, többségünk negyvenöt éves korára túl van rajta. Korábban megfigyeltem, hogy több idős barátom, aki nagyon aktívan dolgozott, a negyvenes évei vége felé elvesztette kapcsolatait a fizikával, mert a szakterület eltávolodott tőle. Továbbra is fontos pozíciókat töltöttek be, de kicsit sajnálatraméltónak találtam őket ezekben a tisztségekben. Tudták, hogy már nincsenek úgy a kutatás élvonalában, mint azelőtt, és ez nem kellemes érzés. Az ember felelős azért a sok fiatal kollégáért, aki a csoportjában dolgozik. Akkor tudja őket jól irányítani, ha nincs túl messze a sűrűjétől, de nem neki kell a legeslegjobb kutatónak lennie a csoportban.

¹ *Candid Science IV*, 478–495.

Tehát már régóta gondoltam arra, hogy nem maradok meg egész életemben a fizika mellett, és ezt az érzést csak megerősítette az elméleti részecskefizika fejlődése; ezen a nagyon gyorsan változó területen dolgoztam. Rendkívül érdekes periódust éltem itt át, lényegében a Standard Modell felfedezésének teljes folyamatát. Együtt, úgy értem, a fizikusközösség együttesen fedezte fel, hogy a protonok és a neutronok még elemibb részecskékből, kvarkokból és gluonokból állnak. Körülbelül huszonöt év alatt jöttünk rá. Ennek a folyamatnak jórészt a kísérlet volt a motorja: az elméleti emberek a kísérleti fizikusok mögött kullogtak, és folyamatosan módosították az elméleteiket, hogy értelmezhesék a felfedezéseket. Sok élményt hozott ez az időszak, de a hetvenes évek közepére leülepedett a por. A Standard Modell elkészültével a terület változásnak indult. Matematikaorientáltabb, spekulatívabb és nehezebb lett. Mindezek, a korommal párosulva, azt a gondolatot táplálták, hogy én már hozzátettem a munkám kis hozadékát a fizikához. Továbbra is kapcsolatban akartam maradni ezzel a tudományterülettel, csak már nem professzionális módon. Ekkor hagytam ott a fizikát, de nem úgy, hogy kiábrándultam volna a szakterületemből. 1979-ben vonultam vissza cambridge-i professzori székemből, kis híján negyvenkilenc évesen.”²

A papi és a fizikusi lét

„Nem látok ellentmondást a kettő között; kiegészítik egymást, nincs köztük konfliktus. Különböző perspektívákat kínálnak a valóság megközelítésére. A tudomány és a vallás különbözőképpen vizsgálja azt, amit relevánsnak tart. Közös bennük, hogy keresik a választ a dolgok mikéntjére, és az igazság felkutatásának a vágya hajtja őket. A fizikusi és a papi hivatás nem zárja ki egymást – nem olyanok együtt, mint a vegetáriánus hentes!

Úgy gondolom tehát, hogy összebékíthetők. Sokat gondolkozom, írok és beszélek a kapcsolatuk fenntartásáról. Nagyon finoman kell bánni ezzel a kérdéssel. Könnyen vagdalkozunk átgondolatlan kijelentésekkel, amelyek tartalmazzák az igazság elemeit, de túl durvák a helyzet pontos leírására. Azzal az ellenvetéssel szoktak élni, hogy a tudomány a történetek hogyanjával, tehát a folyamattal foglalkozik, a vallás pedig a történetek miértjével, a céllal. A hogyan és a miért kérdésekre adott válaszoknak azonban illeszkedniük kell egymáshoz. A tudományos és a teológiai világszemléletnek össze kell valamennyire csengenie. Az összhang keresése

² 483–484.

pedig szükségessé tesz bizonyos kölcsönhatást a kettő között. Például a tudomány elmesélheti a vallásnak a világegyetem történetét és szerkezetét, és a vallásnak ezt meg kell hallgatnia. A tudománynak nincs szüksége külső segítségre ahhoz, hogy megválaszolja a kérdéseit. Ha hiszünk abban, hogy a világ Isten teremtménye, amiben én természetesen hiszek, és hiszünk abban, hogy a világegyetemennek hosszú fejlődési története van – nagyon egyszerűből lett nagyon bonyolult –, akkor valamennyire fogalmat alkothatunk az isteni teremtés menetéről. Isten türelmes és kifinomult, nem rohan. A Teremtő nem isteni ujjának pattintásával rendelt ide előre gyártott termékeket. Rögtön *A fajok eredete* megjelenése után született egy híres mondás, amely szerint Isten olyan teremtésről gondoskodik, amelyik *megalkothatja önmagát*. Teológiai szempontból így értelmezem a világ fejlődését. Az anyagban potenciálisan benne van az élet születése, a tudat keletkezése és így tovább. Ezt a lehetőséget aknázza ki maga a teremtés az evolúció folyamata révén. Ez a fajta gondolkodás elmélyíti és erősíti a világ működésének teológiai megértését. A teológia pedig nem azzal segítheti a tudományt, hogy megválaszolja a tudományos kérdéseket, hanem azzal, hogy a tudományos intuíciót, belátást a megértés szélesebb, átfogóbb mátrixába helyezi. Engem például rettenetesen meglep, hogy a matematika a kulcs a fizikai univerzum titkainak megfejtéséhez; hogy az elméleti fizika tudományos felfedezéseire a matematikai szépség szolgáltatja az eszközt. Ez nagyon furcsa, mert a matematika rendkívül absztraktnak tűnik. Wigner Jenő ezt »a matematika észszerűtlen hatékonyságá«-nak nevezte, amit, tette hozzá, nem érdeklünk meg és nem is értünk. Én bizony szeretném megérteni, ha tudnám, de úgy látszik, a tudomány ebben nem segít. A tudomány nagyon örül a matematika csodálatos erejének, és tovább táplálkozik belőle. A vallásos hit engem a kérdés alaposabb vizsgálatára készítet. Úgy látom, hogy a matematikai szépség és a fizikai világ intellektuális átláthatósága az elme jeleit mutatja. Az én hitemmel összhangban áll, hogy a nagybetűs Elme, a Teremtő Elméje húzódik meg a fizikai világ nagyszerű rendje mögött. Ebből táplálkozik az a csodaérzet, amelyet akkor tapasztalnak meg a tudósok, amikor vizsgálataik nyomán feltárul a gyönyörű szerkezet. Ennek alapján harmóniát látok a tudomány és a vallás között. Természetesen a kettő nem ugyanaz, és éppen az a kérdés, hogy hogyan illeszthetők össze. Persze, nem könnyen, de úgy érzem, többet értek meg, ha két szemmel – tudományos és teológiai szemmel – nézem azt a világot, amelyben élünk, mintha csak az egyikkel – bármelyikkel – nézném.”³

³ 487–489.

David E. Pritchard

*A mi erősségünk [az MIT-n]
a kiváló fiatal tudósok képzése.*



David E. Pritchard¹ (1941–) New Yorkban született. A Massachusettsi Műszaki Egyetem (MIT) Cecil és Ida Green-fizika-professzora, az Atom-, Molekula- és Optikai Fizikai Csoport tudományos tanácsadója. A Kaliforniai Műszaki Egyetemen szerzett BSc-, a Harvard Egyetemen PhD-fokozatot. 1968 óta dolgozik az MIT-n. Az Amerikai Nemzeti Tudományos Akadémia és más tudós társaságok tagja. Élvonalbeli kutatási eredményein kívül oktatói munkája is jelentős. Elmesélte nekünk, hogy négy olyan diákot mentorált, aki később Nobel-díjat kapott. 2002-ben beszélgettünk dolgozószobájában, az MIT-n.

David E. Pritchard 2002-ben a Massachusettsi Műszaki Egyetemen (*Hargittai István felvétele*)

Megható pillanatnak voltunk tanúi Wolfgang Ketterle stockholmi Nobel-előadásán 2001 decemberében. Ketterle egyszer csak megkérte David Pritchardot, hogy álljon fel, mert meg akarta köszönni neki azt a segítséget, amelyet Nobel-díjjal elismert munkájához nyújtott. A poszt-doktori évek után Pritchard nagylelkűen átengedte Ketterlének egyik kutatási programját, és Ketterle ezen a területen érte el a 2001-ben díjazott felfedezést. Azt már kevesebben tudják, hogyan lett David Pritchardnak is Nobel-érme.

„Amint mindketten hazaértünk Stockholmból, Wolfgang megkérdezte, szeretném-e látni az érmét (korábban nem láttam). Amikor igennel válaszoltam, felkapta a táskáját, és betuszkolt a dolgozószobámba, ahol mindenfélét kipakolt az asztalomra. Kicsit furcsálltam, mert udvariaságból az ő dolgozószobájában kellett volna megnéznem az érmét, de Wolfgang szokásos energikus viselkedése miatt átsiklottam fölötte.

Meglepetésemre három érmet tett le az asztalra: »Tudod, Dave, mindannyian három érmet kaptunk – az igazi aranyérmet és két bronz-

¹ *Candid Science IV*, 344–367.



Wolfgang Ketterle és mentorai 2001-ben a Nobel-díj ünnepélyes átadásakor, Stockholmban. Balról jobbra: Herbert Walther, Wolfgang Ketterle, David E. Pritchard és Jürgen Wolfrum (*David E. Pritchard szívességéből*)

másolatot. Ezeknek az aranybevonata ugyanolyan karátos, mint az aranyérem. Meg tudod mondani, melyik az igazi?» Gyakran elmesélem, hogyan jutott el Arkhimédész az elvéhez, amellyel a korona megsértése nélkül is meg tudta állapítani, hogy színaranyból van-e a király új koronája. Azon alapul a módszere, hogy az arany a legnagyobb sűrűségű anyag (a mindennapi életben), körülbelül ötven százalékkal sűrűbb az ólomnál. Ezért gyorsan ki tudtam választani az aranyérmet, bár a bronzérmek kicsit vastagabbak, így nem sokkal könnyebbek nála.

A tenyeremben tartottam az aranyérmet, és átnyújtottam Wolfgang-nak, hogy ellenőrizze, jól választottam-e. Ahelyett, hogy átvette volna, megfogta a kezem, rázárta az ujjaimat az éremre, és azt mondta: »Tartsd meg – a tied. Neked adom. Az egyik másolat a tanszéké lesz, a másik az enyém.« Anyukám örül majd, ha megtudja, hogy nem felejtettem el megköszönni. De a meglepetéstől erre csak másnap voltam igazán képes.

Aztán úgy döntöttünk, hogy az érmet a laptoptáskámban fogom hordani, mert – ha csak az arany értékét tekintjük – nem ér többet, mint a számítógép. Később eltűnődtem azon, hogy Wolfgang ajándéko-

zási ceremóniája egyszerre három célt szolgált – ami megint azt példázza, hogy milyen páratlan képességgel tesz egyszerre több feladat végére is pontot. Biztos akart lenni abban, hogy ha már tudok a másolatokról, akkor is az aranyat választom ki. Az is kiderült, hogy nem az egyedüli Nobel-érmétől válik meg. Végül pedig azzal, hogy a kezembe kellett vennem, ő pedig bezárta oda, megnehezítette az ajándék elhárítását.

Az ajándékból aztán nagyon sok jó származott. Ettől a gesztustól még értékesebbé vált az érem. Én nyugodtan megmutathatom mindenkinek, és kétszeresen pozitív megvilágításban tüntethetem fel Wolfgangot (mert elnyerte és mert nekem adta) – nem társul a mutogatáshoz rossz mellékíz, amit nem kerülhetnénk el, ha Wolfgang tenné közszemlére az érmet. A tanszék több összejövételén körbeadtam, egyszer akkor is, amikor együtt voltunk a csoportom régi tagjaival. Sokan nagyon meghatódnak, amikor kézbe veszik, és rendkívül hálásak, hogy nem féltem körbeadni. Valószínűleg nincs még egy olyan Nobel-érem, amely ennyi embernek szerzett volna ekkora örömet.

– *Ez gyönyörű, és biztosan ritkaságszámba megy. De azt hiszem, az is nagyon szokatlan, hogy valaki átad egy izgalmas kísérletet.*

– A mi csoportunkból sok példát tudok erre felhozni. Dan Kleppner kezdte a sort, amikor Bill Phillipsnek adta azt a saját gyártmányú berendezést, amelyet a disszertációjához készített – ebben zajlottak az NIST (Nemzeti Szabványügyi és Technológiai Intézet) első sikeres atomlassítási kísérletei. Aztán én adtam oda a doktori munkámhoz használt berendezést Stuart Novicknek, aki a Wesleyan Egyetemen dolgozik. Később az egyik PhD-hallgatóm, Brian Stewart kapta meg a molekuláris energiáttranszfer-kísérletemet és a hozzá tartozó nagy kettős monokromátort; tizenöt évig produkált vele új eredményeket. Az idén az atom-interferométeremet adom oda a mostani posztdoktoromnak, Alex Croninnak, jövőre pedig Ed Myersnek szánom a tömegspektrométert: a Floridai Állami Egyetemre visszük. Könnyebb abbahagynom a régi kutatásokat és újba kezdenem, ha tudom, hogy a még mindig élővonalbeli kísérleteim folytatódnak – a [képletes] vérátömlesztés miatt sokszor gyorsabban, mint nálam.”²

² 346–348.

Norman F. Ramsey

*... úgy látszik, a világegyetem külső,
isteni beavatkozás nélkül is elboldogul.*



Norman F. Ramsey, Douglas D. Osheroff, Charles H. Townes és Hargittai Magdolna
2005-ben Lindauban (*Hargittai István felvétele*)

Norman F. Ramsey¹ (1915–2011) Washingtonban született, az amerikai Columbia és az angliai Cambridge-i Egyetemen tanult. Doktori tanulmányait I. I. Rabi mentorálásával folytatta a Columbia Egyetemen, a mágneses rezonanciát tanulmányozta. A második világháború alatt védelmi fejlesztéseken dolgozott. 1947-ben induló pályája a Harvard Egyetemhez kötődött. 1989-ben Nobel-díjjal tüntették ki a szeparált oszcilláló mezők módszerének felfedezéséért, a hidrogénmérben és más atomórákban való alkalmazásáért. 2002-ben beszélgettünk dolgozószobájában, a Harvard Egyetemen.

Amikor élete legnagyobb kihívásáról kérdeztük, a paritásértés kimutatására szánt sikertelen kísérletét mesélte el.

„Az egyik legnagyobb kudarc valószínűleg a paritásértés keresése volt. [Edward] Purcell-lel először gondoltunk arra, hogy a paritás nem őrződhet meg, és olyankor vágtunk bele a paritásértés vizsgálatába, amikor mindenki azt hitte, hogy erre nem szabad időt fecsérelni. Ez öt-hat

¹ *Candid Science IV*, 316–343.

évvel Lee és Yang dolgozata előtt történt. Ők tulajdonképpen egyetlen cikkre hivatkoztak, a mi egyik dolgozatunkra, bár kicsit rosszul idézték, mert összekeverték egy későbbi cikkünkkel, amelyben a kísérleti korlátokról írtunk. Az említett cikk az első tanulmány volt, amely kimutatta, hogy a paritás-szimmetria nem triviális, és kísérleti úton kell megvizsgálni. A kísérletünkben elektromos dipólusmomentumot kerestünk, ezzel akartuk tesztelni a paritást – amikor mindenki azt hitte, hogy ez elég buta kísérlet, mert a paritásnak meg kell maradnia. Öt-hat évig dolgoztunk rajta. Rendkívül érzékeny kísérleti berendezést hoztunk létre, de az erős magerőket vizsgáltuk, és ebben a kölcsönhatásban – még mindig úgy tudjuk – nem sérül a paritás. Akkoriban nemigen különböztették meg az erős és a gyenge kölcsönhatásokat. Amikor Yang először beszélt az elméleti munkájukról egy MIT-szemináriumon, azonnal megpróbáltam összeállítani egy kísérletet a gyenge kölcsönhatások paritás-sértésének vizsgálatára. Louis Robertsszel dolgoztam együtt, az Oak Ridge-i Laboratóriumban: mindeddig ő az egyetlen, aki képes nagy mennyiségű atommag – kobalt-60 – »felsorakoztatására«. Sajnos, nem sokkal a mérőrendszer összeállítása után az Oak Ridge-i vezetés elh拉斯ztotta a kísérletünket.

– *Ugyanolyan kísérletet terveztek, mint Madame Wu?*

– Igen. A kísérlet kapcsán leveleztem Yanggal, de akkor még azt sem tudtam, hogy Madame Wu gondolkozik rajta.

– *Honnan vette, hogy utána kell nézni a paritás-sértésnek?*

– Ez érdekes történet. A harvardi pályafutásom kezdetén doktoranduszoknak adtam elő a molekulásugarakról. Ed Purcell, az NMR egyik feltalálója, aki akkor a Harvard professzora volt, beült az óráimra, mert érdekelt a téma. Kezdtém élvezni, hogy ott van, mert érdekes beszélgetésekbe bonyolódunk. De rájöttem, hogy Purcell jelenléte veszélyt is hordoz: ha olyasmiről adtam elő, amit nem értettem tökéletesen, számíthattam Ed ravasz kérdésére, amivel nemcsak engem győzött meg arról, hogy nem értem a dolgot, hanem őt és az összes hallgatót is.

Az egyik órán azzal a jól ismert bizonyítékkal akartam előállni, hogy ha a paritás megmarad, nem léphet fel elektromos dipólusmomentum. Az atommag orientációjára pusztán a perdülete utal. Ha valami egy irányban forog, csak úgy tudjuk megmondani, hol van főt és hol van lent, ha megragadjuk a jobb kezünkkel, miközben ujjaink a forgás irányát követik; ilyenkor fölfelé mutat a hüvelykujjunk. Ha ugyanezt megismételjük a bal kezünkkel, ellenkező eredményt kapunk. Ezért az elektromos dipólus fellépése paritás-sértést jelent. Ezzel tisztában voltam, és azt is tudtam, hogyan kell bizonyítani. De aztán elképzelttem,

hogy Purcell megkérdézi: na és mi bizonyítja, hogy a magerők esetében a paritás helyes feltevés? Úgy gondoltam, jobb, ha még a kérdés előtt kiderítem. Utánanézttem minden kísérletnek, és semmilyen bizonyítékot nem találtam. Akkoriban, ahogy említettem, nemigen beszéltünk erős és gyenge kölcsönhatásról, csak magerőkről.

Úgy védekezhetek a legjobban Purcell támadása ellen, gondoltam, ha ellentámadásba lendülök, ezért néhány nappal az előadás előtt felkerestem, és beszámoltam neki a dilemmámról. Azt mondta, ugyan már, rengeteg bizonyítéknak kell lennie. Elkezdett keresgélni, de ő sem talált. Végül írtunk egy cikket, amelyben közöltük, hogy olyan kísérletbe fogunk, amelyben elektromos dipólusmomentumot keresünk a paritás tesztelésére.”^{2, 3}

² E. M. Purcell, N. F. Ramsey: „On the Possibility of Electric Dipole Moments for Elementary Particles and Nuclei.” *Phys. Rev.* 1950, 78, 807.

³ *Candid Science IV*, 340–341.

Vera C. Rubin

*Ha a tudóstársadalom befogadóbb lenne,
sokkal több nő válhatna sikeres kutatóvá.*



Vera C. Rubin¹ (1928–) csillagász Philadelphiában született. A Vassar College-ban 1948-ban szerzett BA-, a Cornell Egyetemen 1951-ben master fokozatot. PhD-disszertációját a Georgetowni Egyetemen védte meg 1954-ben. Doktori tanulmányai alatt George Gamow volt a mentora. A washingtoni Carnegie Intézet Földi Mágnesség Osztályának munkatársa. Leghíresebb felfedezése, hogy világegyetemünk túlnyomó része sötét anyag. A galaxisokkal kapcsolatos néhány felfedezése megelőzte korát, de a tudományos közösség végül elfogadta őket. 2000-ben beszélgettünk Washingtonban, a Carnegie Intézetben.

Vera C. Rubin 2000-ben a Carnegie Intézetben, Washingtonban
(Hargittai Magdolna felvétele)

*Mivel Vera Rubin George Gamow doktorandusza volt, szerettük
volna, ha róla is mesél.*

„Gamow hallott a masterkutatásomról. Amikor Washingtonba költöztünk, férjem a Johns Hopkins Alkalmazott Fizikai Laboratóriumban (JPL) kezdett dolgozni, Ralph Alpherrel és Bob Hermannal. Ralph, aki korábban Gamow-nál írta a disszertációját, és Bob Herman még mindig Gamow-val dolgozott a korai univerzum problémáin. Ennek a kapcsolatnak a révén Gamow néha elhívott, hogy beszéljünk a galaxisokról. Aztán a »van-e a galaxisok eloszlásának léptéke?« kérdés jó kiindulópontnak tűnt egy PhD-disszertációhoz. Bár én a Georgetowni Egyetemre iratkoztam be (a városban csak itt kaphattam csillagászdipломát), Gamow pedig a George Washington Egyetem professzora volt, elintézttem, hogy az ő irányításával írhasam meg a disszertációmát.

– Hogyan folyt a munka George Gamow-nál?

¹ *Candid Science V*, 246–265.



Vera C. Rubin (középen) 1965-ben az Arizona állambeli Flagstaff Lowell Obszervatóriumának 1,5 méteres távcsövével (Bob Rubin felvétele; Vera C. Rubin szívességéből)

– Nagyon kedves, szórakoztató ember volt, szerette a tudományos játékokat, tréfákat, de az elemzések részletei már nem érdekelték túlzottan. Nagy vonalakban irányította a munkámat, a számításaimat azonban nem követte nyomon. Felvillanyozta viszont az eredmények értelmezése: a galaxisok eloszlásában mintázatok alakulnak ki, és a galaxisok igen hajlamosak arra, hogy klaszterekbe rendeződjenek.

– *Hogyan viselte el Gamow, hogy az univerzum eredetére vonatkozó feltevését nem fogadták jól?*

– Nem zavarta. Imádott elképzeléseket – fontos és nagyon eredeti elképzeléseket – gyártani az univerzumból. És rettenetesen örült azoknak, amelyek kiállták a próbát. Igazán nagylelkű volt, szeretett kapcsolatba kerülni emberekkel és élvezte a kutatással járó társadalmi életet. Szinte minden előadását érdekes tudományos kísérletekkel kezdte. Imádta a szórakozást, pláne ha köze volt a tudományhoz.

– *Elképzelhető, hogy elméletének kedvezőtlen fogadtatása miatt fordult a molekulabiológia felé?*

– Nem hinném, hogy a kettőnek köze lenne egymáshoz. Gamow fizikus volt, de minden érdekelt, ami tudomány. Megértette, hogy milyen fontos következményei lehetnek a biológiában bekövetkező változásoknak, és elég rugalmas volt ahhoz, hogy ezen a területen is fontos elképzelésekkel álljon elő. Oda ment, ahová a kíváncsisága vezette. Azt

hiszem, nem tévedek, amikor azt állítom, hogy benne merült fel legelőször a helikális DNS-szerkezet (de csak az egyes, nem a kettős hélix), megjegyezve, hogy a négy nukleotidnak párokat kell képeznie a húsz aminosav keletkezéséhez. Felállított egy korai DNS-hélixmodellt, és az akkor még gyerekcipőben járó DNS-szerkezetkutatás húsz (férfi) vezetőjével megalakította az RNS-nyakkendőklubot; mindenkinek küldött egy nyakkendőt a húsz szerkezet egyikével – a nyakkendőket és a nyakkendőtüket külön elkészíttette. Azt hiszem, kezdettől fogva tudta, hogy a biológia a DNS »nyelvén van megírva«.

– *Hogyan reagált arra, hogy Penzias és Wilson felfedezte a maradék hő?*

– 1956-ban, két évvel a PhD-fokozatom megszerzése után Gamow elköltözött Washingtonból. 1954-ben, amikor a disszertációm védésére került sor Washingtonban, ő éppen Berkeley-ben volt. Aztán, 1968-ban bekövetkező haláláig, legfeljebb konferenciákon, alkalmi összejöveteleken találkoztunk. Csak néhányszor beszéltem vele ezekről a dolgokról. Utoljára a relativisztikus asztrofizikai konferencián futottunk össze (abban az évben ezt a »texasi« konferenciát New Yorkban rendezték). Biztos vagyok benne, hogy el volt ragadtatva a maradék sugárzás felfedezésétől. Ez bizonyította, hogy Alpher, Herman és Gamow modellje nagyon közel járt ahhoz a kozmológiához, amely Penzias és Wilson megfigyeléseiből következett.

– *Milyen érzést kelt önben, hogy Penzias és Wilsont Nobel-díjjal tüntették ki, Gamow pedig semmilyen hivatalos elismerést sem kapott?*

– *Hogy bennem milyen érzést kelt? Hadd meséljem el a következőt.* A férjemmel, Bobbal együtt nagyon jóban voltunk Bob és Helen Hermannel. Ma is gyakran találkozunk Helennel; Bob néhány éve már meghalt. Bob és Ralph Alpher úgy gondolták, sohasem ismerték el úgy a munkájukat, ahogy megérdemelték volna, és emiatt néha nagyon szomorúak voltak. Sajnálom azokat a tudósokat, akik azt hiszik, hogy nem értékelik megfelelően az eredményeiket, de szerintem Gamow nem gondolta úgy, hogy semmibe veszik a teljesítményét. Nagyon is elismerik, hogy a nukleáris fizikában fontos gondolatok származnak Gamowtól. Ő akkor érezte magát elemében, ha eszmét cserélhetett másokkal, és ha töprengései olyan összefüggésekhez vezettek, amelyek helyesnek bizonyulhattak. Nagyszerű pályát futott be, számos innovatív ötletét elismerték. Gamow-t elismerték. Az Amerikai Nemzeti Tudományos Akadémia aktív tagja volt, és élvezte a munkáját.”²

² 249–252.

Dan Shechtman

Linus Paulingnak nincs igaza.



Dan Shechtman 1995-ben
Balatonfüreden
(Hargittai István felvétele)

Dan Shechtman¹ (1941–) Tel-Avivban született. A haifai Technionban – az Izraeli Műszaki Egyetemen – az anyagtudomány kiemelt Philip Tobias-professzora. A kvázikristályok 1983-as felfedezése hozta meg számára először a hírnevet – és a 2011-es kémiai Nobel-díjat. A kvázikristályok rendezett, de nem periodikus struktúrák, amelyek létezését korábban – a klasszikus krisztallográfia szabályai szerint – lehetetlennek tartották. Ezért felfedezésük megváltoztatta a kristályról alkotott képünket. Linus Pauling, a huszadik század egyik legnagyobb kémikusa nem értett egyet Shechtman kísérleteinek interpretációjával. A tudósoriás ellenvéleménye eleinte hátráltatta Shechtman eredményeinek elismerését, de végső soron valószínűleg elősegítette a felfedezés szabatos értelmezését. Dan Shechtmannel 1995-ben beszélgettünk egy Balatonfüreden rendezett nemzetközi kvázikristály-iskola alkalmából.

Dan Shechtman a következő részletben Linus Paulinggal folytatott vitájára emlékszik vissza. Pauling még abban az interjúnkban is ragaszkodott ahhoz, hogy nem hisz a kvázikristályokban, amelyik talán az utolsó volt.

„Linus Pauling hallott a felfedezésről, és írt nekem. Információt kért, amit el is küldtem. Aztán további információt akart, és tulajdonképpen felrótta, hogy korábban nem adtam neki korrekt tájékoztatást, holott én azt adtam. Ennek ellenére megismételtem a kísérletet, elvégeztem a szükséges mikroszkópos munkát, és elküldtem neki egy rövid dolgozatot, amit kizárólag az ő számára írtam. Válaszolt, közölte, hogy minden rendben, rendesen dolgoztam, de az értelmezéssel nem ért egyet.

¹ *Candid Science V*, 76–93. Lásd még: Hargittai István: *Ambíció és kíváncsiság*, 8. fejezet, Budapest, Akadémiai Kiadó, 2012.



A Hargittai és a Shechtman házaspár 2011 decemberében Stockholmban
(ismeretlen fotós felvétele)

Amikor elérkeztünk egy bizonyos ponthoz, felajánlottam, hogy elmegyek hozzá Palo Altóba, és megmutatom neki az eredményeket. Így is lett, hosszú előadást tartottam az egyszemélyes hallgatóságnak. Sok kérdést szegezett nekem, ezeket megválasztam, de nagyon csóválta a fejét, mert nem hitt a magyarázatomban. Megmutattam neki azokat az eredményeket, amelyeket igazán meggyőzőnek tartottam. Azt mondta: »Nem tudom, hogyan csinálja.« Ha diák lett volna, azt válaszoltam volna: »Ha nem tudja, hogyan kell csinálni, akkor fogjon egy könyvet, és nézze meg.« De mit kezdjek Linus Paulinggal? Ő írta a könyveket! Mindenesetre azzal búcsúztam tőle: »Ha meggondolja magát, és egyetért velem, kérem, hozza nyilvánosságra.«

Konferenciákon aztán többször is találkoztunk. Minden alkalommal barátságosan köszöntünk, és meghívtuk egymást vacsorára. Az emberek úgy néztek ránk, mintha azt várnák, hogy ököltre megyünk, de mi kellemesen elbeszélgettünk. Sok mindenben egyetértettünk, például a C-vitamin fontosságában, de a kvázikristályokban sosem. Néhány év múlva elmentem az egyik nagy előadására, amelyet az Amerikai Kémiai Társaság rendezett a Stanfordon.

Előkerültek a kvázikristályok is, és közölte, hogy mekkora tévedés az egész. A hallgatóság soraiban ültem, senki sem ismert. Pauling olyan volt, mintha politikusból és papból gyúrták volna össze. Karizmatikus

vezérként jelent meg, élvezte a nép csodálatát, senki sem kételkedhetett a véleményében. Mindenáron meg akarta mutatni, hogy az ikozaédes fázis periodikus, amihez egy ikerkristálymodellt vonultatott fel. A kollégák nemsokára bebizonyították, hogy ez rossz. De az előadáson övé volt a pálya. Engem név szerint is megemlített, miközben nem tudta, hogy ott vagyok. Egyszer csak odafordultam a szomszédomhoz: »Egyáltalán nincs igaza.« »Micsoda?« – kérdezte, én pedig megismételtem, hogy Linus Paulingnak nincs igaza. Úgy förmedt rám – »MICSODA??« –, mintha meg akarna verni. Fanatikus tömeg volt.

1987-ben Pauling több közeli tanítványával találkoztam Kínában, a második nemzetközi kvázikristály-konferencián. Külön-külön és együtt is azt mondták: »Tudjuk, hogy igazad van, Danny.« »Hű, ez nagyon fontos – válaszoltam –, adjátok írásba.« »Soha, mert az megölné Linust, ő pedig bízik bennünk. Nem árulhatjuk el a mi idős mesterünket.« Nagyon rossz kedvem lett, mert úgy éreztem, a tudományt nem így kellene művelni.

Linus azzal a javaslattal keresett meg egyszer, hogy írjunk közös cikket, és oldjuk fel a nézeteltéréseket. Azt válaszoltam, nagyon megtisztelő az ajánlata, de előbb tisztáznunk kell néhány dolgot. Az első, hogy kvázikristályok pedig vannak, és ezek nem ikerkristályok. Erre azt írta: talán mégiscsak korai az a közös cikk.²

² 91–93.

Telegdi Bálint

*Nem szeretek ágyúval verébre lőni;
pedig van, aki ezt elegánsnak tartja.*



Telegdi Bálint és felesége 2004-ben
Pasadenában (*Hargittai Magdolna felvétele*)

Telegdi Bálintnak¹ (1922–2006), a magyar származású amerikai kísérleti fizikusnak kalandos ifjúsága volt a két világháború között és a második világháború alatt. 1950-ben szerzett PhD-fokozatot a Svájci Szövetségi Műszaki Főiskolán (ETH). 1951 és 1976 között a Chicagói Egyetemen, 1976 és 1990 között az ETH-n dolgozott. Nyugdíjas éveiben a genfi CERN (Európai Nukleáris Kutatási Szervezet) és a pasadenai Caltech (Kaliforniai Műszaki Egyetem) között „ingázott”. Izzalmas, szőki-mondó személyiség volt. Negyvenéves korában megfogalmazott életcélját – azok

elismerését akarja kivívni, akiket ő is elismer² – elérte. Jerome Friedmannel hajtotta végre 1956–1957-ben annak a három híres kísérletnek az egyikét, amely bebizonyította, hogy gyenge kölcsönhatások esetén nem marad meg a paritás. 2002-ben beszélgettünk budapesti otthonunkban.

A szovjet szputnyik rendkívül ösztönzően hatott az amerikai természettudományos kutatásra.

„Nemcsak a kutatásra, hanem az egész társadalomra. Sőt, inkább a társadalomra, mint a kutatásra. A kutatástámogatást is kedvezően befolyásolta, de nem annyira, amennyire egyesek hiszik. Az emberek abban reménykedtek, hogy nagyban hozzájárul az amerikai oktatás fellendítéséhez. Tehát nem az amerikai kutatáséhoz, hanem az oktatáséhoz. Rájöttek, hogy bizonyos oktatási formák sokkal jobbak a Szovjetunióban, mint az Egyesült Államokban, és változtatni akartak a helyzeten.

¹ *Candid Science IV*, 160–191.

² 190.



Telegdi Bálint és Wolfgang Pauli 1957-ben a Padova–Velece Konferencián
(Telegdi Bálint szívességéből)

Az amerikai kutatástámogatás inkább a háborúhoz és Los Alamos-hoz kapcsolódik. Ekkor értette meg a katonai vezetés, milyen értékes lehet a kutatás az ország számára. Innen ered a tudomány nagyarányú támogatása. A tudósok még mindig sokkal kevesebbet költöttek a háborús évek alatt, mint a hadsereg. Az amerikaiak hálát éreztek a tudósok iránt. Sajnos, mára mindez elmúlt: azok az emberek, akik hálásak voltak, már meghaltak. Mindent újra kell tehát kezdenünk. Amerikában sokan összekeverik a tudományt a technikai haladással. A tudománytól gyorsabb autót meg jobb fogkefét várnak, de ezeknek nincs sok közük a tudományhoz.”³

Miért nem kedvelte Einstein a kvantummechanikát?

„Mert a filozófiát a fizika elé helyezte. Ragaszkodott egyfajta filozófiához, amelyet kiterjesztett a természetre. Nem gondolkozott előítéletesen a fizikai törvényekről; azért születhettek meg fantasztikus elméletei, mert bármire friss szemmel tudott tekinteni. De nagyon komoly filozófiai elvei voltak. Mélyen hitt a determinizmusban. Nem azt mondta, hogy a kvantummechanika rossz, hanem csak azt, hogy nem kielégítő; hogy ő [Einstein] nem tud elfogadni olyan elméletet, amelyik csak valószínűségeket jósol meg. Ebben a kijelentésben nem a fizikai gondolkodása nyilvánul meg, hanem a filozófiája. Miért is ne? A kvantumme-

³ 175–176.

chanika megalapozásában több olyan probléma merül fel, amelyen az emberek ma is vitatkoznak, és sokan rágódnak ezeken a nehézségeken. Nézzük például az »Alka-Seltzer fiziká«-t. Mit nevezek én Alka-Seltzer fizikának? Azt mondja nekem valaki: »Amikor a kvantummechanikának erre meg erre a kérdésére gondolok, megfájdul a gyomrom.« Vegyen be egy Alka-Seltzert. Mi közöm a mások érzéseihez, amikor fizikával foglalkozom? Mindenkinek a magánügye, hogy törődik-e az érzéseivel, vagy sem. Ez nem olyan, mint amikor kijelentjük, hogy valami ellentmond egy kísérletnek. A determinizmus világszemlélet. De ma már nem gondolkozom ilyesmin. Egy időben hosszan beszélgettünk ezekről a kérdésekről Gell-Mann-nal, de annak már több mint tíz éve.

Fermi nagyon egyszerű álláspontot követett: a kvantummechanika jó, mert működik. Olyan masinéria, amely eredményeket szolgáltat és összhangban áll a természettel – ezért Fermi sohasem ment bele ezeknek a problémáknak a tárgyalásába, egyáltalán nem törődött velük. Pragmatikusan gondolkozott. Nagyon nagy ember volt.”⁴

⁴ 180.

Teller Ede

*Lényegében Koestlert követve
lettem antikommunista.*



Teller Ede és Hargittai István 1996-ban Stanfordban (*Hargittai Magdolna felvétele*)

Teller Ede¹ (1908–2003) Budapesten született. Jelentős eredményeket ért el a fizikai kémia, az atom-, a nukleáris és a szilárdtestfizika területén. Részt vett a Manhattan-tervben, a hidrogénbomba fejlesztésében, a stratégiai védelmi kezdeményezés (csillagháború) kidolgozásában. Javasolta a Livermore Laboratórium felállítását, később az intézmény vezetője volt. Harcolt a kísérleti atomrobbantások betiltása ellen. 1954-es meghallgatásán, amelyre J. Robert Oppenheimer biztonsági engedélye miatt idézték be, Oppenheimer ellen tanúszkodott. Teller Ede ellentmondásos személyiség volt, ami sokak számára megnehezítette tárgyilagos megítélését.² Vegyészmérnöki tanulmányokkal kezdte pályafutását, de világhírű fizikus lett. Enrico Fermi- és Albert Einstein-díjjal is kitüntették. 1996-ban beszélgetünk Stanfordban. Beszélgetésünknek azt a részletét idézzük, amelyben kiderül, hogyan lett antikommunista.

¹ *Candid Science IV*, 404–423.

² Egyikünk, reményei szerint, kiegyensúlyozott életrajzot írt Tellerről. Hargittai István: *Teller*. Budapest, Akadémiai Kiadó, 2011.

„Egyes bírálói szerint Magyarország múltja befolyásolta politikai látásmódját. Megkérdeztük Teller Edét, hogy találkozott-e ezzel a kritikával.

„Gyakran. De ne felejtsek el, hogy 1919-ben, amikor a kommunisták hatalomra jutottak Magyarországon, tizenegy éves voltam. Négy hónapig tartott ez az állapot. A családom egyáltalán nem szerette őket. Apám, aki azelőtt ügyvédként dolgozott, munka nélkül maradt. Aztán jött az ellenforradalom, az utcákon lövöldöztek, amit – tisztes távolból – én is hallottam. Igen, antikommunista voltam, de tizenegy évesen nem éreztem közvetlenül a kommunizmus problémáit. Az iskolában pedig az antiszemitizmust tapasztaltam meg.

1926-ban Németországba mentem, hogy továbbtanuljak. Ez két héttel a tizennyolcadik születésnapom előtt történt, már leérettségiztem, és néhány hetet a Budapesti Műszaki Egyetemen is eltöltöttem. Éppen befejeztem a vegyészmérnöki képzés első szemeszterét. Apám nem hagyta jóvá matematikusi terveimet, így a vegyészmérnöki pályában egyeztünk ki.

Akkor még, őszintén mondom, nyitott voltam a kommunizmusra. 1926-ban még nem tudtunk a sztálini rezsim borzalmairól. Európában sokan úgy látták, hogy a kommunizmusé a jövő, különösen 1928–29, a gazdasági világválság után, ami egyértelműen a kapitalizmus végére utalt. Azt mondták, egyedül a kommunistáknak vannak új elképzeléseik. Én nem voltam kommunista, egy csöppet sem, de nyitottan gondolkoztam. Maguk is meggyőződhetnek róla, ha elmesélem, kikkel barátkoztam. Először Karlsruhéban tanultam két évig, aztán pedig Lipcsébe mentem [Werner] Heisenberghez. Egy élénk kis nemzetközi társaságba csöppentem. Nem a politika érdekelt bennünket elsősorban, de a két legjobb barátom közül az egyik elszánt antikommunista, a másik lelkes kommunista nézeteket vallott. Az antikommunista Carl Friedrich von Weizsäcker, a későbbi nyugatnémet elnök bátyja volt, kiváló fizikus, később filozófus, nagyszerű barát. Együtt tanultunk Lipcsében, Göttingenben, és később ugyanabban a házban laktunk Koppenhágában. Nem értettem egyet a kommunizmusról alkotott nézeteivel. Ahogy említettem, elszánt antikommunista volt, abban az időben a náccikkal is szembehelyezkedett, de nem olyan egyértelműen. A két rossz közül a náciizmust tartotta a kisebbik rossznak.

Akkortájt Lev Landau is jó barátom volt, vele szintén írtam cikket. Hithű kommunistaként a kapitalizmust nevetséges rossznak tartotta, ezt gyakran kifejtette.

Még egy barátomról szeretnék beszélni, Tisza Lászlóról. [...] Tisza nagyon támogatta a kommunistákat; nem lépett be a pártba, de dolgozott nekik. Amikor visszament Magyarországra, letartóztatták. Továbbra is együttműködtem vele, Budapesten meglátogattam a börtönben. Végül kiengedték, de egész pontosan nulla esélye maradt arra, hogy álláshoz jusson. Akkor írtam Lev Landaunak; ő Harkovban szerzett neki munkát. Néhány év múlva Tisza visszatért a Szovjetunióból. Teljesen kiábrándult, elmesélte, milyen szörnyen bántak Landauval, akit letartóztattak. Ez akkortájt történt, amikor az Egyesült Államokba jöttem.

Antikommunista vagyok, de nem a magyarországi tapasztalataim alapján. Csak később lettem antikommunista, amihez beszélgetnem kellett a Szovjetunióból visszatérő Tiszával. Ez 1936-ban volt. És elárulhatom, hogy a változásban döntő szerepet játszott egy könyv, amit önök is ismernek.

– *A Sötétség délben, Arthur Koestlertől?*

– Igen. Akkor olvastam, amikor az első hónapomat töltöttem Los Alamosban, 1943 tavaszán. Nem jelenhetett meg sokkal korábban. Ebben az időben engem már nem kellett nagyon győzködni. Remek a könyv, mert Koestler sokáig bizonytalanságban tartja az olvasót: nem tudjuk, melyik oldal a jó. Aztán az utolsó ötven-száz oldalon határozottan állást foglal Sztálin ellen. [...] Tehát nem állja meg a helyét, hogy megrögzött magyar antikommunista vagyok. Kijelenthetjük, hogy lényegében Koestlert követve lettem antikommunista.”³

³ *Candid Science IV*, 407–409.

Charles H. Townes

*[A lézer] nagyon hasznos tudományos eszköz.
Akár a csavarhúzó.*



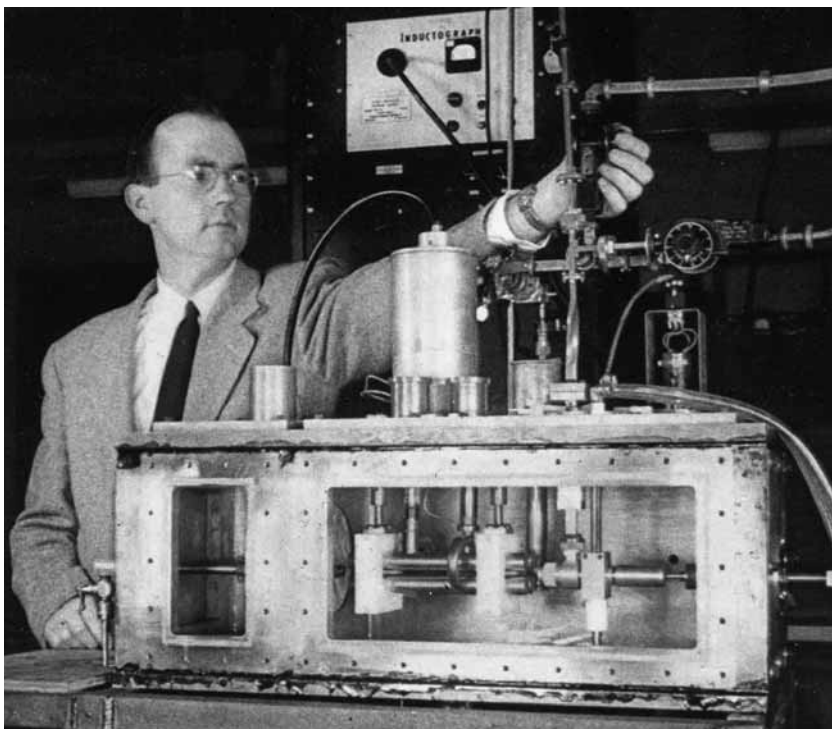
Charles H. Townes 2004-ben Berkeley-ben
(*Hargittai István felvétele*)

Charles H. Townes¹ (1915–) a Dél-Karolina állambeli Greenville-ben született. A Furman Egyetemen diplomázott 1935-ben, a Duke Egyetemen szerzett master fokozatot fizikából, PhD-disszertációját pedig a Kaliforniai Műszaki Egyetemen védte meg 1939-ben, szintén fizikából. A Bell Laboratóriumokban dolgozott 1933-tól 1947-ig, a Columbia Egyetemen 1948-tól 1961-ig. 1961 és 1967 között a Massachusettsi Műszaki Egyetem professzora volt, 1967-től a Kaliforniai Egyetemé (Berkeley-ben). 1964-ben megosztott fizikai Nobel-díjat kapott Nyikolaj G. Baszovval és Alekszandr M. Prohorovval azért a kvantumelektronikai munkáért, amely a mézer-lézer elvre épülő oszcillátorok és erősítők megalkotásához vezetett. Berkeley-i dolgozószobájában beszélgettünk 2004-ben. Egy évvel később Charles Townes elnyerte a Templeton-díjat. Ezt az élet spirituális dimenzióinak kiteljesítésében elért kivételes eredményekért adják, amelyekhez intuíció, felfedezés vagy gyakorlati munka révén is el lehet jutni.

Charles Townes a vallás és a kutatói munka kapcsolatáról is beszélt.

„Vallásos érzelmű vagyok, és azt hiszem, sokkal több kutató vallásos, mint amennyit a társadalom annak gondol. Nem beszélnek róla, mert ha megtennék, bírálatnak tennék ki magukat, de egyre többen nyílnak meg. Népszerűbb lett a vallás és a tudomány kapcsolatának elemzése, én is tartok előadásokat erről a témáról. Az én felfogásom szerint a vallás és a tudomány nagyon hasonló, sokkal jobban hasonlít egymásra, mint ahogy képzelik. A tudományban gyakorta találkozunk feltevessel, amit hitnek is nevezhetünk. A tudomány egyik alapfeltevése szerint a világegyetem megbízható, állandó törvények irányítják, ezek a törvények megbízhatók és így tovább. Ez feltevés. Nem vehetjük biztosra, holnapra minden megváltozhat. Nem tudjuk bebizonyítani, hogy nem

¹ *Candid Science V*, 94–137. Ez valójában két interjú; az egyiket Clarence Larson készítette 1984-ben (96–119.), a másikat mi, 2004-ben (119–137.).



A fiatal Townes kísérleti berendezésével *(Charles H. Townes szívésségéből)*

fog, de hiszünk benne. A tudományba beleivódott, hogy ugyanaz igaz mindennap. Ez a hit egyik szélsőséges esete. A tudomány és a vallás egyaránt támaszkodik a kísérletre, a megfigyelésre. Megfigyeljük az embereket, a történelmet, a társadalmi folyamatokat. Nézzük például a csillagászatot. Nem játszunk ott fenn a csillagokkal, hanem nézzük őket, követjük őket, ami megfigyelés. A vallás is megfigyel, és megpróbáljuk megfejteni az életet. Megfigyelünk, következtetéseket vonunk le, igyekszünk a logikánkat használni.

Mostanában sok vita folyik arról, hogy volt-e Teremtő. Hosszú időn át nagyon sok tudós azt hitte, hogy a világegyetemnek sohasem volt és nem is lehet kezdete. Einstein érezte ezt, ezért vezette be a kozmológiai állandót, mert különben a csillagok közelednének egymáshoz, és a világegyetem összeomlana. Azért vezette be tehát a kozmológiai állandót, hogy a csillagokat távol tartsa egymástól, hiszen a világegyetemnek ugyanolyannak kell maradnia. Aztán Hubble rájött, hogy a világegyetem tágul, Einstein pedig azt hitte, hogy tévedett, és kidobta a kozmo-

lógiai állandót. Ha valami tágul, akkor kisebb dologból kellett kiindulnia. Egyes tudósok mégis úgy gondolják, hogy állandóan új anyag keletkezik, ezért a világegyetem nem változik a tágulás miatt, hanem mindig ugyanolyan. Fred Hoyle nagyon erőltette ezt a gondolatot, és beszéltem is vele róla. Előadásokat tartott a kérdésről, én pedig felhívtam a figyelmét, hogy nincs rendben a dolog logikailag. Beismerte, hogy nincs rendben, de fenntartotta, hogy az univerzumnak mindig ugyanolyannak kell lennie. Ebben hitt. Még az ősrobbanás, a Big Bang felfedezése után is ragaszkodott az interpretációjához, de végül fel kellett adnia.

Ma már mindenki elismeri, hogy ha nem az ősrobbanás volt a kezdet, akkor is a múlt megkülönböztetett pillanata volt. Ezenkívül a tudósok egyre jobban meg vannak arról győződve, hogy ez a világegyetem egyedi. Egészen különleges fizikai törvényeknek kellett fellépniük ahhoz, hogy minden klappoljon, és mi megjelenjünk. Nagyon különlegeseknek. Ha valaki nem vallásos, akkor fel kell tételeznie, hogy minden véletlenül történt, és sok más világegyetem is létezhet, a maga fizikai törvényeivel. Ha valaki azt mondja, hogy ez nem volt megtervezve, akkor milliárdnyi más univerzum is lehetséges, és a miénk éppen ilyenre sikeredett. A sok más világegyetem feltevése szintén hit kérdése, mert nem vethetjük alá kísérletnek. A vallás és a megfigyelésre alapozó felfogás abban viszont megegyezik, hogy a mi világunk különleges, és pontosan vagy majdnem pontosan olyan, amilyennek lennie kell. Ezekről a nézőpontokról vitatkoznak ma egyre többet.

Igen, én úgy gondolom, hogy létezhet egy terv, és érzem Isten jelenlétét, de ha nem akarjuk Istennek nevezni, mondhatjuk Spirituális Lénynek is. Létezik valami a világegyetemben azon túl, amiről a tudomány általában beszél. De miért ne vállalhatná fel ezt a tudomány, és miért ne tesztelhetnék az emberek? Igazából tesztelik is, például az imák hatásosságával. Tulajdonképpen megállás nélkül tesztelünk, mert megfigyeljük egymást. Látjuk, hogyan viselkednek az emberek, és megpróbáljuk megválaszolni, hogy mitől lesz jó az élet. Erre jutottam.

– *A hívőket nem nyomasztja az a kérdés, hogy honnan jött a Teremtő?*
– Dehogynem. A kezdetet nem láthatjuk. Kezdetben Isten megteremtette a világegyetemet, de ki teremtette Istent? Hogy kezdődött? A kezdet mindig nagy kérdés. De nemcsak a vallásban, hanem a tudományban is vannak nagy kérdések. Az emberek nem is tudják, mennyi bizonytalanság fordul elő a tudományban. Például a kvantummechanika és az általános relativitáselmélet nem konzisztens egymással. Már régóta tudjuk, de mindkettőben hiszünk. Ez bizonyos probléma. Vagy

például a zérusponti fluktuációk, amelyeket a kvantummechanika megjósol, hatalmas tömeget produkálnak, nagyobb, mint az egész világegyetem tömege vagy energiája, de valahogy mégsem vesszük észre. Ennek ellenére hiszünk a kvantummechanikában. Tehát rengeteg inkonzisztencia fordul elő a fizika alapvető elméleteiben. A fizikusok azonban már hozzászórtak, és egyszerűen félresöprik. A vallásról alkotott felfogásunkban is látunk inkonzisztenciákat. Véleményem szerint meg kell tennünk minden tőlünk telhetőt, és el kell fogadnunk az inkonzisztenciákat, de vonjuk le a lehető leglogikusabb és legésszerűbb következtetést, hogy megismerjük a valóságot. Ezzel próbálkozom.”²

² 133–135.

Martinus J. G. Veltman

*A gyorsítós kísérletekben
mi szabjuk meg az összes feltételt.*



Martinus J. G. Veltman¹ (1931–) a hollandiai Waalwijkben született. Az Utrechti Egyetemen szerzett PhD-fokozatot 1963-ban. Pályafutását a CERN-ben kezdte, aztán az Utrechti Egyetemen dolgozott. 1981 és 1997 között a Michigani Egyetem John D. MacArthur-fizikaprofesszora volt Ann Arborban. 1997-es nyugdíjba vonulása után visszatért Hollandiába; Bilthovenben él. Korábbi tanítványával, Gerardus 't Hoofttal megosztott fizikai Nobel-díjat kapott 1999-ben a fizikai elektromos kölcsönhatások kvantumos szerkezetének felderítéséért. Martinus Veltmannal bilthoveni otthonában beszélgettünk 2001-ben.

Martinus J. G. Veltman 2001-ben a hollandiai Bilthovenben
(*Hargittai Magdolna felvétele*)

A Nobel-díjjal elismert kutatás volt élete legnagyobb kihívása.

„Nehéz ebből a szempontból megítélnem ezt a munkát. Mindig az a legnagyobb feladat, amit az ember éppen kítűz maga elé. Talán valóban a gyenge kölcsönhatások elméletének kidolgozása volt a legnagyobb kihívás; fordulópontot jelentett, amikor elindultam ebbe az irányba, szinte minden más ennek a logikus következménye volt. Amikor elkezdtem rajta dolgozni, rögtön felmértem a fontosságát, de az a pillanat, amikor rájöttem, hogy a megoldásom helyes, életem meghatározó, feledhetetlen pillanata volt.

– *Tudta, hogy Nobel-díjat érdemel?*

– *Hogyne. De van ennek a munkának egy tanulással kapcsolatos aspektusa is, amit el kell mondanom, mert fontos. Fiatalkori holland tanáraink nem tartoztak a részecskefizika élvonalába. És bár a CERN volt a legjobb Európában, akkoriban elmaradt az amerikai intézetek mögött. Az összes nagyhírű, például Feynman, Gell-Mann, Lee, Yang amerikai volt, nem akadt köztük európai. Már készülődött a fiatalabb generáció, de ez még nem tudatosult bennünk. Amikor az ember elér*

¹ *Candid Science IV*, 80–109.

egy szintre, és nagyon elszántan törekszik arra, hogy letegyen valamit az asztalra, inspiráló közegre van szüksége. Én a CERN-ben dolgoztam, ami jó volt ugyan, de ehhez nem elég jó – ma sem az. Aztán átmentem a SLAC-be (a Stanford Lineáris Gyorsító Központba), Amerikába. Ettől kezdve fokozatosan érlelődtem, majd visszatértem a CERN-be. Nagy valószínűséggel nem lettem volna képes korábban – mondjuk, 1964-ben – arra, amire 1968-ban, mert még nagyon sokat kellett tanulnom. Meg kellett tanulnom, hogy mi a fontos, fel kellett ismernem a lehetséges utakat, különben az ember úgy jár, mint a többiek: egy ismert elmélet valamelyik szeletkéjével bíbelődik. Csak akkor kezdünk eredeti módon gondolkodni, akkor találunk rá új utakra, akkor teszünk fel valódi kérdéseket, ha felkészültünk rá. ‘t Hooftnak erre nem volt szüksége, de persze sohasem vallaná be, mert nem tanulta meg. Azt hiszem, csak 1966 körül kezdtem felnőni. Akkor jutottam el arra a szintre, amikor már eldönthettem, merre induljak, felmértem az akadályokat, a kilitásokat, mindent. Nagyon gyakran találkozom olyan kollégákkal, akik ezt nem tanulhatták meg a munkahelyükön. Nem látják, merre kell menni, az ember szeretne rájuk kiáltani, de úgysem hallgatnak rá. Az egyenleteket csúrik-csavarják, és azt hiszik, ezzel majd megoldanak valamit. A fizikában fontos a matematika, de az alapvető ötletek máshonnan jönnek. És ha az ember végre megértette, merre kell mennie, akkor már triviálissá válik. Akkor előveszi a matematikát a probléma megoldásához, de ezt másra is rábízhatja maga helyett. Szóval ez az a tanulás, amire ma nálunk nem hajlandók; azt hiszik, akkor lesznek jó fizikusok, ha belemerülnek a bonyolult matematikába. Ez a nagy hátránya minden olyan helynek, ahol nincs első osztályú szakember: ő megtaníthatná a fiataloknak, hogyan érezzenek rá a jó útra, a relatív fontosságra és a matematika relatív mellékes voltára.”²

Martinus Veltman sok fizikustól eltérően gondolkodik az asztrofizika és a részecskefizika közeledéséről.

„Nem közelednek egymáshoz. Az asztrofizikusok sok eredményünket felhasználják, de mi keveset tanulunk tőlük. Az asztrofizika sokkal kevésbé egzakt tudomány, mint a részecskefizika. Az, amit az ősröbbanásról mondanak, többnyire nem lép túl a találgatásokon – alig-alig tartogat valamit a részecskefizikai kutatások számára. Zsákutca.”³

² 105–107.

³ 108.

Steven L. Weinberg

Minden jó tudósnak biznia kell az intuíciójában, az ízlésében, amikor eldönti, milyennek kell lennie egy vonzó elméletnek; történelmi távlatokban a tudományterülettel együtt kell változni.



Steven L. Weinberg¹ (1933–) New Yorkban született, a Cornell Egyetemen végzett, a Princetoni Egyetemen szerzett PhD-fokozatot 1957-ben. Elméleti fizikus. Dolgozott a Columbia Egyetemen, a Kaliforniai Egyetemen, Berkeley-ben, a Massachusettsi Műszaki Egyetemen, a Harvard Egyetemen. 1982-ben az austini Texasi Egyetem professzora lett. 1979-ben Steven Weinberg, Sheldon L. Glashow és Abdus Salam fizikai Nobel-díjat kapott az elemi részecskék közötti gyenge és elektromágneses kölcsönhatást egyesítő elmélet kidolgozásában elért eredményeiért és azért, mert az elméletet felhasználva megjósolták a gyenge semleges áramot. 1998-ban beszélgettünk Weinberg dolgozószobájában, a Texasi Egyetemen.

Steven L. Weinberg 1998-ban a Texasi Egyetemen, Austinban (*Hargitai István felvétele*)

Steven Weinberg éppen akkor tért vissza az előadóteremből.

„A szuperszimmetriáról adok elő. Utoljára tizenöt évvel ezelőtt tanítottam ezt a tárgyat itt és a Harvardon. A szuperszimmetria olyan feltételezett szimmetria, amelyre még nincs közvetlen bizonyíték; különböző spinű részecskéket rendez azonos szimmetriájú multipletekbe. Nagyon különbözik azoktól a szimmetriáktól, amelyeket ismerünk. Például a gyenge és az elektromágneses kölcsönhatásokat egyesítő elméletekben szereplő szimmetriák csak azonos spinű részecskéket kombinálnak, mondjuk, neutrínót és elektront.

Több okból is következtetünk arra, hogy a természet, valószínűleg bizonyos energiaskálán, szuperszimmetriát mutat, bár ez a szimmetria biztosan sérül, és csak megfelelően nagy energián jelentkezik. A részecskefizikusok körében nagyon sokan gondolják úgy, hogy a mai kí-

¹ *Candid Science IV*, 21–31.

sérletekben már elérhető közelségbe került az az energia, amelyen a szuperszimmetria megnyilvánul. Nagyon valószínű, hogy az a kísérlet, amely előhívja a szuperszimmetriát, a nagy hadronütköztetőt használja majd, amely a szuperütköztetőnek valamivel kisebb megfelelője. A szuperütköztetőt nem fogják megépíteni, de a hadronütköztető elkészül a következő évtized elején. Ha a szuperszimmetriát nem fedezik fel korábban, lefogadom, hogy a hadronütköztetőben megtalálják. A szuperszimmetria felfedezése küszöbönáll, ezért nagyon időszerű, amit most tanítok.”²

Az asztrofizika és a részecskefizika között óriási tartomány van.

„A természetet alapvetően már értjük azon a közönséges méretskálán, amelyen a mindennapjaink telnek. Sokat tudunk az atomok és a molekulák, az elektromos és a mágneses erők viselkedéséről. Ennek alapján közönséges skálán megérthetjük az anyag viselkedését. Nem azt mondom, hogy közönséges skálán értjük az anyag viselkedését, hiszen csodálatos dolgok várnak felfedezésre például a kémiában, a kondenzált anyagok fizikájában. Nem értjük a turbulenciát, az intelligenciát. Sok mindent nem értünk. De megvan hozzá az alapunk, amihez nincs szükség sokkal több információra. Nem valószínű, hogy a kémiai anyagok vagy az élő anyag viselkedése újdonságot árulna el a természeti törvények alapjairól.

Ezzel általában feldühítem az embereket, de az »alap« az én szóhasználatomban nem érdekeset, izgalmasat, értékeset, hasznosat vagy matematikailag mélyet jelent. Hanem valamit, aminek köze van a világot uraló szabályokhoz. Tehát nem azt mondom, hogy az a jó, ha egy vegyész folyton a Schrödinger-egyenletet akarja megoldani egy molekulára. A vegyészek intuíciója, szakértelme gyakran sokkal értékesebb, mint a Schrödinger-egyenlet közelítő megoldása.”³

A tudomány emberi oldala

„Nem hiszem, hogy a tudósok objektívek. És azt sem hiszem, hogy nagyon sokra mennének, ha azok lennének, mert sohasem tudunk eleget, ezért csak a kísérleti adatok egyfajta mechanikus interpretációja alapján alkothatunk véleményt. Minden jó tudósnak bíznia kell az intuíciójá-

² 22.

³ 27–28.

ban, az ízlésében, amikor eldönti, milyennek kell lennie egy vonzó elméletnek; történelmi távlatokban a tudományterülettel együtt kell változni. És ez nagyon szubjektív. Aztán vitatkozunk egymással, ami társadalmi folyamat. Rendkívül bonyolult módon érintkezünk a többi tudóssal – izgalmas tanulmány egy szociológus számára. De azt hiszem, objektív igazság felé konvergálunk, ami olyan, amilyen, mert a világ így működik. Végül ez mind a tudásunk stabil, állandó része lesz. Kepler, Galilei, Kopernikusz és Newton munkáját minden pillanatban erősen befolyásolta az a kor, amelyben éltek, azok az emberek, akikkel kapcsolatban álltak és a vallásuk. De minden tudás a Naprendszer mai képehez konvergált, és nem kételkedünk benne. Ezt szem elől téveszti számos olyan szociológus, aki a tudományt egyszerű társadalmi jelenségként tanulmányozza. Ők csak egy folyamatot látnak, amely nem különbözik a többi társadalmi folyamatától, de a végeredményt a természet határozza meg, és a végén, amikor már tudjuk a választ, nem ellenkezhetünk.”⁴

A „vonakodó emberek”-kel folytatott párbeszéd nehézségei

„Nagyon szeretnénk, ha a tudomány beépülne napjaink kultúrájába, de ma még nem tartunk ott, mert az emberek nem tudják elolvasni a cikkeinket. Még akkor is nagyon szűk kör hajlandó elolvasni a munkáinkat, ha erősen törekszünk arra, hogy matematikai apparátus nélkül fogalmazzuk meg a mondanivalónkat. Rengeteg kedves barátom van, aki egyetlen olyan könyvet sem olvas el, amelyet a nagyközönség számára írok. Mert ha valami tudományos, azonnal kikerül az érdeklődési körükből. Nem tudom, mit lehet ezzel kezdeni – még elszántabban kell próbálkoznunk.”⁵

⁴ 29.

⁵ 31.

John A. Wheeler

*Büszke vagyok arra, hogy részt vettem
a Manhattan-tervben.*



John A. Wheeler 2001-ben
a Princetoni Egyetemen
(Hargittai Magdolna felvétele)

John A. Wheeler¹ (1911–2008) a Johns Hopkins Egyetemen szerzett diplomát, posztdoktori munkáját Gregory Breit irányította a New York-i Egyetemen és Niels Bohr Koppenhágában. 1938-tól élete végéig a Princetoni Egyetem fizika tanszékén kutatott, egy tízéves időszaktól eltekintve: 1976 és 1986 között az austini Texasi Egyetem professzora volt. Niels Bohrral együtt dolgozta ki a maghasadás elméletét, részt vett a Manhattan-tervben és a hidrogénbomba előállításában. Richard Feynman mentora volt: együttműködtek a távolhatás elméletének vizsgálatában. A fizika más területén is alapvető eredményeket ért el, a „huszadik század egyik legsokoldalúbb fizikusának” tartják.² Publikált interjúnk szövege több találkozás nyomán született (John Wheelerrel HM beszélgetett) a 2000-es évek elején, amikor Eszter lányunk a Princetoni Egyetemen volt doktorandusz; ezért jártunk ott gyakran akkor-tájt.

Ebben az összeállításban John Wheeler két válaszát idézzük. Egyik kérdésünk a legemlékezetesebb eredményét tudakolta.

„Richard Feynman ezt tekintette a legfontosabbnak: amikor itt rázunk meg egy részecskét, azért veszít energiát, mert kölcsönhatásba lép a világegyetem távoli anyagával. Elmentem Einsteinhez, hogy megbeszéljem vele. Tetszett neki. Ez összekapcsolja a kozmológiát, a távolit és a sugárzási reakciót, a közelit. Más területeken többen is alkalmazták ezt a gondolatot, de semmi sem töltött még el ilyen izgalommal. Látja ezt a kart? És ezt a lábat? Mindkettőt boldogan odaadnám, ha cserébe megérthetném: »mi a kvantum?« és »mi a lét?«. Olyan, mintha két kü-

¹ *Candid Science IV*, 424–439.

² 426.



A George Washington Egyetemen 1937-ben megrendezett elméleti fizikai konferencia résztvevőinek egy csoportja.

Elöl: Niels Bohr; a második sorban balról jobbra: Isidor Rabi és George Gamow; a harmadik sorban: Fritz Kalckar és John Wheeler; a negyedik sorban: Gregory Breit *(John Marlow szíveségéből)*

lönböző kérdést tennék fel, de a válasz ugyanaz lesz.”³

Másodjára a legfontosabb eredményéről kérdeztük.

„A legfontosabb? 1945 őszén az Okinava szigetére vezényelt összes amerikai csapat Japán megszállására készült: tudták, hogy a japánok nem adják meg magukat, inkább meghalnak. Később nagyon sok amerikai katonától hallottam, hogy az a két bomba mentette meg az életét. Büszke vagyok arra, hogy részt vettem a Manhattan-tervben, és gyakran eszembe jut, hogy mennyivel több életet is megmenthettünk volna, ha a bomba körülbelül egy évvel korábban elkészül.

Ez a kérdés engem személy szerint is fájdalmasan érint.

Öcsémet, Joe-t 1944 októberében ölték meg egy olaszországi bevetésen. Nem sokkal a halála előtt kaptam tőle egy levelet, amelyben azt írta: »Siessetek!« Nagy vonalakban tudta, hogy részt veszek a védelmi munkában. Amikor az öcsémet megölték, Tennesseeben már működött az urándúsító, de csak néhány gramm uránt termelt, nekünk pedig kilogrammokra volt szükségünk a bombához. Plutóniumból is néhány grammot állítottak elő a szükséges kilogrammok helyett. A Los Alamosban dolgozó kutatók többé-kevésbé már tudták, milyennek kell lennie a »puska típusú« uránbombának, de a »berobbantásos« atombomba ötlete akkoriban kezdett csak kibontakozni. Ezt a megoldást végül a plutóniumbombában használták fel, amit Nagaszakira dobtak le. Sokszor gondolkozom azon, hogy milyen szerepet játszottam az akkori eseményekben; fel tudtam volna gyorsítani a folyamatot? Ha egy évvel korábban fejeződik be a háború, 1945 közepe helyett 1944 közepén,

³ 426.

durván számolva talán 15 millió ember menekülhetett volna meg. Nyomasztó gondolat...

A hidrogénbomba elkészítését határozottan szorgalmaztam. Nem pusztán apró fogaskerek voltam a gépezetben. Nyolc hónappal előbb lett meg a hidrogénbombánk, mint a szovjeteké. Fordított esetben nagy bajok történtek volna.

Bár ma már büszke vagyok arra, hogy részt vettem a hidrogénbomba előállításában, nem könnyen hoztam meg a döntést. Miután több évig dolgoztam a Manhattan-terven, boldogan tértem vissza a kutatáshoz. Tele voltam ötletekkel. A Guggenheim Alapítványtól kaptam egy ösztöndíjat, amellyel elmehettem Párizsba, és olyan problémákkal foglalkozhattam, amelyek akkor a legjobban érdekelték. Korábban az atommag cseppmodelljén dolgoztam Bohrral. Később az atommag függetlenrészecke-modellje is lehetséges modellnek tűnt, ezért az atommagok viselkedésének leírására egységes módszert akartam kidolgozni. 1949 nyarán feleségemmel, Janettel Párizsba utaztunk, és munkához láttam. Közben gyakran átmentem Bohr laboratóriumába, Koppenhágába. Már szeptemberben hírt vettük, hogy a szovjetek elkészültek az atombombájukkal. Arra gyanakodtunk, hogy talán előnyre tettek szert a hidrogénbomba előállításában. Nem sokkal később telefonáltak Washingtonból: megkértek, vegyek részt a hidrogénbomba-programban. Szörnyű dilemma elé állítottak. Teller Edéhez hasonlóan úgy gondoltam, hogy a szovjet fejlesztések nyilvánvaló veszélyt jelentenek Amerika számára. De épphogy elkezdtem dolgozni Párizsban, és élveztem a kutatást. Nyilvánvaló hazafias kötelességem és a fizika iránti szeretetem között hányódtam. Sokat beszélgettünk erről Janettel. Később Bohrnak is elmondtam a dilemmámat. Erre megkérdezte: »Gondolja, hogy Európa megúsza volna a szovjet uralmat, ha a Nyugatnak nincs atombombája?« Végül, 1950. január végén a hidrogénbomba-program mellett döntöttem.”⁴

Amikor a példaképeiről kérdeztük, több nevet sorolt fel, ezt a kettőt is:

„Van egy kövem a szigeten, Maine-ben. A fiam és a felesége hozták Athén környékéről, abból a kertből, ahol Platón és Arisztotelész sétált és beszélgetett. Remélem, egyszer kitalálnak egy gépet, amibe beteszik a követ, és kijön a beszélgetés. Róluk biztosan érdemes példát venni.”⁵

⁴ 426–428.

⁵ 430.

Frank Wilczek

Sohasem akartam mást csinálni.

(A „Mi terelte a tudomány felé?” kérdésre válaszolva)



Frank Wilczek és Hargittai Magdolna 2005-ben Lindauban
(Hargittai István felvétele)

Frank Wilczek¹ (1951–) New Yorkban született. A Massachusettsi Műszaki Egyetem (MIT) Herman Feshbach-fizikaprofesszora. 2004-ben David J. Gross-szal (Kaliforniai Egyetem, Santa Barbara) és H. David Politzerrel (Kaliforniai Műszaki Egyetem) fizikai Nobel-díjat kapott az erős kölcsönhatás elméletében megjelenő aszimptotikus szabadság felfedezéséért. Frank Wilczek a Chicagói Egyetemen szerzett BSc-, a Princetoni Egyetemen MSc- és PhD-fokozatot. Először Princetonban kapott professzori kinevezést, aztán a Kaliforniai Egyetemen, Santa Barbarában, ahol 2000-ig tanított. Azóta az MIT-n dolgozik. 2005-ben beszélgettünk a németországi Lindauban.

Az interjú utolsó részében arra kértük Frank Wilczeket, hogy beszéljen a mentorairól és arról a változásról, amelyet a nemrég elnyert Nobel-díj hozott az életében.

„Édesapám, például, nagyon komoly hatást gyakorolt rám. Saját magát képezte. Akkor állt neki differenciálszámítást tanulni, amikor én is azt tanultam. Egy felnőtt ember veszi a fáradságot és tanul – ennél jobban

¹ *Candid Science VI*, 856–869.

semmi sem bizonyítható volt a tanulás értékét. Édesanyám is mindig mellettem állt. Remek szüleim voltak. A középiskolában sikerült néhány kiváló tanárt kifognom. Az első egyetemi évek alatt, Chicagóban óriási szerepet játszott valaki a gondolkozásomban, de akkor még nem vettem észre. Néhány év múlva derült csak ki. Peter Freund a neve. Román fizikus, már régóta Chicagóban él. Rajong a szimmetriáért. Olyan dolgok is érdekelték, amelyeket akkoriban nagyon spekulatívnak tartottak, de mára bekerültek a fősodorba. Csoportelméletet tanított a fizikusoknak, és nekem a matematika volt a fő szakom. Felvettem a tárgyát, mert kicsit érdekelt a fizika is. Ő beszélt az $SU(3)$ és az $SU(6)$ szimmetriacsoporról, megmutatta, hogyan használják ezeket a fizikában, és hirtelen megértettem, hogy nemcsak absztrakciók, nemcsak esztétikai értékük van, hanem a fizikai világhoz is köztük lehet, és ez a terület még egyáltalán nincs megcsontosodva, nincs is feltárva. Ez elvette a magot, és bár Princetonban matematikai doktori iskolába jártam, nem tudtam pontosan, mit akarok csinálni, így a fizikáról sem mondtam le. Ez indított el a pályán. Két év múlva a matematikáról átváltottam a fizikára. Az 1970-es évek elején jártunk, és a fizikában nagyon izgalmas korszakot éltünk át. Ekkor kezdődött el a közös munka David Gross-szal. Jártam az egyik kurzusára, aztán nála kötöttem ki.

– *Megosztották egymás között a feladatokat a Nobel-díjhoz vezető kutatásban?*

– Megvolt ennek a dinamikája. Ez kényes kérdés, és semmiképpen sem akarok feszültséget kelteni. Nagyon keményen dolgoztunk együtt. Egyes részekhez ő adott hozzá többet, másokhoz én.

– *Ő kezdeményezte ezt a kutatást?*

– Nem, nem mondanám. Ken Wilson a renormálási csoportról tartott előadás-sorozatot a Princetoni Egyetemen. Ez sok ember fantáziáját felkeltette, köztük az enyémet és Davidét is. Wilson az előadásaiból később könyvet írt. És hirtelen fontos fejlemények születtek azon a területen, amelyet ma az elektroyenge kölcsönhatások Standard Modelljének neveznek. David korábban inkább az erős kölcsönhatások értelmezésén dolgozott, engem pedig a mértékelmélet és a gyenge kölcsönhatások érdekelték. Azt akartam megvizsgálni, hogyan viselkednek a gyenge kölcsönhatások nagy energiák esetén. Az új elméletek elkerülték a Landau-szellem híres problémáját, amely az elektrodinamikában lépett fel: ez – más megfogalmazásban – annak a kérdése, hogy létezik-e aszimptotikus szabadság. Én tehát a mértékelméletben szerzett akkori jártasságommal léptem be a közös munkába, David pedig az erős kölcsönhatások terén gyűjtött tudásával. Ő a renormálást használta fel

konkrét jóslások megfogalmazásához. Összedolgoztunk. Én akkor doktorandusz voltam, kutatási témát kerestem, és sokféle lehetőséget végigzongoráztam. Mindketten úgy láttuk, hogy ez hihetetlenül izgalmas probléma.

– *Megváltoztatta a Nobel-díj az életét?*

– Határozottan. Az utóbbi néhány hónapban sokkal több a dolgom, de ez rendkívül megtisztelő. Újabban másképp kezelnek az emberek. Ez persze nem tartható fenn sokáig, nem tudok ennyit utazni. Szétzilálja az életemet, takaréklángra kellett tennem a most futó kutatásaimat. Alig várom, hogy folytathassam a munkámat. Nagyon érdekelnek a tört statisztika legújabb fejleményei, de most nem tudok rájuk időt szakítani.

– *Visszatér a normális kerékvágásba?*

– Két héten belül. Új egyensúlyt próbálok elérni. Ez különbözik majd a régitől, de mindenképpen vissza akarok térni ahhoz, hogy a teljes, vagy majdnem a teljes időmet kutatással töltsöm. Közben már tudatosult bennem, hogy a Nobel-díjasoknak kötelességük megjelenni a nyilvánosság előtt, ezért talán könyv formájában írom majd meg néhány előadásomat. Valószínűleg ambiciózusabb és kockázatosabb kutatási programokat indítok el, mint korábban. Most már megengedhetem magamnak. Nem kell többé azon görcsölnöm, hogy sikerül-e végleges állást szereznem az eredményeimmel.

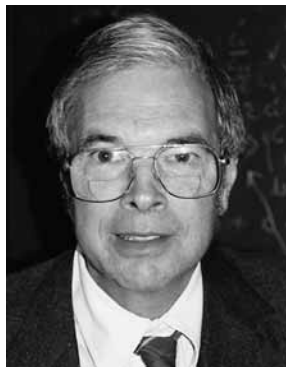
– *Egyesek úgy gondolják, hogy Nobel-díjasként jobban kell vigyázniuk a tekintélyükre.*

– Én is elgondolkoztam ezen, és azt hiszem, nagyon káros attitűd. Van, akit tönkre is tesz. Nem akarok senkit sem megnevezni, de aki így gondolkozik, az nem sikeres. Sokat töprengtem rajta, volt rá időm. Már évekkel ezelőtt eldöntöttem, hogy ha megkapom a Nobel-díjat, azonnal írok néhány nem túl fontos cikket, nehogy véletlenül megijedjek a nagy megtiszteltetéstől. Nem fogok szándékosan rossz cikkeket írni, de nem állítok irreális követelményeket magam elé. Az impotenssé teszi az embert. Ebben biztos vagyok.”²

² 867–869.

Kenneth G. Wilson

Senki sem gondolta, hogy a világháló és az összes folyománya ilyen gyorsan elterjed.



Kenneth G. Wilson 2000-ben az Ohioi Állami Egyetemen, Columbusban *(Hargittai István felvétele)*

Kenneth G. Wilson¹ (1936–2013) elméleti fizikus nagyon jó hátszéllel indult a kutatói pályán. Édesapja volt a Harvard neves kémiaprofesszora, E. Bright Wilson, az *An Introduction to Scientific Research (Bevezetés a tudományos kutatásba)* szerzője. Az apa bevonta fiát a könyv készítésébe, s a könyv inspiráció és állandó vezérfonal lett a fiú számára. Kenneth Wilson még évtizedek múlva is néhai édesapja ötvenéves doktoranduszának aposztrofálta magát. Mindig ott motoszkált a fejében, hogy „megfelelek-e a követelményeinek”.²

Kenneth Wilson 1961-ben szerzett PhD-fokozatot a Kaliforniai Műszaki Egyetemen, ahol Murray Gell-Mann tanítványa volt. 1963 és 1988 között a Cornell Egyetem fizika tanszékén dolgozott, aztán az elméleti fizikáról áttért a fizika tanítására, és az Ohioi Állami Egyetemen folytatta pályáját. Interjúnk két párbeszédre épül: először 2000-ben beszélgettünk Columbusban, egyetemi dolgozószobájában, másodsor, 2002-ben pedig leveleztünk.

Kenneth Wilson 1982-ben osztatlan fizikai Nobel-díjat kapott a fázisátmenetekhez kapcsolódó kritikus jelenségek elméletéért. 1980-ban – Michael Fisherrel és Leo Kadanoff-fal együtt – elnyerte a tekintélyes Wolf-díjat. A Nobel-díjat is megoszthatták volna, de nem így döntöttek. Hasonló helyzetekben a Nobel-díjas szívesen vállalja magára a döntés jogosságának igazolását (eddig kizárólag férfiakkal fordult ilyesmi elő). Wilson kivételnek bizonyult. Azt mondta, helyesebb lett volna, ha megosztják a Nobel-díjat. De az is kiderült, hogy erről sohasem beszélt korábban, és hozzátette: „Most, amikor már idősebb és bölcsebb vagyok, beláttam, hogy ezt jobban kellett volna hangoztatnom.”³

Kenneth Wilson érdekes véleményt fogalmazott meg a tudományos kiválóságról. Amikor a legnagyobb fizikusokra terelődött a szó, először Johannes Kepler érdemeit emelte ki.

¹ *Candid Science IV*, 524–545.

² 541.

³ 530.



Hans Bethe gratulál Kenneth Wilsonnak Nobel-díja alkalmából 1982 októberében a Cornell Egyetemen
(*Kenneth G. Wilson szívességéből*)

„Saját nemzedékében Feynman és Gell-Mann is kivételes volt. Az utóbbi időkből senkit sem nevezek meg, mert még dolgoznak az életművükön.

A társadalomtudományok helyzetét is érdemes megvizsgálni. Ott ma sokkal nehezebb az előrejutás, mert paradigmaváltás előtt állnak. Ezért nem kapnak akkora elismerést, mint azok, akik paradigmaváltás utáni fázisban dolgoznak, vagy mint az, aki maga hoz létre új paradigmát. Ezért nem tekintik néha Keplert akkora tudósnek, mint Newtont, pedig azok, akik ezt az időszakot tanulmányozzák,

azt mondják, Kepler még Newtont is túlszárnyalta. Én nem tudok átállni arra, hogy Keplert nagyobbnak tekintsem Newtonnál. De azt elfogadom, hogy Newtonnal egyenrangú. Amikor az emberek összehasonlítják Newtont és Keplert, többnyire egyikük munkáját sem ismerik alaposan. Newton 1680-ban publikálta a *Principiát*, és a következő háromszáz évben a Newton-törvények alkalmazásait kutatták. A későbbi eredményeket könnyen leválaszthatjuk a Newtonétól, ami a három törvény megfogalmazásából és néhány kezdeti alkalmazásból állt. Az esetek többségében az úttörők, akik elindítanak egy tudományterületet, közel sem rukkolnak elő olyan nagy horderejű összefüggésekkel, mint a Newton-törvények. Ezekben az esetekben a felfedezést követő kutatások fontosabbak, mint a Newton-törvények megszületése utáni kutatások.”⁴

Amikor megkérdeztük, hogy James Watsont és Francis Cricket a legnagyobbak közé számíthatjuk-e, egy sorban Kopernikusszal, Newtonnal és Einsteinnel, Wilson nevetett. Ezért megkértük, fejtsse ki a kettős hélix fontosságáról alkotott véleményét is. Wilson erre kérdéssel válaszolt: „Maga vegyész, én fizikus vagyok. Mit gondol, a biológusok

⁴ 543–544.

nevetnek ezen a kérdésen? Próbálja csak ki. Majd akkor válaszolok, ha néhány biológuson is kipróbálta.” Megfogadtam (HI) a tanácsát, és 2002-ben visszatértem Kenneth Wilsonhoz. A 2000-ben és 2002-ben adott válaszokból született a következő részlet:

„Kétség sem fér ahhoz, hogy a DNS és kettős hélix struktúrája alapvető szerepet játszik a genetikában. Részben azon nevetek, hogy Darwin és a kvantummechanikát megalapozó tudósokat (például Schrödinger, Heisenberget, Bohrt és Diracot) kihagyta a felsorolásból. Mindegyiküket Watson és Crick elé helyezném, ha a munkájuk eredetiségéből és kreativitásából indulunk ki, meg abból, hogy mekkora hatást gyakoroltak annak a világnak a megismerésére, amelyben élünk. De ennél mélyebb okból is nevetek. Kopernikusz és Newton idejében nem volt olyan sok tudós, még Darwin idejében sem. A huszadik században viszont nem az egyéni teljesítmény dominál a tudományban, nem a Watsoné és Crické, még csak nem is az Einsteiné. A NAGY dobás helyett, nekem legalábbis, sokkal fontosabb azoknak az intézményeknek a fejlődése, amelyek egyre több tudós kutatását használják fel, ilyenek például Amerikában a kísérleti mezőgazdasági állomások és a mezőgazdasági fejlesztési rendszer, amelyek átalakítják a modern társadalmat. (Ezeknek a mezőgazdasági intézményeknek a története megtalálható Wallace E. Huffman és Robert E. Evenson könyvében: *Science for Agriculture. A Long-Term Perspective; A mezőgazdaság tudománya. Hosszú távú kilátások.*) Átalakul például a gyógyítás, a szállítás, a telekommunikáció és az információtárolás, az energiaipar, új ipari anyagok jelennek meg, megváltozik a katonai védelem, a magas- és mélyépítés (gondoljunk a felhőkarcolókra és a hidakra), a média és a szórakozás.

Mindez az átalakulás a növekvő tudásbázis nélkülözhetetlen segítségével megy végbe – a természet-, a mérnöki és az oktatástudomány segítségével például a gyógyítás és a jog területén. Tulajdonképpen maga a tudomány vált a gazdasági jólét, a társadalmi haladás (ha van ilyen) és a katonai erő domináns forrásává. Véleményem szerint ezt a DNS-nél sokkal fontosabb sztorit senki sem mondta még el jobban Peter Druckernél. Legnagyobb horderejű könyvei közé tartozik például a *The Age of Discontinuity* (1968), az *Innovation and Entrepreneurship* (1985) és a *Post-Capitalist Society* (1993) (*A diszkontinuitás kora, Innováció és vállalkozás, Posztkapitalista társadalom*). Drucker azonban csak átmeneti figura. Kivételes tehetség, de meg sem közelíti Newtont vagy Einsteint. Drucker és számos más társadalomtudós munkájának ellenére még mindig sokkal többet tudunk a természettudományok jó pár, szí-

lárd alapokon álló kutatási területéről, mint arról, hogy hogyan jutott el a tudomány, a távoli kezdetektől elindulva, mai domináns társadalmi szerepéig.

És miközben egyre többet tudok meg a tudás mint egész gyarapodásáról, egyre kevésbé veszem komolyan a tudomány »nagy nevei«-nek különféle listáit. Csodálom Newton meg Einstein teljesítményét, és Darwinét, Watsonét, Crickét is. De ugyanilyen fontosnak tartok látszólag sokkal földhözragadtabb dolgokat, például könyvtári kézikönyveket (enciklopédiákat, szótárakat és hasonló forrásokat), amelyek nélkül szinte senki sem ismerhetné meg a tudomány jelentős és kevésbé jelentős alakjainak eredményeit. Édesapám segített, hogy felmérjem a tudósok kézikönyveinek szerepét: az *An Introduction to Scientific Research (Bevezetés a tudományos kutatásba)* című könyvében egész fejezet szól az irodalmazásról. Azt mondta az enciklopédiákról, hogy »meglepően hasznosak, ha benyomást akarunk szerezni egy új területről«. Tapasztalataim alapján maradéktalanul egyetértek vele. Általában véve úgy gondolom, hogy az *An Introduction to Scientific Research* sokkal realitásabb és kiegyensúlyozottabb képet ad a tudomány fejlődéséről, mint amelyet a tudomány »nagy nevei«-nek listája (vagy a nevek tüzetesebb tanulmányozása) alapján nyerhetünk.”⁵

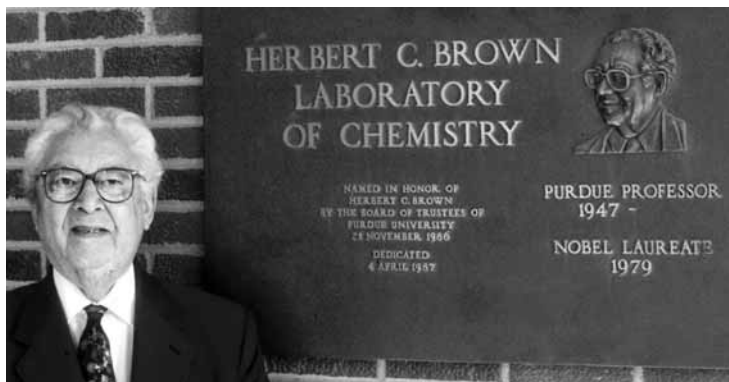
⁵ 544–545.

Második rész

Kémikusok

Herbert C. Brown

*A kutatási igazgató, szerencsére, ragaszkodhat
a magas követelményekhez:
a laboratóriumi munka már nem az ő dolga.*



Herbert C. Brown 1997-ben a Herbert C. Brown Kémiai Laboratórium táblája előtt, a Purdue Egyetemen (*Hargittai István felvétele*)

Herbert C. Brown¹ (1912–2004) Londonban született. Kétéves volt, amikor családja az Egyesült Államokba költözött. Pályájának kezdetét az itt következő részletben meséli el. 1938-ban szerzett PhD-fokozatot a Chicagói Egyetemen, 1943-ban adjunktusi állást kapott a Wayne-i Állami Egyetemen, 1947-ben átmént a Purdue Egyetemre, ahol élete végéig dolgozott. Egyaránt volt szervetlen és szerves kémikus. 1979-ben Georg Wittiggel megosztott kémiai Nobel-díjat kapott szerves szintézisek fontos reagenseinek bór-, illetve foszfortartalmú vegyületeken alapuló előállításáért.

Herbert C. Brownnak sok akadályt kellett leküzdenie egyetemi tanulmányainak kezdetén.

„1930-ban érettségiztem, és két évig nem találtam magamnak munkát. Ekkor volt a nagy gazdasági válság. Végül úgy döntöttem, visszaülök az iskolapadba. A chicagói városvezetés tartotta fenn a Crane Junior Col-

¹ Hargittai, I. (Ed. Hargittai, M.), *Candid Science I: Conversations with Famous Chemists*, London, Imperial College Press, 2000, 250–269.



Herbert C. Brown Hargittai Balázssal 1995-ben
West Lafayette-ben (*Hargittai István felvétele*)

lege nevű főiskolát, ahol nem kellett fizetni az oktatásért, de nagyon megválogatták a diákokat. Szerencsére felvettek. Villamosmérnöki szakra mentem, mert valakitől azt hallottam, hogy a villamosmérnökök jól keresnek. Nekem akkor az volt a legfontosabb.

Az első évben kémiát is kellett tanulni – ez aztán elvárásolt. Kitűnő memóriám volt, és minden évfolyamtársamnál többet tudtam. Az első év után úgy döntöttem, kémiakönyvet írok. A gépelésért óránként öt centet fizettem

a hűgornak. A könyv az általános kémiát tárgyalta, az én értelmezésemben. Még ma is megvan a régi papírjaim között.

A Crane-en találok egy tizenhat éves lánnyal, akit a vegyészmérnöki szakra vettek fel. Akkoriban ez hallatlan volt. Százával készültek mérnöknek a főiskolán, de mindössze egyetlen lány akadt köztük, Sarah Baylen. Eleinte gyűlölt, mert amíg be nem iratkoztam, ő volt a legjobb kémiából, és egyáltalán nem tetszett neki, hogy visszaszorult a második helyre.

Egy év múlva pénzhány miatt bezárták a Crane Junior College-ot. Az egyik tanárunk, dr. Nicholas D. Cheronis, aki Görögországból származott, nagyon rendes volt. Az otthonában, egy kibővített garázsban kis kereskedelmi laboratóriumot működtetett, a »Synthetical Chemicals«-t. Drága kémiai indikátorokat és más értékes vegyszereket készített mellékállásban. Körülbelül tízünknek felajánlotta, hogy járjunk el hozzá, és bármit csinálhatunk a laboratóriumában, csak ne az utcán lógjunk. Sarah ment, én pedig követtem. [...] Egy év múlva új főiskolákat indítottak Chicagóban. Dr. Nicholas Cheronist bízták meg a Wright Junior College természettudományi karának vezetésével. Beiratkoztam, és Sarah is jött. Időközben összebarátkoztunk. A főiskolán Nicholas Cheronis sok kémiai tárgyat tanított; hozzá jártam szerves kémiára. Írt egy könyvet a fél mikrométerű szerves kémiai eljárásokról. Minden kísérletet elvégeztetett velünk, mert látni akarta, valóban úgy működnek-e, ahogy kell. Ebben a könyvben szerepeltek először a szokásos eljárásoknál kisebb méretben kivitelezett laboratóriumi kísérletek.

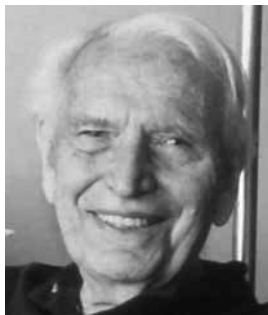
A munka közben szabad kezet kaptam, és olyan eszközökkel is dolgozhattam, amilyeneket még nem használtunk a főiskolán. Megengedték, hogy kiadjak egy új természettudományos folyóiratot, a *Physical Science Monthly*-t. Sokféle kísérletet leírtam benne. Én voltam a szerkesztő, és gyakran az újságíró is: minden munka rám várt. Nagyon rendszeresen bántak velem a főiskolán, és a diplomához közeledve azt javasolták, tegyek olyan felvételi vizsgát a Chicagói Egyetemen, amellyel ösztöndíjat szerezhetek. Megfogadtam a tanácsot, de amikor megláttam a vizsgakérdéseket, szinte minden reményem elpárolgott. A Chicagói Egyetemen akkor dr. Robert Maynard Hutchins volt a rektora, aki azt tartotta, hogy a felsőfokú tanulmányok után azok lesznek a legjobbak, akik az egyetemes tudás legkiválóbb könyvein, »a száz nagy könyv«-ön nevelkednek. Az oktatásban így például a filozófia, pszichológia, irodalom vált hangsúlyossá, és nem sok gondot fordítottak a kémiára, fizikára, matematikára. Én viszont csak ezeket tanultam a főiskolán. Azért összeszedtem magam, és legnagyobb meglepetésemre elnyertem egy ösztöndíjat. 1935-ben a Chicagói Egyetem diákja lettem. Hutchins azt is hangoztatta, hogy a diákoknak nem szabad több időt tölteniük az egyetemen, mint amennyi a diplomájuk megszerzéséhez szükséges. Tíz kurzusért ugyanannyit kellett fizetni egy negyedévben, mint a szokásos háromért. Így aztán minden negyedévben tíz kurzust vettem fel, és háromnegyed év múlva, 1936-ban végeztem.

Nem folyamodtam demonstrátori kinevezésért, mert el akartam venni Sarah-t, és abban az időben az állástalanok nem nőültek. Julius Stieglitz professzor akkor már emeritusként dolgozott az egyetemen. Korábban évekig ő vezette a tanszéket. Volt egy nagyon híres ikertestvére, Alfred Stieglitz, aki egy festőművésszel, Georgia O'Keefe-fel kötött házasságot. Julius Stieglitz tartotta a haladó szerves kémiai kurzust. Sarah és én is felvettük. Stieglitz általában öt percig beszélt, aztán feltett egy kérdést; gondolom, így akarta ébren tartani a hallgatóságot. Mindig jelentkeztem, hogy válaszolhassak. Valószínűleg jó benyomást tettem rá. Behívott a dolgozószobájába, és azt mondta: Mr. Brown, látom, nem jelentkezett demonstrátornak, pedig így PhD-fokozatot is szerezhetne. Miért nem jelentkezett? Biztosan megállná a helyét kutatóként...”²

² 253–256.

Erwin Chargaff

A művészi és a tudományos alkotásnak egyaránt fogyaszthatónak kell lennie.



Erwin Chargaff 1994-ben
(Hargittai István felvétele)

Erwin Chargaff¹ (1905–2002) Csernyivciben született – az egykori Osztrák–Magyar Monarchia területén, ma Ukrajnához tartozik –, és New Yorkban halt meg. Találkozásunkkor a Columbia Egyetem biokémia professor emeritusa volt. A Bécsi Egyetemen doktorált. Ő ismerte fel, hogy a DNS-ben a bázisok között ekvivalencia áll fenn, és hogy minden szervezetre jellemző a DNS-e. Elhalmozták kitüntetésekkel, az Amerikai Nemzeti Tudományos Akadémia és más tudós társaságok tagja volt; az amerikai Nemzeti Tudományos Érmét is elnyerte. Manhattanben, Central Park West-i otthonában beszélgettünk 1994 novemberében.

HI: Gyakran megkérdezik tőlem, hogyan sikerült mosolygós fényképet készítenem Chargaffról, holott megkeseredett emberként tartják számon. Már 1994-es látogatásom előtt is leveleztünk, és 1998-ban újra felkerestük (HI és HM). 1994-ben készítettem róla néhány felvételt, a feleségével együtt is lefényképeztem. Természetesen öltönyt és nyakkendőt viselt. Akkor az egyik barátomnál szálltam meg, aki Chargaffék közelében lakott, szintén a Central Park Westen. Amikor hazaértem, rájöttem, hogy rosszul állítottam be az új fényképezőgépet. Ez még a digitális korszak előtt történt, de a film előhívása nélkül is tudtam, hogy valami nincs rendben. Azonnal felhívtam Chargaffot, hogy szeretnék visszamenni néhány újabb felvétel kedvéért. Szerencsére sikerült legyőznom kezdeti ellenállását. Néhány percn belül náluk voltam. Chargaff már átöltözött, pólóingben volt – és jól szórakozott az ügyetlenségemen. Mosolygósan kaptam le. A feleségét azonban nem tudtam rávenni az újabb felvételre. Ezért amikor először közöltem az interjút, a házaspárról sokkal elmosódottabb kép jelent meg, mint Chargaffról. 1998-ban, következő találkozásunkon, Erwin Chargaff nagyon megköszönte ezt az el-

¹ *Candid Science I*, 14–37.

mosódott képet – nem a rossz minősége miatt, hanem mert ez volt az utolsó közös fényképük. 1998-as látogatásomkor Mrs. Chargaff már nem élt.

Erwin Chargaff két legfontosabb felfedezése közül az az egyik, hogy a DNS szervezetspecifikus, tehát minden élő szervezetre jellemző a saját DNS-e. A másik az, hogy a purin- és pirimidinbázisok azonos mennyiségben vannak jelen a DNS-ben. Felfedezte tehát a bázisok közötti ekvivalenciát, de nem kereste az okát. Egyesek úgy gondolják, azért keseredett meg, mert rájött, hogy elmulasztotta a kettős hélix felfedezését. Csalódását nem tudta véka alá rejteni; megvetéssel beszélt a kettős hélix felfedezőiről, James D. Watsonról és Francis Crickről, akik szerinte „olyan szörnyű zajt csaptak, mint egy reklámcég”.²

A bázisok közötti ekvivalencia felfedezése egyáltalán nem volt egyszerű. A bázisok koncentrációját jellemző adatok eléggé szórtak. Csak éles szemű megfigyelő vehette észre a számok között megbújó szabályszerűséget, és ennek publikálásához is bátorság kellett. A cikkírás idején Chargaff már neves kutató volt, könnyen elveszithette volna a tekintélyét.

Erwin Chargaff huszonhárom éves korában utazott először az Egyesült Államokba, mert kétéves ösztöndíjat kapott a Yale Egyetemre. A két év lejárta után adjunktusi állást kínáltak neki a Duke Egyetemen – azzal a feltétellel, hogy a dohány lesz a kutatási területe. Chargaff nem akarta egész életét a dohány tanulmányozásával tölteni. De élete végéig dohányzott, és 1994-ben tréfásan megjegyezte: „Ha elfogyna a pénzem, elmehetnék dohányreklámnak.”³

Visszatért tehát Bécsbe, majd Németországba költözött, és Berlinben dolgozott. A náci hatalomátvétel után Párizsba ment, rövid ideig a Pasteur Intézet munkatársa volt. 1934-ben visszatért az Egyesült Államokba, ezúttal örökre. Tapasztalata szerint a kutatásfinanszírozás egyszerűen és hatékonyan működött Németországban a náci uralom előtt, míg az Egyesült Államokban a fiatalok keményen versenyeztek a támogatásért.

„... amikor ki akartam egészíteni, amit a tanszéktől kaptam, a *Deutsche Notgemeinschaft*től kellett támogatást kérnem. Ők kiutalhattak bizonyos összeget a fizetésem mellé, amiből például vegyszereket vehettem. Beadtam tehát a pályázatot, és írásban közölték, hogy – alig akartam elhinni – fogad engem a *Notgemeinschaft* vezetője, aki nem is természetűdős volt, hanem orientalista. Schmidt-Otnak hívták. Bevezettek öméltósága dolgozószobájába, aki leültetett, és arról kezdtünk beszél-

² 25.

³ 18.

getni, milyen könyveket olvastam az utóbbi időben. Aztán a terveim iránt érdeklődött: ugyanazt vázoltam fel, mint amit a pályázatomban írtam a tuberkulózis-bacilusok poliszacharidjaival folytatott munkámról. Megkérdezte, mik azok a poliszacharidok. Elmagyaráztam, aztán azt mondta, hamarosan értesít. Három nap múlva megkaptam a támogatást. Ez nem olyan butaság, mint amilyennek látszik. Ha valaki megfelel, nem kell vele sokat pepecselni. Semmi értelme, hogy az egyik pályázatot jónak, a másikat meg rossznak ítélik. A legtöbb pályázat félig ilyen, félig olyan, mert az ember sok mindent nem tud előre, és még a jó pályázatról is kiderülhet, hogy nem valósítható meg. Ezért a bírálatok tökéletesen haszontalanok, hacsak nem szűk szakmai közösségekben születnek. Azt hiszem, a pályázó attitűdjének, gondolkodásmódjának a megismerése sokkal fontosabb, mint azon rágódni, hogy elég nagyszabású-e a kutatási témája. Csak a szerencsés, a nagyon tehetséges kezek között válhat a kutatás nagyszabásúvá. A kéz viszont nem látszik a pályázatban.”⁴

⁴ 24.

Mildred Cohn

*[Egy kutató] elsősorban kutató legyen,
csak másodsorban női kutató.*



Mildred Cohn¹ (1913–2009) New Yorkban született. A Hunter College-ban tanult, később a Columbia Egyetemen szerzett PhD-fokozatot. Először a Cornell Egyetem, majd a Washingtoni Egyetem orvostudományi karán dolgozott, de pályája jó részt a Philadelphiai Egyetemhez kötődik. Biokémikus volt, úttörő kutatásokat folytatott az oxigén-18 izotóp alkalmazása terén. Az Amerikai Nemzeti Tudományos Akadémia tagjai közé választották, a Nemzeti Tudományos Éremmel is kiüntették.

Mildred Cohn 2002-ben Philadelphióban *(Hargittai Magdolna felvétele)*

Pályája kezdetén Mildred Cohn hat Nobel-díjasmál dolgozott. Az első Harold Urey volt.

„Akkor döntöttem el, hogy nála akarok kutatni, amikor még nem volt Nobel-díjas. Néhány hónappal a díj elnyerése után kerültem a laborjába. Izgalmasan inspiráló órákat tartott, ezért határoztam el, hogy nála akarom elkészíteni a PhD-disszertációmát. A Nobel-díj cseppet sem változtatott rajta. Élt-halt a munkájáért. Nagyon világosan látta a kémiai összefüggéseket, a fizikai kémiában mozgott a legotthonosabban. Ezt a kifejezést tulajdonképpen nem is szerette; a »kémiai fiziká«-t sokkal találóbbnak gondolta. Ő volt a *Journal of Chemical Physics* első szerkesztője. Új kémiai fizikai szemináriumsorozatot is indított: nem szerette, amit a fizikai kémiai szemináriumokon tanítottak.

Az acetón-víz elegyben lejátszódó oxigén-18-kicserélődés vizsgálatának kezdetén a gázfázisban követtem a folyamatot, mert ezt kérte tőlem. Aztán eszembe jutott, hogy miért ne nézzem meg oldatban is. Megpróbáltam, és kiderült, hogy a kicserélődés jól mérhető szobahő-

¹ Hargittai, I. (Ed. Hargittai, M.), *Candid Science III: More Conversations with Famous Chemists*, London, Imperial College Press, 2003, 250–267.



Mildred Cohn és férje, Henry Primakoff a három gyerekkel, Laurával (1949), Paullal (1944) és Ninával (1942) *(Mildred Cohn szívességéből)*

mérsékleten. Gázfázisban 80 Celsius-fokon indult csak be a folyamat. Előadtam Urey-nak, hogy folyadékfázisban szeretném tanulmányozni a reakciót. Azt válaszolta: »Tudok valamennyit a gázfázisról és a szilárd fázisról, de a folyadékfázist nagyon zűrösnek érzem, és nem kísérletezem ott, ahol nem támaszkodhatom az elméletre.« Arra gondoltam, feleltem, hogy sokkal érdekesebb lenne a folyadékfázis, mert oldatban a sav-bázis katalízist is megvizsgálhatnánk. Erre azt tanácsolta, keressem fel Hammett professzort, aki mindent tud a folyadékfázisról. Végül az oldatot választottam, és a kutatásból megszületett a disszertációm.

Urey nem mindennapi ember volt. Az összes tudós közül, akivel dolgoztam, ő a kedvencem. Társadalmi kérdésekben hihetetlenül naivnak tűnt. 1934 és 1937 között jártam a laborjába, Hitler ekkor már javában építette a birodalmát. Urey nagyon jóban volt Rabi professzorral, aki a fizika tanszéken dolgozott, és azt javasolta neki, költözzön New Jersey-be, ahol ő is lakott. Rabi inkább New Yorkban maradt, a megszokott környezetében. Urey elmondta nekem, hogy megéri Rabit, aki zsidó, mert ő, Urey talán alkalmazkodhat a fasisztákhoz, ha hatalomra kerülnének. De ekkorra már aláírt egy petíciót, hogy a Columbia Egyetem ne vegyen részt a heidelbergi ünnepségen, ahol az előzetes tervek szerint a Columbia képviseltette volna magát. A petíció aláírása után azonnal antifasisztának kiáltották ki Urey-t. Bár nagyon naiv volt, gyorsan tanult, és később egyáltalán nem idegenkedett a politikai véleménynyilvánítástól. A karon csak ő viselt Roosevel-jelvényt, a többiek mind a republikánusok pártján álltak. Urey nagyon jólelkű volt. Egyedül ő törődött a »napszámosokkal«, a doktoranduszokkal. Tudni akarta, hogy jut-e nekik elég támogatás, és főleg engem féltett. Egyszer azzal fordult hozzám: »Miss Cohn, maga honnan kap fizetést?« Szerzett nekem pénzt. Akkoriban létezett egy National Youth Administration

nevű, fiatalokat támogató szervezet. Urey kijelentette: azt akarja, hogy kizárólag a disszertációmon dolgozzam. A segílyt azonban csak a tanév alatt folyósították. Nyáron azt mondta: »Miss Cohn, hadd adjak kölcsön magának. Mióta megkaptam a Nobel-díjat, a diákjaim támogatására akarom fordítani egy részét. Majd visszafizeti, ha lesz munkája.« Kevés professzor mondana ilyet, pláne manapság. Sohasem felejtette el, hogy ő is szegény volt, parasztgyerek. Egyszer elmesélte, kizárólag azért járt középiskolába – ott, ahol laktak, nem volt középiskola, így a kollégiumot is fizetnie kellett –, mert az egyik nagybátyja meghalt, és háromszáz dollárt hagyott rá.”²

² 255–257.

John W. Cornforth

*Az élet keletkezése, úgy gondolom,
apró győzelem a pusztulás fölött.*



John és Rita Cornforth 1997-ben az angliai Lewesben (*Hargittai István felvétele*)

John W. Cornforth¹ (1917–2013) az ausztráliai Sydney-ben született. Szerves kémikus volt, aki tudományágának biológiai aspektusait kutatta. Tizenhat évesen vették fel a Sydney-i Egyetemre. Súlyos halláskárosodása ellenére kiváló eredményeket ért el. 1939-ben érdemesnek találták arra, hogy az angliai Oxfordban folytassa tanulmányait. Évente két ilyen ösztöndíjat hirdettek meg a hat ausztrál egyetemen az összes tudományterület diákjai számára. A másik ösztöndíjat Rita Harradence nyerte el, aki egy évvel Cornforth előtt járt az egyetemi tanulmányokban. Mindketten Robert Robinsonhoz mentek Oxfordba. 1941-ben összeházasodtak. Rita Cornforth felesége, munkatársa lett, és gyakran ő kapcsolta össze a külvilággal. 1997-ben beszélgettünk az angliai Lewesben.

A sükettség

„Egyre rosszabbul hallottam. Nem tudtam használni az akkori hallókészülékeket, mert torzították a hangokat. Akkor még szájról sem tudtam olvasni. De az előadásokon nem is vehettem volna hasznát a tudománynak, mert a szájról olvasás kitalálósdi. Az embernek mindig értelmeznie kell, amit a mondottakról gondol. Így nem lehet új dolgokat tanulni. Ezt el kell mondanom azoknak a süket fiataloknak is, akik néha a tanácsomat kérik az egyetemi tanulmányokhoz. Azért ma már több segítséget kaphatnak.”²

¹ *Candid Science I*, 122–137.

² 125.

John Cornforth részt vett a „penicillinprojekt”-ben.

„1939-ben érkeztünk Oxfordba. Éppen akkor kezdték továbbfejleszteni Fleming felfedezését. Az volt a baj, hogy a nyers penicillin nagyon könnyen elbomlik. Fleming korábban már megkért egy Raistrick nevű vegyészt, hogy próbáljon meg valamit kinyerni a táplevesből, de nem sikerült neki. Egy másik vegyész, Chain azonban tudott a penicillin érzékenységről, és Florey-val meg másokkal ő is nekiállt. Nagyszerű kísérletet terveztek: önkényes egységekben mérték a penicillin mennyiségét. Így meg tudták határozni, milyen kísérleti körülmények között őrzi meg az anyag az aktivitását, és utána fokozatosan növelték a koncentrációját. Fleming eredeti kultúrája nem termelt annyi anyagot, mint amennyire szükség lett volna. Ezért növelni kellett a léptéket, mert sok kultúrából tudtak csak összekaparni egy kezelésre való penicillint. Látványos sikert értek el, amikor először támadták meg a *Staphylococcus in vivo*. A fertőzés minden kontrollállatot elpusztított néhány óra alatt, de az összes penicillinnel kezelt állat életben maradt. Ez 1940-ben történt.

– *Mikor próbálták ki először emberen?*

– 1941-ben, egy oxfordi rendőrön, aki egy elfertőződött seb miatt vérmérgezést kapott. Nem volt sok penicillinjük. Ha a teljes mennyiséget egyszerre beadták volna, a beteg valószínűleg meggyógyult volna. De inkább úgy döntöttek, hogy kisebb adagokkal próbálkoznak. Az első injekció hatására lement a beteg láza és tisztult a vére. De aztán visszaesett. Az újabb injekció ugyanazt a hatást váltotta ki, mint az első. Ez addig ment, amíg az összes anyag el nem fogyott. Végül a férfi meghalt.

Ritával 1943-ban kezdtünk el dolgozni a penicillinprojektben, amikor a molekula szerkezetének meghatározása folyt. Elő tudtuk állítani a D-penicillamint, ez majdnem a molekula fele. A penicillin kémiáján több száz vegyész dolgozott nálunk és az Egyesült Államokban a háború hátralevő részében. A közös munkáról monográfia jelent meg 1949-ben a Princeton University Press kiadásában, *The Chemistry of Penicillin (A penicillin kémiája)* címmel. Az egyik fejezetet én írtam.”³

John Cornforth szerette volna megosztani a tapasztalataiból leszűrt tanulságokat.

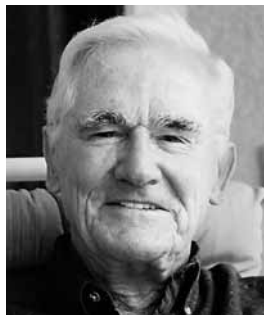
³ 126.

„Ha valaki süket, nem sokat ért meg azokon az összejöveteleken, beszélgetéseken, amelyeken kettőnél többen vesznek részt. Ezért inkább a nyomtatásban megjelent dolgozatokra támaszkodom. Nem veszem készpénznek a kivonatokat és az összefoglaló cikkeket. A kivonat az, amit a kivonat készítője fontosnak gondolt abból, amit a szerkesztő és a bírálók engedtek megjelenni abból, amit a szerző fontosnak tartott! Az olvasó elé kerülő kivonat és összefoglaló cikk túl sok ember agyán szivárgott már keresztül. Az a legjobb, ha az eredeti dolgozatot vesszük elő, de még ebből is csak elvétve derül ki a szerző eredeti mondandója. Ezért nyugtalanít az a tendencia, hogy nem közlik részletesen az eredményeket, és az adatbázisokra támaszkodnak, miközben a teljes szakirodalomhoz egyre nehezebb hozzáférni, mert a könyvtárak már nem tudnak mindent megrendelni. Elképesztő mennyiségű információt állítanak elő, de a minőség senkit sem érdekel. A szokásos »előzetes« publikáció szinte csak értelmezést tartalmaz, de hiányoznak belőle a kísérletek, holott egyedül ezek képviselnek maradandó értéket. A probléma csak nemzetközi szinten oldható meg. Olyan központi európai könyvtár lebeg a szemem előtt, ahonnan az olvasók minden cikket lehívhatnak a számítógépük képernyőjére, még a legrégebbieket és a legeldugottabb helyen publikáltakat is, és eldönthetik, hogy akarnak-e belőle saját példányt. Ezért is fordítok nagy gondot a dolgozataimra, s elégedett vagyok, hogy ezeket hagyom emlékül. A »mit csinált, miért csinálta, mik az eredményei« elvárás ma is ugyanúgy érvényes, mint amikor Rutherford megfogalmazta.”⁴

⁴ 133–134.

Donald J. Cram

*Ami az idén hazardjáték a kutatásban,
az jövőre már magától értetődő bölcsesség.*



Donald J. Cram 1995-ben
Palm Desertben (Hargittai
István felvétele)

Donald J. Cram¹ (1919–2001) a Los Angeles-i Kaliforniai Egyetem (UCLA) kémiai és biokémiai tanszékének professor emeritusa volt. 1987-ben Jean-Marie Lehnnel és Charles J. Pedersenel kémiai Nobel-díjat kapott a nagy szelektivitású, szerkezet-specifikus kölcsönhatásra képes molekulák előállításáért és alkalmazásáért.

Donald J. Cram az amerikai Chesterben született. A floridai Rollins College-ban, majd a lincolni Nebraskai Egyetemen tanult, és a Harvard Egyetemen doktorált. Negyven éven át, egészen nyugdíjazásáig dolgozott a UCLA-n. 1995-ben Palm Desert-i otthonában beszélgettünk.

Édesapjának korai elvesztése rányomta bélyegét Cram fiatalkorára, és később is befolyásolta személyiségét.

„Még a negyedik évemet sem töltöttem be, amikor édesapám meghalt. Sikeres ügyvéd volt Kanadában, és azért települt át a családjával – édesanyámmal és három lányával – az Egyesült Államokba, hogy azt a citrusvállalkozást irányítsa, amelyet a barátaival indított el Floridában. A vállalkozás csődbe ment, a család Vermontba költözött. Édesapám farmerként akart megélhetéshez jutni akkortájt, amikor megszülettem. Nemsokára meghalt. Édesanyám magára maradt négy lánnyal és velem; a legnagyobb gyerek tizenhárom éves volt. Sem a családban, sem a közeli ismerősök között nem akadt férfi, ezért nagyon fiatalon elkezdtem pótapát keresni – először abban a rengeteg könyvben, amelyet olvastam, aztán azok között a tanárok és tudósok között, akikkel találkoztam. A harmincas éveim közepén jártam, amikor a helyére került a belső értékrendem, és kialakult a személyiségem. Sokat vegyítettem abból, amit korábban megcsodáltam az emberekben, olvastam vagy ta-

¹ *Candid Science III*, 178–197.

nultam. Talán még fontosabb volt, hogy több olyan emberrel találkoztam, akire nem akartam hasonlítani. Visszatekintve úgy gondolom, hogy amit általában balszerencsének tartunk, nekem hasznomra vált, mert ellenszélben is kipróbálhattam magam, és minden ilyen alkalommal magabiztosabbá, ügyesebbé váltam, javult az ítélőképességem.”²

Amikor felvetődött az új vegyületek ötlete, Cram elkezdett előadásokat tartani, hogy – az ő szavaival élve – „fokozza a kihívást” és növelje a bátorságát. Ha már másoknak is elmondta az ötletét, nem visszako-zhatott, meg kellett valósítania. Nemcsak új területet nyitott a ké-miában, hanem frappáns nevet is talált neki és minden olyan új anyagnak, amelynek az előállításába belevágott. Eleinte „host-guest” kémiának hívta az új területet, ami arra utal, hogy a nagyobb, a „gazda” vagy „vendéglátó” (host) molekula befogadja a kisebb „vendég” (guest) molekulát. Később gyakran használta a konténer-kémia nevet, ami azt jelenti, hogy a nagyobb, a konténer tartalmazza a kisebb molekulát.

„A konténerkémia kifejezést elsősorban a kapszulás komplexekre használjuk, ilyenek például a szferaplexek és karceplexek, amelyekben a komplex szétesése mechanikai akadályokba ütközik. A *molekuláris konténer* kifejezés jobban utal a geometriára, mint az általánosabb *gazda* szó. A jó nevek képeket idéznek fel, segítik az analógiás gondolkodást, ami a szerves kémikus »legjobb barátja«.

Nagyon egyszerű gondolatmenettel jutottunk el a konténervegyületekig. Azt a kérdést tettük fel magunknak, hogy mi a közös a természet aktív helyei, elsősorban az enzimrendszerek és az RNS geometriájában. A válasz a konkáv forma volt. A katalitikus vagy kötőhelyek között akkor alakul ki a legegyszerűbben együttműködés, ha a funkciós csoportok egy kikényszerített konkáv felületbe ágyazódnak be, mert így ezek a csoportok közelebb kerülnek egymáshoz. A szubsztrát- és a receptorhelyek között több szimultán kapcsolat képes csak előteremtteni azt a kötési szabadenergiát, amelyre az evolúció során kialakult molekuláris masinériának szüksége van. Ezt az információt a természetes komplexek kristályszerkezetei szolgáltatták. Az 1960-as évek szakirodalmának áttekintéséből kiderült, hogy csak néhány olyan egyszerű szerves vegyületet ismerünk, amely kikényszerített konkáv felületet tartalmaz; ilyenek például a ciklodextrinek és a kólsav. Mindkettőről leírták, hogy komp-

² 179–180.

lexet képez a szerves vegyületekkel. Ennek nyomán a kikényszerített konkáv – például csészealj, tál és váza alakú – felületet tartalmazó szerves vegyületek tervezésére, előállítására és tulajdonságaik tanulmányozására indítottunk kutatási programot. Ezeket a vegyületeket *kavitandumoknak*, a komplexeiket pedig *kaviplexeknek* neveztük (a *kavítás* – üreg, odú – szó felhasználásával). Az *-andum* toldalékot a *ligandum* szóból kölcsönöztük. A *konkáv* felülettel rendelkező komplexképző partnerek közös neve *host* (*gazda*) volt, a *konvex felületű* partnereké *guest* (*vendég*). Amikor elkészültek a kavitandumjaink, szinte kiáltottak azért, hogy összekapcsoljuk őket a peremükön: így zárt felületű vegyületek keletkeztek, amelyek belseje elég nagy volt a vendégmolekulák »bebörtönzéséhez«. Az ilyen gazdákat *karcerandumoknak* nevezzük, a latin eredetű *karcer* (börtön) szóból kiindulva.³ [...]

A kutatást arra az elképzelésre alapoztuk, hogy a biológiai folyamatok kiemelkedő kémiai aktivitása jórészt a komplexképződésnek köszönhető, amely nagyszámú gyenge, de összegződő vonzásra épül, és hogy az enzimkatalízis, az immunválasz, a genetikai információátvitel, az információ-visszahívás, a replikáció mind modellezhető. Egyszerű gazdaszerkezeteket igyekeztünk használni, egyszerűbbeket, mint az aminosavak, cukrok, foszfát-észterek és a természetes heterociklusokat tartalmazó rendszerek. A vállalkozás azon állt vagy bukott, hogy elő tudunk-e állítani olyan merev szerkezeteket, amelyek előre elrendezett kötő- vagy katalitikus helyei kooperatív kölcsönhatásba lépnek a kiszemelt vendégmolekulákkal. Tulajdonképpen azt reméltük, hogy a más-
kor távoli, szétszóródó, összevissza álló funkciócsoportok a komplexképződés révén rendezett, egymáshoz közeli és kooperáló csoportok rendszerévé válnak. Ezt a feladatot mintha egyenesen rám szabták volna. Jól tűröm a kétségeket, a kudarcot, a tapogatózást, a küzdelmet, a házárdjátékot – erre pedig szükség volt. De ami az idén házárdjáték a kutatásban, az jövőre már magától értetődő bölcsesség.”⁴

³ 189.

⁴ 193.

Paul J. Crutzen

A kémiai kutatás nagyon fontos a környezetvédelemben, különösen az újrahasznosításban.



Paul J. Crutzen¹ (1933–) 1980 óta dolgozik a Max Planck Kémiai Intézet légkörkémiái osztályán, a németországi Mainzban. Amszterdamban született, Stockholmban szerzett tudományos fokozatokat, és az Egyesült Államok számos kutatóintézetének volt a munkatársa. Építőmérnöki tanulmányai után meteorológiából írta PhD-disszertációját. Paul J. Crutzen, F. Sherwood Rowland és Mario J. Molina 1995-ben megosztott kémiai Nobel-díjat kapott légkörkémiái kutatásaiért, különösen az ózon képződésének és bomlásának tanulmányozásáért.

Paul J. Crutzen 1997-ben a mainzi Max Planck Kémiai Intézetben (*Hargittai István felvétele*)

Amikor azt kérdeztük Paul Crutzentől, mennyi kémiát tud, megértette, mire gondolunk. Jót nevetett, majd megjegyezte: „Ez gonosz kérdés.” De természetesen megtanulta, amire szüksége volt, és ha kellett, mások segítségére is támaszkodhatott.

„A kémia óriási tudományterület, a légkörkémiát csak egy szelete. A fotokémiában, a szabad gyökök kémiájában, a spektroszkópiában és a kvantumkémiában mozogok a legotthonosabban. Azokban a diszciplínákban, amelyekben hiányosságaim vannak, kitűnő szakemberek állnak rendelkezésünkre, és én támogatom őket. Például rengeteg analitikai kémiát igényel a munkánk. A reakciószimuláció szintén nagyon fontos a légkörkémiában, ugyanígy a gázfázisú reakciókinetika, sőt, újabban a felületi reakciók vizsgálata és a szerves vegyületek légkörkémiája is előtérbe került. Mi a növények által kibocsátott szénhidrogének bomlását tanulmányozzuk.

Jelenlegi kutatásom nagyon fontos része a trópusi kémia. A bioszféra rendkívül érdekesen befolyásolja a légkör kémiáját. Ötven éven belül a

¹ *Candid Science III*, 460–465.

trópusokon és a szubtrópusokon élők tevékenysége hat majd leginkább a légkörre! A szerves gázok vizsgálatakor azonban a természet hatását is számításba kell vennünk. A Föld fáit legalább tízszer annyi szénhidrogént bocsátanak ki, mint a fosszilis üzemanyagok. Nagy mennyiségű fotokémiai ózonszrog termelődhet, különösen a trópusokon és a szubtrópusokon. Nyomot hagy maga után a hulladék, illetve a száraz fű, a bokrok és az erdők égése a trópusi száraz évszakban. Természetesen nem mondhatjuk meg az embereknek, hogy mit csináljanak, de ez a gyakorlat árt a környezetnek, és rendkívül nagy hatást gyakorol a légkör kémiájára. Ezeket a kérdéseket az 1970-es évek óta vizsgálom. Átfogó kísérleteket folytatunk a térségben, több ország repülőgépeit használhatjuk. A mostani fázisban a természetes és az antropogén légköri folyamatok kapcsolatáról gyűjtünk tudományos információt. [...]

A kémiai kutatás nagyon fontos a környezetvédelemben, különösen az újrahasznosításban. Komoly figyelmet kell fordítanunk a gyártási folyamatok lehetséges következményeire, az első lépésektől a végtermékig és azon is túl. A klór-fluor-szénhidrogéneket valamikor biztonságosnak, ideális, nem mérgező anyagnak tekintették, de nem gondolták végig a következményeket. A jövőben elővigyázatosabbnak kell lennünk. Ez az emberiségnek és a vegyiparnak is az előnyére válik.”²

² 465.

Johann Deisenhofer

Igen, barátok között.

(Arra a kérdésre válaszolva, hogy nyíltan beszél-e Texasban hitének elvesztéséről)



Johann Deisenhofer (balra) és Hartmut Michel 2001-ben Stockholmban
(Hargittai István felvétele)

Johann Deisenhofer¹ (1943–), Hartmut Michel (1948–) és Robert Huber (1937–) 1988-ban megosztott kémiai Nobel-díjat kapott a fotoszintézis-reakcióközpont háromdimenziós szerkezetének meghatározásáért. A kítüntetéshez vezető felfedezés idején Johann Deisenhofer és Robert Huber a martinsriedi biokémiai Max Planck Intézet szerkezetkutató osztályán dolgozott, Hartmut Michel ugyanennek az intézetnek egy másik osztályán.

Azóta Huber nyugdíjba ment. Michel a biofizikai Max Planck Intézetben, Deisenhofer a Texasi Egyetem dallasi orvosi központjában kutat. Johann Deisenhofert 2000-ben kerestük fel dallasi dolgozószobájában.

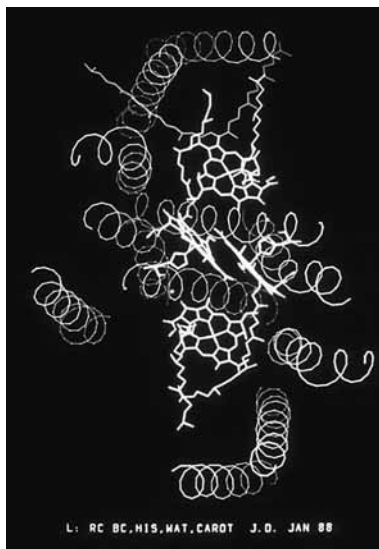
Beszélgetésünknek az volt a legérdekesebb része, amikor Deisenhofer elmesélte a felfedezés pillanatát. Egy membránfehérjét tanulmányoztak – ennél nagyobb biomolekuláris rendszer szerkezetét korábban senki sem derítette még fel. Ez a munka számos lépésből áll. A legnehezebb talán annak a membránfehérje-egy kristálynak az előállítása, amely alkalmas a röntgenkrisztallográfiás szerkezetmeghatározásra. De a leglátványosabb az a pillanat, amikor kirajzolódik a szerkezet. Johann Deisenhofer ezt a momentumot elevenítette fel.

¹ *Candid Science III*, 342–353.

„Az a legizgalmasabb fázis, amikor meghatározzuk a molekula elektronsűrűségét, de még nem látjuk a szerkezetét. Tehát az elektronsűrűség alapján állítunk fel modellt. Az elektronsűrűség-eloszlást kontúrvonalakkal ábrázoljuk; ebben az esetben ezek a vonalak globuláris objektumra utaltak, amelyek nagyon kusza a belső szerkezete. A fotoszintézis-reakcióközpont hatalmas molekula, tízezer atomot tartalmaz a hidrogénatomokon kívül.

Elkezdtem nézegetni, megpróbáltam kitalálni, hol is kezdjem, melyik részéről tudnám többé-kevésbé biztosan megmondani, hogy milyen szerkezet tartozik hozzá. Aztán megtanultam felismerni a klorofillmolekulát; most dolgoztam vele először. Néhány hennek addigra már elkészítették a modelljét. Megtaláltam például az összes olyan részletet, amelyet a spektroszkópusok korábban leírtak. Minden rendelkezésre álló fizikai kémiai módszert felhasználtak már a reakcióközpontok összetételének elemzésére. Nagyon izgalmas volt ezeknek a részeknek a megkeresése és a hozzájuk tartozó modellek felállítása. Aztán »hátraléptem«, hogy mindet egyszerre lássam, és meglepve vettem észre a szimmetriát. Senki sem számított arra, hogy a klorofill szimmetrikus. Még ma sem értjük pontosan, mire szolgál a szimmetria. Azt hiszem, csak az evolúció adhat rá magyarázatot. A fotoszintézis-reakció valószínűleg tökéletesen szimmetrikus molekulában indult meg. Aztán kiderült, hogy előnyösebb, ha a szimmetria sérül; a közelítő szimmetria továbbra is megőrződik, de a molekula két fele megváltozik kicsit. A két fél eltérő tulajdonságai miatt a szerkezet megismerése előtt úgy gondolták, hogy nem állhat fenn szimmetria: a klorofillnak aszimmetrikusnak kell lennie. Szabad szemmel a szerkezet tökéletesen szimmetrikusnak látszik. Ennek a felismerése volt az a pillanat, amelyet sohasem felejték el.

Abban az időben a modellépítés eszköze, a számítógép képernyője sokkal kevesebbre volt képes, mint ma. A molekulának csak egy részét láthattuk egyszerre. Ezért az ember előbb az apróságokban, a részletekben mélyedt el, aztán újra meg újra összegezte a részleteket, és meg-



A közelítőleg kétfogású szimmetriát mutató fotoszintézis-reakcióközpont szerkezete (Johann Deisenhofer szívességéből)

nézte az összképet, amelyben a részletek már kevésbé látszottak. Ezeket a mozzanatokot élveztem a legjobban az egész munkában.

– *Egyedül volt, amikor felismerte a szimmetriát?*

– Igen. Egy sötét szobában ültem a gép előtt.

– *Mit csinált abban a pillanatban?*

– Újra rágyújtottam egy cigarettára. Már leszoktam róla, de olyan izgatott lettem, hogy másképp nem bírtam volna ki. Rossz döntés volt, mert másodsorra nagyon nehezen szoktam le; fél évig tartott.

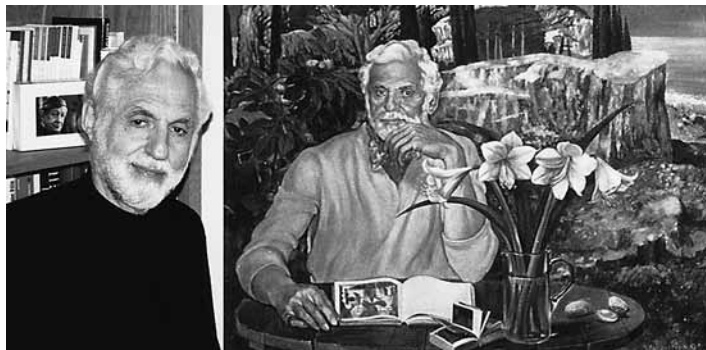
Felhívtam Hartmutot, és mindent megmutattam neki. Nagyon jó, hogy volt egy kollégám, aki sok szempontból kiegészítette azt, amit tudtam. Ez alatt a munka alatt rengeteget adtunk egymásnak. Tökéletes bizalmon alapult a kapcsolatunk. Az ilyen esetekben mindig óriási a kísértés, hogy az ember egyedül magának tulajdonítsa a sikert. Nálunk nem így volt, aminek nagyon örülök, mert mindent elronthattunk volna.

Hartmut számos úttörő kutatást kezdeményezett abban az időben. Például ő indította el a DNS-szekvenálást Martinsriedben. Felismerte, hogy ha fel akarjuk állítani a teljes modellt, szekvenálnunk kell a fehérjét. Más fotoszintetizáló baktériumfajokban már meghatározták a fehérjék szerkezetét, és becslések szerint a mi molekulánk félig azonos volt velük, ami azt is jelentette, hogy félig más. Hartmut rendszeresen új fehérjerészlettel állt elő, és együtt próbáltuk megkeresni, hogy ez minek felelhet meg az elektronsűrűségi térképen. Először úgy állítottam fel a modellt, hogy még nem ismertem egészen a fehérjeszerkezetet; persze kihagytam egy-két aminosavat, és belevettem néhány fölösleget. Bámulatós időszak volt. Visszatekintve úgy látom, tudományos munkám legizgalmasabb periódusát éltem át akkor; soha többé nem ismétlődött meg ilyen intenzitással ez az élmény.”²

² 349–351.

Carl Djerassi

*Ez maga a cél
[a két kultúra közötti szakadék áthidalása].*



Carl Djerassi portréja mellett 1996-ban, San Franciscó-i otthonában
(Hargittai István felvétele)

Carl Djerassi¹ (1923–) rendkívül sokoldalú amerikai kémikus; az utóbbi időben drámaíróként is nevet szerzett. Bécsben született. A náciak elől menekülve Bulgárián keresztül érkezett az Egyesült Államokba – édesanyja volt bécsi, édesapja Bulgáriából származott. Amerikában kiváló tanároktól tanult kémiát. A Wisconsini Egyetemen szerzett PhD-fokozatot 1945-ben. Dolgozott a Ciba gyógyszercégnél New Jersey-ben, aztán a Syntexnél Mexikóvárosban, 1952-től egyetemi állása is volt. 1959 óta a Stanford Egyetem professzora. 1996-ban beszélgettünk San Franciscó-i otthonában.

Carl Djerassi különlegesen eredményes kutató; felfedezései főként a természetes vegyületek kémiája, a fizikai módszerek alkalmazása és a fogamzásgátló tabletták előállításának terén születtek. Számos könyvéről is híres. Amikor megkérdeztük, mit tekint legfontosabb tudományos eredményének, ezt válaszolta:

„A fontosság megítélése szubjektív. [...] Társadalmi szempontból kétségtelenül az első fogamzásgátló tabletták szintézise a legfontosabb. Ez majdnem negyvenöt éve történt, 1951. október 15-én. A laboratóriumi

¹ *Candid Science I*, 72–91.

jegyzőkönyvbe feljegyeztük, mikor szintetizáltuk azt a szteroidot, amely – a később százmilliók által szedett – fogamzásgátló tabletták hatóanyaga volt. Nagyon kevés szintetikus fogamzásgátló jelent meg a piacon az utóbbi negyven-ötven évben. Nem is tudom, hogy társadalmi szempontból volt-e ennél fontosabb felfedezés a háború utáni időszakban.”²

Az 1980-as években azt írta, nem várható sok változás az említett tendenciában.

„Sajnos, százhusz százalékban igazam volt. Nézzük a világ tíz legnagyobb gyógyszergyárát: egyikük sem dolgozik a születésszabályozás új módszerein, sőt, fogamzásgátló tablettákat sem árulnak. A születésszabályozás nem szerepel a gyógyszeripar prioritási listáján. A gyártók a haszonban érdekeltek, amiért nem hibáztatom őket, de a világ gazdagabbik felére, vagyis Japánra, Észak-Amerikára, Nyugat-Európára fókuszálnak. Ezek az északi államok »geriátriai országok«: a lakosság közel húsz százaléka lesz nemsokára hatvan fölötti. A délieket »pediátriai országoknak« nevezem: ezekben a lakosság negyvenöt százaléka tizenöt év alatti. Egészen mások az egészségügyi prioritások. A geriátriai országokban a születésszabályozás nem tartozik az egészségügyi problémák közé. [...]

Mire koncentrálnak tehát a gyógyszercégek? A gyulladásra, mert az idősödő népességben ez a leggyakoribb nyavalya. [...] Aztán a szív- és érrendszeri betegségekre meg a rákra, az Alzheimer-kórra; ezek komoly betegségek, nagy profitot termelnek, és a cégek hajlandók kockáztatni a gyógyszereik érdekében. A születésszabályozásért senki sem akar kockázatot vállalni.”³

Carl Djerassi számos elismerést kapott, és sokan gondolják, hogy három Nobel-díjra való eredményt is elért. Íme, az ő véleménye:

„Ugyanaz jár a fejekben, mint a tudósok többségének. Nagyszerű lenne megkapni. Egy svéd kutató szavaira utalva, aki egykor a Nobel-bizottság munkájában is részt vett, azt mondhatjuk, hogy a Nobel-díj csodálatos a tudománynak és szörnyű a tudósnak.

² 74.

³ 88–89.

Részt vettem Nobel-ünnepségeken, sőt, egyszer még a Nobel-bizottság tanácskozásán is. A Svéd Akadémia külső tagja vagyok, ezért minden évben javasolhatok valakit a díjra. Elég sok tapasztalatot szereztem tehát a díjazásról, de jórészt, sajnos, az első regényem, a *Cantor's Dilemma* (*Cantor dilemmája*) megírása után, bár a közben szerzett tapasztalatok birtokában sem változtattam volna sokat a tartalmán.

A *Cantor dilemmájában* részletesen írok a Nobel-ünnepségről. [...] Elképzelttem például, miről beszélget a királynő a szomszédjával. [...] A királynő szóba hozza, hogyan esznek az amerikaiak: késsel-villával felaprítják az ételt, aztán leteszik a kést, és villára váltanak. Én közép-európai módra eszem, és nevetségesnek tartom, mennyi időt elpocsékolnak az amerikaiak, amíg eljutnak a villáig. A királynő aztán áttér a borsóevésre. [...] Az amerikaiak villával hajkurásszák a borsót, a villán kívül semmit sem használnak, a közép-európaiak viszont a késükkel tolják fel a borsót a villára. Aztán itt vannak az angolok: ők fordítva tartják a villájukat, amiről, persze, minden szem legurul. A világot tehát feloszthatjuk britekre és korábbi brit alattvalókra, akik ilyen ostoba módon eszik a borsót; amerikaiakra, akik ügyetlenül eszik; és közép-európaiakra.

Néhány évvel később előadást tartottam a Svéd Tudományos Akadémián. Vacsorát is adtak a tiszteletemre, amelyen az Akadémia elnöke hivatalos pohárköszöntőt mondott, majd átnyújtotta a Nobel-borsódíjat – egy svéd zászlóba csomagolt borsókonzervet.⁴ Ebből az is kiderült, hogy az emberek olvasták a könyvemet. A *Cantor dilemmáját* több nyelvre lefordították, legutoljára kínaira.

Sok előadást tartok a tudósok kultúrájáról és viselkedéséről, s most térek vissza ahhoz a kérdéshez, hogy mit gondolok a Nobel-díjról. Ezeknek az előadásoknak a következő címet adtam: »Nobel-tudomány és Nobel-vágy: a törzsi titkok feltárása«. Mindenki vágyik arra, hogy elismerjék és díjakkal halmozzák el. Ezek közül a Nobel-díj csak az egyik, bár a legnagyobb. Ha megkérjük a Nobel-díjasokat, hogy mondják meg őszintén, akarnak-e még egyet, azt válaszolják, igen! Ez a vágy hajtja az embert, de mérgezi is. Hogyan tartsunk egyensúlyt, hogyan érzük el, hogy ne kerüljön túlsúlyba a mérge? Sok kutató képtelen megbirkózni ezzel a feladattal. És mostanában rosszabbodik a helyzet, mert a verseny egyre kegyetlenebb, ami rengeteget levon a tudományos kutatás eleganciájából, sőt, az örömeiből.”⁵

⁴ Angolul összecsend a Nobel Peace Prize és a Nobel Peas Price (békedij és borsódíj).

⁵ *Candid Science I*, 79–81.

Az írás

„Ha öt éve kérdezett volna, azt mondtam volna, kémiaprofesszor vagyok, aki szépprózát is ír. Ma [1996] olyan regényíró vagyok, aki még mindig kémiaprofesszor – ez nagy különbség. Nyáron Londonban lakunk, akkor és ott írom a könyveimet. Olyankor megszűnik számomra az egyetem, mindennap dolgozom, heti hét napon át, napi hét-nyolc órát. Nyáron főállású regényíró vagyok.

– *Fontosnak tartja, hogy áthidalja a két kultúra közötti szakadékot?*

– *Ez maga a cél.* Ma az a szakadék az egyik legnagyobb társadalmi probléma, amely a természettudományosan képzett emberek – a népesség nagyon kis hányada – és a tanult, de természettudományos szempontból teljesen írástudatlan emberek között húzódik. Részben erre vezethető vissza a mai társadalom kemofóbiája. Természetesen nagyon fontos, hogy olvassanak. Ezért választottam a regényt, a fikciót. »Science-in-fiction«-nek hívom ezt a műfajt (»tudomány a regényben«), mert szeretném becsempészni a tudományos viselkedéskultúra fogalmát azoknak az embereknek a tudatába, akiket nem érdekel a természettudomány.”⁶

⁶ 60.

Gertrude B. Elion

*A vegyületeink orvosi szempontból fontosak voltak,
de nem sokat hoztak a konyhára.*



Gertrude Elion 1996-ban
dolgozószobájában, a Research
Triangle Parkban (*Hargittai
István felvétele*)

Gertrude B. Elion¹ (1918–1999) neves gyógyszerkutató volt. Először a Burroughs Wellcome-nál, aztán az abból alakult Glaxo Wellcome-nál dolgozott – a gyógyszercegek változó világában. Az első egyetemi éveket a Hunter College-ban töltötte, majd a New York-i Egyetemen diplomázott kémiaiából. Kutatásai fontos gyógyszerek felfedezéséhez vezettek, ilyenek például a Purinethol[®], a Thioguanine[®], a Zylprim[®], az Imuran[®] és a Zovirax[®]. 1988-ban George Hitchings-szel – korábbi mentorával – és James W. Blackkel elnyerte az élettani vagy orvosi Nobel-díjat. A kitüntetést nem gyógyszerek felfedezéséért kapták, hanem a gyógyszeres kezelés fontos elveinek felfedezéséért. Gertrude Elionnal 1996-beszelgettünk intézeti szobájában, az észak-karolinai Research Triangle Parkban.

A gyógyszerkutatásban megfigyelhető változások vetették fel azt a kérdést, hogy a kutatóknak ma ugyanakkora mozgásterük van-e, mint amekkora Gertrude Elionnak lehetett pályája során.

„Valószínűleg nem, különösen a nagy cégeknél nem, amelyeket rendszerint részlegekre szabdalnak. A kisvállalatoknál azonban elképzelhető. Nekünk mindent magunknak kellett csinálnunk abban a kezdeti időszakban. Bár dolgozott velünk néhány farmakológus, ők az antihisztaminokat és az izomrelaxánsokat kutatták. Nem mehettem oda hozzájuk azzal, hogy segítsenek kideríteni, mi történik a szervezetben a 6-merkaptopurinnal. Ezért elhatároztam, hogy radioaktív 6-merkaptopurint készítek, bejuttatom egérbe, vizeletmintákat veszek, és megnézem, mi lett a vegyületből. Előállítottam a metabolitokat, megpróbáltam kita-

¹ *Candid Science I*, 54–71.



Az Imuran® nevű immunszuppresszor fejlesztésekor az első sikeres szervátültetéseket kutyákon hajtották végre. A felvétel ebben az időben készült. Balról jobbra: a kutyák – Tweedledum, Tweedledee, Titus és Lollipop; és az emberek – Roy Calne (balról a második), Gertrude Elion, George Hitchings, Donald Searle, E. B. Hager és Joseph Murray (Gertrude B. Elion és Katherine T. Bendo Hitchings szívességéből)

lálni, mi történt a vegyületekkel, és megvizsgáltam, hogy átalakultak-e nukleotidokká. Évekbe telt, amíg feltérképeztem az állatokban, aztán az emberben lejátszódó anyagcserét, mert hiányzott a metabolitok elválasztásához és tisztításához szükséges technológia.

– *Végig támogatta a vállalat ezt a munkát?*

– Igen, mert akkor még más világ volt. A Burroughs Wellcome egy alapítványhoz tartozott. Silas Burroughs és Henry Wellcome – két amerikai gyógyszerész – Angliában akart szerencsét próbálni. Letelepdedtek, és 1880-ban céget alapítottak. Burroughs elég korán meghalt, és a közös cég Wellcome-ra szállt, akit a trópusi betegségek gyógyítása kezdett el foglalkoztatni. Nagyon meggazdagodott. Mivel a felesége elhagyta, kizárta őt a végrendeletéből. Az egész vagyona egy alapítványra szállt, amelynek őt igazgatósági taggal kellett működnie, többek között egy kutatóval, egy ügyvéddel és egy üzletemberrel. Nekik kellett eldönteniük, mire költsék a vállalat bevételét. A pénz senkinek a vagyonát sem növelhette, csakis jótékonyági célok jöhettek szóba. Így aztán szabadon kutathattunk.

Amikor beléptem a vállalathoz, egy fejfájás elleni szer adta a bevétel túlnyomó részét. Aztán az egyik angliai vegyész előállított egy antihisz-

tamint. Rengeteg vény nélkül kapható gyógyszert készítettek, kenőcsöket csináltak, digoxint izoláltak a gyűszűvirág leveléből, aztán ráálltak az antibiotikumokra, és nagy vakcinagyártásba fogtak. A háború alatt ők szállítottak a vakcinákat a brit hadseregnek. A háború után gyermekbénulás elleni vakcinát gyártottak. Ezek voltak a fő termékeik; akkor még nem fektettek nagy figyelmet a szintetikus szerves kémiára.

A vegyületeink orvosi szempontból fontosak voltak, de nem sokat hoztak a konyhára. A 6-merkaptopurinból nem lehetett meggazdagodni; a gyermekkori leukémia kezelésére nagyon bevált, de nem számított fő terméknek. A vállalat csak akkor kezdett hasznot húzni a munkánkból, amikor áttértünk az antibakteriális szerekre, például a trimetoprimre, ami diaminopirimidin. Aztán az allopurinol révén, ami a 6-merkaptopurin oxidációjának megakadályozása érdekében folytatott kísérletek közvetlen eredménye volt, a köszvény kezeléséből származott jelentős bevétel.”²

A munka és a család összeegyeztetése

„Tudom, nagyon nehéz, ha egy nő családot is, sikeres pályát is szeretne. Nekem nem kellett választanom: nem volt családom, bár nem így terveztem. A vőlegényem 1940-ben halt meg. Penicillinnel meggyógyíthatták volna, de azt csak két évvel a halála után fedezték fel. Azt hiszem, részben emiatt maradtam a pályán. Hittem abban, hogy rengeteg feladat vár megoldásra, és érdemes kutatni, mert az ember munkájának van eredménye.

Képzeliék csak el, mit érzek, amikor valaki odajön hozzám egy előadásom után, és azt mondja: »Önnek köszönhetem, hogy huszonöt évvel a veseátültetésem után még mindig itt vagyok!« Nagyon sok köszönőlevelet kapok, és az összeset elteszem emlékébe. Az a legnagyobb jutalom, hogy betegeket tudok gyógyítani.”³

² 62–64.

³ 70.

Albert Eschenmoser

A kombinatorikus kémia ültette át az evolúciós mechanizmust a kémiába.



Albert Eschenmoser¹ (1925–) Erstfeldben született, Svájcban. A Svájci Szövetségi Műszaki Főiskola (ETH) professor emeritusa Zürichben; diákkora óta kötődik az ETH-hoz. Bámulatos kémiai szintéziseivel, például a B₁₂-vitamin előállításával vívott ki nemzetközi elismerést. Az Amerikai Nemzeti Tudományos Akadémia és a londoni Royal Society külső tagja. Elnyerte, többek között, a Robert A. Welch kémiai díjat (1974), a Royal Society Davy-érmét (1978), az Arthur C. Cope-díjat (1984) és a Wolf-díjat (1986). 1999-ben beszélgettünk Zürichben.

Albert Eschenmoser 1999-ben Zürichben (Hargittai István felvétele)

A DNS tanulmányozása a huszadik század egyik kulcsfontosságú kutatási területe, de a kémikusközösség valószínűleg nem ismerte fel elég gyorsan a jelentőségét.

„Az utóbbi tíz évben nagyon gyakran ebédelek együtt Vlado Preloggal. »Isten és a világ dolgairól« meg természetesen a kémiáról, például a természetes vegyületek kémiájának múltjáról és jelenéről beszélgetünk. Néha provokálom is: »Vlado, minden egyes év, amikor *nem* a DNS-sel dolgoztunk, elvesztegetett év volt.« Ez persze nagyon drasztikus megfogalmazás, túlzás. De azért van benne igazság, ami rögtön nyilvánvalóvá válik, ha belegondolunk, hogy a DNS, ez az egyetlen természetes vegyület, lényegében mindenre hat, ami az emberi léttel kapcsolatos. Ehhez fel sem ér a szerves kémikusok hagyományos természetesvegyület-családjainak hatása, a B₁₂-vitamint is beleértve.

Az eredeti elképzelések szerint a szerves kémia az élő anyagban termelődő széntartalmú vegyületek kémiája volt. A tizenkilencedik század vége felé bekövetkező robbanásszerű fejlődés után a természetben elő-

¹ *Candid Science III*, 96–107.

forduló szerves vegyületek kémiájának kutatása külön tudományág lett. A természetes vegyületek kémiájával foglalkozó mai vegyészeknek tulajdonképpen kínos, hogy ez a tudományág töméntelen csodálatos alkaloidot, szénhidrátot, természetes festéket, terpént, vitamint és hormont vizsgált az évek során, de szinte tudomást sem vett a fehérjéről és a nukleinsavakról. Kínos, mert visszatekintve látjuk, hogy ehhez az egyetlen természetes vegyülethez, a DNS-hez képest mennyire jelentéktelen az összes olyan természetes vegyület, amellyel a szerves vegyészek az utóbbi több mint száz évben foglalkoztak. Kínos, hogy a természetes szerves vegyületekkel játszadó szerves kémikusokat milyen későn kezdte érdekelni a DNS.² [...]

Ebéd közben gyakran emlegetjük Preloggal az 1950-es évek kezdetét. Amikor arról a szakadékról beszélgetünk, amely a szerves kémikusok természetes vegyületei és a DNS fontossága között tátong, megkérdeztem tőle, hogy »miért mentetek el a DNS mellett Ruzickával ti is, akik a természetes vegyületek kémiájának legjobbjai közé tartoztatok akkoriban?«. Egyáltalán nem kritizálni akartam őt, de rettenetesen érdekelt, hogy a természetes vegyületekkel foglalkozó szerves kémikusok miért nem törődtek a DNS-sel. Hiszen Avery már 1944-ben írt egy cikket arról, hogy a DNS a transzformáló anyag, a genetikai anyag. Prelog azt mondta, hogy a DNS szóba sem jött, nem tudtak vele semmit sem kezdeni a laboratóriumban. Nem tudták, hogy egy nagy molekuláról van-e szó, nem tudták izolálni, nem tudták megtisztítani a szerves kémiai elvárásoknak megfelelően; alkalmatlan volt a kémiai kísérletek számára. Többször is kértem, hogy írja le ezeket, mert ő ennek a kornak, ennek az attitűdnek a tanúja. Próbáltam finoman nógatni, de mindig azt mondta: »Nem akarom, mert félreérthetik.« Engem azonban egyre jobban izgatott a kérdés, és úgy gondoltam, írásban is meg kell örökíteni a szavait, egy szemtanú visszaemlékezéseként. Semmit sem kaptam tőle körülbelül egy évig, de egyszer csak bejött a szobámba, és átnyújtott egy darab papírt, amelyen (röviden) válaszolt. A szöveget jól érzékelhető iróniával fogalmazta meg.³

² 102–103.

³ 103–104.

Vladimir Prelog nyilatkozata:

Kedves Albert!

Zürich, 1995. október 3.

Egy ideje azzal zaklatsz, hogy mondjam meg, miért nem ismertük fel idejekorán a nagyszerű Leopolddal, hogy a nukleinsavak a legfontosabb természetes vegyületek, és miért vesztegettük az időnket olyan haszontalan anyagokra, mint a politerpének, a szteroidok, az alkaloidok stb.

Könnyműven azt válaszoltam, hogy a nukleinsavakat koszos keverékeknek tekintettük, amelyeket nem lehet és nem szabad a mi eljárásainkkal vizsgálni. A fejlemények, legalábbis részben, igazoltak bennünket.

Személyes és pragmatikus okok miatt tulajdonképpen sohasem jött komolyan szóba, hogy a nukleinsavakkal foglalkozzunk.

Baráti üdvözléssel

Vlado

A kombinatorikus kémia hatása

„A kombinatorikus kémia nem pusztán új eljárás: sokkal több annál. Gyökeresen megváltoztatja a vegyész gondolkozását, tágítja a természetszemléletét, közelebb viszi a természettudomány egyik legalapvetőbb hipotéziséhez, a darwini evolúció elméletéhez. A kombinatorikus kémia ültette át az evolúciós mechanizmust a kémiába. Az élet, mai tudásunk szerint, kémiai élet. Megjelenésének és evolúciójának egyik feltétele volt a kémiai világ – a molekulák szerkezetének, kémiai és fizikai tulajdonságainak – végtelen sokrétűsége. A biológiai evolúció a természetes kiválasztódáson alapuló túlélést követi, kombinatorikusan halad, nem tervek szerint: darwini és nem lamarcki módon. Ennek fényében igazán érdekes, hogy a szintetikus vegyészek – de gyanítom, általában a tudósok – lelkük legmélyén azt hiszik, hogy kutatásaink rejtett célja a tervek szerinti alkotás megvalósítása. Úgy látszik, a terv az az idea, amely felé törekszünk. A mai kémikusok azért fogadják el a kombinatorikus eljárásokat, mert be kell vallaniuk, hogy ezekkel gyorsabban megoldhatnak bizonyos problémákat, de közben az motoszkálhat a fejükben, hogy a kombinatorikus kémia alkalmazására azért van szükség, hogy minél gyorsabban eljussunk a végső célhoz, a problémák terveken alapuló megoldásához.”⁴

⁴ 104–105.

Kenichi Fukui

Egyre csökkennek a bölcsészet-, a társadalom- és a természettudományok közötti távolságok.



Kenichi Fukui 1994-ben Kiotóban (Hargittai István felvétele)

Kenichi Fukui¹ (1918–1998) Narában született, Japánban. Az Elméleti Kémiai Intézetet megalapítása, 1988 óta vezette. 1981-ben Kenichi Fukui és Roald Hoffmann megosztott kémiai Nobel-díjat kapott a kémiai reakciók lefolyására egymástól függetlenül kidolgozott elméleteiért.

Kenichi Fukui a Kiotói Császári Egyetemen szerzett vegyészmérnöki diplomát 1941-ben. Először a japán császári hadsereg üzemanyagokat előállító gyárában kapott állást. Kutatói pályája 1943-ban indult a Kiotói Császári Egyetem üzemanyag-kémiai tanszékén. 1951-ben nevezték ki professzorrá, 1982-ben vonult nyugdíjba. Munkáját több ízben is elismerték, de a fontos japán kitüntetések csak a Nobel-díj után kapta meg.

1994-ben beszélgettünk Fukui intézetében, de a kérdéseinket a személyes találkozó előtt el kellett küldenünk írásban, és a válaszokat is írásban kaptuk meg, amikor felkerestük őt. Izgalmas beszélgetés volt, Kenichi Fukui tájé-

kozott és jó humorérzékkel rendelkező tudós benyomását keltette; kiválóan beszélt angolul. Az interjú során felmerült újabb kérdésekre azonban megint csak írásban kaptunk választ, néhány nappal később.

Kérdések és válaszok

„– Hogyan ítéltethő meg egy kutatás kiválósága?

– Az eredmények értékelése mindig nehéz feladat elé állítja a tudománypolitikát. A tudósok többsége gyakran nem veszi észre az igazán eredeti munkákat. Nyilvánvaló azonban, hogy az alig érthető cikkek nem mindig jók. Az idézettség kétségtelenül olyan mutató, amelyet felhasználhatunk egy kutatás értékének megítélésére, de a divat, az áramlatok erősen befolyásolhatják, ezért az idézetek száma erősen függ a tudományterülettől. A specialisták ítélete általában irányadó, de időnként

¹ *Candid Science I*, 210–221.

a más szakterületet művelő, tehetséges emberek intuíciója, távlatos gondolkodása megbízhatóbb támpontot jelenthet, mint az adott terület középserű többségének a véleménye.

– *Mekkora hátrány éri az angoltól eltérő nyelven beszélő tudósokat, amikor a legjobb folyóiratokban akarják megjelentetni a dolgozataikat és el akarják ismertetni a munkájukat?*

– Ma a folyóiratok példányszáma döntő tényező a szerzők számára. A nem angol nyelvű folyóiratokat nem kedveli a tudósok nemzetközi közössége, még az olyan szaklapokat sem, amelyeket más európai nyelveken adnak ki. Ezért nyilvánvalóan hátrányba kerülnek azok a kutatók, akik nem angol nyelvterületen élnek, így én is. Általában külön erőfeszítésre van szükség, hogy elismertessék a munkájukat. Világos, hogy ez nagy hátrány! Különböző nemzetközi kapcsolatok segítségével kell leküzdeni.

– *Hogyan vélekedik a természet- és a bölcsészettudomány mai elkülönüléséről? Milyen csökkenthetjük a szakadékokat?*

– Egyre csökkennek a bölcsészet-, a társadalom- és a természettudományok közötti távolságok. Ezt diktálja a haladás és a szükségszerűség. Az első megállapítás magától értetődő. A fiziológia és az orvostudomány fejlődése együtt jár a pszichológia és az emberi agy tudománya számára kidolgozott új módszerekkel. A statisztika matematikai és számítástechnikai fejlődése jelentős hatást gyakorol a közgazdaság-tudományra, a szociológiára és a politikára. A fizikai és kémiai tudományok elősegítik a régészet fejlődését. Számos példát sorolhatnánk.

A második megállapítás fontosabb. Ez a tudomány és technika öngyorsító jellegéből fakad, amit mostanában kezdünk érzékelni. A tudomány új műszaki alkotásokat hoz létre, az új műszaki megoldások pedig felgyorsítják a tudomány fejlődését. Ebbe a folyamatba avatkozik be az ember természetes vágya. Az egymást gyorsító, fejlesztő tudomány és technika az emberi élet színvonalát, kényelmét növeli. Ugyanakkor a szabályozatlan fejlődés súlyos problémákat okozott. A természet és a környezet erősen megváltozott a Földön, a civilizációs javak elosztásában szörnyű egyenlőtlenség jött létre. Ezen úgy lehet változtatni, ha kordában tartjuk az ember növekedés és haladás iránti örök vágyát, aminek előfeltétele a természet-, a társadalom- és a bölcsészettudományok együttműködése.

– *Hogyan kell felkészülnünk a következő századra az oktatásban?*

– A következő században élő nemzedékekre vár a Föld mai állapotának javítása. Ennek érdekében jelentősen növelni kell a kutatás színvo-

nalát, és a tudományt fel kell használni a helyzet javítására. Ezzel egy időben elő kell segíteni a tolerancia és az önmérséklet közötti harmónia kialakulását az emberi agyban. Ezeket a célokat csak megfelelő oktatással lehet elérni. Az oktatás mérhetetlenül fontos lesz a jövőben, és nincs vesztegetni való időnk.

Ahhoz, hogy a jövőbeli oktatást ne gyűlöljék a következő nemzedékek, új technikákra van szükségünk. A tudáscsomagos tanítás nyilvánvalóan nem állja meg a helyét.”²

² 218–220.

Jelena Galpern

A [szénkalitkákban levő] kémiai kötések jellemzése nagyon izgalmas feladat volt.



Jelena Galpern (Jelena Galpern szívességéből)

Jelena Galpern¹ (1935–) Moszkvában született. A moszkvai V. B. Potyemkin Pedagógiai Intézet fizikai és matematikai karán szerzett diplomát. A Szovjet (ma Orosz) Tudományos Akadémia A. Ny. Nyeszmejanovról elnevezett Elemorganikus Vegyületek Intézetének (INEOSZ) nyugdíjas kutatója. Egész pályafutása alatt az INEOSZ-ban dolgozott. Egyik kutatási területe a szénklaszter-szerkezetek kvantumkémiai szimulációja volt. Az egész világon ő rendelt először stabil csonka ikozaédes szerkezetet a C_{60} -molekulához (amelyet később buckminsterfullerénnek neveztek el) kvantumkémiai számítások alapján. Az eredmények 1973-ban jelentek meg a tekintélyes szovjet folyóiratban, a *Dokladi Akagyemii Naukban* (a Tudományos Akadémia Közleményeiben).² Munkája mégis feledésbe merülhetett volna, ha a kísérletekben nem veszik észre, majd nem állítják elő ezt a molekulát. Jelena Galpernnel oroszul beszélgettünk telefonon és leveleztünk 1994 őszén. Később személyesen is találkoztunk.

Jelena Galpern így mesélte el annak a munkának a hátterét, amely a stabil C_{60} csonka ikozaédes szerkezetét leíró 1973-as dolgozatukhoz vezetett:

„Az 1960-as évek végén olyan feladaton dolgoztunk, amely – kezdetben – nem kapcsolódott közvetlenül a szénvegyületek modellezéséhez. Moszkvai kutatóintézetünk, a Szovjet Tudományos Akadémia (ma Orosz Tudományos Akadémia) Elemorganikus Vegyületek Intézete (INEOSZ) az átmenetifémek π -komplexeinek kémiáját, elsősorban a ferrocént tanulmányozta. Az INEOSZ-t Alekszandr Nyikolajevics Nyeszmejanov vezette, aki korábban a Szovjet Tudományos Akadémia elnöki tisztét is betöltötte. Többször is mondta nekünk az intézetben, hogy olyan új elemorganikus vegyületek szintézisével próbálkozzunk,

¹ *Candid Science I*, 322–331.

² D. A. Bocsvár, J. G. Galpern: *Dokladi Akagyemii Nauk SZSZSZR*, 1973, 209, 610–612.

amelyek telített szénvázast, $M(C_nH_n)$ képlettel leírható endohedrális poliéder klasztereket alkotnak. A szénkalitkában egy vagy néhány heteroatom is lehetne.

A legegyszerűbb ilyen rendszer akkor jöhet létre, ha a ferrocén, a dibenzol-krom vagy a ciklofán két gyűrűjét polién- vagy poliincsoportokkal kötjük össze. Tehát a gyűrűk összevarrásával kalitkaszerkezet keletkezik. Az üreges, zárványt befogadó kalitkavegyületek stabilitásának és kémiai kötéseinek jellemzése nagyon izgalmas feladat volt. Az INEOSZ kvantumkémiai laboratóriuma ezen dolgozott az 1960-as évek végén. De abban az időben nagyon nehezen boldogultunk a számítógépes kémiai feladatokkal a Szovjetunióban. Ezért úgy döntöttünk, hogy a számításokat a kizárólag szénatomokat tartalmazó kalitkák stabilitásának vizsgálatára korlátozzuk. Ezt tekintettük az első lépésnek az üreges poliéderek komplexek kutatásában. A munkát a dodekaéder alakú C_{20} -molekulával kezdtük, a széndodekaéderrel. Mivel a vegyértékmódszerrel nehéz volt megjósolni a stabilitását, a Hückel-módszer mellett döntöttünk, amely sikeresnek bizonyult a klasszikus konjugált szénhidrogének esetében. [...]

A szénkalitka kis mérete korlátozást jelentett, mert alig nyújtott lehetőséget a kalitkába helyezhető atomok közötti válogatásra. Ezért a további számításokhoz nagyobb rendszereket kerestünk, és végül a csonka ikozaéder mellett döntöttünk. Az ennek megfelelő, 60 atomos szénklasztert szén-ikozaédernek neveztük. A számítások szerint a C_{60} -klaszter zárt π -elektronrendszernek adódott, amelyben a betöltött és az üres energiaszintek közötti különbség elég nagy a kinetikai stabilitás megteremtéséhez. Másrészt a C_{60} -molekula már elég nagy ahhoz, hogy sokféle zárványatomot befogadhasson. A beleírt gömb sugara 6,35 angström, ha feltételezzük, hogy a C–C kötés hossza 1,40 angström. Tehát Nyeszmejanov kérdését – képződhetnek-e poliéder alakú szénhidrogénekből zárványkomplexek – arra a feladatra vezettük vissza, hogy milyen alakban jelenhetnek meg a molekuláris szén új allotrop módosulatai.”³

Amikor megkérdeztük Jelena Galpernt, hogy mit mondott a barátainak és a rokonainak a felfedezéséről, ezt válaszolta:

„Két cicám meg egy kutyám van, és amikor a fullerénekről próbálok nekik mesélni, elképedve bámulnak rám.”⁴

³ *Candid Science I*, 324–327.

⁴ 331.

Darleane C. Hoffman

Meg kell vizsgálnunk az egyetemi légkört, a végleges kinevezés koncepcióját, és meg kell néznünk, miért gondolja olyan sok nő, hogy még próbálkoznia sem érdemes.



Darleane C. Hoffman 2004-ben Berkeley-ben; kitűzőjén a 106-os elem, a seaborgium vegyjele (Hargitai Magdolna felvétele)

Darleane C. Hoffman¹ (1926–) az Iowa állambeli Terrilben született. Számos megbízatásnak tett és tesz eleget, ő volt a Lawrence Livermore Nemzeti Laboratóriumban működő G. T. Seaborg Intézet alapító igazgatója, ma tudományos tanácsadója. 1951-ben szerzett PhD-fokozatot az Iowai Állami Egyetemen. Dolgozott az Oak Ridge-i Nemzeti Laboratóriumban, a Los Alamos-i Nemzeti Laboratóriumban és a Lawrence Berkeley Nemzeti Laboratóriumban. Munkáját számos kitüntetéssel ismerték el; külső tagja a Norvég Tudományos Akadémiának (1990), a Nemzeti Tudományos Érem (1997) és az Amerikai Kémiai Társaság Priestley-érmének (2000) tulajdonosa. Darleane Hoffmannal 2004-ben beszélgettünk dolgozószobájában, Berkeley-ben.

Hoffman sokat foglalkozott a világegyetemben előforduló elemek keletkezésének kérdésével. Többé-kevésbé már tudjuk, hogyan keletkeznek a világegyetem könnyű elemei, de a nehéz elemek keletkezésének megfejtése bonyolultabbnak tűnik.

„A jelenlegi elméletek az r-folyamatot tartják valószínűnek, tehát gyors neutronbefogás zajlik mindaddig, amíg el nem érünk a periódusos rendszer – mai tudásunk szerint – legnehezebb tagjaiig.² A természetben előforduló, legnagyobb rendszámú elemnek a plutónium–244-et tartjuk. Néhány munkatársammal együtt jó pár évvel ezelőtt, 1971-ben sikerült találnunk egy keveset ebből az elemből. A természetben, persze, sok urán van, amely könnyebb elemekből keletkezik neutronok egymás

¹ *Candid Science VI.* 458–479.

² A nukleoszintézis (atommagképződés) r-folyamata – amelynek során gyors (rapid, r) neutronbefogás megy végbe – a feltevések szerint szupernóvákban játszódik le. Így keletkezik a vasnál nehezebb elemek nagy neutrontartalmú atommagjainak körülbelül a fele.

utáni befogásával. 1789-ben fedezték fel; ez a legnehezebb, makroszkopikus mennyiségben előforduló elem. Nagyjából 1940-ig ennyit tudtunk. Aztán nálunk, Berkeley-ben, Ed McMillan és Phil Abelson megpróbálta tanulmányozni az urán neutronnal kiváltott hasadását (amelyet akkor közölt Hahn és Strassmann Németországban), és felfedezték a neptúniumot. Ez volt az első, mesterségesen előállított transz-urán elem.



Glenn T. Seaborg és Darleane C. Hoffman az 1980-as évek közepén Berkeley-ben (*Darleane C. Hoffman szíveségéből*)

– *Nemzeti Tudományos Érmének indoklása szerint a plutónium 1971-es kimutatása a »természet ősi plutóniumának felfedezése«.*

– Igen, ezt is mondták. A plutónium-244 a plutónium legnagyobb élettartamú izotópja, körülbelül nyolcvanmillió év a felezési ideje. Nem tudjuk azonban, hogy a nehézelemek utolsó nukleosintézisekor keletkezett-e Naprendszerünkben. Elképzelhető, hogy Földön kívüli forrásból került hozzánk, amikor a Föld áthaladt a galaxison. De úgy gondoljuk, hogy az ősi, naprendszerbeli eredet a valószínűbb.³

– *Ezen a tudományterületen nagy a versengés: ki talál vagy publikál előbb új elemet vagy izotópot? Ez magával hordozza annak a veszélyét, hogy a nagy sietségben akkor is publikál az ember, amikor még nem egészen biztos az eredményeiben.*

– Pontosan így van. Mi is ebbe a csapdába estünk a 118-as rendszámú elem bomlási sorának keletkezéséről és azonosításáról szóló cikkünkkel. Csakhogy mi család áldozatai lettünk.

– *Csalás?*

– Igen. Az egyik tekintélyes munkatársunk követte el, akiben megbíztunk. A darmstadti Nehézion-kutató Központtól (GSI) hoztuk ide, hogy segítsen a Berkeley Gáztöltésű Szeparátor (BGS) nevű berendezés konstrukciójában. Azt hittük, hogy az ólom-208 és a kripton-85 reakciójából keletkező 118-as rendszámú elem három bomlási sorát észleltük, és az eredményeket 1999-ben publikáltuk. Aztán folytattuk a munkát, mert a reakció gerjesztési függvényét kerestük, de nem tudtuk megismételni a kísérletet. Alaposan átvizsgáltuk az adatokat tartalmazó

³ *Candid Science VI*, 460.

mágnesszalagokat, amelyeket korábban elmentettünk, és nem találtuk rajtuk az eredetileg leírt események nyomát. Egyikét sem.

– *Mi készítette erre a kollégájukat?*

– Ha tudnám, akkor pszichiáter lennék, nem magkémikus.⁴

– *Mesélne nekünk Glenn Seaborgról?*

– Igazi »kincsesbánya« volt. Hetente egyszer szendvicsebédet – tulajdonképpen szemináriumot – tartott. Mindenre emlékezett, ami elhangzott, mert feljegyezte a naplójába. Sőt, naponta magnóra mondta a gondolatait még akkor is, amikor elutazott, és amikor visszajött, a titkárnőjének le kellett írnia a felvételt. Nagyon fiatalon kezdte a naplózást, és egész életében folytatta. Bárcsak én is rászoktam volna! Sok könyve alapult a naplóiin, amelyek köteteket tettek ki. 1978–79-ben, amikor itt töltöttem a kutatói évemet, én is részt vettem a dolgozószobájában tartott szendvicsebédeken: a munkatársak elmesélték, min dolgoznak, és utána mindent részletesen megbeszéltünk.

Amikor professzorként kerültem ide, a férjem azt mondta, ne lepődjek meg, ha nem lesz sok PhD-hallgatóm, mert a fiatal emberek nem feltétlenül szeretnek nőknél dolgozni. Azt válaszoltam, hogy elment az esze. Aztán amikor megrendezték a gólyák első összejövetelét, Glenn szólt, hogy menjünk együtt, nézzük meg, ki van ott. Én nagyon alacsony vagyok, ő pedig nagyon magas volt, körülbelül két méter: körülnézett és bemutatkozott. Akkor természetesen minden diák ismerte őt – ezért könnyen szereztem doktoranduszokat, bár nem a saját vonzerómmal! Glenn rengeteget segített. A híres szendvicsebédeket az én csoportommal is folytatta. Sokat utazott. Helen, a felesége, akit ugyancsak jól ismerek, szintén csodálatos asszony. Majdnem mindig elkíserte őt a hosszú utakra, ami biztosan könnyebbséget jelentett Glenn-nek. Helen Washingtonba is vele ment, erre pedig gyakran sor került, mert Seaborg volt az Egyesült Államok Atomenergia Bizottságának elnöke 1961 és 1971 között, és utána is sűrűn hívták Washingtonba, hogy kikérjék a véleményét. Ha szükségem volt egy információra, csak átszaladtam a másik épületben levő dolgozószobájába. Sokszor azt válaszolta, megnézem a naplómiban, hogy biztos legyek benne. Mindent tudott rólam, még azt is, hogy mit ebédeltem egy adott napon, és természetesen minden mást, ami éppen kellett. Fantasztikus memóriája volt, s a naplójára, a napi események pontos följegyzésére is támaszkodhatott, amit tizenkét éves korában kezdett el! Arra is emlékszem, hogy egészen odavolt a diákokért, és remekül szót értett velük.”⁵

⁴ 475.

⁵ 471–472.

Roald Hoffmann

Mindig érdekeltek az emberi történelemnek azok a pillanatai, amikor a szellem és a tudás előtör az elnyomás és elfojtás alól, amely fogva tartja.



Roald Hoffmann a Hargittai házaspárral 1982-ben Readingben
(ismeretlen fotós felvétele)

Roald Hoffmann¹ (1937–) a Cornell Egyetemen dolgozik, kémikus és író. A lengyelországi Złoczówban született, amely ma Ukrajnához tartozik. A náci megszállás alatt édesanyjával bujkált. Mindketten életben maradtak; édesapját a nácik meggyilkolták. Roald Hoffmann 1958-ban végzett a Columbia Egyetemen. PhD-disszertációját William N. Lipscombnál készítette a Harvard Egyetemen; 1962-ban doktorált. Robert B. Woodwarddal együtt dolgozta ki a kémiai reakciók ma már Woodward–Hoffmann néven ismert szabályait, amelyek a molekulapálya-szimmetria megmaradásán alapulnak. 1981-ben Kenichi Fukuival megosztott kémiai Nobel-díjat kaptak a kémiai reakciók lefolyására egymástól függetlenül kidolgozott elméleteikért. 1994-ben beszélgettünk Roald Hoffmann és felesége, Eva budapesti látogatása idején.

Iskolás évek

„Az általános iskolás éveimre a háború [a második világháború] nyomta rá a bélyegét. Először egy ukrán iskolában tanultam néhány hónapig, Złoczówban. A másodikat és a harmadikat egy katolikus krak-

¹ *Candid Science I*, 190–209.

kói iskolában jártam ki, itt lengyelül beszélünk. A negyedik év egy hontalanoknak felállított osztrák menekülttáborban kezdődött, ahol a jiddis volt a tanítási nyelv. Aztán jött egy kis német Németországban, az ötödik és hatodik évben pedig minden tárgyat héberül tanítottak Münchenben. Héberül tanultam először algebrát. Mindezt csak azért mondom el, hogy érzékeltessem azt a soknyelvű menekültvilágot, amelyből származom, és amelyet a háború utáni kaotikus időkben sok gyerek megtapasztalt. Aztán sikerült eljutnunk az Egyesült Államokba, ahol, persze, minden simán ment. New York-i állami iskolákba jártam, először Brooklynban, aztán a természettudományokra szakosodó Stuyvesant Középiskolába. Ebben a New York-i fiúiskolában bámulatosan sok tehetséges gyerek találkozott. Utána a Columbiára kerültem, tehát New Yorkban nőttem fel. A Harvardot a posztgraduális képzés miatt választottam.

Szegények voltunk; a szüleim nehezen kezdtek új életet. Egészen 16 éves koromig még könyvre sem futotta. Az általános iskolából nem emlékszem különleges tanárookra. Arra viszont emlékszem, hogy a kémia nem igazán érdekelt. A Stuyvesant Középiskolában minden tárgyból tartottak emelt szintű órákat, talán a különórákhoz hasonlíthatnánk őket. Biológiából és fizikából jártam ezekre, de kémiából nem. Sok matematikát is tanultam. A középiskola után kutatóorvos szerettem volna lenni. Ezt kompromisszumnak szántam, mert a szüleim azt akarták, hogy orvosnak tanuljak, én pedig kutatói pályára vágytam. Az egyetem alapozó orvosi tanulmányokkal kezdtem, de egy év alatt valahogy a kémia felé sodródtam.

A középiskolában volt néhány rendkívül jó tanárom: matematikát és biológiát tanítottak. A Columbia Egyetemen a humán tárgyakat oktatták csodálatos emberek. A természettudományokat sem tanították rosszul, de egyetlen olyan tanárt sem tudok említeni, aki a legutolsó évig mély benyomás gyakorolt volna rám. Az az igazság, hogy ha az utolsó évben nem találkoztam volna két tanárral, George Fraenkellel és Ralph Halforddal, a bölcsészetet választottam volna.

A humán tárgyak igazán csábítóak voltak, különösen a művészettörténet. Fantasztikus emberek adták elő a japán irodalmat, a művészettörténetet, az angol irodalmat, a költészetet és a többi irodalmi tárgyat. Kinyílt előttem a világ, és ezek a tanárok mindenkinél jobban hatottak rám.”²

² 192–193.

Roald Hoffmann és a nyelvek

„Először lengyelül tanultam meg. Gyakran beszéltek körülöttem ukránul és jiddisül, ezeket is korán megtanultam. Ezután következett a német, majd a héber. A gyerekek gyorsan tanulnak és gyorsan felejtnek. Amikor tizenegy évesen az Egyesült Államokba kerültem, elsősorban németül beszéltem. Aztán már angolul. Nem voltam nagyon rendes a szüleimmel: kikényszerítettem, hogy angolul beszéljenek velem.

Otthon négy nyelvet használtunk felváltva: a lengyelt, a jiddist, az angolt és a németet. Később, különböző okokból, megtanultam még kettőt, az orosz és a svédet, aztán még egyet, a franciát – ez nem ment olyan jól, mert csak az iskolában tanultam. De csak egyetlen nyelven, angolul tudok írni, ez *az* anyanyelvem. Az anyanyelvi beszélők érezhetnek nálam picit akcentust, és néha akad egy-két apró problémám írás közben, például összetévesztem a »like«-ot az »as«-szel és a »that«-et a »which«-csel. Néha furcsa mondat szerkezetet használok, de az én nyelvem akkor is az angol, és szeretem ezt a nyelvet.

Azt hiszem, az íráshoz különösen fontos, hogy az író kívülálló legyen. Ha több nyelvet tudunk, kicsit kívül kerülünk azon az egy nyelven, amelyen gondolkozunk. Jobban mérlegelünk, mint az anyanyelvi beszélők. A kívülállás a bevándorló létből fakad. És a zsidók más okokból is kívülállók. A kémiában szintén váltottam területeket; kívülállónak éreztem magam, amikor belevágtam a szerves kémiába, és akkor is, amikor a szervetlenbe. Valahogy szeretem ezt az érzést, mert más perspektívát kínál. Aki kívülről érkezik, először kicsit nehéz és veszélyes helyzetbe kerül, de én élvezem, amikor áthatolok az új területet övező zsargonból és szokásokból épült falakon.”³

³ 205.

Isabella L. Karle

*Minden szinten javítani akarjuk
a természettudományok oktatását.*



Isabella L. Karle¹ (1921–) Detroitban született. 1942-ben szerzett MS-, 1944-ben PhD-fokozatot a Michigani Egyetemen, Ann Arborban. A Chicagói Egyetemen részt vett a Manhattan-terv megvalósításában. 1946-tól a Haditengerészeti Kutatólaboratóriumban folytatta kutatásait. Az Amerikai Nemzeti Tudományos Akadémia tagja, a Nemzeti Tudományos Érem és a Svéd Királyi Tudományos Akadémia Aminoff-díja mellett számos más kitüntetést is elnyert. Férje Jerome Karle (lásd a következő fejezetet). 2000-ben beszélgettünk a Haditengerészeti Kutatólaboratóriumban, Washingtonban.

Isabella L. Karle 2000-ben Washingtonban
(Hargittai Magdolna felvétele)

Megkérdeztük, hogy Isabella és Jerome Karle összehangolta-e a kutatásait, és ha igen, mennyire.

„Jerome és én együtt dolgozunk, de külön-külön. Ugyanannál a téma-vezetőnél, Lawrence Brockwaynél készült a doktori disszertációnk, gázok elektrondiffrakciójából. Aztán egy ideig a Manhattan-terven dolgoztunk, a Chicagói Egyetem kémiai laboratóriumában, de más feladatunk volt, mint a PhD-kutatásunk idején. Én plutónium-kloridot állítottam elő a kibányászott plutónium-oxidból, Jerome pedig a tiszta fémot próbálta kinyerni. Chicagóban szennyezésmentes, tiszta plutóniumot kellett letennünk az asztalra. Egyszerre többféle módszerrel is próbálkoztunk. Nem tudom, hogyan jutottunk végül fémplutóniumhoz, mindenesetre Jerome-nak sikerült nagyon tiszta fémot előállítania közvetlenül az oxidból, én pedig sok különböző úton is eljutottam a tiszta plutónium-kloridhoz, amikor magas hőmérsékletet használtam egy gőzfázisú folyamatban. Gyönyörű kristályokat kaptam. A színük olyan

¹ *Candid Science VI*, 402–421.

volt, mint a zöld nefrité, és nagy, sima lapjai nőttek.

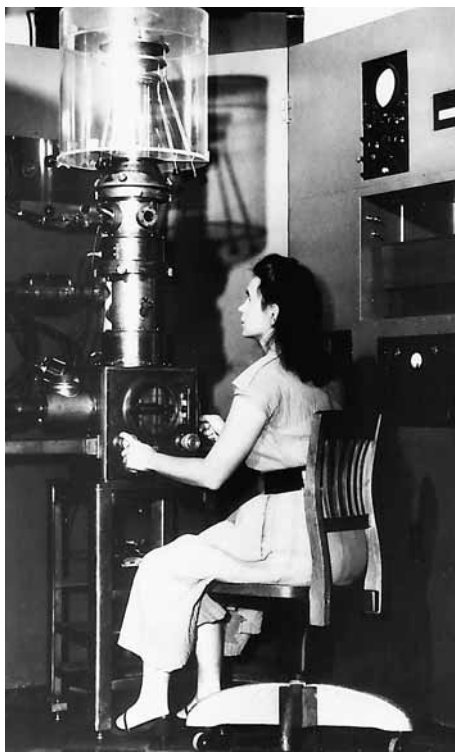
A feladat teljesítése után maradhattunk volna Chicagóban, de nem volt okunk rá, mert a projekt java része már átkerült Los Alamosba.”²

A gyereknevelés mellett (a Karle házaspárnak három lánya van) mindketten világszínvonalú kutatást folytattak.

„Szerencsénkre, a második világháború után sok olyan nagymama korú asszony volt, akinek a gyerekei már nem akartak a farmon élni. A virginiai hegyek nagyjából száz kilométerre vannak innen. A fiatalabbak közül sokan eljöttek Washingtonba a háború alatt, és a háború után már nem szerettek volna visszatérni. Az idősebb nők is elhagyták az otthonukat, és gyakran bennlakó házvezetőnőként, bébiszitterként dolgoztak hétközben.

Hétvégén a saját gyerekeiket látogatták. Ez a rendszer nagyon megfelelt nekünk, amíg a gyerekeink meg nem nőttek annyira, hogy már nem volt szükségünk állandó segítségre. A nagy család szervezést igényelt, de egyetlen percig sem éreztem, hogy a gyerekek gátolják a pályámat. A család sohasem zavarta a munkánkat. Amikor a lányok kicsit nagyobbak lettek, legalább hétévesek, nyáron mindig magunkkal vittük őket az európai, japán és amerikai konferenciákra.”³

– Az Egyesült Államokban születik a világon a legtöbb kiemelkedő tudományos eredmény, miközben az emberek többsége szinte semmit sem tud a természettudományokról.



Isabella L. Karle az 1950-es években a Michigani Egyetemen, Ann Arborban, egy gázfázisú vizsgálatokra alkalmas elektrondiffrakciós berendezés előtt (Isabella L. Karle szíveségéből)

² 406.

³ 409–410.

– A Nemzeti Tudományos Akadémián az utóbbi, körülbelül tíz évben működik egy nagyon aktív bizottság, amely az óvodától a tizenkettedik osztályig igyekszik megszervezni a természettudományos oktatást. Sok mindent kitalálnak, hogy segítsenek azoknak az iskoláknak, ahol nincsenek szaktanárok. Például olyan tankönyvekről gondoskodnak, amelyekből még azok is taníthatnak, akiknek fogalmuk sincs a kémiáról meg a fizikáról. Az unokáimnál is azt tapasztalom, hogy kezdettől fogva egészen sok természettudományt tanulnak. Nem tudom, hány iskolába ér el az akadémiai kezdeményezés. Ez nagyon sokszínű ország. A szegény falusi, kisvárosi iskoláknak sem eszközük, sem pénzük nincs ahhoz, hogy jó tanárokat alkalmazzanak. De minden szinten javítani akarjuk a természettudományok oktatását.”⁴

⁴ 419.

Jerome Karle

*Ne felejtsek el, hogy az etika
nagyon fontos a tudományban...*



Jerome Karle 2000-ben
Washingtonban (*Hargittai
István felvétele*)

Jerome Karle¹ (1918–2013) Brooklynban, Coney Islandon született. A Harvard Egyetemen szerzett biológiából diplomát 1937-ben. A Michigani Egyetemen tanult tovább, kémiai diplomáját 1941-ben nyerte el, fizikai kémiai PhD-disszertációját 1943-ban védte meg. A Chicagói Egyetemen részt vett a Manhattan-terv megvalósításában. 1946-tól a Haditengerészeti Kutatólaboratóriumban folytatta kutatásait. 1985-ben Herbert A. Hauptman és Jerome Karle megosztott kémiai Nobel-díjat kapott a kristályszerkezetek meghatározására alkalmas direkt módszerek kidolgozásában elért kiemelkedő eredményeiért. Jerome Karle-lal 2003-ban beszélgettünk a Mississippri állambeli Jacksonban, egy számtázas kémiai konferencián.

A röntgendiffrakcióban használt „direkt módszerek”-hez vezető munka

„Lépésenként haladtunk előre. 1955–56 táján már levezettük Herbbel [Herbert Hauptmannal] azokat a matematikai összefüggéseket, amelyek a fázis meghatározásához szükségesek. A gyakorlati alkalmazáshoz azonban még hiányzott egy lépés. Ki kellett jelölnünk a kristályban egy helyet, amelyet kezdőpontnak tekinthetünk. Ez a kétszázharminc háromdimenziós tércsoport mindegyikében külön meg gondolást – és sok munkát – igényelt. Nem minden tércsoportban különbözik a kezdőpont összes jellemzője, de mindet sorra kellett venni, egyenként. A kezdőpont megadása azzal a nagy előnnyel járt, hogy utána már közvetlenül meghatározhattuk a fázisokat az intenzitásokból. Herb 1960-ban távozott a laboratóriumunkból.

Isabellával kidolgoztuk a fázis meghatározására szolgáló módszert, amit szimbolikus összeadási eljárásnak neveztünk. Olyan középponti

¹ *Candid Science VI*, 422–437.



A Karle és a Hargittai házaspár 1978-ban Pécsen *(ismeretlen fotós felvétele)*

szimmetriájú kristályszerkezettel kezdtük a munkát, amelyikkel már több laboratórium is kísérletezett. A ciklohexaglicil-molekuláról volt szó. Az egységcella négy konformációs izomert tartalmazott. Először ez a szerkezet bizonyult alkalmasnak egyszerre több konformációs peptid-izomer elhelyezésére, s megbízható paramétereket adott a béta-hajtúkanyarra és hidrogénkötésére is. Az eredményeket ismertető dolgozatunk volt az egyik legtöbbet idézett cikk a *Citation Index* szerint.”²

Jerome Karle életének legnagyobb kihívása

„Olyan doktori iskolát kellett találnom, amelyik befogad. Adva volt egy fiatalember, aki erre vágyott, aki keményen dolgozott, és aki nem kaphatta meg ezt a kiváltságot.”³

Látszott, hogy nem szívesen beszél erről.

„Az Abraham Lincoln Középiskolába és a New York-i City College-ba jártam, ahol tizenkilenc évesen végeztem. Tizennyolc éves koromban is végezhettem volna, de túl fiatalnak éreztem magam, és az előírtnál fél évvel tovább maradtam a középiskolában és a főiskolán.

– *Mi történt azután?*

² 430.

³ 435.

– Az utolsó főiskolai évem előtt alig tudtam valamit a doktori iskolákról. Az orvosi egyetemre lényegében képtelenség volt bejutni, s ennek oka nem hízelgő az akkori társadalomra nézve.

– *Korlátozták a zsidók létszámát, vagy csak így alakult?*

– Nem fogalmaztak meg szabályokat. Nem tudom, beszéljek-e erről.

– *Szeretném, ha beszélne.*

– A Harvardra mentem, ahol egy évet töltöttem, biológiából szereztem master fokozatot. Úgy képzeltem, az orvosegyetemi felvételhez elég, ha jól tanulok. Jelentkeztem a Harvardra és néhány másik helyre – persze elutasítottak. Újra meg akartam próbálni a következő év elején, de előtte beszélhettem az orvosi kar dékánjával. A dékán csupán dagályos szónoklatot tartott, és azt vágta a fejemhez, hogy »elég zsidó van Massachusettsben, semmi szükségünk a New York-iakra«. Egyáltalán nem érdekelték a jegyeim. A City College-beli tanulmányok végén például első díjat kaptam »a természettudományokban mutatott kiváló teljesítményért«.

– *Mihez kezdett?*

– Különböző egyetemekre jelentkeztem, hogy továbbtanuljak, de mindenhol elutasítottak. Semmit se csináltam. Aztán megcsillant egy lehetőség. 1938 nyarán Coney Islandon dolgoztam, és egy jó barátom, akivel még mindig tartom a kapcsolatot, elújságolta, hogy New York állam Egészségügyi Minisztériuma felvételt hirdet köztisztviselők számára. Elmentem a vizsgára, és a felvettek között én értem el a legmagasabb pontszámot. Volt egy szabály, amely szerint egy bizonyos idő, talán három hónap után, a minisztérium senkit se bocsáthat el magyarázat nélkül. Körülbelül két évig maradtam. Csak később tudtam meg, hogy ki akartak rúgni azokkal együtt, akik velem együtt érkeztek, de a főnököm azt mondta, nem egyezik bele, mert szüksége van rám a munkájához. Ezt a talpig úriembert F. Wellington Gilcrease-nek hívták. Jó barátok lettünk, és élete végéig kapcsolatban maradtunk. Akkor tudtam csak meg, hogy ő mentett meg a kirúgástól, amikor a Michigani Egyetemre kerültem. A minisztériumi alkalmazásban töltött két év alatt összegyűjtöttem egy kis pénzt, mert tudtam, hogy a doktori iskolákban nem kaphatok ösztöndíjat. Ekkor valaki azt mondta, hogy a Michigani Egyetemen korrekt módon bánnak majd velem. Ezért mentem oda. Az első év után ösztöndíjat is kaptam a tanulmányaim folytatásához. Ezután már semmilyen antiszemizmust nem tapasztaltam.”⁴

⁴ 425–426.

Reiko Kuroda

Elbeszélése szerint akkora lett a kutatási programja és a támogatása, hogy már „élni sem hagyja” őt.



Reiko Kuroda 1999-ben
Budapesten (*Hargittai István
felvétele*)

Reiko Kuroda¹ (1947–) az Akita prefektúrában született, Japánban. Hosszú évekig a Tokiói Egyetem Élettudományi Tan-
székén dolgozott. Ennek a rendkívül tekintélyes egyetemnek ő volt az első női professzora. 2012-ben, a rendelkezéseknek megfelelően, nyugdíjba vonult, és új laboratóriumot állított fel a Tokiói Tudományegyetemen. Számos elismerést kapott pályafutása során; utoljára 2013-ban azt a L'Oréal–UNESCO díjat nyerte el, amellyel eredményes kutatónőket tüntetnek ki.

1999-ben beszélgettünk Budapesten. Reiko Kuroda kérésére saját szavainkkal elevenítjük fel az elhangzottakat, nem szó szerint idézzük a mondatait. Az interjú közben érzékeny kérdéseket is érintettünk, megkérdeztük például, hogyan tanítják a második világháború történetét a japán iskolákban.

Reiko Kuroda a híres női főiskolán, a tokiói Ocsanomizu Egyetemen szerezte első diplomáját 1970-ben. Az MSc- és PhD-fokozatot a Tokiói Egyetemen nyerte el 1972-ben és 1975-ben. Röntgenkrisztallográfus lett. Posztdoktori kutatásait a londoni King's College-ban kezdte meg. Akkoriban – különösen a magasan kvalifikált nők – nehezen jutottak munkához Japánban. Az állásokat nem pályázat útján nyerték el: a professzorok egymáshoz ajánlották be tehetséges tanítványaikat. Reiko Kurodát azonban nem ajánlották, mert még a férfiak is nehezen helyezkedtek el. Azt mondták, a nőnek az a legjobb, ha férjhez megy, és még segítséget is ajánlottak a férjkereséshez, de Reiko Kuroda nem kért ebből.

Nagyon érdekelte viszont az a posztdoktori állás, amelyet Stephen Masonnél hirdettek meg a londoni King's College kémiai intézetében. Kuroda nem tudott jól angolul, amikor Londonba érkezett, de eltökölte, hogy megtanul. Bevonták az oktatásba is, ami szintén segített, és a Nobel-díjas Maurice Wilkins megkérte, vegye át a makromolekularendszereket tárgyaló kurzusát.

¹ *Candid Science III*, 466–471.



Reiko Kuroda 1996-ban Tokióban és (tőle balra, az óramutató járása szerint haladva) Elizabeth Watson, James D. Watson, Francis Crick, Odile Crick, Lise Jacob, François Jacob, Susumu Tonegawa (*Reiko Kuroda szívésségéből*)

1981-ben Reiko Kuroda elkísérte Japánba Wilkinst, aki félt egy kicsit az úttól. A második világháború alatt, a Kaliforniában dolgozó brit csoport tagjaként, Maurice Wilkins részt vett a Manhattan-tervben. Japán vendéglátói természetesen tudták, hogy szerepet játszott az atombomba előállításában. Wilkins megkérdezte Kurodát: »Miről beszéljek?« Senkinek sem akart kellemetlen percekot okozni.

Reiko Kuroda úgy gondolja, minden japán elítéli az atombombák bevetését. Ő úgy látja, hogy ezeknek a bombáknak nem sok közük volt a háború befejezéséhez, mert japán részről addigra már lehetetlenné vált a háború folytatása. Az emberek éheztek, semmijük sem maradt. Arra a kérdésre, hogy a japánok miért nem beszélnek soha a Kínában, Koreában és máshol elkövetett japán atrocitásokról, Reiko Kuroda azt válaszolta, ez attól függ, hogyan teszik fel a kérdést a japánoknak. Ha az atombombákról kérdezik őket, nem kezdenek másról beszélni. Az iskolában semmit sem tanult a második világháborúról. Sok eseményről később, újságokból szerzett tudomást, így tudta meg azt is, hogy más országok elítélték a japán hadsereg kegyetlenkedéseit. Angoltudása is segítette a tájékozódásban. Az ő iskolájában a civilizáció kezdeteivel indult a történelemtanítás, és az év végére még a Meidzsi-kort sem érték el, amely 1868-ban kezdődött. Ez többször is megismétlődött. A Meidzsi-restauráció utáni időből sohasem kaptak vizsgakérdést. A történelemtanulást mindig rohamtempóban fejezték be az év végén, nehogy kimaradjon valami a hivatalos tantervből.

Reiko Kuroda végül tiszteletbeli előadó lett az egyetemen, és egy nagyon erős verseny után végleges kutatói állást is elnyert Londonban.

Ekkor már a Rákkutató Intézet biomolekulák szerkezetét vizsgáló részlegében dolgozott. A King's College-ban vendégelőadóként folytatta a tanítást.

A londoni élet első éveiben Kuroda úgy gondolta, hamarosan visszatér Japánba. Korábban figyelmeztették, hogy ha két évnél tovább marad távol, elveszíti a harmóniaérzékét, amely nélkülözhetetlen a japán életben, túlságosan elnyugatosodik, és a japán társadalom nem fogadja majd vissza. Két év elteltével állásajánlatot kapott Japánból: lányok tanítására kérték fel egy magánfőiskolán. Az állás csak két évre szólt, és nem működött kémia tanszék az intézményben; némi természettudományt és angolt kellett volna tanítania. Reiko Kuroda Londonban maradt.

Úgy érezte, beilleszkedett, de azért ki akarta magát próbálni a japán rendszerben, és jó pár év múlva jelentkezett egy megüresedett állásra a Tokiói Egyetemen. Legnagyobb meglepetésére száznegyven jelentkező közül ő nyerte el a négy docensi állás egyikét. 1986-ban kezdte meg a munkát: a kampusz természettudományi tanszékein ő volt az első női docens. 1992-ben kinevezték egyetemi tanárrá: a Tokiói Egyetem történetében egyetlen nő sem érte el ezt a rangot korábban. Félt, hogy idegen lesz már neki a japán kultúra, a harmónia, de félelme alaptalannak bizonyult.

Amikor kollégái esténként elmennek, hogy igranak valamit, néha őt is hívják. De Reiko Kuroda rendszerint annyira belemerül a kísérleteibe, hogy egyáltalán nincs kedve kikapcsolódni. Ha külföldi vendégeket fogadnak, a kollégái rábeszélnek, hogy tartson velük, mert jól beszél angolul. Az angoltudás azonban nem mindig válik az előnyére. Idejekorán figyelmeztették, hogy a kollégái előtt ne beszéljen angolul. Arról is olvasott, hogy a többéves külföldi tartózkodás után hazatérő diákokat megkérték, ne beszéljenek helyes kiejtéssel az angolórákon, hanem térjenek át a Japánban szokásos kiejtésre, nehogy kellemetlen helyzetbe hozzák az angoltanárt. [...]

Reiko Kuroda nagy sikereket ért el Japánban. Óriási támogatásokat kapott kutatási programjára, amelyet ügyesen „Kriomorfológiá”-nak nevezett el. Rengeteg tisztséggel is elhalmozták, mintha csak azt akarnák példázni a pályájával, hogy a tudós nőket kezdik megbecsülni Japánban. Kuroda kitartása és akaratereje segítségével kiállta a próbát, nem kábította el a kitüntető figyelem. Amikor megkérdeztük, mit kívánna, ha egy jó tündér teljesítené egyetlen kérését, sokáig habozott. Először azt mondta, biztos akar benne lenni, hogy egészen valószínűtlen is kérhet. Végül elárulta, mit szeretne a legjobban: ha lenne családjá és a munkáját is folytathatná.

Yuan Tseh Lee

*Egyetlen dologban hiszek.
Az oktatásban.*



Yuan Tseh Lee 2005-ben
Lindauban (*Hargittai
István felvétele*)

Yuan Tseh Lee¹ (1936–) Hszincsuban született, Tajvanon. Fizikai kémikus; BS- és MS-fokozatot a Nemzeti Tajvani Egyetemen szerzett 1959-ben és 1961-ben. A Kaliforniai Egyetemen, Berkeleyben tanult tovább; PhD-disszertációját 1965-ben védte meg. Posztdoktori kutatásait Berkeley-ben és a Harvardon folytatta, ezután a Chicagói Egyetemen tanított, 1974-ben ismét Berkeley-t választotta. 1994-ben visszatért Tajvanra. 1986-ban R. Herschbach, John C. Polanyi és Yuan Tseh Lee kémiai Nobel-díjat kapott az elemi kémiai folyamatok dinamikájának tanulmányozásában elért eredményeiért. Yuan Tseh Leevel 2005-ben beszélgettünk a németországi Lindauban.

A kívülálló úgy képzei, hogy Tajvanon feszültséggel terhes az élet.

„Vannak feszültségek, de ezek az idők folyamán változnak is. A japán gyarmatosítók ötven éven át elnyomták a tajvaniakat. A második világháború után lengettük a zászlót, és boldogan csatlakoztunk az anyaországhoz. De Csang Kaj-sek uralkodása alatt olyan korrupt lett a tajvani rezsím, hogy az emberek még a japánoknál is rosszabbnak tartották. Az volt a különbség, hogy a japánok törvényekkel kormányoztak. Ezek nem kedveztek a tajvani népnek, de kiszámíthatók voltak, és tudtuk, hogyan boldogulhatunk. A kontinentális kínaiak korruptak voltak. A korábbi japán tulajdon állami tulajdon lett, de a kontinentális kínai vezetők újra kisajátították. A fiatal szocialisták rettenetesen felháborodtak. Igazságos társadalmat követeltek; ezek a fiatalok nem voltak párttagok, de a nép azt remélte, hogy segítenek majd Csang Kaj-sek rezsímjének eltávolításában. A kontinentális kínaiak azonban azt mondták, hogy Tajvan megtarthatja a kormányát, a hadseregét és a rendőrségét, ha

¹ *Candid Science VI*, 438–457.



Yuan Tseh Lee 2001-ben a centenáriumi Nobel-ünnepségen. Lee balra lent az első; előtte César Milstein, részben eltakarva; Marshall W. Nirenberg Lee balján; Jerome Karle, részben eltakarva, Lee mögött; Richard Ernst Karle mögött, balra (Hargittai Magdolna felvétele)

visszatér Kínához. És az emberek rájöttek, hogy a kommunista párt az elnyomókat szolgálja, nem a népet. A tajvaniak úgy érezték, elárulták őket. Ezért akarják anynyian a függetlenség kikiáltását. Én viszont nem hiszem, hogy a függetlenség olyan fontos. A tajvaniaknak tisztességes bánásmódra van szükségük.”²

Az Egyesült Államok tajvani politikájában egyszer csak fordulat következett be.

„Tajvan olyan kicsi a kontinentális Kínához képest, hogy szűksége van az Egyesült Államok védelmére, és ez nem változott az idők folyamán. Ebből a szempontból reménytelen a helyzetünk. A politika nagyon pragmatikus

tevékenység. Kína hatalmas ország, s a Kínai Népköztársaság és az Egyesült Államok közötti kereskedelem rendkívül fontossá vált. A világ egyetlen országa számára sem kérdéses, hogy a kontinentális Kínát vagy Tajvant ismerje-e el, ha választás elé kerül. Mindenki azt mondja, hogy a mi társadalmunk demokratikus, és szívesen ápolnának velünk baráti kapcsolatokat, de a kontinentális Kína arra kényszeríti őket, hogy válasszanak közte és Tajvan között, ők pedig nem engedhetik meg maguknak, hogy ne a kontinentális Kínát válasszák. Csak néhány kis afrikai és óceániai ország ismeri el még mindig Tajvant. A G8-ak és a többi fejlett ország közül már egy sem. Abban reménykedünk, hogy Kína egyszer demokratikus ország lesz, és nyugodtan egyesülhetünk.

– *Ebbe az irányba mutatnak a változások?*

– Ebbe kell mutatniuk. Kína most nagy nehézségekkel küzd. Két nagy probléma is van. Az egyik a kínai korrupció. A szocializmus és a kommunizmus, amely az utóbbi ötven évben összetartotta a népet,

² 449.

megbukott. Az emberek újból dilemma elé kerültek. A Kuomintang – Csang Kaj-sek pártja – olyan korrupt volt, hogy a kínaiak elzavarták őket Tajvanra. Tajvanon is korruptak maradtak. Azt mondják, hogy Kínában a kommunista párt még korruptabb, mint amilyen régen a Kuomintang volt. A második probléma pedig az, hogy a szocialista forradalom előtt nagy szakadék tátongott a szegények és a gazdagok között, és a fiatalokban visszhangra találtak a szocialista eszmék. Azt akarták, hogy a társadalom igazságos és egalitáriánus legyen. De ha most körülnéznék, azt látják, hogy a szegények és a gazdagok közötti szakadék még szélesebb, mint a forradalom előtt, ezért a szocialista forradalom nem érte el a célját. Minden áldozat értelmetlennek, hiábavalónak tűnik. A kontinentális Kínában veszélyessé válhat a helyzet. Az emberek nem hisznek többé a szocialista forradalomban, és az ország a nacionalizmus, a patriotizmus irányába halad. A mostani japánellenes mozgalom ennek a hozadéka. Japánnak szintén el kell ezen gondolkoznia; sohasem követtek meg bennünket rendesen a második világháború alatt véghezvitt bűntetteik miatt. Németország bocsánatot kért, és megígérte, hogy soha többé nem fordul ilyen elő. Japán sok pénzt adott Kínának, de soha nem ítélte el megfelelő módon a háborús bűnöket. Sajnos azonban úgy látszik, Kínának fel kell használnia a japánellenes érzelmeket az emberek összefogása érdekében, és ez veszélyes.”³

³ 449–450.

Jean-Marie Lehn

*Megpróbáltam vitatkozni Freuddal,
de mindig neki lett igaza.*



Jean-Marie Lehn¹ (1939–) Rosheimben, Franciaországban született. 1987-ben Donald J. Crammel és Charles J. Pedersenrel kémiai Nobel-díjat kapott a nagy szelektivitású, szerkezetspecifikus kölcsönhatásra képes molekulák előállításáért és alkalmazásáért. Jean-Marie Lehn a strasbourgi Louis Pasteur Egyetem Le Bel Intézetében és a párizsi Collège de France-ban dolgozik. Gyakran utazik külföldre, elsősorban Európában, de nemcsak szigorúan tudományos feladatokat teljesít, hanem a kémikusok és a kémia társadalmi szerepére is felhívja a figyelmet. 1995-ben beszélgettünk Budapesten.

Jean-Marie Lehn 1995-ben Budapesten (*Hargittai István felvétele*)

A Lehn-féle szupramolekuláris kémia és a hagyományos molekuláris kémia összehasonlítása

„Az a legfontosabb különbség, hogy a korábbinál általánosabb leírást kerestem. Mindannyian tudjuk, hogy a vegyészek régóta fejlesztik a molekuláris kémiát. Amikor kötések szüntünk meg és alakítunk ki, molekulákat hozhatunk létre. Ma már hihetetlenül bonyolult szerkezeteket állítanak elő. A vegyészek óriási tudásra tettek szert ezen a téren, nagyon pontosan és hatékonyan dolgoznak. Persze, még nem tudunk mindent, a szintetikus kémia rengeteg felfedezést tartogat. A molekuláris kémia előtt nagyszerű jövő áll. De ha elértünk egy bizonyos szintet, ahol már-már tetszés szerint konstruálunk molekulákat a kovalens kötések megbontásával és kialakításával, felmerül a kérdés, hogy képesek vagyunk-e ugyanerre gyenge kölcsönhatások esetén is; most a molekulák közötti gyenge kötésre gondolok. A molekulák között is lehetnek olyan kölcsönhatások, amelyek gyenge kapcsolatot létesítenek. A kér-

¹ *Candid Science III*, 198–205.

dés a következő: hogyan manipulálhatjuk ezeket a gyenge kölcsönhatásokat a szupramolekuláris rendszerek előállítására érdekében?

A szupramolekuláris kémia, az én felfogásomban, a molekuláris kémia kiterjesztése a bonyolultabb rendszerekre. A vegyészeket képessé kell tenni arra, hogy a nemkovalens szerkezetet ugyanúgy kezeljék, ahogyan a kovalens szerkezeteket, amit már megtanultak. De mivel a kötések gyengék, számos új tulajdonság jelenik meg. Gyakran felhívom a figyelmet az információs technológiában fellelhető analógiára. Az információ kiolvasása érzékeny folyamat, és megfordíthatónak kell lennie. A kiolvasáshoz gyenge kölcsönhatásokra van szükség: kialakíthatjuk és meg is szüntethetjük a kötések. A szupramolekuláris rendszerekben is látunk olyan tulajdonságot, amelyet hibajavításnak nevezhetünk. Ha rosszul társulnak a molekulák, disszociálhatnak és rekombinálódhatnak. Más szóval önjavító mechanizmussal rendelkeznek. A szupramolekuláris rendszerek egyik legfontosabb tulajdonsága az önműködő képesség. Léteznek spontán folyamatok, de ezek a kovalens kötések esetében nem fordulnak elő közönséges hőmérsékleten és nyomáson, mert a kovalens kötések túl stabilak hozzá. Ebből a szempontból a molekuláris kémiát stabil kémiának vagy az állandó szerkezetek kémiájának nevezhetjük, míg a szupramolekuláris kémiát flexibilis kémiának. A flexibilis kifejezés ebben az esetben azt jelenti, hogy szerkezetek alakulhatnak ki vagy bomolhatnak föl, a környezettől függően. A szupramolekuláris rendszerek ugyancsak fontos tulajdonsága az alkalmazkodóképesség. A molekulákban a kötések nagyon stabilak, nemigen hat rájuk a molekulákat befogadó közeg. A szupramolekuláris rendszer, elvben, alkalmazkodhat a közeghez.”²

A sokasodó feladatok ellátása

„Az ember idővel megtanulja. Sok energiámba kerül, amíg rábeszélem magam a különböző megbízatások elfogadására, hát még akkor, amikor alig van közülük a kémiához. Óvatosan szabad csak elvállalni azt, amiben egyre kevésbé vagyunk kompetensek. Másrészt, ha az ember többet gondolkozik a szakmáján és a tudomány társadalomban elfoglalt helyzetén, akkor nagyobb elkötelezettséget érez számos ügy, a tudóstársak, sőt, a tudomány iránt is. A tudomány a legnagyobb társadalomformáló erő. Az emberiség haladása a tudáson múlik, vagyis a természettudományon és az alkalmazásain. Ezzel egyáltalán nem azt akarom mon-

² 201–202.

dani, hogy nincs szükségünk például filozófusokra és zenészekre! Hanem csak azt, hogy a társadalom átalakítása a természetről szerzett tudásunkon alapszik. Nem szabad nagyképűnek lennünk. Ugyanakkor, ha netán »tudományelvűséggel« vádolnak, szégyellnünk sem szabad magunkat azért, mert a tudomány fontosságát hangsúlyozzuk. A tudománynak semmi köze a dogmához. A tudomány és a dogma nem fér meg egymás mellett. A tudomány, véleményem szerint, egyfajta szemlélet, racionális mérlegelés, gondolkozás, törekvés arra, hogy a legjobban használjuk fel a tudásunkat, és hogy a legjobb közelítő megoldást érjük el a bonyolult esetekben, tudván, hogy nincs tökéletes és nincs abszolút megoldás. Ez éppen az antitézise annak a sok átgondolatlan, érzelemtől vezérelt szemléletnek, amellyel ma a világban találkozunk. A tudomány csak lehetőségeket kínálhat a racionális megoldásokra, de az már a döntéshozókon múlik, hogy élnek-e velük vagy sem. Természetesen óvatosnak kell lennünk ezekkel az úgynevezett döntéshozókkal vagy politikusokkal. Csak arra utalok most, ami Dél-Európában történik. Biztos vagyok abban, hogy sok háborús körzetben boldogan élnének egymás mellett az emberek, ha politikai ambícióból nem keltenének néhányan mesterséges problémákat. És ha sikerül ellentéteket szítani, az emberek végül tényleg azt hiszik, hogy ellenségekkel állnak szemben. Ezek az emberek, akikről beszélek, rendszerint nem is tudták, vagy nem érdekelte őket, hogy jelenlegi ellenségeik más fajból vagy kultúrából származnak. De volt, aki gondoskodott arról, hogy megtudják. Ez örület. Hiszek abban, hogy ennek a tudományos szellem az ellen-szere.”³

Fiatalkori olvasmányok

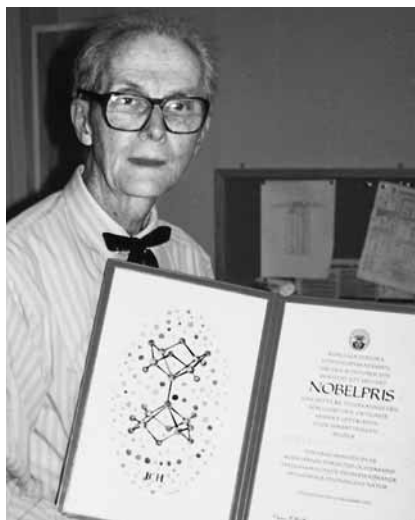
„Szörnyen megdöböntem, amikor először olvastam Freudot. Ha az ember hagyományos szellemben nevelkedik, nagyon elgondolkodtatják a munkái. Emlékszem, megpróbáltam vitatkozni Freuddal, de mindig neki lett igaza.”⁴

³ 202–203.

⁴ 205.

William N. Lipscomb

*Felfedezés közben nem törődnek az esztétikával.
Csak utána.*



William N. Lipscomb, a Nobel-díjhoz járó oklevéllel, 1995-ben a Harvard Egyetemen
(*Hargittai István felvétele*)

William N. Lipscomb¹ (1919–2011) Clevelandben született, de Kentuckyban nevelkedett, és a Picadome (ma Lafayette) Középiskolába járt Lexingtonban. A Kentucky Egyetemen szerzett BS-, a Kaliforniai Műszaki Egyetemen (Caltech) PhD-fokozatot. Találkozásunkkor a kémia Abbot and James Lawrence-professor emeritusa volt a Harvard Egyetemen. 1976-ban kémiai Nobel-díjat kapott a boránok szerkezetének tanulmányozásáért, amivel új ismereteket nyert a kémiai kötés természetéről. William Lipscomb nagyon fontosnak tartotta publikációs külalakját. Boránokat modellező, gyönyörű, kézzel rajzolt szerkezeti képleteit a védjegyeként tartották számon. De nem csak ebben tűnt ki: elismert klarinétművész is volt. 1995-ben beszélgettünk dolgozószobájában, a Harvard Egyetemen.

Tanulóévek

„Kentuckyban nőttem fel. Édesapám orvos volt, édesanyám zenetanár: éneket tanított. Tizenegy éves koromban kaptam tőle egy kémiai készletet – amelyet a boltokban árulnak –, és nekiálltam kísérletezni. Ebben még nincs semmi különös. Sok kisfiú kap ilyet, aztán két hétig játszik vele. Csakhogy én nem hagytam fel a játékkal. Később rájöttem, hogy újabb eszközöket, vegyszereket is vehetek a gyógyszertárban, a papám révén árengedménnyel. Az orvosokra más tarifa vonatkozott. Elkezdtem berendezni a házi laboratóriumomat. Kémiai és elektromos kísér-

¹ *Candid Science III*, 18–27.

letekhez is voltak eszközeim. Sőt, az utcán át huzalt vezettem néhány barátomhoz, akik szintén élvezték a kísérletezést. Nagyjából négyháznyi távolságon belül egy csomó velem egykorú fiú lakott jobbra-balra. Rajtam kívül ketten PhD-t szereztek fizikából, ketten orvosok lettek, és van egy építőmérnök is. Egész csapat verődött össze olyanokból, akiket érdekelt a fizika meg a kémia. Ez nagyon fontos. [...]

A középiskolámnak nem volt rendes felszerelése. Nem városi iskolába jártam, hanem megyeibe, Lexington szélére. Akkor Picadome-nak hívták, később Lafayette Középiskolának nevezték el. Fizikát és biológiát tanítottak, de kémiát nem. Később tudtam meg, hogy édesapám elment a megyei iskolák főfelügyelőjéhez, és azt mondta neki, hogy vezesse be a kémiaórákat, különben kiveszi innen a fiát, és beírhatja a nagy belvárosi gimnáziumba. Erre aztán elindították a kémiatanítást, amiben én is segítettem az iskolának. Az órán azt mondta nekem a tanár, hogy te már mindent tudsz kémiából, amit tanulni fogunk, elég, ha csak levizsgálod belőle. Így aztán hátrahúzódtam a terem végébe kísérletezni: saját kis kutatásba kezdtem, de nem publikáltam. Azért még mindig őrzöm a kéziratot. [...]

A Kentucky Egyetemre iratkoztam be, amely elmaradt a Big Ten, a tíz prominens egyetem színvonalától. Mivel zenei ösztöndíjamb volt, saját tanterv szerint haladtam: olyasmit is olvastam és megpróbáltam el-sajátítani, amit nem tanítottak. Például a kémia tanszéken semmit sem tudtak a kvantummechanikáról, így aztán egyedül tanultam. Az egyik fizikus segített kicsit. Matematikát egy Fritz John nevű embertől tanultam, aki később a New York-i Courant Intézetbe került, és végül a Tudományos Akadémia tagja lett. Kiváló matematikus volt, de akkor még nem tudták. Nemrég érkezett Németországból, mert Hitler deportálta és megölte a zsidókat, de ő elmenekült. A kutatásai kezdetén járt még. Sok matematikai újdonságot tanultam tőle, például csoportelméletet, mátrixokat, vektorokat. Én pedig a Maxwell-egyenleteket tanítottam neki, egyetemistaként, mert érdekelte a fizika. Nagyon fontos személy volt az életemben.

Sok mindent megtanultam az egyetemen. A diploma megszerzése után kaptam néhány ajánlatot, mehettem volna például Michiganbe havi százötven dollárért, és a doktori iskola elvégzésén kívül nem lett volna más dolgom. A Caltechen csak havi húsz dollárt ígértek, ha segítetek a fizika-előadásaiakon. A Caltechre mentem, hogy fizikát tanuljak; azért választottam az alacsonyabb díjazást, mert jó iskolába akartam kerülni. Az első évben meghallgattam Linus Pauling néhány előadását, és átnyergeltem a kémiára. Nála és néhány munkatársánál írtam a dok-

tori disszertációm. Ez meghatározó szerepet játszott a pályám elindításában.”²

William Lipscomb a boránszerkezetek tanulmányozásáért kapta a Nobel-díjat. Ezeket a „háromcentrumos” kötéssel értelmezte, amelyben három atom osztozik egy elektronpáron. A kémikusok közül sokakat bánt, hogy Gilbert N. Lewis nem részesült Nobel-díjban. Lewis nevéhez fűződik a kovalens kötés felfedezése. Ez a kötés, amelyet – analógiával élve – kétcentrumosnak nevezhetnénk, sokkal elterjedtebb, mint a háromcentrumos. Megkérdeztük William Lipscombot, mit gondol, miért nem ismerték el Nobel-díjjal G. N. Lewis munkáját.

„Azt hiszem, az volt a baj, hogy Heitler és London 1926-os kutatásáig senki sem értette a kételektronos kötetést. Aztán Hund és Mulliken kidolgozta a molekulapálya-módszert. Igaz, Lewis 1926 után is hosszú ideig élt, de korai kutatásaiban ő maga sem értette az elektronpárkötés lényegét. Emiatt, úgy érzem, túllépett rajta az idő. Nyugodtan megkaphatta volna a díjat, de azt is értem, hogy miért nem tüntették ki: Lewis nem tárta fel a kötés fizikai alapjait.”³

² 19–21.

³ 23.

Stephen Mason

... a természettudománynak nem kedvez a fanatikus és jól szervezett hatalom.



Stephen Mason¹ (1923–2007) az angliai Leicesterben született. Tudománytörténész volt, a Londoni Egyetem King's College-ának professor emeritusa, a Royal Society tagja. Leghíresebb munkája az *A History of the Sciences (A tudományok története)*, amelynek utolsó átdolgozását már nem tudta befejezni. Utolsó könyve a *Chemical Evolution (Kémiai evolúció)*.² 2000-ben talákoztunk Cambridge-ben.

Stephen Mason 2000-ben Cambridge-ben (Hargittai István felvétele)

Hosszú interjúnk alatt arról beszélgettünk, hogy milyen tanulságokkal szolgál a tudományok története. Alább az egyik kérdésünkre adott válaszát idézzük.

„– Milyen következtetéseket vonhatunk le a tudománytörténetből a tudomány és a hatalom kapcsolatára?

– Általában véve azt, hogy a természettudománynak nem kedvez a fanatikus és jól szervezett hatalom, különösen akkor nem, amikor a társadalmat uraló intézmények attól félnek, hogy az új tudományos eredmények veszélyt jelentenek számukra. Gondoljunk csak a katolikus egyház tizenhatodik–tizenhetedik századi történetére. A protestáns egyházak megosztottabbak voltak, a hatalmat elsősorban a helyi hercegek gyakorolták, akik közül néhányan maguk is folytattak természettudományos vizsgálatokat, például IV. Vilmos hessen–kasseli tartománygróf (1532–92), aki saját obszervatóriumot építtetett Kasselban. A lutheránus Dánia királya, II. Frigyes támogatta egyik nemese, Tycho Brahe (1546–1601) csillagászati munkáját. Brahe halála után asszisztensére, Keplerre szálltak hús éven át gyűjtött csillagászati adatai azzal az udvari matematikusi állással együtt, amelyet II. Rudolf császárnál, Prágában töltött be. Ugyanakkor az isztambuli obszervatóriumot – mindössze hatévnyi

¹ *Candid Science III*, 472–495.

² Stephen F. Mason: *Chemical Evolution. Origin of the Elements, Molecules and Living Systems*. New York, Oxford University Press, 1991.

működés után (1575–1580) – lerombolták III. Murád oszmán szultán parancsára (pedig őt érdekelte a csillagászat), mert muszlim jogtanácsosai véleménye (a *fatva*) szerint az 1580-as törökországi bubópestisjárványt az égi események asztronómiai fürkészése robbantotta ki.

A tizenhatodik század végén már semmilyen egyházi hatalom nem szólhatott bele ennyire a tudománypolitikába, és a jezsuiták még obszervatóriumot is építettek, hogy lépést tartsanak a világi csillagászokkal. A hercegek egyre nagyobb ellenállást tanúsítottak azzal szemben, hogy az egyház kiterjessze világi hatalmát, amivel a hamisított, Karoling-kori Donatio Constantini (Konstantin adománylevele) óta kísérletezett. Ennek értelmében a római pápát kellett felruházni a nyugatrómai császár világi hatalmával. Később a hatalmat átadták egy kijelölt személynek, akit római császárként koronáztak meg, Nagy Károlytól (kb. 742–814) kezdve. Ezek a császárok saját politikát folytattak. A Habsburg-császár, II. Rudolf (1552–1612) neves tudósokat gyűjtött prágai udvarába, nem törődve a vallásukkal, és a lutheránus Tycho Brahét, majd Keplert is udvari matematikusnak nevezte ki. A tizenhatodik század folyamán számos herceg igyekezett centralizálni a tartományát, amelyben az egyház a hatalomgyakorlás eszközévé vált. A tizenhetedik század során a hercegek, a tanult hivatalnokok és a nemesek lassan felismerték és értékelték a természettudományok lehetséges hasznát, amit Francis Bacon (1561–1626) írásaiból is látunk, és országos csillagvizsgálókat, tudományos akadémiákat alapítottak. Olaszországban nem éltek sokáig a tudományos akadémiák, a természettudományok nagyjából száz évig Csipkerózsika-álmukat aludták Galilei és közvetlen tanítványai után. Angliában és Franciaországban viszont maradandónak bizonyultak a tudományos társaságok, és az észak-amerikai, orosz, német, egyéb tizennyolcadik századi európai tudományos akadémiák modelljeiként szolgáltak.

Ezután a tudomány és a hatalom közötti kapcsolatot már nem az egyház véleménye, hanem a politikai követelmények szabályozták. Joseph Priestley-t elsősorban azért közösisítették ki Londonban, mert szimpatizált a francia forradalommal, és nem azért, mert unitárius volt. John Daltont pedig főként azért nézték le Londonban, mert az ipari Manchesterben élt, és nem azért, mert kvéker családból származott. A papokból dühödt ellenállást váltottak ugyan ki azok a felfedezések, amelyek nyilvánvalóan szemben álltak vallási tanaikkal, mint például Charles Darwin (1809–1882) munkája, *A fajok eredete* (1859), de a teológiát nem tekintették már egyöntetűen a tudományok királynőjének, és a főpapok sem rendelkeztek többé azzal a társadalmi ranggal és hatalommal, amelyet Galilei idejében élveztek.

A tudomány és a hatalom közötti kapcsolatot tovább árnyalja, hogy a huszadik században ideológiai tényezők is szerepet kaptak a politika elvárásaiban. 1933 és 1945 között Németországban, sorstársaikkal együtt, a nyomon követhetően zsidó ősöktől származó kutatókat megfosztották a vagyontól, elűzték vagy megsemmisítették őket – olyan kegyetlenséggel, amely még a tizenöt–tizenhatodik századi spanyol uralkodókénál és inkvizíciójukénál is hatékonyabbnak bizonyult. A Spanyolországból kiűzött zsidók elkobzott vagyonából finanszírozták 1492-ben az Újvilág felfedezését, amikor Kolumbusz expedíciója nyugat felé keresett utat Ázsiába. A spanyol inkvizíció hevesen üldözte a *conversost*, a kereszténységre áttért zsidók utódait és a *moriscost*, a kikeresztelkedő muzulmánok leszármazottait. A toledói inkvizíciós bíróság által feljegyzett esetek negyvenöt százaléka 1575 és 1610 között ezt a két kategóriát érinti, amelyben tíz százalék lehetett az orvosok, sebészek aránya. Az ibériai uralkodók és grandjaik azonban továbbra is igényt tartottak a *converso* orvosokra, akiknek elismerték a tudását, ahogyan Németországban Göring birodalmi marsall is számított az 1931-ben Nobel-díjjal kitüntetett biokémikus, Otto Warburg szolgálataira – zsidó származása ellenére. Warburg ugyanis híres rákkutató volt, Göring pedig nagyon félt a ráktól.

A történelem folyamán az ilyen pogromok miatt rengeteg tehetség elvész, aminek nemcsak azok az országok látják kárát, amelyekben elkövetik a rémtetteket, hanem az egész emberiség. Az elkövetők végső soron kudarcot vallanak, amikor megpróbálják kiterjeszteni a hatalmukat a természet és az emberiség fölött. Ugyanez igaz a második világháború utáni, többé-kevésbé világi analógiákra, a mccarthyzmusra és a liszenkoizmusra. Liszenko 1948 és 1965 között folytatott kereszties hadjáratot a mendeli genetika ellen a Szovjetunióban, amely csak akkor ért véget, amikor napnál világosabbá vált, hogy a lamarckizmus, a szerzett tulajdonságok öröklődésének általa képviselt változata mind a mezőgazdasági gyakorlatban, mind a laboratóriumi kísérletek során megbukott. Liszenko tanítványait, akiket a Szovjet Tudományos Akadémia tagjainak akart megválasztani, nem szavazták meg a fizikusok, mert a jelöltek csak a kritika hangoztatásában tűntek ki, de semmilyen hiteles, ellenőrzött új eredményről nem számoltak be. A liszenkoizmus emelkedése és bukása tanulságos példaként szolgál azoknak a szociológusoknak, akik minden tudományos elméletet teljes mértékben társadalmilag konstruált ideológiának tartanak, s nem veszik figyelembe az elméletek laboratóriumi vagy gyakorlati sikereit és kudarcait.”³

³ *Candid Science III*, 486–488.

Bruce Merrifield

Csak akkor hagyják, hogy a gyerekeiket röntgensugárral kezeljék, ha végképp elkerülhetetlen!



Bruce Merrifield¹ (1921–2006) a Kaliforniai Egyetemen, Los Angelesben tanult, ott szerezte meg összes fokozatát. 1949-től élete végéig a Rockefeller Intézetben, majd Egyetemen dolgozott New Yorkban. Új eljárást fedezett fel a peptidek és a kis fehérjemolekulák szintézisére. 1984-ben kémiai Nobel-díjat kapott a szilárd hordozón lejátszódó kémiai szintézis módszerének kidolgozásáért. 1996-ban beszélgettünk dolgozószobájában, a Rockefeller Egyetemen.

Bruce Merrifield 1996-ban a Rockefeller Egyetemen
(*Hargittai István felvétele*)

Évekbe telt, amíg Bruce Merrifield kidolgozta a módszerét. Ideális témavezetőre talált Wayne Wooley személyében, aki hagyta, hogy a saját elképzelésén dolgozzon, és nem sürgette a cikkírással. A Rockefeller Egyetem szintén ideális hely volt az efféle kutatáshoz, mert Merrifield a munkára koncentrálhatott, nem kellett támogatások után futnia. Így emlékezett vissza Wayne Wooley-ra és a szilárd hordozós módszer kidolgozására:

„Nagyszerű biokémikus volt, briliáns elme. Húszas évei derekán elvesztette a látását, cukorbetegség miatt. De nem hagyta abba a munkát, vitte tovább a laborját, egy technikus segített neki. Ha egyszer elolvastam valamit – felolvasták neki –, minden részletére emlékezett, és sok, különböző helyről származó információt tudott egyetlen elgondolásba sűríteni.

Több éve dolgoztam már nála a projektjein, amikor felmerült bennem a szilárd fázisú szintézis ötlete. Elmondtam neki. Képzelve el: éppen felfelé mentünk a liftben, és meg se szólalt, amikor kiszállt. De

¹ *Candid Science III*, 206–219.



Wayne Wooley (Bruce Merrifield szívességéből)

másnap így jött be hozzám: »Lehet, hogy jó ötlet, próbálja ki!« Ettől minden megváltozott. Mondhatta volna azt is, hogy nem, ezzel nem akarok foglalkozni, és azt sem akarom, hogy maga ezzel töltse az idejét. A Rockefeller Intézet, később Rockefeller Egyetem tulajdonképpen az európai rendszer szerint működött. A labornak volt egy vezetője, aki több ember munkáját irányította. Ezért a laborjában én is az ő kutatási programján dolgoztam. Mindent ő tartott kézben. Egy idő után már hagyta kicsit, hogy az ember a saját feje után menjen. Ez volt a szokás, nem akadtunk fenn rajta. [...]

Egy fehérjenövekedési faktoron dolgoztam dr. Wooley-val: izoláltuk, én pedig a szokásos módszerekkel szekvenáltam és szintetizáltam. Őt aminosavból álló, egyszerű peptid volt, de csak tíz-tizenkét hónap alatt tudtam előállítani néhány analógjával együtt. Megtanultam, hogy a peptidszintézis nehéz mesterség. A tapasztalt kutatók ennél gyorsabban elkészültek volna, de nekik sem ment volna egyik napról a másikra. Ráadásul kevés fehérje keletkezett. Ezért ott motoszkált a fejemben, hogy jobb módszernek is kell léteznie. Aztán egy nap, vagy éjszaka, nem is tudom, mikor, egyszer csak megfogalmazódott az ötlet: miért ne köthetnénk a peptidet szilárd hordozóhoz? Ha az első aminosavat rátehetnénk egy olyan anyagra, amelyik egyik oldószerünkben sem oldódik, aztán hozzáfűzhetnénk a következő aminosavat meg a következőt meg a következőt, polimer láncot alakíthatnánk ki. Minden reakció után szűrhetnénk és moshatnánk az anyagot, miközben a peptid az oldhatatlan hordozón maradna. Gondosan megmosnánk és megszabadulnánk a fölösleges reagensektől, aztán jöhetne a következő lépés. Nem kellene pepecselni minden peptid intermedierral, tisztítani, kristályosítani, ahogy szoktuk. És ha összeraktuk a láncot, elvághatjuk azt a kötést, amelyik a hordozóhoz rögzíti a peptidet. Természetesen meg kell teremteni azokat a feltételeket, amelyek mellett ez a kötés elszakad, mi-

közben a többi kötés változatlanul megmarad. Ma már rengeteg megoldást használunk a kötés kialakítására és megbontására.”²

Bruce Merrifield arcán plasztikai műtétek nyomai látszottak. Elmesélte, miért szorult sebészi beavatkozásra, és fontos tanácsot is adott.

„Tinédzser koromban volt egy fertőzés a lábamon, amit a bőrgyógyász egy vadonatúj röntgenberendezéssel kezelte. Meggyógyította a lábamat, utána azt mondta, van néhány pattanás az arcomon, azokat is elmulasztom. És az arcomat is röntgensugárral kezelte. Ez a röntgenes kezelések korai szakaszában történt, amikor még nagyon nagy dózisokat használtak. Körülbelül tizenöt év múlva daganatok jelentek meg az arcomon, ami azóta sem maradt abba, és évente kettőt-hármat el kell távolíttatnom. Csak akkor hagyják, hogy a gyerekeiket röntgensugárral kezeljék, ha végképp elkerülhetetlen!”³

² 208., 210–211.

³ 217.

Oláh György

... a tudományosan képzett embereknek
meg kell szólalniuk.



Oláh György és Hargittai István 1996-ban a Dél-kaliforniai Egyetemen
(Hargittai Magdolna felvétele)

Oláh György¹ (1927–) magyar származású amerikai kémikus. 1944–1945-ben csodálatos módon túlélte a náci üldözést. Sztehlo Gábor pap mentette meg Budapesten, sok más gyerekkel együtt. Oláh György 1949-ben doktorált a Budapesti Műszaki Egyetemen, és itt kezdte tudományos pályafutását. 1957-ben, a forradalom bukása után, kivándorolt Kanadába; később az Egyesült Államokba költözött. 1977 óta a Dél-kaliforniai Egyetemen dolgozik. 1994-ben kémiai Nobel-díjat kapott a karbokation-kémia terén elért eredményeiért. 1996-ban beszélgettünk a Dél-kaliforniai Egyetemen.

A következő részletben felidézzük, mit mondott arról a szerves kémiai ellentmondásról, amelyet az ő kutatásai segítettek feloldani. Ettől az eredménytől vált nagyon ismertté a munkája.

„Szívesen mondanám azt, hogy *deus ex machina*ként érkezett az ötlet, vagy hogy megálmodtam. De a valóságban hosszú folyamat eredménye volt. A kutatásban elméletekre és megfigyelésekre is szükségünk van. A tudomány még mindig nagyon kötődik a kísérletekhez. A szerves ké-

¹ *Candid Science I*, 270–283.

miának ezt az igen alapvető, új aspektusát csak hosszú gondolkodás után ismertem fel, miután számos olyan megfigyelést kapcsoltam össze, amely a »klasszikus/nemklasszikus ion« ellentmondásra vezethető vissza. Korunkban ez volt a kémia egyik nagy ellentmondása.

– *Valóban olyan fontos volt ez az ellentmondás?*

– Önmagában nem. Őszintén szólva, a kémia jövőjét, önmagában, egyáltalán nem befolyásolja, hogy a norbornilkationnak hídszerkezete vagy gyorsan egyensúlyba kerülő szerkezete van-e. De a vitában részt vevő tudósok egójára biztosan hatott. Én úgy kerültem erre a területre, hogy 1960 körül olyan eljárásokat fedeztem fel, amelyekkel pozitív szerves ionok állíthatók elő; ma karbokationoknak nevezzük őket. Ezeknek a rövid élettartamú részecskéknek fel tudtuk venni a különféle spektrumait, meg tudtuk állapítani a szerkezetüket, köztük a norbornilkationét is. A munka folyamán rájöttem, hogy a kérdés sokkal nagyobb horderejű, mint gondoltuk. A norbornilionban a C–C egyszeres kötés elektrondonor nukleofilként viselkedett, ebben az esetben a molekulán belül, vagyis intramolekulárisan. Az a delokalizáció, amelyet eredetileg Winstein vetett fel, valóban megjelent – mi észleltük először közvetlenül. Aztán már az jött, amit logikus következménynek gondoltam. Egyik nap azt a kérdést tettem föl magamnak, hogy ha ez előfordul a molekulán belül, miért ne jelentkezhetne a molekulák között is? Ez a felvetés elvezetett a telített szénhidrogének, vagyis a C–H vagy a C–C egyszeres kötések rendkívül változatos elektrofil reakcióinak felfedezéséhez, és kiderült, hogy a szén, megfelelő körülmények között, bizony öt vagy még több szomszédos csoportot is meg tud kötni.

– *Ez mikor volt?*

– A hatvanas évek közepén-végén; a hetvenes évek elején pedig tovább általánosítottam az elképzelést.

– *Ekkor már régóta vizsgálták az ellentmondást?*

– Nem; az ellentmondás csak néhány évvel az előtt merült fel, hogy nekem is felkeltette a figyelmemet. Én az ötvenes évek közepén kezdtem. Az ötvenes évek végén, a hatvanas évek elején felfedeztem a stabil ionokat (ma így hívják őket), a szupersavas kémiát. Minden készen állt ahhoz, hogy bekapcsolódjam a vitába és eldöntsem a kérdést. Azok a kollégák, akik már korábban is részt vettek ebben a »harcban«, csak közvetett módszereket használtak, például kinetikát és a sztereokémiát. Mi viszont stabil, hosszú élettartamú karbokationokat is elő tudtunk állítani, és ezeket közvetlenül tanulmányoztuk spektroszkópiai és más eszközökkel.

Az ellentmondás, dióhéjban, abból származott, hogy ugyanazt a kísérleti eredményt különböző módon próbálták megmagyarázni. Winstein és mások azt tapasztalták, hogy ha szolvatizálják a norbornán-(bicyclo-2,2,1-heptán)-észtereket, az exo- és az endo-izomerek különböző sebességgel reagálnak. Az exo-izomer rendszeresen százszor gyorsabban reagált, mint az endo. Winstein ezt az exo-reakció felgyorsulásával magyarázta. Nagy előrelátással jelezte, hogy ez a szomszédos C–C kötések részvételének tudható be. Vagyis a szolvólízis azért gyorsul fel, mert egy szén–szén kötés – a C_1 és a C_7 atom közötti elektronok – kölcsönhatásba léphetnek a képződő karbokation-centrummal. Másrészt H. C. Brown, aki ugyanazokból az adatokból indult ki, mint Winstein (amelyeket sohasem vontunk kétségbe, és ez fontos), azt mondta, hogy nincs gyorsulás vagy hídképződés az intermedier ionban. Az ő elképzelése szerint nem azért nagy az exo/endo sebességi hányados, mert az exo-reakció gyors, hanem azért, mert az endo lassú. Mivel őt mindig foglalkoztatták a szterikus kölcsönhatások, úgy gondolta, ennek az az oka, hogy gátolt a molekula endo-oldalának megközelítése. Brown az intermedierként képződő karbokationt önmagába gyorsan visszaalakuló, klasszikus norbornilkation-párnak tekintette, szemben a Winstein-féle hídszerkezetű nemklasszikus kationnal.

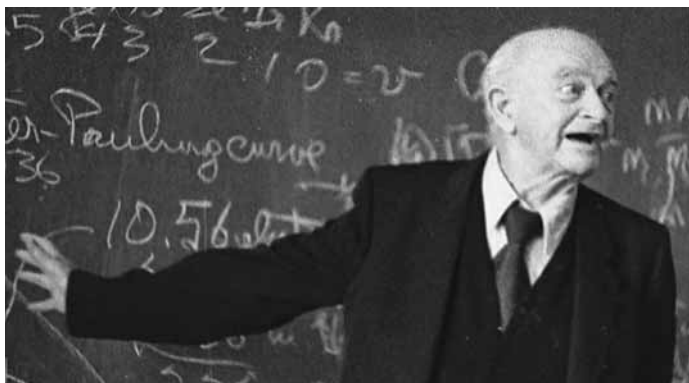
Ebben az esetben tehát az emberek ugyanazokkal az adatokkal dolgoztak. Nagyon megbíztak bennük, de a $k_{\text{exo}}/k_{\text{endo}} = 300$ sebességi arányt az egyik az ugyanennyiszor nagyobb exo-sebességgel magyarázta, míg a másik azt mondta, nem, ennek az az oka, hogy az endo-reakció szterikus okok miatt lassabb. Az adatok értelmezésén vitatkoztak, nem a kísérleti adatokon. Erről mindig eszembe jut az egyik kedvenc idézetem, amely egy szintén magyar Nobel-díjastól, Békésy Györgytől származik. Ő a belső fül tanulmányozásáért kapta a díjat, és azt írta, hogy minden tudósnak szüksége van jó ellenségekre. Amikor az ember elkészül a munkájával, megírja a cikket, elküldi a barátainak, hogy mondjanak róla véleményt. Ezek a barátok általában elfoglalt emberek, ezért nem szánnak sok időt, energiát a bírálatra. De ha akad egy elkötelezett ellenségünk, akkor az nem sajnálja az időt meg a fáradságot, és megpróbálja bebizonyítani, hogy tévedtünk. Békésy azzal zárja az eszmefuttatást, hogy sajnos sok jó ellenségét elveszítette, mert időközben barátok lettek. Nem akarok arra kitérni, hogy a kémiában is így van-e, de biztosíthatom önöket, hogy ebben a munkában rengetegen igyekeztek kísérleti hibákat kimutatni, és óriási energiát fektettek a kísérletek ellenőrzésébe. Sokakkal szemben én úgy gondolom, hogy ez nem volt fölösleges. Amikor az ember elkezd kutatni, eleinte talán nem

is tudja, milyen fontos az, amin dolgozik. Én úgy jutottam el ehhez a problémához, hogy volt egy módszerem, amellyel közvetlenül megfigyelhettem az intermedier karbokationokat. Mások ezt kétségbe vonták, és azt mondták: »Ha tényleg látod ezeket az ionokat, mondd meg, kinek van igaza a norbornilvitában, Winsteinnek, vagy Brownnak.« Megmondtam, ami önmagában talán nagyon egyszerű volt. Az ide vezető folyamat során azonban feltártam a σ -kötések elektrofil reakcióképességének általános alapjait. Ez nemcsak az intramolekuláris kötésekre vonatkozik (mint amilyen a norbornilkation σ -kötésének részvétele), hanem az intermolekuláris, molekulák közötti reakciókban részt vevő σ -kötésekre is. Sőt, elvezet az alkánok elektrofil reakcióihoz (ahol a C–H és C–C kötések is szerephez jutnak). Végül a metánt, a legegyszerűbb szénhidrogén-molekulát is megvizsgáltuk, és kiderült, hogy a metán protonálható (vagyis elektrofil partnerekkel meg lehet támadni). A CH_5^+ intermedier nemcsak létező részecske, hanem a CH_5^+ -nek és homológjainak sokféle kémiai reakciójára is fény derült. Az eredeti kérdésre visszatérve: szerencsés vagyok, hogy fontos eredményeket értem el ezen a területen.”²

² 272–276.

Linus Pauling

Én a kémiai szerkezetet nagyon általános elvek alapján tárgyalom, melyek az összes molekulára és kristályra érvényesek.



Linus Pauling 1984-ben a Moszkvai Állami Egyetemen
(Larissza Zaszurszkaja felvétele és szíveségéből)

Linus Pauling¹ (1901–1994) a huszadik század egyik legnagyobb kémikusa volt. Egyikünk (HI) többször is kapcsolatba került vele Pauling életének utolsó éveiben. HI így emlékszik vissza első levélváltásaikra: A kiváló norvég kémikus, Otto Bastiansen volt az egyik mentorem, aki 1948 körül posztdokorként dolgozott Paulingnál, Pasadenában. Pauling Bastiansenre gyakorolt hatása tartósnak bizonyult, így én is Linus Pauling tudományos utódjának tekintem magam. 1993 őszén, amikor a *Chemical Intelligencer* című folyóirat elindításán gondolkoztam, kikértem néhány híres kémikus véleményét. Linus Pauling volt az ötlet egyik leglelkesebb támogatója, de sajnálkozott, hogy elfoglaltsága miatt nem tud írni a folyóiratba. Valójában már nem a munkája gátolta az írásban, hanem végzetes betegsége. Levele nyomán azonban eszembe jutott, hogy rövid interjút kérjek tőle, és végül ez indította el új „interjúprogramunkat”. Elküldtem néhány kérdést Paulingnak, aki postafordultával válaszolt.

Megkérdeztük Linus Paulingtól, mit gondol a két nemrégiben felfedezett új anyagról, a C₆₀-ról – ez a buckminsterfullerén – és a kvázikristályokról. A buckminsterfullerén hatvan szénatomból áll, amelyek egy csonka ikozaéder csúcaiban helyezkednek el. Először 1985-ben mu-

¹ *Candid Science I*, 2–7.

tatták ki kísérleti úton. A molekula nagy vihart kavart a kémikustársadalomban.

„Nagyon csodálkozom, hogy senki sem jósolta meg a C_{60} stabilitását. Én megtehettem volna, már csak azért is, mert ismertem azt az ikozaédes szimmetriájú hatvanatomos szerkezetet, amelyik az intermetallikus vegyületekben fordul elő. Azt hiszem, az ember nehezen fogalmaz meg új elképzeléseket. Például azok közül, akik 1873 és 1914 között már tudták, hogy a szénatom kötési tetraédes elrendezésűek, senki sem jósolta meg a gyémánt »gyémántszerkezetét.«”²

R. F. Curl, H. W. Kroto és R. E. Smalley 1996-ban kémiai Nobel-díjat kapott a C_{60} laboratóriumi kimutatásáért. Nemcsak Pauling, hanem ők sem tudták, hogy a csonka ikozaéder alakú, hatvantagú szénkalitkát már az ő felfedezésük előtt megjósolták: Eiji Osawa 1970-ben és Jelena Galpern 1973-ban. Eiji Osawa pusztán szimmetriameggondolások alapján vonta le következtetését. Jelena Galpern alapos kvantumkémiai számításokkal támasztotta alá a szerkezet stabilitását. Pauling számára nyilvánvalónak tűnt, hogy léteznie kell ilyen szerkezetnek.

A kvázikristályokkal egészen más a helyzet. Ezeknek a szerkezetét átmenetnek foghatjuk fel a klasszikus kristályszerkezet és az amorf testek között. Az előbbi szabályos és periodikus, az utóbbira egyik meghatározás sem illik. A kvázikristályok szabályosak, de nem periodikusak. A kvázikristályok a klasszikus krisztallográfia szabályai szerint nem létezhetnek. Ezt egyszerűbben úgy is megfogalmazhatjuk, hogy a kristályszerkezetekben tiltott az ötös szimmetria. Ezt a régi dogmát Dan Shechtman kísérletei 1982-ben lerombolták. Hamarosan meggyőző elméleti modellek születtek Shechtman megfigyeléseinek értelmezésére. 2011-ben Dan Shechtman kémiai Nobel-díjat kapott a felfedezéséért. Pauling, élete végén, nem tartotta helyesnek a Shechtman-kísérlet értelmezését (de a kísérleti megfigyeléseket nem vonta kétségbe).

„Tudja, véleményem szerint, az ikozaédes kvázikristályok olyan köbös kristályokból képződő ikozaédes ikerkristályok, amelyek nagyon nagy ikozaédes atomegyütteseket tartalmaznak. Ezekben a kristályokban semmi meglepő sincs. Elsőként a MgZnAl vegyületet fedeztük fel,

² 5.

1952-ben írtunk róla a munkatársaimmal. Mi nem észleltük ennek a vegyületnek a kvázikristályait, de azóta már megfigyelték őket.”³

Pauling 1939-ben jelentette meg rendkívül nagy hatású könyvének, a The Nature of the Chemical Bond (A kémiai kötés természete) első kiadását. A harmadik kiadás 1960-ban jelent meg. A könyv nem avult el, de már korszerűsíthették volna. Élete során Pauling nem vette magára ezt az óriási feladatot, és azóta sem akadt rá vállalkozó. 1993-ban Pauling a következőket válaszolta arra a kérdésre, hogy az állandóan javuló számítási eljárások nem teszik-e majd elavulttá az ő általános szerkezeti kémiai megállapításait.

„Nem hiszem, hogy a molekula- vagy a kristályszerkezet kvantummechanikai számítása miatt egyszer majd elavulttá válnak azok a szerkezetre vonatkozó kémiai meggondolások, amelyek a könyvben szerepelnek. A kvantummechanikai számítások mindig csak egyetlen anyagra szorítkoznak, és aztán talán egy másik, többé-kevésbé hasonló szerkezetre. Én a kémiai szerkezetet nagyon általános elvek alapján tárgyalom: ezek az összes molekulára és kristályra érvényesek.”⁴

³ 6.

⁴ 6.

John C. Polanyi

*... a tudomány óriási hatást gyakorol a világra,
ezért ha felelősen gondolkodunk, nem utasíthatjuk el,
hogy beleszóljunk a világ dolgaiba.*



John C. Polanyi 1995-ben
a Torontói Egyetemen
(*Hargittai István felvétele*)

John C. Polanyi¹ (1929–) Berlinben született. Négyéves korában családjával együtt elmenekült a náci Németországból. Manchesterben telepedtek le. 1940-ben szülei – édesapja Polányi Mihály volt, a nemzetközi hírű kémikus, majd filozófus – Kanadába küldték, hogy megvédjék a németek bombáitól. Angliába visszatérve John Polanyi befejezte középiskolai tanulmányait. A Manchesteri Egyetemen tanult tovább, ahol PhD-fokozatot szerzett. 1956 óta a Torontói Egyetem Kémiai Intézetében dolgozik, Kanadában. 1986-ban John C. Polanyi, Dudley R. Herschbach és Yuan T. Lee megosztott kémiai Nobel-díjat kapott az elemi kémiai folyamatok dinamikájának tanulmányozásában elért eredményeiért. John Polanyi közéleti személyiség Kanadában. 1995-ben beszélgettünk dolgozószobájában, a Torontói Egyetemen.

Politikai szerepvállalás

„... Harmincöt éve veszek részt politikai vitákban, például a Pugwash égisze alatt. Tapasztalatom szerint könnyen eljuthatunk a vezető politikusokhoz. Az már nem biztos, hogy hallgatnak is ránk. Állítom, hogy ha elég meggyőzően érvelünk, nem söpörhetik félre, amit mondunk. Nekünk, tudósoknak pedig már gyakorlatunk van abban, hogy összeszedjük a gondolatainkat, és megpróbáljuk meggyőzni a kétkedő hallgatóságot.

Kollégáink éppen ilyen »nehéz« hallgatóságot alkotnak. Ha új elképzeléssel állunk elő egy tudományos konferencián, nem számítunk hangozó sikerre. Ilyenkor darabokra szedik az előadásunkat. Ez a dolguk. A tudományban az ellenfelekkel folytatott vitában jutunk el az igazsághoz. Ezért hozzászoktunk ahhoz, hogy érvelnünk kell, és ettől nem szabad megijednünk.

¹ *Candid Science III*, 378–391.

Igaz, régen nemigen mertünk nyíltan beszélni a nagy horderejű ügyekről. Úgy éreztük, áruba bocsátjuk a kutatói tekintélyünket egy meghallgatásért, és így megfosztjuk a tudományt a tekintélyétől, mivel az emberek azt mondhatják, hogy nem arra használtuk a felhatalmazásunkat, amire való.

Mint a legtöbb kritikában, ebben is van valami. Óvatosnak kell lennünk. El kell magyaráznunk, hogy mihez értünk.

De ha az ellenkező álláspontot képviselnénk – hogy a tudomány valami szentség, amit nagy becsben kell tartanunk, örködnünk kell a tisztasága fölött, s emiatt egyetlen tudós vagy tudóscsoport sem kontárkodhat bele a tudományán kívül eső dolgokba –, akkor másképp lennénk felelőtlenek.

Az az igazság, hogy a tudomány óriási hatást gyakorol a világra, ezért ha felelősen gondolkodunk, nem utasíthatjuk el, hogy beleszóljunk a világ dolgaiba. Néhány órával ezelőtt volt ma nálam valaki, aki az első atombomba ledobásának ötvenedik évfordulójáról akart megemlékezni. 1945-ben, amikor az atombombát ledobták Japánra, tizenhat éves voltam. Bár ez véget vetett egy hatalmas és szörnyű háborúnak, más szempontból is fordulópontot jelentett. Például mélységesen befolyásolta a gondolkodásomat – ennek így kellett lennie. Országok közötti kapcsolatokat is megváltoztatott. És az atombomba csak egyetlen volt azok közül a világot átalakító műszaki fejlesztések közül, amelyeket mi, tudósok is elősegítettünk. Ezért felelőtlenség lenne, ha nem vennénk részt a későbbi vitákban.

Gyakran csak a technikai megoldásokhoz tudtunk hozzájárulni. De még ezeknek is óriási hatásuk lehet. Én például sok fegyverzetkorlátozási tárgyaláson vettem részt, ahol orosz tudósokkal ültünk egy asztalnál. Ez ma talán jelentéktelennek tűnik, de akkor két iszonyú ellenség fenyegette egymást és a világot. A fegyverkezési harc veszélye nagyon is valóságos volt. A politikusok, a vezetőink azonban folyton azt mondták, hogy semmit sem tehetünk ellene, és ennek rengeteg technikai oka van. A műszaki társadalomnak ezért határozottan ki kellett jelentenie, hogy »igenis tehetünk«. Nem azért nem sikerül megállítanunk a kísérleti atomrobbantásokat vagy csökkentenünk a nukleáris fegyverek számát, mert ez lehetetlen. Nagyjából elmagyaráztuk, hogyan lehetne. Ha ezután *nem tettük meg*, akkor már nem is akartuk megtenni. Amikor műszaki szinten elhárítottuk az akadályokat, minden kétséget kizáróan beleszólunk a történelem menetébe.²²

² 384–385.

John A. Pople

Kíváncsi gyerek voltam, és már tizenkét évesen elkezdtem a kutatást.



John A. Pople (jobbra) és Walter Kohn 2001-ben Stockholmban
(Hargittai István felvétele)

John A. Pople¹ (1925–2004) Burnham-on-Sea-ben született, Angliában. 1943-ban elnyerte a Trinity College – a Cambridge-i Egyetem – egyik ösztöndíját. Matematikus lett, 1951-ben szerzett PhD-fokozatot. 1964-ben az Egyesült Államokba költözött, és 1991-ig a Carnegie-Mellon Egyetemen dolgozott, Pittsburghben. Ezután az evanstoni Northwestern Egyetem professzora lett. 1998-ban Walter Kohnnal osztozott a kémiai Nobel-díjon. John Pople kvantumkémiai számítási eljárások kidolgozásáért kapta az elismerést. 1995-ben, három évvel a Nobel-díj elnyerése előtt beszélgettünk dolgozószobájában, a Northwestern Egyetemen.

Mi a számítógépes kémia lényege?

„A számítógépes kémia az elmélet »átültetése a gyakorlatba« adott kémiai problémák tanulmányozására, számítógépes programok segítségével. Néhányan különbséget tesznek a számítógépes kémia és a mögötte húzódó elmélet között. Én ezzel nem értek egyet, és úgy gondolom, hogy a számítógépes kémia az elmélet alkalmazása kémiai problémák

¹ *Candid Science I*, 178–189.

megértésére. Az elmélet korábban megszületett, de a számítógépekkel jelentősen kiszélesedik az alkalmazási köre.”²

Önálló tudománynak kell tekintenünk a számítógépes kémiát?

„Az elméleti kémiának vannak professzorai, a számítógépes kémiát azonban nem nevezném önálló tudománynak. Ez inkább olyan módszer, amelyet minden vegyésznek használnia kell. Tehát be kell iktatni az általános tananyagba, tanítani is kell, de nem föltétlenül elméleti kémikusnak. A programokat fekete doboznak kell tekintenünk ugyanúgy, mint egy bonyolult spektrométert. A vegyészeknek meg kell tanulniuk a programok használatát, mégpedig kritikus módon, hogy tisztában legyenek az eredmények korlátaival, mint bármely más módszer esetében.”³

John Pople idővel az Egyesült Államokba költözött.

„Angliában kezdtem el kutatni. Egyetemi éveim után Lennard-Jones irányításával dolgoztam 1948-tól. Angliában 1964-ig voltam állásban. Cambridge-ben a matematika tanszéken alkalmaztak, és nem kémiát, hanem matematikát tanítottam. Matematikából szereztem diplomát – a cambridge-i hagyomány szerint az emberek előbb matematikával foglalkoznak, aztán elméleti tudománnyal. Isaac Newton óta ez a szokás. A legismertebb cambridge-i fizikusok közül sokan, például Dirac is, matematikaprofesszorok voltak. Én adjunktusként dolgoztam. 1958 és 1964 között az Országos Fizikai Laboratórium (NPL) munkatársa voltam, ez az amerikai National Bureau of Standards (szabványügyi hivatal) angol megfelelője. A Carnegie-Mellon Egyetemre kémiaprofesszor-ként mentem át 1964-ben. Részben azért váltottam, mert Amerikában sokkal nagyobb érdeklődés övezte a számítógépes tudományt, mint Angliában. 1955-ben, harmincéves koromban jártam először az Egyesült Államokban, és addig egyetlen angliai kémia tanszéken sem volt még előadásom. Elméleti kémiai csoportoknak tartottam ugyan szemináriumot, de előadásra sohasem kértek fel. Amerikában több egyetemet meglátogattam, például a UCLA-t (Kaliforniai Egyetem, Los Angeles) és a Chicagói Egyetemet. Mély benyomást tett rám, hogy alkal-

² 180.

³ 184.

manként száz ember is kíváncsi volt a mondandómra. Az elméletek kidolgozására akkor Amerika volt a legjobb terep.”⁴

John Pople középosztálybeli családból származott, mégis a Cambridge-i Egyetemen tanult, a Trinity College-ban, amelyet nagyon rangos, exkluzív helynek tartanak...

„Ösztöndíjjal mindig be lehet kerülni Cambridge-be vagy Oxfordba, származástól függetlenül. Versenyeztem az ösztöndíjért, vizsgát tettem a Trinity College-ban, és a College ösztöndíjasa lettem. Ez nagyon régi tradíció. Ha valaki megfelelt a vizsgán, cambridge-i ösztöndíjas lehet, nem számít, honnan jött. Így bármilyen családi háttérrel diplomához juthat az ember. Angliában ez is hozzájárul ahhoz, hogy a társadalomban ne érvényesüljön tökéletesen a »kasztrendszer«. Vannak, akik azért mennek Oxfordba vagy Cambridge-be, mert magától értetődő, vagy mert a szüleik felső osztálybeliek, de a többiek ösztöndíjasok. Őket Scholarnak (tudósnak) nevezik, a többiek neve: Commoners (köznép vagy alsóház). Az ösztöndíjasok privilégiumokat élveznek. A kápolnában például az ösztöndíjasok ülnek a kitüntetett helyeken, az alsóház hátulra kerül.”⁵

⁴ 185–186.

⁵ 188.

George Porter

Nincs annál nagyobb öröm, mint amikor két nagyon különböző dolog között találunk kapcsolatot.



George Porter 1997-ben a londoni Imperial College-ban (Hargittai István felvétele)

George Porter, Luddenham bárója¹ (1920–2002) Stainforthban született, Angliában. Fizikai kémikus volt, a kémiai reakciók lefolyásának módját tanulmányozta. Számptalan kitüntetéssel ismerték el a munkáját, és népszerű televíziós előadásai miatt is híressé vált. 1967-ben R. G. W. Norrishsal, korábbi cambridge-i mentorával kémiai Nobel-díjat kapott. Nekik a díj egyik, Manfred Eigennek a másik felét ítélték oda olyan rendkívül gyors kémiai reakciók tanulmányozásáért, amelyeket úgy idéztek elő, hogy az egyensúlyt igen rövid energiaimpulzusokkal zavarták meg. George Porterrel 1997 szeptemberében beszélgettünk dolgozószobájában, a londoni Imperial College-ban.

George Porter roppant lelkes tudomány-népszerűsítő volt. A Royal Institutionban, az egyik karácsonyi előadásán gyönyörűen megterített asztal állt a pódiumon. Miután háromszor elmondta a „Hiszek Isaac Newtonban” mondatot, úgy húzta le hirtelen mozdulattal az asztalterítőt, hogy közben minden érintetlen maradt az asztalon.

„Igen – így mutattam meg a tehetetlenség törvényét. Szeretnék hozzáfűzni valamit a történethez. Ezeket a karácsonyi előadásokat, az edinburghi herceg biztatására, a királyi család is megnézte a Buckingham-palotában. Újév napján a királynő, családjával és néhány más vendéggel együtt meghívott ebédre. Ann hercegnő is ott volt; kicsit fiús lány, mindig kedveltem őt. Tizenhét éves lehetett akkortájt. Azt mondta, »tetszettek a kísérletei, főleg az, amikor lecsupaszította az asztalt«. Éppen ebédelni mentünk, és amikor beléptünk a csodás ebédlőbe, ahol a

¹ *Candid Science I*, 476–487.

nagy, tizenkét személyes asztal csillogott az ezüstartól és az aranytól, Ann hercegnő megszólalt: »Rajta, most próbálja meg!«

Mint minden professzornak, nekem is beiktatási előadást kellett tartanom, amikor a Sheffieldi Egyetem professzora lettem. Rengeteget készültem rá, húsz-harminc látványos, érdekes kísérletet állítottam össze. Minden kitűnően sikerült, valaki még Sir Lawrence Braggnek is beszámolt róla. Abban az időben ő volt a Royal Institution igazgatója, s felkért, hogy háromszázötven iskolást szórakoztassak náluk. Aztán hagyományos előadást is tartottam, sok újságíró, televíziós nyüzsgött a teremben. Az előadás az entrópiáról szólt, »A rendetlenség törvényei« címet adtam neki. Akkor tartottam hat, egyenként egyórás előadást, amikor még csak egyetlen televíziós csatorna működött, és ezeket az előadásokat főműsoridőben közvetítették. Így kezdtem a tudománynépszerűsítést, amit rettenetesen élveztem.

– *Sikerült megszólítani a laikusokat?*

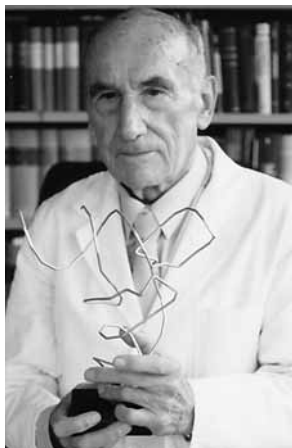
– Azt hiszem, igen. Emlékszem, egyszer késő éjjel érkeztem meg a londoni repülőtérre, egy nagy, üres, hangárszerű helyiségbe. Voltak ott más »porter«-ek is [a »porter« hordárt jelent], és az egyik nagydarab ember odakiáltott nekem: »Mi újság a termodinamikában?« Körülbelül kétszáz műsort készítettem, az 1960-as évek elején nagyon sokan ismertek. De a televíziós hírnév nem tart sokáig.

Ez még 1966 előtt történt, ekkor mentem át a Royal Institutionba, amelynek húsz évig maradtam az igazgatója. Nagy kutatócsoportom volt, és sok ismeretterjesztő előadást tartottam a felnőtt és a gyerek közönségnek azokról az elméletekről, amelyeket Davy és Faraday tettek híressé. Aztán 1985-ben a Royal Society elnöke lettem. Már elég idős voltam, amikor meghívtak ide, az Imperial College-ba, professzornak. Szép új laboratóriumom van. Most, 78 évesen, már gondolkozom a »korai nyugdíjazásom«-on. Ez nem jelenti azt, hogy abbahagyom a munkát, de nem várhatom el az Imperial College-tól, hogy örökké fizessen. Addig akarok dolgozni, ameddig csak tudok, de van egy pont, amikor az ember kicsit lelassul. A korombeliek általában már nem állnak elő nagyon szellemes vagy eredeti ötletekkel, de időnként hasznukat vehetik, ha fiatalabb kollégákkal dolgoznak.”²

² 480–482.

Vladimir Prelog

*Mindig nagyon elgondolkodtatnak az olykor
hihetetlen eseménysorok végzetes következményei.*



Vladimir Prelog¹ (1906–1998) Szarajevóban született, szerves kémikus volt. Osijeken (Eszéken) járt középiskolába. Később a Prágai Műszaki Egyetemen tanult; 1928-ban végzett, 1929-ben doktorált. 1935 és 1941 között a Zágrábi Egyetemen tanított. Aztán Zürichbe költözött, és élete végéig a Svájci Szövetségi Műszaki Egyetemen (ETH) dolgozott. 1975-ben John W. Cornforthszal megosztott kémiai Nobel-díjat kapott. Vladimir Prelogot a szerves molekulák és reakciók sztereokémiájának kutatásáért tüntették ki. 1995-ben beszélgettünk dolgozószozájában, az ETH-n.

Vladimir Prelog 1995-ben a Svájci Szövetségi Műszaki Egyetemen a transzfer RNS-molekula vázának aranyozott modelljével (*Hargittai István felvétele*). A modellt a molekula kristályszerkezetét meghatározó Alex Richtől, a Massachusettsi Műszaki Egyetem professzorától kapta ajándékba.

Prelog meleg szavakkal emlékezett meg tanáraitól és mentorairól. Az osijeki Ivan Kuriával, a prágai Rudolf Lukešsel és a zürichi Leopold Ruzickával személyes kapcsolatban állt. Robert Robinson a dolgozataival hatott rá. Sokat beszélt róluk, végül arra a következtetésre jutott, hogy szakmai fejlődésében Ruzicka játszotta a legfontosabb szerepet.

„Az oxfordi Robert Robinson a szó szokásos értelmében nem volt a tanárom, de rengeteget tanultam a cikkeiből. Később, amikor találkoztunk, kiderült, hogy ő sem nevezhető szokásosnak; nehéz ember volt. Ennek ellenére csodáltam. Hosszú éveken át az ő fényképe díszítette ezt a szobát, de körülbelül két hete kicseréltem Ruzicka portréjára, mert rájöttem, hogy Leopold sokkal jobban hatott rám, mint Sir Robert.

¹ *Candid Science I*, 138–147.

Miután a végzetes 1941 decemberében Zürichbe érkeztem, Ruzicka 5000 kilogramm vadkanhere lipofil kivonatának vizsgálatával bízott meg. Az anyagot a chicagói Wilson Laboratóriumoktól szerezte be (a híres vágóhidak tőszomszédságából). Azt remélte, hogy biológiai szempontból érdekes vegyületeket izolálhatunk. Munkám eredménye azonban csalódást keltett. Egy pézsmaillatú anyag jelentett csak kivételt, amelyből nem sok keletkezett a műveletek során. Meghatároztam a szerkezetét: 3-hidroxi-16-androsztén volt. Ruzickát érdekelte az anyag, mert ennek a policiklusos szteroidnak a szerkezete hasonló a monociklusos pézsmaillatú vegyület, a civeton szerkezetéhez, amelyet tudományos pályafutása elején vizsgált. Később a vegyület egyéb okokból is érdekessé vált. Mások szarvasgombából vonták ki. Már az ókorban is kóccakkal kerestették a szarvasgombát a föld alatt, ahol ez a különleges gomba nő. Az állatok a szagáról ismerik fel. Végül a férfiak verejtékében is kimutatták a vegyületet; hím emlősferomonnak tekintik. Ma a sertés-tenyésztésben és az illatszergyártásban alkalmazzák.

Nem sokkal a háború után Ruzicka nagyon megváltozott. Évekig nem is törődött a kémiával; leginkább holland festményeket gyűjtött. Akkor vált műgyűjtővé, bár eleinte csak szerény mértékben, amikor rövid ideig az Utrechti Egyetem kémiaprofesszora volt. A háború után már sok képet tudott vásárolni – amit a kémiának köszönhetett. A háború alatt a Ciba cég nagy mennyiségű tesztoszteront állított elő az Egyesült Államokban Ruzicka módszerével. A szabadalmi díj néhány millió frankra rúgott, amit az amerikaiak nem akartak Svájcba küldeni, mert féltek, hogy a németek elfoglalják az országot. A háború után átutalták a pénzt, de addigra túlnyomó része adókötelessé vált. Ezért Ruzicka adómentesen egy alapítványnak adományozta az összeget: így hozhatta létre a holland festményekből álló gyűjteményét, amelyet a zürichi Kunsthausban állított ki. A festményvásárlásra koncentrált, idejét többnyire svájci és külföldi aukciókon töltötte, főleg Angliába járt. Már nem volt olyan csodálatos példakép, akit követni akartam.

Sok történet maradt fenn életének ebből a szakaszából, de talán a legkülönösebbet szeretném csak elmesélni. Az Angliában vásárolt legértékesebb festmény IV. Fülöp spanyol király portréja volt, Rubens alkotása. A kép kiviteléhez a londoni National Gallery engedélyére volt szükség, mert a múzeum élhetett az értékes műtárgyak vásárlására kapott előjogával – így maradhattak a műkincsek Angliában. Az engedély megszerzése után Ruzicka Londonba ment, hogy mindent elrendezzen. Ott-tartózkodása alatt barátja, Sir Ian Heilbron meghívta vacsorára, ahol találkozott a National Gallery igazgatójával. Szóba került a frissen

kiadott engedély. Az igazgató megemlítette, hogy a kép nagyon rossz állapotban van, és gondos tisztításra szorul. Felajánlotta szakemberei segítségét, amit Ruzicka hálásan elfogadott. Még az árban is megállapodtak. A tisztítás után a szakemberek különlegesen szépnek találták a festményt, és a National Gallery visszavonta a kiviteli engedélyt. Ruzicka szörnyű dühös lett, de tudta, hogy amíg a festmény Angliában van, addig az ő tulajdonában maradhat, bár nem hozhatja ki. Így az akkor hétszázötvenezer svájci frankot érő portrét kölcsönadta a londoni svájci nagykövetségnek. A festmény egészen addig ott maradt, amíg a diplomaták el nem intézték, hogy Svájcba kerüljön. A zürichi Ruzicka-gyűjteményben állították ki, de 1985-ben egy nyilvánvalóan frusztrált és elmebeteg müncheni fiatalember gyúlékony folyadékot öntött a képre a Kunsthausban, és a festmény hamuvá égett. Ha Ruzicka nem lett volna olyan sikeres mindenben, amibe belefogott, a Rubens-remekművet még ma is megcsodálhatnánk Londonban.

Ebből a beszélgetésből is érezheti, hogy mindig nagyon elgondolkodtatnak az olykor hihetetlen eseménysorok végzetes következményei.”²

² 144–147.

F. Sherwood Rowland

Azokat az embereket, akiket igyekszem meggyőzni, egyáltalán nem érdekli, mit mond a Meteorológiai Világszervezet.



F. Sherwood Rowland 1996-ban a Kaliforniai Egyetemen, Irvine-ban *(Hargittai István felvétele)*

F. Sherwood Rowland¹ (1927–2012) az Ohio állambeli Delaware-ben született, és helyben, az Ohiói Wesleyan Egyetemen tanult. A második világháború idején a katonai szolgálat miatt meg kellett szakítania tanulmányait; 1948-ban szerzett diplomát. A Chicagói Egyetemen tanult tovább, ahol különleges fizika- és kémiaprofesszori voltak. 1952-ben szerzett PhD-fokozatot. A Princetoni Egyetemen kezdte pályafutását, aztán a Kansasi Egyetemen, 1964-től élete végéig pedig a Kaliforniai Egyetemen, Irvine-ban dolgozott.

Ezt a kutatói pályát nagyszerű eredmények fémjelzik; közülük is kiemelkedik

Sherwood Rowland és posztdoktor hallgatója, Mario Molina felfedezése, amely megmutatta, hogy a klór-fluor-szénhidrogének (CFC) hatására elvékonyodik az ózonréteg. A felfedezéstől hosszú út vezetett az eredmények elfogadtatásáig és a kémiai Nobel-díjig. 1995-ben Rowland és Molina Paul Crutzennel osztozott az elismerésen, amelyet légkörkémiai kutatásaikért, elsősorban az ózon képződésének és bomlásának tanulmányozásáért kaptak. Talán ennél is nagyobb sikerként könyvelték el, hogy 1987-ben aláírták a „*Montréali jegyzőkönyv* az ózonréteget lebontó anyagokról” nevű megállapodást, amelyet 2009 őszére az ENSZ összes tagállama ratifikált.

Sherwood Rowlanddal 1996-ban beszélgettünk dolgozószobájában, a Kaliforniai Egyetemen.

Megkérdeztük, hogy – véleménye szerint – felfedezésük tudományos jelentőségén kívül a politika is szerepet játszhatott-e Nobel-díjukban.

„Azt hiszem, a tudománypolitika megjelenik benne, de nem gondolom, hogy a díj odaítélését tudományon kívüli politikai okok is befolyásolták. Az a kérdés kezdettől fogva felvetődött, hogy ez a fajta munka kémiai

¹ *Candid Science I*, 448–465.

alapkutatás-e, vagy inkább a földtudományok, a meteorológia körébe tartozik. Mi mindig kémiának tekintettük, de 1974-től 1988-ig nem sok kémia tanszék kért fel előadásra. Mások viszont igen, például a toxikológusok, a geológusok, a fizikusok. Ennek részben az az oka, hogy az egyetemek kémia tanszékein sokan úgy gondolták, hogy ez nem kémiai kutatás, hanem inkább egyfajta alkalmazás, mert a laboratóriumon kívüli világhoz kötődik. Azt sem szabad elfelejtenünk, hogy az 1920-as évektől a kémia egyre fontosabb ipari tényezővé vált, és 1988-ig kifejezetten szemben álltunk néhány fontos vegyipari céggel, például a DuPont és az Allied vállalattal. 1974 körül az egyesült államokbeli CFC-termelés kétharmadát aeroszolsprayben alkalmazták vivőgázként. Akkor a világ összes CFC-jének nagyjából a felét az Egyesült Államokban használták fel, és az aeroszolos palackokba többnyire klór-fluorszénhidrogén vivőgáz került. Szénhidrogéneket is használtak, de az aeroszolipar körülbelül 80 százaléka azonnal lecsapott a CFC-re, és agresszíven védte az érdekeit. Az amerikai westernfilmekben a jó cowboyok mindig fehér kalapot viselnek, a rossz fiúk mindig feketét, ezért a kisgyerekek is tudják, kinek kell drukkolni. Nekünk a feketénél is feketébb kalapunk volt. Molinával havonta elolvastuk a lapjukat, az *Aerosol Age-et (Aeroszol Kor)*, hogy lássuk, mit találtak ki megint rólunk. Odáig is elmerészkedtek például, hogy közöltek egy interjút valakivel, aki szerint mi a KGB ügynökei vagyunk, és szét akarjuk zilálni az amerikai ipart.”²

Még a Nobel-díj után sem nyugodtak meg egészen a kedélyek. Most azt idézzük fel, mit válaszolt Sherwood Rowland a következő kérdésre: A sok nehézség, a kezdeti hitetlenkedés, sőt, vádaskodás után most végre elnyerte a Nobel-díjat. Mámorító érzés?

„Nyilván minden kutató örömmámorban úszik, ha Nobel-díjat kap. Nem mondanám, hogy ez volt a cél, az ember inkább úgy érzi, hogy ha valóban fontos eredményt ért el, akkor megjöhet ez az elismerés. Azt hinnénk, a svédok döntése hallatán néhányan elhiszik, hogy jó dolgot csináltunk. A döntő többség valóban így reagált. Most azonban az ellenkezőjét látjuk az Egyesült Államokban, de főként a szakmai körökön kívül. 1990-től észlelhető a negatív megítélés. Néhány államban éppen most vezetik be a CFC-k használatát engedélyező törvényeket. A jobboldal rögtön azzal jött elő a Nobel-díj odaítélésekor, hogy a svédok biz-

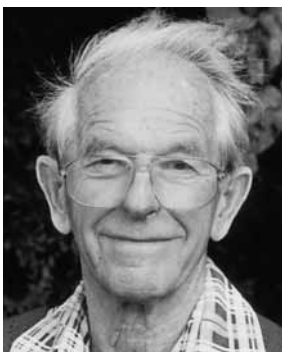
² 462.

tosan bajban vannak, ha ennyire ráül mindenre a környezetpolitika. Tehát azonnal kijelentették, hogy a svédek jó nagyot hibáztak, mert biztosan súlyos politikai gondokkal küzdenek. Körülbelül egy évvel ezelőtt megkérdezett a Környezetvédelmi Hivatal (EPA) egyik munkatársa, hogy írtam-e valamit mostanában. Azt mondtam, nem, de a Meteorológiai Világszervezet (WMO) és a NASA legutolsó kiadványa részletes információt tartalmaz. Erre azt válaszolta, hogy azokat az embereket, akiket igyekszem meggyőzni, egyáltalán nem érdekli, mit mond a Meteorológiai Világszervezet, mert a WMO az ENSZ-hez tartozik, és ebben is az nyilvánul meg, szerintük, hogy az ENSZ dirigál az amerikai kormánynak. Szóval, nagyon érdekes korban élünk.”³

³ 465.

Frederick Sanger

*A legtöbb eredményünk
más kutatók friss eredményeire épült.*



Frederick Sanger¹ (1918–2013) Redcombban született, Angliában. Pályafutása mindvégig Cambridge-hez kötődött. Legfontosabb kutatási eredményei azok az eljárások, amelyeket a fehérjék és az aminosavak szekvenálására dolgozott ki. Mindkét munkájáért kémiai Nobel-díjat kapott, az elsőt 1958-ban, a másodikat 1980-ban. 1997-ben beszélgettünk Cambridge-ben.

Frederick Sanger 1997-ben Cambridge-ben (Hargittai István felvétele)

Még elképzelni is nehéz, hogyan választja ki valaki azokat a kutatókat, amelyek ekkora felfedezésekhez vezetnek. Lehet, hogy Frederick Sanger csak nekifogott ennek a két nagy feladatnak, és megoldotta őket?

„Nem egészen. Lépésenként haladtam előre. A PhD-disszertációmát Albert Neubergerrel írtam a fehérje-anyagcseréről. Eközben sok mindent megtudtam a fehérjekémiáról. Véletlenül indult fehérjékkel a pályám. 1943-ban A. C. Chibnall professzornál kaptam állást, aki akkor került Cambridge-ben a biokémiai tanszék élére. Azt javasolta, próbáljam megvizsgálni az inzulin végcsoportjait, vagyis egy polipeptidláncvégi aminosavait. Chibnall azt akarta tudni, hány aminosav van a fehérjékben. Abban az időben még fogalmunk sem volt a szekvenálásról. Próbálkoztak ugyan már vele, de nem sok sikerrel.

Azt hiszem, azért esett a választás az inzulinra, mert fehérje, és valószínűleg egyedül azt lehetett megvásárolni tiszta formában. Chibnall azelőtt hosszan elemezte az inzulint. Nagyon érdekes volt, hogy ez a

¹ Hargittai, I. (Ed. Hargittai, M.), *Candid Science II: Conversations with Famous Biomedical Scientists*, London, Imperial College Press, 2002, 72–83.

molekula sok szabad aminosav-csoportot tartalmaz. Tehát azt a feladatot adta, hogy próbáljam meg azonosítani ezeket az aminocsoportokat. Sikerült általános módszert kidolgoznom a szabad aminocsoportok vizsgálatára. Ez a DNP-módszer nevet kapta (DNP = dinitrofenil). Színes reagenst kapcsoltunk a láncvégi szabad aminocsoportra, aztán hidrolizáltuk a fehérjét, és megnéztük, miből áll a DNP-aminosav. A DNP stabilan kötődött az aminosavhoz. A lánc peptidkötéseit savval hasítottuk el – ezután már azonosíthattuk a végcsoportokat. Ehhez azonban szükség volt A. J. P. Martin és R. L. M. Syngé korszakalkotó munkájára, a megoszlásos kromatográfia felfedezésére. Ezt a módszert használtam a DNP-aminosavak szétválasztására. Martin és Syngé hozott engem helyzetbe. Nagyon hatékony frakcionálási eljárást találtak ki. Azelőtt kristályosítással és desztillálással választották szét az aminosavakat.

Látják, nem a szekvenálást tűztem ki célul, hanem csak a végcsoportot akartam meghatározni, de általános módszert dolgoztam ki a fehérjékre. Így derült ki, hogy az inzulin két láncból áll. Az egyiknek fenilalanin kerül a végére, a másiknak glicin. Sajnos, a DNP-glicin nagyon instabil volt. Teljes hidrolízis esetén kevés DNP-glicint kaptunk, mert lebomlott, ezért csökkentenünk kellett a hidrolízis idejét. Ekkor viszont sok más vegyületet is kaptunk. Ezekről kiderült, hogy DNP-peptidek. Megnéztük őket, és rájöttünk, hogy információt adhatnak a szekvenciáról. Némi munkával meg tudtuk állapítani két, négy-öt aminosavból álló darabka szekvenciáját. Ezek voltak az első, fehérjében meghatározott szekvenciák. Felismertük tehát az inzulin két láncát, és ezeket külön tudtuk választani. A következő lépésben meghatároztuk a harminc aminosav hosszú fenilalaninlánc teljes szekvenciáját: kis darabokra hasítottuk, frakcionáltuk őket, aztán megvizsgáltuk a szerkezetüket. Most



2000-ben Frederick Sanger kertjében Hargittai Istvánnal (*Hargittai Magdolna felvétele*)

is Martin és kollégáinak munkájára támaszkodtunk, a továbbfejlesztett megoszlásos kromatográfiára. Ez papírkromatográfia volt, amelynek segítségével két dimenzióban, egy papírlapon választhatunk szét aminosavakat vagy fehérjéket. Végül össze tudtuk rakni a darabokat és meghatároztuk a teljes szekvenciát. Martin és Syge ekkortájt Leedsben dolgozott, Chibnall jól ismerte őket. Martin zsenialitása kellett ezekhez a fejlesztésekhez. Ő fedezte fel a megoszlásos kromatográfiát, aztán a gázkromatográfiát. Hihetetlenül inspiráló személyiség volt. Konferenciákon találkoztam vele, és mindig előállt valami újdonsággal.

A munkánkból alaposan kivette a részét egy posztdoktor, Hans Tuppy, aki Ausztriából érkezett hozzánk a háború után. Ő dolgozott a fenilalaninláncon, én meg a glicinen. Nagy teherbírású, szorgalmas fiú volt, és előbb készült el a fenilalaninlánc szekvenciájával, mint én a glicinével. Ezután hazatért Bécsbe, és később magas posztokat töltött be a tudományos életben.

– *Negyvenéves volt, amikor az inzulinos munkáért 1958-ban elnyerte a Nobel-díjat. Aztán másik nagy kutatásba fogott. Ez nagyon ritka.*

– Sok Nobel-díjas komoly vezetői, oktatói pozíciót vállal, vagy valami másba kezd. Én nem tanítok nagyon jól, és azt hiszem, a vezetést se nekem találták ki. Ezeket nem élveztem volna annyira, mint a kutatást. Erre pedig megvolt a lehetőségem: Nobel-díj, biztos állás, jó munkakörülmények. Könnyen kaptam diákokat, elsősorban posztgraduális hallgatókat, akik már értettek a szakmához, ezért nagyon sokat segítettek a kutatásban. Most már többé-kevésbé azzal foglalkozhattam, amivel akartam, és ez a kutatás volt.

Eleinte a fehérjevizsgálatokat folytattam. 1958-ban tulajdonképpen még semmit sem tudtunk a nukleinsavak szekvenálásáról. Ez két okból sem látszott könnyű feladatnak. Egyrészt ezek a molekulák nagyon nagyok, másrészt csak négy komponens tartalmaznak. Egy négy komponensből álló szekvenciát sokkal nehezebb meghatározni, mint egy húszkomponensűt. Kezdetben reménytelennek láttam a feladatot, de tudtam, hogy nagyon fontos. Mivel a DNS-szekvenálás lehetetlennek tűnt, az RNS-en kezdtem gondolkodni. A transzfer RNS kicsi, körülbelül hetven-nyolcvan nukleotidból áll. 1965 körül láttam munkához.

A Gordon-konferenciákra gyakran elmentem New Englandbe. Mindig rendeztek egyet a fehérjékről és a nukleinsavakról. A nukleinsavas előadásokat untam, inkább csak a fehérjeszekciókra jártam. Néhány nukleinsavas előadásból azonban fokozatosan ragadt rám valami, és kezdett érdekelni a dolog.

A szekvenáláshoz először is kellett egy darabka RNS. Bob Holley és munkatársai tették meg az első nagy lépést. Tiszta transzfer RNS-t tudtak izolálni, és a fehérjékre kidolgozott módszerrel szekvenálták. Ebben tehát megelőztek.

Ezután kétdimenziós módszert fejlesztettünk ki a kis RNS-töredékek frakcionálására, ami nagyon sikeresnek bizonyult. Elektroforézissel kombináltuk az ioncserés kromatográfiát. Ezzel a módszerrel tanulmányoztunk egy százhusz nukleotidos RNS-t, és George Brownlee, a PhD-hallgatóm megoldotta a szekvenálását. Addig, körülbelül 1965-ig, senki sem boldogult még ekkora rendszerrel. Kidolgoztunk néhány új eljárást a termékek szekvenálására, és ezzel megérkeztünk a nukleinsavak világába.”²

² 76–80.

Glenn T. Seaborg

A kémia biológiai tudományokban betöltött szerepe meghatározhatja a jövőnket.



Glenn T. Seaborg Hargittai Istvánnal 1994-ben Anaheimben *(ismeretlen fotós felvétele)*

Glenn T. Seaborg¹ (1912–1999) a Michigan állambeli Ishpemingben született. Kutatásai jórészt a Kaliforniai Egyetemen, Berkeley-ben és a Lawrence Livermore Nemzeti Laboratóriumban folytak. Pályája legelején Gilbert N. Lewis személyes asszisztense volt. Lewisra egész életében nagy tisztelettel emlékezett. 1951-ben Glenn Seaborgot és Edwin M. McMillant tüntették ki kémiai Nobel-díjjal. Seaborg fogalmazta meg a nehéz elemek elektronszerkezetére vonatkozó aktinoidelméletet, amely helyesen jószolta meg az aktinoidák helyét a pe-

riódusos rendszerben. Seaborg számos új elem és izotóp felfedezésében vett részt. A 106-os elemet róla nevezték el seaborgiumnak (Sg). 1995-ben beszélgettünk Anaheimben. Az interjút 1998-ban, nem sokkal Seaborg halála előtt kiegészítettük. A következő idézetek ebből az 1998-as kiegészítésből származnak.

Jóslatok a 21. század kémiájára

„Nagy fejlődés várható az életfolyamatok kémiájában – a biokémiában, a molekulabiológiában és azokon a rokon területeken, amelyek a fehérjék, az enzimek, a nukleinsavak és más makromolekulák tanulmányozásához kapcsolódnak. A molekuláris és sejtszintű kémiai és biológiai kutatások – a rendkívül nagy hatékonyságú számítógépek segítségével – megfejtik majd az élet eredetét, és talán az élet mesterséges teremtését is elősegítik. A biokémiai genetika révén hatékonyan beavatkozhatunk majd a genetikai kódba, és ha jó célra használjuk a tudásunkat (ami nagy kihívás elé állítja a szakembereket), csökkennek vagy el is tűnnek a genetikai hibák.

¹ *Candid Science III*, 2–17.

Az immunkémia, a számítógépes molekuláris medicina és a kemoterápia elvezet a nagy betegségek – köztük az idegrendszeri betegségek – enyhítéséhez, kezeléséhez, gyógyításához vagy megelőzéséhez és az öregedési folyamat lassításához. Megismerjük az ideghálózat és az agy szerkezetét, mechanizmusát, működését, s a neurokémia, valamint a neuroanatómia, a neuropszichológia, a bioinformatika és a kísérleti pszichológia rokon területeinek segítségével szabályozhatjuk majd a memóriánkat. A biomérnöki fejlesztések eredményeként megszületnek a beültethető (mikroszámítógéppel működő) mesterséges szívek, vesék, szemek (azok az eszközök, amelyekkel a vakok »láthatnak«), fülek (azok az eszközök, amelyekkel a süketek »hallhatnak«) és más testrészek, szervek.

Az orvostudomány forradalmi változást élt meg századunk közepén, amikor lehetővé vált néhány fertőző betegség antibiotikus gyógyítása. Most újra forradalmi szakaszba lépett az orvostudomány, ami a molekulabiológia alkalmazásainak köszönhető – a molekuláris térképek szerkesztésének, a klónozásnak és az emberi gének tanulmányozásának, ami elvezet a szervezet működésének molekuláris szintű megismeréséhez. Mindez onnan indult, hogy James Watson és Francis Crick az 1950-es években felderítette a DNS szerkezetét. Az eredmény pedig a génterápia, a molekulabiológiából eredő egyik legizgalmasabb terület lesz. Az első sikeres emlős génterápiáról 1984-ben számoltak be: a kutatók az egyik növekedési hormon génjét bejuttatták egy megtermékenyített egérpetesejtbe, hogy pótolják a növekedési hormon genetikai hiányát. A rekombináns DNS-technológia ereje abban rejlik, hogy végre szinte bármelyik fehérje tetszőleges mennyiségét előállíthatjuk a segítségével, és új gyógyszereket fejleszthetünk ki.

Többéves multidiszciplináris kísérleti programot indítottunk a humán genom szekvenciájának meghatározására, rendszerezésére, hogy megismerjük azt a teljes utasításkészletet, amely egy élő szervezet fejlődését irányítja. A tervezett szekvenáláshoz és rendszerezéshez a referenciaként szolgáló humán genom körülbelül hárommilliárd bázisának koordinált feldolgozása szükséges. A humán genom jobb megismerése után pedig óriási fejlődés következik be az emberi betegségek diagnosztizálásában és kezelésében.

Nagy biológiai potenciál rejlik a monoklonális antitestekben is. Ezek fehérjemolekulák, amelyeket idegen anyag, például vírus hatására termelnek a fehérvérsejtek, és amelyek kitűnően használhatók a fertőző betegségek diagnosztizálásában. Ez az eljárás, a bonyolult számítógépes

rendszerek segítségével, a mainál sokkal gyorsabb diagnózist tesz lehetővé, így a terápiát is korábban kiválaszthatjuk.

A megfelelően támogatott kémiai kutatás – még (a remélhetőleg kisebb ütemben) növekvő népesség esetén is – hozzájárul az energia- és élelmezési gondok, a szűkülő ásványianyag-források problémájának megoldásához. A korlátlanul rendelkezésünkre álló napenergia felhasználására új eljárásokat kell felfedeznünk – ilyen lehet például az elektromos energiát szolgáltató közvetlen katalitikus átalakítás, a hidrogént termelő vízbontás vagy a növények és a hulladékok széles körű bioátalakítása. A vegyészek fokozzák majd az új ásványi források kiaknázásának hatékonyságát, az anyagtudósok pedig helyettesítő anyagokat szintetizálnak a nagyobb mennyiségben rendelkezésre álló nyersanyagokból.

A kémikusok új vegyületek milliót készítenek el a gyakorlati alkalmazások széles spektrumának követelményeihez igazodva. A magkémikusok új kémiai elemeket állítanak elő, remélhetőleg a szupernehéz elemeknek abban a tartományában, amely az előrejelzések szerint a »stabilitás szigeté«-hez tartozik.

Csak néhány olyan területet soroltam fel, amelyen haladás várható a kémiában, és a gyakorlati alkalmazásokat emeltem ki. Az elméleti kémia fejlődése óriási méreteket ölt majd – meg sem kísérem, hogy jóslásokba bocsátkozzam.”²

Gondolatok a jövőről

„Fontos tényező, s ez már átlépi a kémiatudomány határait, hogy a közvélemény új módon ítéli majd meg az alapkutatást és általában a tudományt: nagyobb jelentőséget kap az etika és az emberi értékek mérlegelése. Általában nem azon lesz a hangsúly, hogy érdemes-e foglalkozni egy kérdéssel, hanem azon, hogy egy kutatás potenciálisan káros hatása nem múlja-e fölül a hasznát – vagyis elindítsák-e egyáltalán az adott kutatást vagy projektet. Ez a hozzáállás befolyásolja az energiaforrások kiaknázását és az energiaipart, a biológiai kutatást, a repülőipart, de a társadalomtudományok és az oktatás fejlődését is. Egyre jobban éreztetni majd a hatását a tudománytámogatásban és a kutatásban. Azt hiszem, sok kutató már tisztában van ezzel.

² 13–15.

A többi változáshoz hasonlóan ennek is lesznek jó és rossz oldalai. Az a legfontosabb, hogy a tudomány mindenekelőtt a társadalom érdekeit szolgálja, és járuljon hozzá az emberi értékek kiteljesedéséhez. Hiszek abban, hogy a tudóstársadalom az esetek túlnyomó többségében nagyon felelősen cselekszik, és teljesíti ezeket az elvárásokat. Számos területen, például a genetikai kísérletekben, a légkörkutatásban, a vegyszerek emberi egészségre és környezetre gyakorolt hatásának vizsgálatában már az ember védelme a legfontosabb szempont.

De észre kell venni, hogy az általánosan elismert értékeken és etikai normákon kívül olyan értékek is léteznek, amelyeket sokkal inkább az ízlés, a szokás vagy bizonyos életfelfogású emberek és csoportok kulturális eredetű meggyőződése határoz meg. Egy demokratikus társadalomban – különösen ott, ahol egyre gyakoribbak az alulról szerveződő mozgalmak – sok konfliktus keletkezik emiatt. És mivel a tudomány és a technika egyre inkább befolyásolja az élet minden területét, biztosan számos konfliktus tárgya lesz. Ekkor pedig elemi szükségé válnak, hogy megállapítsunk néhány olyan általános irányelvet és értéket, amellyel a tudományt és a technikát – egyfajta konszenzusos értékskálát használva – a legmesszebbmenően az ember javára fordíthatjuk. Úgy gondolom, így kerülhetjük el annak a bénító hatását, hogy esetről esetre mindent értékelnünk kell, amit teszünk. Ez nem jelenti azt, hogy nincs szükség az egyes elgondolások műszaki értékelésére és haszon/kockázat vizsgálatára. Azt sem jelenti, hogy a tudósoknak ne kellene mélységes felelősséggel viseltetniük az iránt, hogy a társadalmat megvédjék a kutatás lehetséges hibáitól és eredményeinek inadekvát alkalmazásától. De azt is jelenti, hogy meg kell akadályoznunk »a helyi érdekek zsarnoki uralmát«, ha a tudomány fejlődésének köszönhetően az általános jólét felé haladunk.

Talán úgy összegezhethetném a gondolataimat, hogy két általános törekvés befolyásolja a kémia, illetve általában a tudomány és a technika jövőbeli alakulását: azoknak a – fizikai, környezeti és társadalmi – határoknak a megvonása, amelyeken belül kifejthetjük a tevékenységünket; és annak a tudástőkének a megteremtése, amelynek birtokában elboldogulunk a kijelölt térben. Ezzel a tudástőkével – az alap kutatás termékével –, amelyre nagyon erősen támaszkodtunk a közelmúltban, és amelyet új elemekkel kell kiegészítenünk, talán kompenzálhatjuk valamelyest a csökkenő fizikai vagyont és az erőforrások növekvő költségét.

Végül néhány általános gondolat: az a kémiai – és általában tudományos – siker, amelyet az utóbbi [huszadik] évszázadban és különösen az utolsó néhány évtizedben elértünk, nagy anyagi bőséghez juttatott ben-

nünket, de sok új problémát is keltett a világban. Ez a siker azt az érzetet kelti sokakban, hogy a tudománynak utópikus, probléma- és kockázatmentes társadalom felé kell bennünket vezetnie. Ez téves elképzelés. Dinamikus környezetben élünk, és mindig abban élünk majd – olyan problémák között, amelyek megoldása új problémákat szül, és olyan társadalomban, amelyben a haladást előidéző ugrások arányosak lesznek a vállalandó kockázattal. Még egy »stacionárius társadalom«, egy »nem növekvő társadalom« vagy bármely más populáció–erőforrás–energia egyensúlyi rendszer korlátai között is örökké lesz olyan változás és alkotásra alkalmas tér, amely inspirálja az emberi intellektust. Mindig lesz veszély, kockázat és növekvő felelősség, ami a kiválóság új szintje felé hajt bennünket mindenben, amit teszünk vagy amire törekszünk. Így működik az emberi evolúció folyamata, amely az ember felemelkedésével kezdődött, és még folytatódik egy ideig.”³

³ 15–17.

Nyikolaj Ny. Szemjonov

(1965-ös jóslat a tudomány fejlődéséről)

Az egyik, [...] hogy fel kell tární a temérdek elemi részecske közötti belső összefüggéseket. Ennek alapján megismerjük az anyag elemi szintű szerveződését. A másik irány a magasabb rendűen szervezett anyag vizsgálata, [...] és a sor végén a legszervezettebb, az élő anyag áll.



Nyikolaj Ny. Szemjonov (középen ül) és munkatársai 1930 körül a leningrádi Kémiai Fizikai Intézetben. Szemjonov jobbján Viktor Kondratyev, a balján Julij Hariton, Hariton balján Alekszandr Salnyikov – később mindannyian a Szovjet Tudományos Akadémia nemzetközi híru tagjai (*Alekszej Szemjonov, Szemjonov és Hariton unokája szívességéből*)

Nyikolaj Ny. Szemjonov¹ (1896–1986) fizikus volt, a kémiai fizika egyik megalapítója, aki fizikai összefüggéseket használt a kémiai jelenségek értelmezésére. Munkatársai kísérleti eredményei alapján felfedezte az elágazó kémiai láncreakciókat. Ez néhány évvel megelőzte annak a rendkívül fontos elágazó nukleáris láncreakciónak a felfedezését, amely az atombomba kiindulópontja lett. Szemjonov Szentpétervárott/Petrográdban/Leningrádban tanult (ugyanaz a város, ma ismét Szentpétervárnak nevezik). Pályája folyamán tudományos kutatóbirodalmat épített fel a Szovjetunióban. 1956-ban kémiai Nobel-díjat kapott az elágazó kémiai láncreakciók felfedezéséért. 1965-ben beszélgettünk Budapesten.

¹ *Candid Science I*, 466–475.

Megkérdeztük, hogyan támadt fel tudományos érdeklődése, és hogyan kezdődött a tudományos kutatás az 1920-as években, a fiatal szovjet államban.

„Fel kell frissíteni az emlékeimet, hogy válaszolhassak erre a kérdésre. Gyerekkoromban elkaptam a tifuszt, és elég sokáig nem járhattam iskolába. Mivel nem akartam lemaradni, sok könyvet olvastam. A kémia-könyvek voltak a kedvenceim. Amikor meggyógyultam, elmentem a legközelebbi patikába, és minden vegyszert megvettem, amit csak lehetett, aztán kísérletezni kezdtem. Azon csodálkoztam a legjobban, hogy a nátrium – egy gyúlékony, képlékeny fém – és a klór – egy rendkívül hevesen reagáló gáz – ártalmatlan konyhasót alkot. Ezt ellenőriztem is: fogtam egy darab nátriumot, elégettem klórgázban, és a keletkező anyagot átkristályosítottam. Fehér port kaptam, amit rászórtam egy nagy szelet kenyérrre. Tényleg konyhasó volt, soha életemben nem ettem ilyen finomat. Nem tudhattam, hogy éppen a tudomány egyik alapvető és akkor még megoldatlan problémáját feszegetem. Jó pár év múlva sikerült csak megoldani, az elektronelmélet és az atomok molekulán belüli elrendeződésének ismeretében.

Egyre jobban érdekelt a kémia, mígnem azt olvastam egy könyvben, hogy a kémia jövője a fizikán múlik, és a jó kémikusnak előbb alaposan meg kell tanulnia a fizikát. Én pedig nagyon jó kémikus akartam lenni, ezért matematika és fizika szakra jelentkeztem az egyetemen. [Abram] Joffe akadémikus egyszerűen lenyűgözött, és másodéves koromban elkezdtem nála dolgozni. Az elektron-molekula ütközéseket tanulmányoztuk. Borzasztóan felvillanyozott bennünket Niels Bohr új elmélete, amely rengeteg jelenséget megmagyarázott.

Amint megszereztem a diplomámat, Joffe asszisztense lettem. Eközben óriási változások zajlottak az országunkban. Forradalom tört ki, utána jött a polgárháború és a külföldi intervenció. Sokan úgy gondolták, hogy ilyen körülmények között le fogják állítani a tudományos kutatást. De Lenin előrelátása miatt jobb sors várt a tudományra. Lenin összegyűjtötte az országban elszórtan dolgozó tudósokat, megteremtette a független munka feltételeit, s a külföldi monográfiák és folyóiratok megrendeléséhez szükséges összeget is biztosította.

Ezt valóban hőskorszaknak nevezhetjük. Elszegényedett, megkínzott és felszabadított népünk tudomány iránti szomjúsága megható és lélekemelő volt. Az ország legtávolabbi sarkaiból is kaptunk leveleket. Ha valaki olvasott vagy csinált valami érdekeset, azonnal tudatta velünk. A tudományos intézetek gyakran maguk is az emberekhez fordultak,

hogy új munkatársakat toborozzanak. Bár alig tudtunk fizetni, tömegek áramlottak hozzánk. Csak egyetlen példát szeretnék említeni: [Nyikolaj] Csirkov, aki ma professzor, az állattenyésztést hagyta ott a tudományért – és nem ő volt az egyetlen. Mindenki szívesen részt vett az új tudomány megteremtésében, még úgy is, hogy kenyéren és vízen kellett élnie. Igaz viszont, hogy a fiatal kutatók nagyobb függetlenséget élveztek, mint mostanában. De mindannyian fiatalok voltunk. Joffe, a legidősebb sem töltötte még be a negyvenet.

1920-ban bíztak meg egy független laboratórium vezetésével, és már a harmincas évek elejétől hatvan munkatársat irányítottam. Lélegzetelállító haladást tapasztaltunk, gomba módra szaporodtak az új intézetek. Közéjük tartozott például Pavlov fiziológiai, Joffe fizikai intézete, a radiofizikát, radioaktivitást kutató intézetek. A műszaki fizikai intézet is nagyon erős volt; ennek a fizikai kémiai osztályát vezettem. A külföld furcsán reagált. Jó ideig nem értékelték az országunkban folyó munkát. Csak a látványos eredményekkel, az atombombával, az atomerőművel, az első szputnyikkal nyertük el az elismerésüket.

Hosszú, nagyon hosszú út vezetett azonban idáig. Az 1920-as években Anglia és Németország számított tudományos nagyhatalomnak. A mi akkori szovjet tudományunkat, sok kiváló tudósunk dacára, bizonyos fokig provinciálisnak kell tekintenünk. Az amerikai tudomány is hasonló cipőben járt. Ma a szovjet és az amerikai tudomány az első. Nem kicsinyeljük le az amerikai eredményeket, de az ottani fejlődést kétségtelenül jelentősen felgyorsította a kiváló európai tudósok beáramlása. Mi viszont magunkra voltunk utalva, és azt hiszem, rendkívül sikeresen oldottuk meg a feladatunkat.”²

² 468–469.

Frank H. Westheimer

*Valószínűleg James Bryant Conant
[hatott rá a leginkább a pályáján].*



Jeanne és Frank H. Westheimer 1995-ben a New Hampshire állambeli Owl's Head on Squam Lake-en (Hargittai István felvétele)

Frank H. Westheimer¹ (1912–2007) a számítási kémia egyik ága, a nagyon gyakran alkalmazott molekula-mechanika úttörője. Fizikai kémikus volt, aztán fizikai szerves kémikus, végül biokémikus lett. A Chicagói Egyetemen kezdte meg kutatásait. A második világháború idején részt vett az egyetemen folyó metallurgiai programban, amely az atombomba előállítását szolgálta. Később fényes tudományos karriert futott be a Harvard Egyetemen. Az 1960-as években ő volt az Amerikai Nemzeti Tudományos Akadémia egyik bizottsága, a később róla elnevezett Westheimer Bizottság elnöke, amely kidolgozta, milyen célokot kell követnie a kémia művelőinek az ország érdekében. 1995-ben beszélgettünk a Westheimer család nyaralójában, Owl's Head on Squam Lake-ben (New Hampshire állam).

Az interjú során akkor érkeztünk el a legérdekesebb részhez, amikor azt kérdeztük, hogy pályája során ki hatott a legjobban Frank Westheimerre.

„Édesapámon kívül valószínűleg James Bryant Conant. Azért iratkoztam be a Harvard doktori iskolájába, mert nála akartam dolgozni. De Conant 1933-ban a Harvard elnöke lett – még egy évet sem töltöttem a laborjában –, én pedig Elmer Peter Kohler professzorhoz kerültem. Olyan kutatási feladatot kaptam, amely egészen másképpen alakult, mint gondoltuk. Kohler hetente egyszer odajött hozzám, és rendre megkérdezte: »Mit csinált a múlt héten? Milyen kísérletek folynak az asztalán? Mit tervez a jövő hétre?« Én pedig szépen válaszoltam. Ezután horkantott egyet, megfordult és távozott. Sohasem értettem igazán, mire ment ki a dolog. Mindenesetre nem mondta meg, hogy mit csi-

¹ *Candid Science I*, 38–53.

náljak legközelebb, hagyta, hogy a saját üdvömrre dolgozzam. A függetlenségemet jórészt Kohlernek köszönhetem, mert nem akarta mindenáron, hogy a szerinte legjobbnak vélt utat kövessem.

Nem sokkal a PhD-kutatásom vége előtt posztdoktori ösztöndíjra pályáztam a Nemzeti Kutatási Tanácsnál (NRC). Akkoriban nem volt sok posztdoktori ösztöndíj, sem állami kutatási támogatás, és az ipar is alig szponzorált bennünket. De a Nemzeti Kutatási Tanács vagy tíz posztdoktori ösztöndíjat írt ki kémiából, és én elnyertem egyet Louis Hammett – egyik példaképem – fizikai szerves kémiai laboratóriumába, a Columbiára.

Nem sokkal később Conant behívott az irodájába. Tudta, hogy megszereztem a doktorátusomat, és érdeklődött a pályám iránt: mihez kezdek most? Elmeséltem neki az ösztöndíjat, és nagy büszkén elmagyaráztam a kutatási tervemet, amit benyújtottam és amin dolgozni akartam. Conant szokás szerint összeillesztette ujjainak hegyét, gondolkodás közbe előre-hátra hintázott, majd kijelentette: »Ha sikerül a terve, egy lábjegyzet lábjegyzete lesz a kémia történetében.« Az irodájából kifelé menet értettem meg, hogy mit mondott.

Két dolgot. Egyrészt, persze, azt, hogy a programom nem igazán érdekes. Másrészt azt – és talán nagy butaság, hogy addig a pillanatig nem jutott eszembe –, hogy fontos kérdéseket kell tanulmányoznom. A kémia rettentő élvezetes, nagyszerű kalandot kínál, és engem azért fognak fizetni – legalábbis azt reméltem –, hogy elszórakoztassam magam. Conant viszont lényegében azt mondta, hogy komoly tudományos célokat kell magam elé tűznöm. A beszélgetés jól fenéken billentett, de életbevágó volt. Ettől kezdve másképp gondolkoztam a jövőmről.

A Columbián végigvittem a kutatási programomat, és nagyszerű eredménnyel zártam. De pontosan az volt, amit annak idején Conant mondott: egy lábjegyzet lábjegyzete a kémia történetében.

Ezután magasabbra emeltem a tekintetemet – túlságosan is magasra. Fizikai szerves kémikusként általános sav-bázis katalízissel foglalkoztam, és arra a következtetésre jutottam, hogy az enzimmkatalízis valószínűleg szimultán általános sav-bázis katalízis eredménye. Ezt akartam kimutatni a következő kutatásomban. Az aminosavaknak, amelyek molekuláiban egyszerre van sav és bázis, különösen aktív katalizátoroknak kell lenniük, gondoltam. Ezért kipróbáltam, hogy katalizálják-e a glükóz mutarotációját, de semmi érdekeset nem tapasztaltam. A program nyilvánvalóan roppant ambiciózus volt, és bár alapjában véve helyesen gondolkoztam az enzimekről, a bizonyítás még túl nagy falatnak bizo-

nyult akkor nekem. A kísérlet nem járt eredménnyel, de legalább Conant nem mondhatta volna, hogy egy lábjegyzet lábjegyzetét céloztam meg vele.

Végül aztán találtam a lábjegyzet lábjegyzeténél fontosabb problémákat, de nem olyan grandiózusakat, mint amilyen az említett fiatalkori kutatásom volt. Soha többé nem beszéltem Conanttal a kutatásaimról, de mindig szigorúan olyan témákat választottam, amelyeket valószínűleg jóváhagyott volna.

Hosszú évek múlva, amikor már a Harvard professzora voltam, Conant pedig – miután számos fontos tisztséget betöltött – nyugdíjba vonult, egy szombati napon a szobámban dolgoztam, amikor kopogtak. Kinyitottam az ajtót: ő állt ott. Rám nézett, és megkérdezte: »Emlékszik rám?« Mondanom sem kell, hogy emlékeztem.²

Frank Westheimer annyira meghatódott, hogy az „Emlékszik rám?” kérdés után abba kellett hagynunk a beszélgetést. Az utolsó mondatot később, levelezésünk során fűztük az interjúhoz. Gyakran megkérdezik tőlem (HI), hogy melyek voltak a legemlékezetesebb pillanatok a híres tudósokkal folytatott beszélgetéseimben. Ezt a pillanatot biztosan nem felejttem el.

² 51–53.

Ada Yonath

*A riboszóma szerkezetének megfejtése
ellenállhatatlan intellektuális késztetés volt.*



Ada Yonath¹ (1939–), leánykori nevén Livshitz, Jeruzsálemben született. 1968-ban szerzett PhD-fokozatot a Weizmann Intézetben, szerkezeti biológiából. Ő állította fel az első fehérjekrisztallográfiai laboratóriumot Izraelben. Több évet töltött külföldi laboratóriumokban, elsősorban Németországban. 2009-ben Venkatraman Ramakrishnannal és Thomas A. Steitz-cel kémiai Nobel-díjat kapott a riboszóma szerkezetének és működésének tanulmányozásáért. Ada Yonath-tal 2004-ben beszélgettünk Budapesten.

Ada Yonath 2004-ben Budapesten (*Hargittai Magdolna felvétele*)

A kutatáshoz vezető út

„Jeruzsálemben szinte mindenkit felvettek matematikusnak és fizikusnak, aki jó jegyeket hozott a középiskolából, de a vegyész szakra csak kevesen jutottak be, mert itt laborhelyről is kellett gondoskodni. [...] Ennek ellenére vegyésznek jelentkeztem, és úgy gondoltam, hogy ha nem tetszik, vagy nem vesznek fel, majd mást választok. De felvettek, aminek nagyon örültem. Az első két évben rengeteg szerves, szervetlen és fizikai kémiát tanultunk, biokémiával viszont alig találkoztunk. Ekkor azonban már tudtam, hogy engem a biokémia és a biofizika érdekel. Mindig elértem a célomat, még ha időnként kerülőt kellett is tennem. Végül biofizikából szereztem MSc fokozatot, és kémiából folytattam doktori tanulmányokat a Weizmann Intézetben. Fehérjekrisztallográfiával akartam foglalkozni, de ez még gyerekcipőben járt az 1960-as évek derekán. W. Traub professzor azt javasolta, rostokat tanulmányozzak krisztallográfiával, ezért a kollagén szerkezetét vizsgáltam.

A disszertáció elkészülte után Pittsburghbe mentem, hogy a Mellon Intézetben töltsék egy posztdoktori évet: izomkutatásban vettem részt.

¹ *Candid Science VI*, 388–401.

Azért mindvégig ott motoszkált a fejemben, hogy engem elsősorban a fehérjekrisztallográfia érdekel. F. Albert Cotton csoportjában, a Massachusettsi Műszaki Egyetemen (MIT) végre teljesült a vágyam, ami fordulatot hozott a kutatói pályámon. Az is segített, hogy nagyon jó kapcsolatban álltam William Lipscombbal, a Harvard Egyetem professzorával. A kollagénkutatás alatt fordultam hozzá, amikor felvetődött, hogy nála szeretnék dolgozni, de akkor nem került rá sor. A massachusettsi évem alatt Lipscomb az MTI-n tanított, és eljártam az óráira.

Két év után visszatértem Amerikából Izraelbe: elindítottam a saját fehérjekrisztallográfiai csoportomat. Ez volt az egyetlen az egész országban. Kaptam egy berendezést, hozzá egy kevés laborhelyet, és majdnem fél évtizedbe telt, mire minden összeállt. Addig egyszerű szerkezetekről írtunk cikkeket. [...] Sok mindent könyvekből és konferenciákon kellett megtanulnom.

Az 1970-es évek elejétől a fehérjekrisztallográfia lassan fontos tudományterületté vált Izraelben. Ekkor kezdtem el az együttműködést Michel Ravellel, a Weizmann Intézet professzorával. Volt egy eljárása, amellyel – ahogy ő mondta – nagy mennyiségű iniciáló faktort tudott előállítani: ezek a vegyületek indítják el a riboszóma működését a fehérjék előállításakor. Szorosan együttműködtünk a néhai Paul Sigler professzorral is, aki másfél évre jött [az Egyesült Államokból] Izraelbe. Jó kapcsolatot ápoltunk a chicagói csoporttal; később náluk töltöttem egy kutatói évet. Megpróbáltunk riboszómakristályokat növesztetni, mert a vizsgálatokhoz erre volt szükség, de nem sikerült. Ugyanebben az évben egy kanadai konferencián H. G. Wittmann professzor, aki Berlinből, a Max Planck Intézetből érkezett, a riboszómáról tartott előadást, és megadta az iniciáló faktorok szekvenciáját. Beszélgetni kezdtünk, érdekelte őt az együttműködés, végül elmentem Berlinbe.

Néhány hónappal az előtt, hogy Berlinbe indultam volna az egyik diákkal, bicikliztem a tengerparton – február volt, ilyenkor nem ritka a gyönyörű idő Izraelben –, és elestem az utca közepén. Agyrázkódást kaptam, kórházba vittek. Két héten belül nagyjából rendbe jöttem, de az utóhatások miatt még nem repülhettem. Meg is kellett operálni. Amikor mindenem túl voltam, elutaztam Berlinbe – a tervezettnél öt hónappal később.

1979 novemberében érkeztem meg. Az iniciáló faktorok majdnem elkészültek, és a »szabadidőmben« felfedeztem, hogy a berlini csoportnak különböző baktériumokból rengeteg nagyon aktív, tiszta riboszómája is van. Javasoltam, hogy ezeket próbáljuk meg kristályosítani. A berlini kollégák támogatták az ötletet. Tudtam, hogy sok neves ku-

tató vallott már kudarcot a riboszómák kristályosításával, és ha nekem sem sikerül, akkor olyan nagyszerű tudósok előkelő társaságába tartozom majd, mint Francis Crick, Jim Watson, Aaron Klug vagy Alex Rich. De azt is tudtam, hogy nem szabad elmulasztanom ezt a lehetőséget. Nagyon gondosan láttam munkához, mert sejtettem, hogy a kristályosítás nehézsége többek között a riboszómák heterogenitásából és instabilitásából ered. Először is fellapoztam a régi szakirodalmat, és mindent elolvastam, amit a riboszómáról írtak. Alaposan tanulmányoztam azokat a módszereket, amelyekkel viszonylag sokáig épen tudták tartani a mintákat, hiszen a kristályosításhoz erre volt szükségünk. Nagyon hasznosnak bizonyultak A. Zamir és D. Elson hatvanas évekbeli módszerei. Csak két hónapot töltöttem Berlinben, de miután visszatértem Izraelbe, szinte hetente küldték nekem postán a fénymikroszkóppal készült felvételeket (akkoriban még nem használtunk faxot vagy internetet). Három-négy hónap múlva már mikrokristályaink is nőttek, amelyeket kis méretük miatt még nem tudtunk egykristályként vizsgálni, de már ígéretes, gyenge, porra jellemző diffrakciós mintázatot adtak. Körülbelül négy év múlva kaptunk először tisztességes mintázatokat. A mikrokristályokat ismertető cikkünk 1980-ban jelent meg, és ezután huszonöt évig a riboszóma szerkezetének megfejtésén dolgoztam.”²

Rövid bevezetés a riboszóma működésébe

„A riboszóma sejtsejtszervecske, minden élő sejtben ezerszámra megtalálható. A fehérjék és az RNS nagy, dinamikus együttese. A nukleinsavakban őrzött genetikai kód alapján a riboszómában készülnek a fehérjék. Más szóval, itt szintetizálódnak a fehérjék a hírvívő RNS (mRNS) translációja, lefordítása után. A transzfer RNS (tRNS) megfejt a genetikai kódot, és elszállítja a riboszómához azokat az aminosavakat, amelyek beépülnek a növekvő fehérjeláncba. A fehérjék örületes sebességgel bioszintetizálódnak a riboszómában. Amikor egy vegyész peptidkötést akar létrehozni, napokig dolgozik magas hőmérsékleten és más különleges kísérleti körülmények között. A riboszóma ezredmásodperceken belül elkészül a peptidkötéssel az élő sejtben, és nem teszi próbára a szerkezetet. A kutatók gyakran hibáznak, a riboszóma alig.

Elvben minden riboszóma minden genetikai kódot el tud olvasni. Az emberi szervezet riboszómája le tudja fordítani a baktériumok gene-

² 391–393.

tikai kódját, és fordítva. A riboszóma olyan fehérjegyár, amely minden genetikai utasítás követésére alkalmas. A magasabb rendű szervezetek riboszómája azonban – az eukariótáké, például az emlősöké – bonyolultabb, mint a baktériumoké. A nagyobb bonyolultság a megnövekedett feladatokból adódik, amelyek a szabályozással, a szelektivitással függenek össze, és több sejtbeli kölcsönhatással járnak. A bakteriális és az emlősriboszóma aktív helyei és aktív helyeinek környezetei is különböznek kicsit. Ezért hatnak a riboszómális antibiotikumok. Az antibiotikumoknak csak a kórokozó baktériumokat szabad megtámadniuk, nem a beteget, és mellékhatásokat sem szabad okozniuk. Néha egyetlen nukleotid cseréje megváltoztatja a bakteriális és az emlős-, vagyis az emberi riboszómára kifejtett hatást.”³

³ 394.

Richard N. Zare

Szeretem az igazán fontos feladatokat.



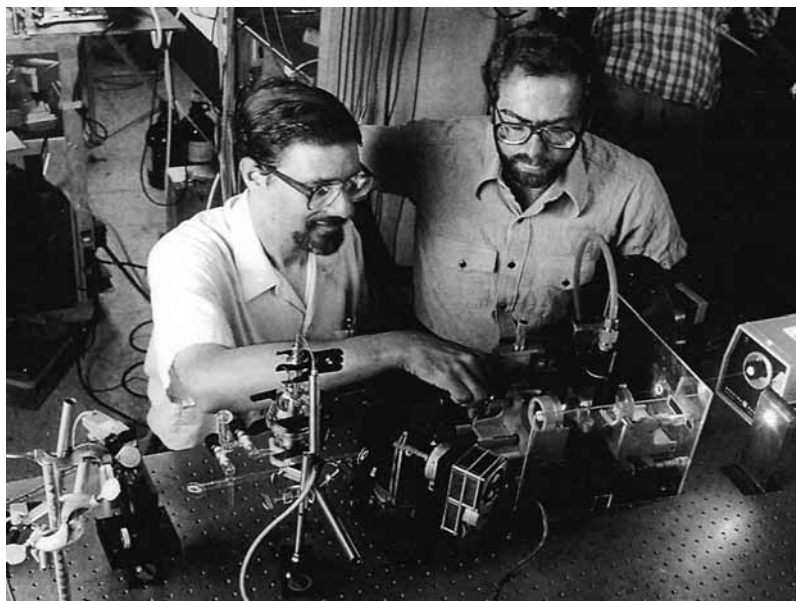
Richard N. Zare¹ (1939–) a Harvard Egyetemen szerezte fokozatait. A Coloradói Egyetemen kezdte a pályáját, aztán a Massachusettsi Műszaki Egyetemen dolgozott, végül a Columbia Egyetemről 1977-ben átment a Stanford Egyetemre, ahol megállapodott. Sokoldalú kémikus, az analitikai kémia több területén is nagyon kreatív, és jól ismeri tudománya elméleti fizikai alapjait. Kitüntetésekkel elhalmozott, a nyilvánosság előtt is gyakran szereplő kutató, az Egyesült Államok egyik legismertebb kémikusa. 1999-ben beszélgettünk a Stanford Egyetemen.

Richard N. Zare 1999-ben a Stanford Egyetemen
(Hargittai István felvétele)

Richard Zare marsi meteoritból származó mintákat elemzett. Az a meteorit, amelyet 1984-ben találtak az Antarktiszon, körülbelül tízenháromezer éve zuhant a Földre, és a jégbe fagyva változatlanul megmaradt. Az volt a kérdés, hogy a meteoritban található-e bizonyíték a marsi életre.

„Sajnálatos epizód az életemben – és nem egészen én irányítottam az eseményeket. A kutatócsoportom a bolygóközi por- és klaszterszemcsék vizsgálatában együttműködött Kathy Thomas-Keprtával, a NASA Johnson Űrközpontjának munkatársával. Kathy megkért bennünket, hogy szívességből nézzünk meg két kőzetet. Walt Disney két mesefigurájáról Mickey-nek és Minnie-nek nevezték el őket, hogy ne keverjék össze az adataikat. A PhD-hallgatómmal, Simon Clemett-tel nem tudtuk, hogy mik ezek, de hogyan utasíthattuk volna vissza egy kollégánk és barátunk kérését? Végül inkább kihívásnak tekintettük: mikroszkopikus szemcséket nézegettünk, és a minták tömegspektrometriás elemzése sem okozhatott gondot. Simon kimutatta, hogy a minták policik-

¹ *Candid Science III*, 448–459.



Richard N. Zare (balra) és David W. Chandler a laboratóriumban (*Richard N. Zare szívességéből*)

lusos aromás szénhidrogéneket (PAH) tartalmaznak. Ilyen szerves molekulákat már azelőtt is detektáltuk a bolygóközi porszemcsékben és sok különböző meteoritban. De az már egészen különleges volt ezekben a PAH-okban, hogy olyan repedések peremén gyűltek össze, amelyek karbonátgömböcskéket tartalmaztak ebben a bazaltos, vulkanikus kőzetben. Amikor beszámoltam Kathynek, nagy izgalomba jött, és azt mondta, hogy azonnal postázzák nekünk Goofyt [újabb ismert Walt Disney-figura neve], hagyjunk mindent abba, kizárólag Goofyval foglalkozunk. Azt válaszoltam, semmit se csinállok, amíg nem tudok meg többet erről a munkáról. Ekkor bevallotta, hogy David McKay, Everett Gibson, ő és a NASA Johnson Űrközpontjának más munkatársai titokban tanulmányozzák ezeket a marsi meteoritmintákat. A titoktartás azért fontos, mert a NASA nem adott engedélyt erre a kutatásra, de azért is, mert úgy gondolják, találtak valamit. Simonnal ezután megtudtuk, hogy ezekben a nagy vastartalmú peremekben, amelyek a karbonátgömböket körülveszik, magnetitsemcséket mutattak ki. Ezek olyanok, mintha biológiai aktivitásból származnának, és a transzmissziós elektronmikroszkópos felvételek alapján fosszilizálódott, bakté-

rium alakú objektumokra hasonlítanak. Ezek az eredmények együtt arra utaltak, hogy a meteoritban korábban előfordulhatott az élet primitív formája. A meteorit körülbelül tizenháromezer évvel ezelőtt hullott a Földre, az Antarktiszra, és csak most állapították meg, elsősorban az izotóparányok meghatározása alapján, hogy a Marsról érkező ritka meteoritok egyike. Micsoda fantasztikus mintánk volt! Ettől valahogy emberközelségbe került a Mars.

Mi azt a feladatot kaptuk, hogy állapítsuk meg a PAH-ok tulajdonságait. Önmagukban ezek fosszilizálódott, ősi szerves anyagok biomarkerei lehetnek, de származhatnak élettelen forrásból is, például szerves anyagok meleg felületen lejátszódó, fémmel katalizált reakcióiból. Ha meg tudjuk állapítani, hogy ezek a PAH-ok a meteorithoz tartoznak, akkor először mutatunk ki marsi eredetű szerves molekulákat.

A többi már történelem, ahogy mondják. Írtunk egy cikket »Az ősi marsi élet nyomában. A biogén aktivitás lehetséges maradványai az ALH84001 marsi meteoritban« címmel. A dolgozat végül a *Science*-ben jelent meg hosszú és hasznos elbírálási folyamat után, de a hír már előbb kiszivárgott a sajtóba, és a NASA úgy döntött, sajtótájékoztatót tart Washingtonban. Számos kollégám másképp reagált a sajtótájékoztatóra és a körülötte zajló csinnadrattára, mint a cikkekre, ami elég nagy csalódást váltott ki bennem. A sajtó étvágya ezúttal kielégíthetetlennek tűnt. Életemnek ezt az időszakát »Mars-örületnek« hívom. Izgalmas volt, de gyakran kellemetlen és stresszes.

A *Science*-cikkünkben hipotézist akartam felkínálni, komoly vizsgálatot érdemlő hipotézist. Nem az volt a célom, hogy a sajtóban vitatkozzanak róla, hanem az, hogy gondosan tanulmányozzák. Úgy látom, ezt a hipotézist eddig nem cáfolták, de nem is támasztották alá. Más szóval, a mértékadó szakértői vélemények összességükben arra utalnak, hogy az általunk feltárt tényekből nem vonható le egyértelmű következtetés, és sok különböző részeredmény többféleképpen magyarázható. Nekem elégtétel azonban, hogy ez a munka fontos szerepet játszott az űr kutatás céljának újragondolásában. A cikk megjelenése előtt a Földön kívüli élet formáira és keletkezésére vonatkozó feltevések szinte kizárólag a science fiction birodalmába tartoztak. Mára olyan kérdéssé váltak, amelyeket tudományosan vizsgálhatunk és ellenőrizhetünk. Büszke vagyok arra, hogy ehhez a változáshoz én is hozzájárultam kicsit. A kutatásban – más tudományágak mellett – mindenképpen támaszkodni kell a kémiára. Az előrelépés erősen függ attól, hogy milyen

új műszereket terveznek és tökéletesítenek majd, mert ezekkel fedezhetjük fel egyre hatékonyabban az apró objektumok világát.”²

*2012-ben megkérdeztük Richard Zare-től, hol tart most.*³

„Mindig is foglalkoztatott, hogyan redukálódott a szén. Tehát hogyan kerül a bazaltos marsi kőzetbe az a szén, amelyik hidrogénnel alkot kötést, például a policiklusos aromás szénhidrogénekben. Régebben úgy gondoltam, hogy ilyen magas hőmérsékleten oxidált szénnek kell megjelenie, vagyis olyan szénnek, amelyik oxigénnel képez kötést, mint például a karbonátokban. Nemrégiben Steele és munkatársai (az én laborom munkájára is támaszkodva) megvizsgált tizenegy marsi meteoritot; ezek anyaga a Mars történetének körülbelül 4,2 milliárd évét fedte le. Ezek közül tízben találtak redukált szenet, kevés oxidszemcsével együtt, a magas hőmérsékletű ásványokban. Úgy látszik, a marsi magmák a redukált szénemcsék kicsapódásának kedveztek a kristályosodás során. Ezek az eredmények nem zárják ki, hogy a múltban lehetett élet a Marson, de tovább gyengítik azt a hipotézist, amelyet korábban mi fogalmaztunk meg az ALH 84001 marsi meteorit esetében kapott adatok értelmezésére.”⁴

² 458–459.

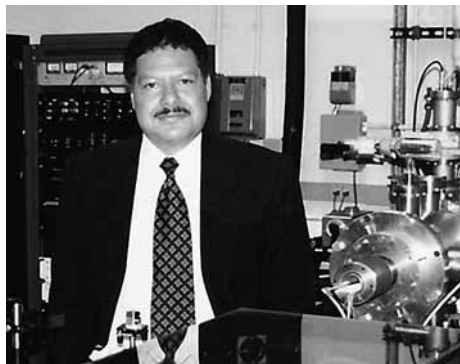
³ E-mail váltás Richard N. Zare-rel, 2012. 07. 18.

⁴ Lásd A. Steele et al.: *Science*, 2012, 337, 212–215.

Ahmed H. Zewail

*„Hálád jeléül azt is szolgálnod kell,
aki csak egyetlen betűt tanít neked.”*

(Ahmed Zewail a kulturális gyökereire utalva)



Ahmed H. Zewail 1997-ben a Kaliforniai Műszaki Egyetemen *(Hargittai István felvétele)*

Ahmed H. Zewail¹ (1946–) Egyiptomban született, első fokozatát Alexandriában szerezte. Doktori tanulmányok céljából érkezett az Egyesült Államokba; a Pennsylvániai Egyetemen készítette el PhD-disszertációját, Robin Hochstrasser irányításával. 1999-ben kémiai Nobel-díjat kapott a kémiai reakciók átmeneti állapotainak femtoszekundumos spektroszkópiai tanulmányozásáért. A Kaliforniai Műszaki Egyetem számos címet adományozott Ahmed Zewailnak, többek között ő az egyetem Linus Pauling-professzora. 1997-ben beszélgettünk a Kaliforniai Műszaki Egyetemen.

Egyiptomi tanulmányok

„Engem nagyon hagyományosan neveltek. A család fontosnak tartotta a taníttatásomat, de az nem számított, milyen szakmát választok később. Senki sem próbált rábeszélni, például, az üzleti világra és a pénzcsinálásra. Folyton azt hallottam: »Ha diploma van a kezében, olyan, mintha pénzzel lenne tele a zsebed.« A diploma megvéd, jobb, nemezebb emberré tesz. Ez volt a hagyomány. Ezért az osztálytársaim jó jegyekre törekedtek, és jó egyetemekre akartak kerülni. Azt reméltük, hogy egyszer lesz belőlünk valaki. Az iskolánkban nem volt vidám élet, szigorúan teletömtek bennünket házi feladattal, és megkövetelték a fegyelmet.

Nem tudom, miért kezdtem el érdeklődni a tudományos pálya iránt. Az iskolában A-t kaptam természettudományból. A középiskola utolsó éveiben kipróbáltam néhány kísérletet otthon, a szobámban. Voltak kémcsöveim, és tudtam bennük anyagokat, például fát hevíteni. Fel is robbanhattam volna, de megúsztam, szerencsére. Ezeket a kísérleteket

¹ *Candid Science I*, 488–507.

rendkívül érdekesnek találtam, nagyon megfogott például, hogy a szilárd anyag égő gázzá alakul át. Édesanyám nem bánta a kísérletezést, valószínűleg azt hitte, ez is a leckéhez tartozik.

A tanulás volt az életem. Amikor először jártam körül az Alexandriai Egyetemet, és láttam a gyönyörű, díszes épületeket, a tudás és a tanulás szentélyét, könnybe lábadt a szemem. Meghatódtam »a tudás házá-tól«, és ekkor már tudtam, hogy egyszer én is tudós leszek.

Az Alexandriai Egyetemen először természettudományokat tanultam. Az első évben négy tárgyat vehettem fel: kémiát, fizikát, matematikát és egy szabadon választottat, ez a geológia volt. A második évben elhagyhattunk egyet a négyből. A második év után néhányan, a legjobbak, egyetlen tárgyra szakosodhattunk. A mi ötszázas évfolyamunkban hét »speciális hallgató« volt – én is közéjük tartoztam. A »speciális kémiát« választottam, és kitüntetéssel végeztem. Speciális hallgatóként különböző előnyöket élvezhettem, például a professzorok dolgozószobájába járhattam órára, könyveket kölcsönözhettem tőlük, ők pedig név szerint ismertek bennünket. Ösztöndíjat is kaptam, ez olyan volt, mint a fizetés. Amikor elvégeztem az egyetemet, már várt rám egy állás, mert én voltam az egyetem legjobb diákja. Úgy gondoltuk, elmegyek valahová, doktorátust szerzek, aztán visszatérek az Alexandriai Egyetemre, az állásomba. A Pennsylvanai Egyetemen folytattam doktori tanulmányokat. Robin Hochstrasser volt a témavezetőm, aki bevezetett a modern tudományos kutatásba. Produktív volt az ott töltött négy és fél év: tucatnyi cikket írtunk, de legalább ilyen fontos, hogy nagyon sok érdekes tudományos problémával találkoztam.²

Az első amerikai évek

„Azért jöttem az Egyesült Államokba, hogy az otthoninál jobb PhD-képzésben részesüljek. A Pennsylvanai Egyetemen nemigen találkoztak azelőtt magamfajta egyiptomival. Egészen más volt, mint amikor Angliából, Németországból vagy Franciaországból érkezett valaki. Nem tudták, honnan, milyen kultúrából jövek. Huszonkét évesen engem kulturális sokként ért a változás. Közel-keleti kultúrában nőttem fel, ahol nagyon fontosak a barátok. Az ember úgy kérhet kölcsön pénzt tőlük, hogy semmilyen papírt nem írnak róla. Bejelentés nélkül beugorhatunk hozzájuk. Ha nehéz időket élünk át, a barátok órákig mellettünk maradnak, és beszélgetnek velünk. Ha egy jó barát elutazott egy hétre Ale-

² 500–501.

xandriából Kairóba, kimentünk az állomásra, megcsókoltuk és talán még könnyeztünk is.

Az amerikai kultúrát nagyon másnak láttam, itt a munka mindennél fontosabb. Nem sokkal az érkezésem után, 1969-ben érdekes dolog történt. Havazott, én pedig elcsúsztam a könnyű cipőmben. Minden autó elhajtott mellettem. Nem azért, mert rossz emberek ültek bennük, hanem mert mindenki ment a saját dolga után. Kairóban megállt volna a forgalom, kihoztak volna egy széket az út közepére, és azonnal mentés teát nyomtak volna a kezembe.

Ma már nevetek a kezdeti kulturális nehézségeken. Amikor a jó barátok összejönnek Egyiptomban, egy arab szokás szerint néha azt mondják – szó szerinti fordításban –, hogy »megöllek«. Ez persze csak ugratás. Eleinte nem tudtam jól angolul, és sokszor egyszerűen lefordítottam az arab kifejezéseket. Ezért mondtam az egyik doktori iskolai társamnak, hogy »megöllek«. Rögtön láttam, hogy valami szörnyűség történt. A kollégám mindössze annyit tudott, hogy a Közel-Keletről érkeztem, és meg volt róla győződve, hogy szó szerint gondoltam, amit mondtam.

A tanár-diák kapcsolat is nagyon más volt. Abban a kultúrában, ahonnan származom, a professzort a tudás prófétájaként tisztelik. Van egy mondás: »Hálád jeléül azt is szolgálnod kell, aki csak egyetlen betűt tanít neked.« Megérkeztem a Pennsylvániai Egyetemre, és a professzortomat a tudomány prófétájának tekintettem. Észrevettem, hogy szereti a kávé, ezért vásároltam egy kávéfőzőt, szereztem kávé, megfőztem, és bevittem a szobájába. Az összes doktorandusz azt hitte, meghibbantam. Biztosak voltak benne, hogy akarok valamit a professzortól. Amikor Amerikába jöttem, ajándékot hoztam neki. A szüleim választották ki, ők csomagolták be. A többiek arcán akkor is azt a kifejezést láttam, mint a kávéfőzéskor. Nekem viszont tetszik, ha a diákjaim ilyesmit csinálnak – miért ne, ha kedvük tartja.

De kezdetben nem foglalkoztam a kulturális nehézségekkel, hanem összes energiámat a tanulásra fordítottam. Mindent meg akartam tanulni, amit csak lehetett. A négy philadelphiai év alatt nem sokat tudtam meg a városról, csupán a legfontosabb útvonalakat ismertem. Felvillanyozott a kutatás, és ez ma is így van. A tudomány paradicsomába kerültem. Alexandriában nehezen jutottunk hozzá a folyóiratokhoz, vegyszerekhez, berendezésekhez. Itt mindent megkaptam. Philadelpiában barátokat is szereztem; néhányval még huszonöt év múltán is tartom a kapcsolatot.”³

³ 504–506.

Harmadik rész

Orvosbiológusok

Werner Arber

*Van, aki azért ellenzi a génmódosítást,
mert nem akar géneket ebédelni.*



Werner Arber 2005-ben
Lindauban (Hargittai István
felvétele)

Werner Arber¹ (1929–) Gränichenben született, Svájc Aargau kantonjában. A Svájci Szövetségi Műszaki Főiskolán (ETH) szerzett diplomát 1953-ban, nukleáris fizikából. Biológiai tárgyú PhD-értékezését a Genfi Egyetemen védte meg 1958-ban. Néhány évet Genfben töltött, és Amerikában is többször járt posztdoktori ösztöndíjjal. 1971 óta a Bázeli Egyetemen dolgozik. Az 1978. évi élettani vagy orvosi Nobel-díjat Daniel Nathansszel és Hamilton O. Smithszel együtt nyerte el a korlátozó enzimek felfedezéséért és molekuláris genetikai alkalmazásáért. 2005-ben a németországi Lindauban beszélgettünk.

„– Nagy energiát fordít az ismeretterjesztésre, és a génmódosított élelmiszereket övező vitában is kifejti a véleményét. Sok félreértéssel találkozunk ezen a téren.

– Így van. Azok közé tartozom, akik kezdettől fogva azt mondták, hogy kezeljük óvatosan a kérdést, próbáljuk felmérni a kockázatokat, sőt, politikai útmutatót kell kidolgoznunk a hasznos, értelmes alkalmazások érdekében. Nem állítom, hogy egyáltalán nincsenek problémák, de úgy gondolom, tudományos és etikai alapon kell velük szembenéznünk. Egyes biológusok, akik régimódi iskolákba jártak, és nem sokat tudnak az élő szervezetben végbemenő molekuláris folyamatokról, a génmódosítás nagy veszélyeit hangsúlyozzák. Azt mondják, azért olyan veszélyes ez az eljárás, mert nem természetes. Ezt a politikusok szakvéleménynek tekintik – különösen akkor, amikor az emberek kedvében akarnak járni. És ne feledkezünk el a vallásos hitről sem, amely ugyancsak szerepet játszik a közvélemény formálásában; ezért nem szabad a vallásokat figyelmen kívül hagyni. Ha azt hisszük, hogy a világot Isten teremtette, és Isten szereti a világot, ami az ő teremtménye, akkor persze azt képzeljük, hogy a világot a legjobb tudása szerint alkotta meg. Tehát optimálisnak kell lennie. Ha

¹ *Candid Science VI*, 152–163.

pedig a génmódosítás megváltoztat valamit a genomban, az eredmény csakis rosszabb lehet. Ha az ember és minden növény, amellyel az ember táplálkozik, optimális (a sort akár folytathatnánk), akkor semmilyen változtatásra nincs jogunk, mert szembeszegülnénk Isten akaratával.

– *Hogyan oldhatjuk meg ezt a dilemmát?*

– Egyedül vitával. De nem az a cél, hogy a szembenállást erősítsük, inkább meg kell próbálnunk összebékíteni a különböző álláspontokat. Képzeld, van, aki azért ellenzi a génmódosítást, mert nem akar géneket ebédelni! Nem hiszik el, hogy mindennapi ételmiszereinkben gének vannak – ennyit tudnak a természetről.

– *Az ember azt hinné, az asilomari konferenciák és következményeik megmutatták, hogy a tudósok felismerik a felelőségüket, aminek legalább csökkentenie kellene a génmódosítással szembeni féltelmeket.*

– Részt vettem az 1975. februári asilomari konferencián. Nagyon tetszett a folyamata és a végkifejlete is. Az egyik eredmény az az ajánlás volt, amelyik szigorú ellenőrzés és szabályozás bevezetését sürgette. Azt javasoltuk például, hogy ha valaki nem tudja biztosan, milyen hatást válthat ki egy génmódosított organizmus, akkor fel kell tételeznie, hogy rendkívül patogén és veszélyes. Ha viszont megfelelő laboratóriumi körülmények között kimutatja az ártalmatlanságát, akkor enyhíthet az óvintézkedéseken, és kevésbé szigorú körülmények között folytatódhat a tanulmányozása vagy akár a hosszan tartó alkalmazása.

– *A természet is génszobrász.*

– Igen, kezdettől fogva. Több évtizede érvelek ezzel, és valóban arra a következtetésre jutottam, hogy a génszobrász, a génmódosítás pontosan ugyanazokat a stratégiákat használja a genetikai információ megváltoztatására, mint a természet, amikor genetikai variánsokat állít elő a biológiai evolúció érdekében. Az egyik stratégia egyetlen vagy csak néhány nukleotid megváltoztatása; ezek a DNS-szekvencia lokális változásai. Egy másik stratégia átrendezi a DNS néhány szegmensét a szervezet genomjában. A harmadik egy másik szervezetről szerez DNS-szegmenst horizontális génátadással. Mi is pontosan ezt a három stratégiát követjük génmódosításkor. És még ma is biológus, sőt evolúcióbíológus kollégákat kell meggyőznöm a hasonlóságról, mivel nem ismerik ezeket a molekuláris folyamatokat – jórészt azért, mert ritka események, és azoknak is kell lenniük. Emiatt időbe telik, amíg a biológusok tudományos közössége megbízhatónak tekinti, amit a génmódosításról tudunk, utána pedig a politikusokhoz és a közvéleményhez fordul, hogy elmagyarázza, milyen folyamatok játszódnak le a természetben. De így megy előre a tudomány. Nem elég, ha egy tudós biztos a tudásában, és ennek alapján értelmezi a

kísérleti adatokat. Az új értelmezések csak akkor kerülnek be a tudásbázisba, ha az adott terület szakembereinek nagy többsége elfogadja őket.

Az adatokat általában nem vitatjuk. De a genetikai variáció nagyon ritka esemény, és nem egyformán fordul elő minden egyes esetben – ennek így kell lennie –, vagyis csak statisztikailag ismétlődik, ezért a természetes stratégiákat nehéz értelmezni. A genetikai vagy evolúciós tankönyvek azt a benyomást keltik az emberben, hogy a genetikai változások mindig a véletlenek és a genetikai anyag hibáinak következményei. Úgy gondolom, ez az evolúció hibás felfogása. Az evolúció aktív folyamat, és óvatosan bánik a genetikai információval: a bolygónkon élő összes faj rendelkezik bizonyos genetikai stabilitással. A nagy populációk néhány egyedében azonban előfordulhat valamilyen genetikai változás; ezek mind eltérő típusúak, és a genomjaik különböző helyein következnek be. Ha az életkörülmények megengednek egy ilyen változást, az új genetikai variáns fennmarad, néha kedvezőbbnek mutatkozik a szülőknél, és a gyakorisága végül meghaladhatja a szülőpopulációét. Ilyenkor természetes kiválasztódás játszódik le.”²

A beszélgetés Werner Arber meghökkentő gondolataival zárult.

„... vannak, akik félnek a tudomány fejlődésétől, mondván, hogy a kutatásból születő alkalmazások végül megsemmisítik a földi életet. Részben talán igazuk van. Én úgy gondolom, a biológiai evolúció bolygónk vitathatatlanul nagyszerű jelensége. A világegyetem más pontjain is lehetséges biológiai evolúció, de egyelőre csak arról van információnk, ami a Földön történik. Meg vagyok arról győződve, hogy ha olyan drasztikusan megváltoznának az életkörülmények, hogy az emberi élet és más, magasan fejlett szervezetek élete nem lenne fenntartható többé, az élet akkor is nagyon sokáig fennmaradna, mert más organizmusok gyökeresen különböző feltételek mellett is létezhetnek. Ezért optimista vagyok. Hozzá kell tennem: nem vagyok olyan antropocentrikus, hogy azt mondjam, nekem csak az élet egyetlen megjelenési formája, az emberi élet számít. Nekem *az élet* fontosabb, mint egy sajátos típusa, az emberi élet. Ezért nagyon remélem, hogy bolygónkon egészen addig lesz élet, amíg megmaradnak bizonyos életfeltételek. Mi csupán az élet számos formájának egyikét képviseljük, és ha másfajta, akár nagyon egyszerű szervezetek életben maradnának, esélyük lehet arra, hogy – ismét a biológiai evolúció szokásos útját követve – bonyolultabb rendszerekké fejlődjenek.”³

² 154–157.

³ 163.

David Baltimore

*... aki nem bízhat meg a munkatársaiban,
nem tud kutatni, és képtelen az együttműködésre.*



David Baltimore 2004-ben
a Kaliforniai Műszaki
Egyetemen (*Hargittai István
felvétele*)

David Baltimore¹ (1938–) orvosbiológus New Yorkban született. A Swathmore College-ban szerzett BS-diplomát 1960-ban, a Rockefeller Egyetemen PhD-fokozatot 1964-ben. A posztdoktori évek után a Massachusettsi Műszaki Egyetem (MIT) következett, ahol 1968 és 1990 között dolgozott. 1990-től 1994-ig a Rockefeller Egyetemen volt, aztán újra az MIT-n, majd a Kaliforniai Műszaki Egyetemen (Caltech). A tudományszervezésben is kitűnt. 1975-ben Renato Dulbeccóval és Howard M. Teminnel osztozott az élettani vagy orvosi Nobel-díjon, amelyet a daganatvírusok és a sejt genetikai anyaga közötti kölcsönhatásokat feltáró felfedezéseikért kaptak. David Baltimore 1997 és 2006 között a Caltech elnöke (rektora) volt, jelenleg ugyanott professor emeritus. 2004-ben beszélgettünk a Caltech elnöki irodájában.

*Ha végignézzük David Baltimore nyilatkozatait, azt tapasztaljuk,
hogy az évek során változott az állam szerepéről vallott felfogása.*

„Konzervatívabb lettem. Már nem hiszek abban, hogy mindent az államnak kell megoldania.

– *Korábban így gondolta?*

– Ez lényegében szocialista, szélsőséges esetben kommunista elképzelés. Mondok egy példát, amikor egész biztosan nem kell az államra hagyatkozni. Hasonlítsuk össze az amerikai és az európai oktatási rendszert. A felsőoktatásra gondolok. Európában minden felsőoktatási intézményt az állam tart fent. Az összes kutatást az állam finanszírozza. Alig vannak magánegyetemek. Már alakulnak, de még nagyon ritkák. Világos, hogy az amerikai felsőoktatási rendszer azért erős, mert nálunk

¹ *Candid Science VI*, 164–181.

sok a magánegyetem. Még az állami egyetemeket is jórészt magántőkéből működtetik. Nincs olyan állami egyetem az Egyesült Államokban, amelyik az államtól kapná költségvetésének nagyobbik felét. A többség a húsz-harminc százalékos tartományba esik. A magánkezdeményezésekben hihetetlen erő és energia összpontosul.

Amikor felfedeztem a rekombináns DNS-t, azt mondtam az egyik barátomnak: napnál világosabb, hogy az államnak kell átvennie ezt a technológiát, mert továbbfejlesztheti az emberek javára. Nem szabad engedni, hogy magáncégek húzzanak belőle hasznot. Nagyon jó lehetőségnek tartottam, mert a felfedezés új volt, a kutatást az állam támogatta, könnyen beszállhatott és átvehette. A barátaim, akik a földön jártak – én akkor az MIT professzora voltam –, megveregették a vállam, és azt mondták, hogy kizárólag magánvállalkozásokkal lehet előrelépni. Rengeteget tanultam a történelemből, mert igazuk volt: az állam nem lett volna elég hatékony, de a piac felpörgette a fejlesztést, és óriási sikerekre ösztönzött bennünket a modern biológia gyógyszer-technológiai alkalmazásában.

Az viszont baj, nagyon nagy baj, hogy senki sem az embereket tartja szem előtt. Olyan állami és nemzetközi cégeket szeretnék látni, amelyek elsősorban az elmaradott országok érdekében próbálják meg felhasználni a modern biológiát. Azt azonban nem hiszem, hogy állami vállalatoknak kellene a fejlesztés élére állniuk. Hát igen, ma már másképpen látom, hogyan kell működtetni a társadalmat – ez összhangban áll az országunkban folyó általános változásokkal. Rooseveltt idejében sokan támogatták a szocialista elképzeléseket, de ma már alig akadnak hívei Amerikában.”²

Végül a tanulság:

„Az utóbbi ötven év tapasztalatai alapján azt a tanulságot szűrtem le, hogy a világ napi történései hihetetlenül zavarosak – jórészt azért, mert át vannak itatva politikával. De ha nagyon hosszú időszakot követünk nyomon, akkor kiderül, hogy a világban mégis a racionális gondolkodás, az emberség kerekedik felül. Megfigyeltem azt az országot, amelyikben születtem: erősen szegregálódott, teljesen szemben állt mindenféle csoporttal, a feketékkel, a zsidókkal – mindennel, amit a fehér angolszász protestáns társadalom idegennek tekintett, és az én életem során olyan országgá fejlődött, amely ha nem fogadja is el egészen a más-

² 171–172.

ságot, sokkal, de sokkal toleránsabb. Mindenekelőtt az egyénről mond véleményt, nem pedig annak a csoportnak a tagjáról, amelyikhez az illető tartozik. És Massachusetts tegnap kijelentette: a Legfelsőbb Bíróság elvárásának csak az felel meg, ha engedélyezik az azonos neműek házasságát. Ez az indoklás egy fél évszázaddal ezelőtti eseten alapul, amikor a bíróság alkotmányellenesnek nyilvánította a fekete és a fehér diákok elkülönítését az állami iskolákban. Azt mondták, a különböző feltételek eredendően magukban hordozzák az egyenlőtlenséget, amiből azt a következtetést vonták le, hogy ha a homoszexuálisok házasságát külön szabályozzák, megsértik az egyenlőséget; nem nyújtanak mindenkinek egyenlő törvényes védelmet. Óriási utat járt be ez az ország. A demokrácia minden előnye és hátránya mellett is hihetetlen, hogy eljutottunk idáig. Ezen az ügyön még nem vagyunk túl, és a következő választások fontos témája lehet, de jelzi, hogy merre tartunk.”³

³ 180–181.

Seymour Benzer

Max [Delbrück] állandó kihívást jelentett.



Seymour Benzer 2004-ben a Kaliforniai Műszaki Egyetemen *(Hargittai István felvétele)*

Seymour Benzer¹ (1921–2007) New Yorkban született. Fizikusból vált biológussá. BS-fokozatot a Brooklyn College-ban szerzett 1942-ben, MS- és PhD-fokozatot 1943-ban, majd 1947-ben a Purdue Egyetemen; mindhárom alkalommal fizikából. Végül azonban átváltott a biológiára, és már biológusként kapott állást a Kaliforniai Műszaki Egyetemen (Caltech), Pasadenában, ahol élete végéig dolgozott. A molekulabiológia egyik úttörője volt. Hírnevét elsősorban a gének és a viselkedés, illetve a gének és az élettartam közötti kapcsolat felfedezése alapozta meg. Számos kitüntetést kapott, többek között elnyerte a Crafoord-díjat (Svédország, 1993). 2004-ben beszélgettünk dolgozószobájában, a Caltechen.

Seymour Benzer sokáig folytatott posztdoktori kutatásokat világhírű tudósok mellett. Közéjük tartozott Max Delbrück, aki nem is a felfedezéseivel fejtette ki a legnagyobb hatást.

„Mert egész gondolkodási iskolát teremtett. Nekem Luria javasolta, hogy kérjem el annak a három előadásnak a szövegét, amelyet Delbrück a Vanderbilt Egyetemen tartott, amikor az ottani fizika tanszéken volt. Az egyik éppen a komplementaritási elvet tárgyalta, és káprázatosnak találtam. A másik kettő azokat a módszereket mutatta be, amelyeket azért dolgozott ki, hogy kvantitatívva tegye a bakteriofágon folyó munkát. Ostoba módon azt hittem, hogy a bakteriofág hasonlít a legjobban a tiszta génre, és ha az ember génkettőződést akar előidézni, akkor ezzel a rendszerrel a legcélszerűbb dolgoznia. Delbrück megtanította nekünk, hogyan kell lépésenként, kvantitatív módon végrehajtani egy kísérletet, ami nagyon tetszett egy fizikusnak, mert a tipikus bioló-

¹ *Candid Science VI*, 114–133.

gia leíró jellegű volt. Ezt a rendszert viszont lehetett elemezni. Csupa rejtély volt: az ember vesz egy bakteriofág részecskét, amely megtámadja a baktériumot, és húsz perc múlva már száz utódja van. Mi történt közben? Félelmetesen nehéz kérdés. Erre próbáltam választ keresni a biológiai kutatásaim elején: ultraibolya sugárzással hatoltam be a sejtbe, hogy megtudjam, mi játszódik le ebben a latens periódusban.

Delbrück óriási koponya volt, és gyakori tévedései is legendaszámba mentek. Jim Watson egyszer megvilágította, hogy ezeket – sokak tévedéseivel ellentétben – mindig érdekes okokra lehetett visszavezetni. Max állandó kihívást jelentett. Gunther Stent nagyon jól fogalmazta meg a lényegét, amikor azt mondta, hogy Delbrück »elme és inspiráció« volt; ő állította fel a becsületesség, a nyitottság és az objektivitás mércéjét, ugyanakkor a szkepticizmusával ösztönözte az embert. Még akkor is azt mondta, hogy »nem, nem hiszem«, amikor valóban felfedeztünk valamit. Híres eset volt, amikor a tanítványommal, Ron Konopkával olyan mutációt találtunk a legyekben, amelyek megváltoztatják az időérzékelésüket, a napi életritmusukat. Beszéltem róla Maxnak [Delbrücknek], aki azt mondta: »Nem hiszem, ez lehetetlen.« Elmeséltem neki, hogy a végére jártunk, megtaláltuk a gént, de ő csak megismételte, hogy hagyd a fenébe, lehetetlen. Meg kell mondanom, ez nem csak egyszer fordult elő. Ennek ellenére valahogy magasabb szintű ember volt, inspirálta a környezetét, és talpraesett feleségével, Mannyvel együtt nagyon szerettem őt. Amikor a Caltechen dolgoztam, a laborjában, olyan csodálatos kollégákkal ismerkedtem meg, mint Renato Dulbecco, Jean Weigle, Gunther Stent és Elie Wollman.”²

² 120–121.

Paul Berg

*Tudtommal senki sem vonja kétségbe
[a gének és az intelligencia közötti
szoros kapcsolatot].*



Paul Berg¹ (1926–) Brooklynban született. A Western Reserve Egyetemen szerzett PhD-fokozatot 1952-ben. Koppenhágában és St. Louisban volt posztdoktor; 1955-ben a Washingtoni Egyetem (St. Louis) munkatársa lett. 1959-ben átmént a Stanford Egyetemre, azóta ott dolgozik. Ő nyerte el az 1980-as kémiai Nobel-díj felét a nukleinsavak biokémiája, különösen a rekombináns DNS alapvető vizsgálatáért. A kutatás mellett a tudománypolitikában és biotechnológiai vállalatokban tevékenykedett. 1999-ben beszélgettünk Paul Berg dolgozószobájában, a Stanford Egyetem orvosi karán.

Paul Berg 1999-ben a Stanford Egyetemen
(Hargittai István felvétele)

Évtizedekkel ezelőtt, amikor a génszélesítési kutatások még gyerekcipőben jártak, Paul Berg arra figyelmeztette a tudományos közösséget, hogy ezek a kísérletek biológiai veszélyt jelenthetnek az ember és a környezet számára.

„Amikor elkezdtük a kísérleteket, nagyon szorongtunk, hogy nem változtatjuk-e még fertőzőbbé a baktériumokat. Például nem növeljük-e meg a bélrák kockázatát, ha kiveszünk egy gént egy rákvírusból, aztán beletesszük egy baktériumba, amely életképes a belekben. Nem tudtuk a választ. Ha pedig olyan szervezetekből veszünk ki géneket, amelyek nem reagálnak bizonyos antibiotikumokra, majd olyan baktériumokba visszük be őket, amelyek érzékenyek rájuk, kifejlődik-e bennük is az antibiotikumokkal szembeni rezisztencia? Minden ilyen kérdésre a válasz: igen. Ezért amikor elérkezünk ideig, azt mondtuk: »Álljunk meg egy percre. Talán abba kellene hagynunk ezeket a kísérleteket, hogy megnézzük, nem hordoznak-e komoly veszélyt vagy kockázatot.« Semmi-

¹ *Candid Science II*, 154–181.

képpen sem akartunk olyan baktériumokat kiengedni a környezetbe, amelyek megfertőzhetik az embereket, rákot vagy más nyavalyát okozhatnak. Akkor azonban semmilyen eszközzel nem tudtuk megállapítani, hogy valódi vagy képzelt kockázattal állunk-e szemben.

Amint kiderült a kísérletekből, hogy a géneket csereberélhetjük a különböző szervezetek között, mindenki hátrahőkölt: »Csak nem szörnyeket fogunk gyártani?« A Tudományos Akadémia felkért, hogy hívjak össze egy csoportot, amely majd tanácsokat ad az Akadémiának, hogy mit kezdjen ezzel az új tudománnyal. Ez a kis csoport megjelentetett egy levelet a *Science* és a *Nature* folyóiratban, amely »moratóriumlevél« néven vált ismertté. Azt javasoltuk, mindenki függessze fel ezeket a kísérleteket mindaddig, ameddig össze nem ülünk, és el nem döntjük, hogy hordoznak-e veszélyt vagy sem. A levél óriási hatást váltott ki az egész világon: a génmódosítással foglalkozó kutatókat mindenhol a kísérletek felfüggesztésére utasították. Javaslatot tettünk egy nemzetközi konferenciára, amelyen a tudományterület kutatói együtt próbálják megállapítani, hogy kockázatosak-e ezek a kísérletek.

1975-ben meg is tartottuk az utóbb híressé vált »asilomari konferenciá«-t. Asilomar nagy konferencia-központ a Monterey-félszigeten, Carmel közelében, Kaliforniában, tőlünk százötven kilométernyire délre. A konferenciára százötven fő érkezett a világ minden részéből – a Szovjetunióból, Kínából, Európából és az Egyesült Államokból; az összes résztvevő a géntechnológiát akarta használni. Azt a kérdést kellett megválaszolnunk, hogy biztonságos-e ez az eljárás, ha pedig nem, miként csökkenthetnénk a kockázatokat a kutatások folytatása érdekében. A konferencián kiderült: nincs elég információnk annak az eldöntéséhez, hogy valóban biztonságos-e az eljárás. Annyit mondhattunk csak, hogy vannak szinte kockázatmentes kísérletek, más kísérletek kockázattal járhatnak, és nagyon kockázatosnak vélt kísérletekre is rámutattunk. Olyan előírások és útmutatások kidolgozását javasoltuk, amelyek alapján mindenki tájékozódhat: milyen kísérletek végezhetők el bármelyik laboratóriumban, és melyek azok, amelyeket csak speciális, sőt, csak a legbiztonságosabb laboratóriumokban szabad végrehajtani. Az útmutatás körülbelül tizenkét évig szabályozta a kutatást, és mivel nem iktatták törvénybe, hanem csak ajánlás volt, meg lehetett változtatni.

Időközben egyre több ismeret gyűlt össze, és kiderült, hogy azok a kísérletek, amelyek aggasztottak bennünket, tökéletesen biztonságosak, ezért a nagy kockázatú kategóriából átkerülhettek a kis kockázatúba. Ma szinte semmilyen korlátozás sem vonatkozik azokra a kísérletekre és molekulákra, amelyekkel bárhol dolgozhatunk. Kezdetben a munka

lassan haladt, mert speciális laboratóriumokat kellett kialakítani, de amint meggyőződünk a kísérletek biztonságosságáról, a kutatás egyre nagyobb méreteket öltött és robbanásszerűen fejlődött. Ma egészen biztos vagyok abban, hogy az utóbbi húsz évben folyó kísérleteink egyik kategóriája sem veszélyes.”²

A gének és a viselkedés közötti kapcsolat

„Kiderült, hogy néhány viselkedési mód egy vegyület túltermelődéséből ered. Ez nem is olyan meglepő: gondoljunk például arra, hogy milyen viselkedéshez vezet a drogfüggőség. Bekerül egy vegyület a szervezetbe és az agy különböző sejtjeire hatva bonyolult »jelrendszert« hoz létre. Nem tudjuk, hány gén vesz részt ebben a viselkedési változásban. Egyelőre annyit tudunk – a kísérletek most is folynak –, hogy ha kiütünk egy bizonyos gént egy egerben, akkor az eger képtelenné válik a tanulásra, az emlékezésre. Az összes tanítási kísérletben buta egerként viselkedik. Egy másik mutáció zsenivé változtathatja az egeret. Elsőre megtanulja azt a trükköt, amit meg akarunk neki tanítani, míg az átlagos egernek öt–nyolc próbálkozás kell. Mindehhez csak egyetlen gént változtatunk meg.

– *Ez a gének és az intelligencia közötti szoros kapcsolatra utal.*

– Tudtommal senki sem vonja kétségbe ezt az összefüggést, de nem mindegy, hogyan definiáljuk az intelligenciát.

– *Nem tekintik ezt a kérdést szinte tabunak?*

– Nem, az előbb említett kísérletek nem emberekre vonatkoznak. Mi csak azt szeretnénk megtudni, hogy mi az emlékezés, milyen formában tárolja az agyunk az ismereteket. Mi az oka annak, hogy még a nagyon idős emberek is jól emlékeznek a fiatalkorukban történt események legapróbb részleteire, miközben elfelejtik, mit csináltak öt perccel korábban. Erre például úgy deríthetünk fényt, ha megvizsgáljuk, hogy meg tudjuk-e szüntetni a hosszú távú memóriát. Megtanítok valakinek egy műveletet, aztán egy hónap múlva ellenőrzöm. Ha emlékszik a tanultakra, működik a hosszú távú memóriája. De ha nem emlékszik, és én tudom, hogy melyik gént változtattam meg, legalább annyit mondhatok, hogy beavatkoztam a rövid és a hosszú távú memória közötti átalakulási folyamatba. Ez a kísérletek menete. Ha ma a biológiában bonyolult jelenségeket vizsgálunk – ez lehet az anyagcsere, az emlékezés,

² 166–168.

a differenciálódás, bármi, amit meg akarunk érteni –, elsősorban olyan mutációkat állítunk elő, amelyek megváltoztatják az adott folyamatot. Ha pedig megtaláltuk a folyamatot befolyásoló összes mutációt, akkor ki kell bogoznunk, mivel járnak az egyes mutációk, és a bonyolult folyamat összes lépését rekonstruálnunk kell. Egyes mutáns legyek például nem tudnak tanulni, vagy másképp reagálnak a fényre, mint a többiek. Minden jelenséget tanulmányozhatunk a mutációk segítségével, amit csak akarunk.

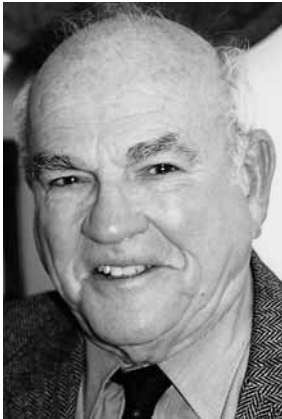
– *Létezik egyértelmű megfeleltetés, vagy olyan változások is bekövetkezhetnek, amelyekkel esetleg nem törődnek a kutatók? Például meghosszabbítják egy egér életét, de emiatt az állat ostoba vagy éppen zseniális lesz.*

– Jó kérdés.”³

³ 172–173.

Baruch S. Blumberg

*Az én szintemen az ember
már nem változtatja meg a pályáját,
csak újakat ad hozzá.*



Baruch S. Blumberg¹ (1925–2011) New Yorkban született. BS-fokozatot és orvosi diplomát a Union College-ban (Schenectady) és a Columbia Egyetemen szerzett 1946-ban és 1951-ben. Nagy-Britannában, az Oxfordi Egyetemen doktorált 1957-ben. Elsősorban a hepatitis B vírus felfedezésével és az ellene kidolgozott vakcinával szerzett nevet. Az 1976-os élettani vagy orvosi Nobel-díjat D. Carleton Gajdusekkel megosztva kapta a fertőző betegségek eredetének és terjedésének új mechanizmusait feltáró felfedezésekért. 2002-ben beszélgettünk a philadelphiai Fox Chase Rákközpontban, a dolgozószobájában.

Baruch Blumberg 2002-ben Philadelphiában
(Hargittai István felvétele)

Ez a dolgozószoba a rák megelőzésének szentelt épületben kapott helyet. Részben ezért, részben a májrák megelőzésében elért alapvető tudományos eredményei miatt, kézenfekvő volt, hogy a rák megelőzéséről kérdezzük Baruch Blumberget.

„A rák megelőzését célzó legfontosabb program a dohányzás elleni kampány. Ennek óriási hatása van a rák előfordulásának gyakoriságára, különösen az Egyesült Államokban. Az én munkám a hepatitis B elleni vakcina kidolgozása révén kapcsolódik a rákmegelőzéshez. A hepatitis B felel a világon előforduló primer májrákos esetek mintegy nyolcvanöt százalékáért. A máj primer rákos elváltozása az egyik legelterjedtebb daganatos betegség: a férfiak esetében ez a harmadik, a nőknél a hetedik leggyakoribb, rákra visszavezethető halálozási ok. Nagyon nehezen kezelhető. A diagnózis felállítása után egy évnél jóval rövidebb a várható élettartam, és az ötéves túlélési arány – sokszor ezzel mérik a rák súlyosságát – nyolc-tíz százalék, ami rendkívül kicsi. A primer májrák

¹ *Candid Science V*, 578–587.

kialakulásában szintén nagy szerepet játszik a hepatitis C, akár egymagában, akár a hepatitis B-vel együtt.

A hepatitis B-fertőzést megelőző vakcinát 1969-ben találtuk fel; az 1980-as években kezdték el a forgalmazását. Ma a világon ez az egyik leggyakrabban alkalmazott vakcina. Több mint egymilliárd dózist használtak már fel; több százmillió embert oltottak be. Ennek hatására az egész világon markánsan csökkent a hepatitis B-fertőzések száma. A hepatitis B-fertőzés megelőzése a rákmegelőzés második leggyakrabban alkalmazott módszere. Ahogy említettem, a dohányzás abbahagyása az első.”²

Az 1990-es évek végén Baruch Blumberget új munkaterület várta: a NASA Asztrobiológiai Intézetének alapító igazgatója lett. Kíváncsiak voltunk, hogy a (más területen szerzett) Nobel-díjon kívül mi indokolta a kinevezését.

„Meglepő módon – akkor nem jöttem rá – az a vezetői tapasztalat, amelyet egy kutatási szervezet irányításában szereztem. Az Asztrobiológiai Intézet alapkutatási intézmény. Ebben különbözik a célorientált NASA többi részlegétől. A NASA elsősorban technológiai, mérnöki szervezet. A kutatáshoz, az űr eléréséhez fantasztikus űrhajókat és űrállomásokat kell készíteni. A Nemzetközi Űrállomás valószínűleg minden idők legbonyolultabb konstrukciója; bonyolultabb a piramisoknál, az autópálya-rendszereknél, a vasúti hálózatoknál. Korszakalkotó mérnöki fejlesztések segítségével épült fel. Nagyszerű alkotás – és lélegzetelállító, hogy fölötünk kering. Ennek a nagy erőfeszítésnek a kutatás a célja. A világűr hihetetlen titkokat rejt. Amikor megfigyelünk egy objektumot, nemcsak azt tudjuk, hogy senki sem volt ott korábban, hanem azt is, hogy nem is lehetett. Minden új. Ugyanilyen volt, amikor a távcsövet kezdték használni. Minden egyes alkalommal, amikor belenéztek, felfedeztek valami újat.

– *Arra számít, hogy a kutatásaik alapján megtudnak valamit a földi élet keletkezéséről?*

– Nagy erővel dolgozunk rajta. Elsősorban az evolúció korai szakasza érdekel bennünket, az élet kialakulása és a prebiotikus kémia. A meteoritokkal és a kozmikus porral több száz szerves vegyület rengeteg molekulája érkezik minden évben a Földre.

– *Lehet, hogy innen ered a földi élet?*

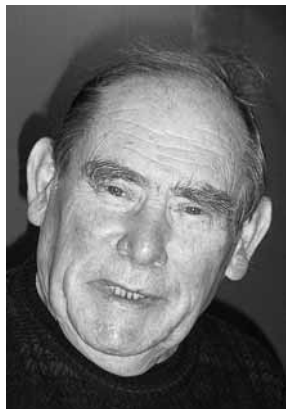
– Elképzelhető.”³

² 580.

³ 585–586.

Sydney Brenner

A tudományos felismeréshez nem a „maximálisan legtöbb” adatot kell megszereznünk, hanem a „minimálisan legjobb”-at, a többi pedig más információkból kell megjósolnunk.



Sydney Brenner¹ (1927–) a dél-afrikai Germistonban született. Előbb Dél-Afrikában, a Witwatersrandi Egyetemen tanult, majd az Oxfordi Egyetemen szerzett PhD-fokozatot, 1954-ben. Brenner, H. Robert Horvitzot és John E. Sulstont 2002-ben megosztott élettani vagy orvosi Nobel-díjjal tüntették ki a szervfejlődés és a programozott sejthalál genetikai szabályozása terén elért felfedezéseiért. Tudományos eredményei ekkorra már szinte minden más díjat meghoztak Brennernek. Ma, részben, a kaliforniai La Jollában dolgozik, a Salk Biológiai Kutatóintézetben. A cambridge-i King's College-ban beszélgettünk 2003-ban.

Sydney Brenner 2003-ban Cambridge-ben
(Hargittai István felvétele)

Kiszámítható-e egy élő szervezet a DNS-e alapján?

„Mindössze annyit tudunk egy ideje, hogy a DNS lineáris »forgatókönyv«, és egyes tartományainak aminosavsorrendek felelnek meg. Azt is tudjuk, hogy más tartományok olyan termékek képződéséhez hordoznak információt, amelyek maguk is nukleinsavak. Tudunk a transzfer RNS-ről és sok más kis RNS-ről is: ezeket ugyan felfedezték már, de még nem ismerjük őket nagyon jól. És persze tudunk a riboszómáról, a sejt számos egyéb alkotórészéről. Azzal is tisztában vagyunk, hogy a szabályozás bele van valahogy írva a DNS-be. De nincs hozzá szótárunk és nem tudjuk lefordítani. Ezért ha arra gondol, hogy ki tudjuk-e számítani az élő szervezeteket a DNS-ükből, az a válaszom, hogy nem. Most nem.”²

¹ *Candid Science VI*, 20–39.

² 24–25.

Hogyan magyarázzuk el a bonyolult dolgokat?

„Neumann János azt mondta, a bonyolult dolgokat kétféleképpen magyarázhatjuk el. Az egyik lényegében az eggyel magasabban fekvő szint kifejezéseit veszi kölcsön; mondhatnánk, anyagi nyelvet használ. De bizonyos dolgok olyan bonyolultak, tette hozzá, hogy nem is tudjuk elmagyarázni őket, ezért olyan leírást kell adnunk, amellyel azonosan viselkedő objektumok konstruálhatók; vagyis algoritmikus magyarázatot kell kínálnunk. Ezt tekintette tudományos magyarázatnak. Példaként a mintázatfelismerést hozta fel. Hogyan magyarázzuk meg tehát a mintázatfelismerést? Meg kell adnunk a mintázatfelismerés legfontosabb jellemzőit, és ezzel már leírhatunk egy ilyen belső szerkezettel rendelkező objektumot. A megoldás helyett rendszerint számítógépprogramot állítunk elő. Ezért a válasz, azt hiszem, a következő. Ma mindent leírhatunk a világegyetemben, atomról atomra mindent le tudunk írni, de ez csak adathalmaz, leírás. A tudományos felismeréshez nem a »maximálisan legtöbb« adatot kell megszerezni, hanem a »minimálisan legjobb«-at, a többit pedig más információkból kell megjósolnunk. Másképpen: a klasszikus kutatási módszer a megszerzett adatokból elméletet állít fel, és aztán jósol. Ha olyan jelenségeket akarunk magyarázni, mint az élő szervezetek működése, tulajdonképpen leírhatnánk, hogyan működik egy organizmus minden lehetséges feltétel mellett, de ez csak leírás lenne. Ennél szerintem sokkal jobb, ha megkeressük, hogy mi hozza létre a viselkedést; ha megtaláljuk a gépezetet, a szerkezetet – utána már megjósolhatjuk a viselkedést. Ha ez megvan, kész a magyarázat is.”³

Széljegyzet Erwin Schrödinger Mi az élet? című könyvéhez

„... Schrödinger könyvében van egy szörnyű hiba, egy alapvető tévedés. Az egyik részben azt írja, hogy a kromoszómák tartalmazzák az élő szervezet tervét vagy programját és a végrehajtásához szükséges eszközt is. Csakhogy nem a végrehajtásához szükséges eszközt tartalmazzák, hanem ennek a leírását! Ez alapvető hiba, amit később vettem észre, amikor elolvastam Neumann János önreprodukáló gépekről szóló elméletét. Az ő modelljében a kód nem a program végrehajtásának eszközét tartalmazza, hanem csak egy leírást, és az új gépet a régi géppel

³ 25.

kell előállítani. Schrödinger itt hibázott. Amikor újra elolvastam a *Mi az élet?*-et, utólag már felfedeztem, hogy súlyosan tévedett. Az én példányomban van egy Michael Faraday-idézet, amit ceruzával írtam bele 1946-ban, amikor a könyvet olvastam. Már nem emlékszem rá pontosan, de az a lényege, hogy menj és kísérletezz. Ez különösen a biológiában fontos: kit érdekel itt az elmélet?”⁴

⁴ 27–28.

Arvid Carlsson

*Nélküle nem születtek
volna meg ezek a felfedezések.
A modern farmakológia nagy alakja volt.*
(Bernard B. Brodie-ról)



Arvid Carlsson 2003-ban
Göteborgban (*Hargittai István
felvétele*)

Arvid Carlsson¹ (1923–) Uppsalában született. 1941-ben kezdte meg egyetemi tanulmányait a Lundi Egyetemen; 1951-ben szerzett orvosi diplomát és PhD-fokozatot. 1959 óta dolgozik a Göteborgi Egyetemen. Pályája kezdetén, 1955–56-ban, fél évet Bernard B. Brodie-nál töltött, az amerikai Nemzeti Egészségügyi Intézetekben (NIH), Bethesdában.

2000-ben Paul Greengarddal és Eric Kandellel megosztott élettani vagy orvosi Nobel-díjat kapott az idegrendszeri jelátvitel terén tett felfedezéseikért. 1958-ban Carlsson és munkatársai kimutatták az agyban a dopamint, és közölték, hogy elképzelésük szerint a dopamin részt vesz a pszichomotoros aktivitás szabályozásában. Később Carlsson tanítványaival feltérképezte a dopamin agyi eloszlását, és a vegyületnek szerepet tulajdonított a Parkinson-kór kialakulásában. Arvid Carlsson nevéhez számos további farmakológiai felfedezés kapcsolódik. 2003-ban beszélgettünk a Göteborgi Egyetemen.

Carlsson előnyösnek tartotta, hogy Brodie-val mindketten kívülállóként kapcsolódtak be a munkába.

„Valóban, »outsider«-ek voltunk, ami nagyon fontosnak bizonyult. A mi esetünk jól példázza [Thomas] Kuhn teóriáját a [tudósok] megrögzött hitéről, a dogmáról. És akkor jön valaki kívülről, s azt mondja, ez nem lehet igaz. Brodie-ban többek között az nyugozott le, hogy egy szakterületén kívül eső szeminárium meghallgatása után mindjárt lényegre törő kérdéseket tudott feltenni.

– *Még hatvanévnnyi kutatói pályafutással a háta mögött is folyton visszakanyarodik ahhoz az öt hónaphoz, amelyet Brodie-nál töltött.*

¹ *Candid Science V*, 588–617.

– Sokféleképpen elkápráztatott. Gyakran gondolkodom rá, szeretném megfejteni a titkát. Mondok néhány példát, amitől még rejtélyesebbnek tűnik majd. Igazi korszakalkotó felfedezés volt, hogy a reszerpin csökkenti a szerotonin szintet. De ezt nem ő fedezte fel; ő csak felkapta. A jelenségre az egyik fiatal munkatársa figyelt fel, Parkhurst Shore, aki véletlenül az én mentorom volt, Brodie felügyelete alatt, amikor Brodie laborjában dolgoztam. Éppen néhány hete beszéltem vele telefonon, mert alaposabban meg akartam ismerni a történetet. Az *Apprentice to Genius (A zseni inasa)* című könyvben szerepel, hogy a felfedezés Shore nevéhez fűződik.



Bernard B. Brodie
(Arvid Carlsson szívességéből)

Shore-nak olyan problémán kellett dolgoznia, amely egy Brodie-szerű elgondoláshoz kapcsolódott, nevezetesen: milyen kölcsönhatás alakul ki két hatóanyag között. Ez alapvető kérdés volt. Ebben a kísérletsorozatban olyan szereket is megvizsgáltak, amelyek a központi idegrendszerre hatnak. Shore nekiállt szakirodalmat olvasni, és nagyon feldobta, hogy a központi idegrendszerre ható szerek között sok az indolszármazék; ilyen a szerotonin, a reszerpin és az LSD. Udenfriendnek éppen volt egy fiatal munkatársa, Herb Weissbach, aki kidolgozott egy módszert a szerotonin bomlástermékének (metabolitjának) vizeletbeli meghatározására. Shore megkérte Weissbachot, hogy olyan állatok vizeletmintáit is elemezze, amelyeknek korábban reszerpint adtak. Weissbach ráállt – és az eredmények láttán nagyon meghökkentek. Sohasem tapasztaltak még ekkora metabolitszint-növekedést. Brodie éppen Floridában vakációzott, de a hírek hallatán azonnal visszautazott, és rögtön a »mi projektünk«-ről kezdett beszélni. Rátette a kezét. Shore nagyon szerény. Most is csak azt mondja, hogy így működött a rendszer.

Shore-nak másik felfedezése is volt. Bizonyos gyógyszerek hatására, amelyekben nitrogéntartalmú bázisok vannak, a páciensek gyomorban megnő a bázisok mennyisége. Ebből azt a következtetést vonták le, hogy a jelenség a gyomorban levő két fázis közötti megoszlásból fakad, és a bázisok a savas fázisban gyülemlenek fel. Erre szintén Shore jött rá, de Brodie a kutatást átadta egy másik munkatársnak a csoportjában, aki jobban értett a gyomorhoz. Utána cikket írtak belőle, amelyen Shore szerepelt első szerzőként. Brodie laborjában így mentek a dolgok.

Vagy nézzük Julie Axelrod esetét. Axelrod átment egy szomszéd laborba, ahol megtanulta a máj preparálását és frakcionálását. Aztán felfedezte, hogy a mikroszómák szerepet játszanak a hatóanyagok metabolizmusában. Ez a felfedezés később Brodie nevében is futott, nem csak Axelrodén. Az ilyen esetekből később viccet csináltak, azt mondogatták például, hogy Brodie a reszerpin szerotoninra gyakorolt hatását Miami-ban fedezte fel, a tengerparton. Ezek a történetek Brodie rossz oldalára világítanak rá. De ő teremtette meg a kreativitás légkörét. Nem ő fejlesztette ki a spektrofotofluorométert, de a berendezés az ő laborjában született meg, és könnyen lehet, hogy az ő ötletéből. A spektrofotofluorométer korszakalkotó műszer volt abban az időben, mert új utakat nyitott meg: egy sor fontos anyagot először elemezhattünk kémiai módszerrel kis mennyiségben.

Ez mind abban a laborban történt. Brodie magához vonzotta azokat az embereket, akik képesek voltak ilyen eredményekre. Mit is mondhatnánk? A terület úttörőjének tekinthetjük – mohó volt, de mégiscsak úttörő. Nélküle nem születtek volna meg ezek a felfedezések. A modern farmakológia nagy alakja volt. De mindent egybevetve, meg lehetett indokolni, hogy miért nem szolgált rá a Nobel-díjra.”²

„– *Az ön felfedezése gyógyítja a Parkinson-kórt vagy legalábbis enyhíti a tüneteit.*

– Igen. Én dolgoztam ki a dopamin Parkinson-kórban játszott szerepének elméletét 1958 októberében a Maryland állambeli Bethesdában.

– *Miért szenvednek akkor még mindig ennyien ebben a betegségben?*

– Ezt a kórt nem lehet megelőzni, csak kezelni; a tünetek kezelhetők. Pótoljuk a dopamint, ami a sejthalál miatt elveszett. A betegek dopát kapnak, ebből az anyagból képződik a szervezetben a dopamin. A páciensek többségénél óriási javulást tapasztalunk, amely tíz évnél is tovább tarthat. De a legtöbb esetben előbb-utóbb csökken az L-dopa terápiás hatása. Mellékhatások jelentkeznek, például az »on-off« jelenség: a beteg mozgásképtelenné válik, majd egy idő múlva – amelynek hossza változhat – hirtelen átkapcsol, és megint jól mozog. Aztán váratlanul megint kikapcsol, és megmerevedik. Ugyancsak mellékhatás a diszkinézia, az akaratlan mozgás. Nagyon kellemetlen lehet.

– *Arról, hogy ezt a betegséget nem lehet megelőzni, csak kezelni, az inzulin-történet jut az eszembe, bár vannak eltérések. Miután az inzulin felfede-*

² 613–615.

zéséért odaítélték a Nobel-díjat, felrótták, hogy a díj elterelte a figyelmet a cukorbetegség kutatásáról: az okok és a valódi gyógymód feltárásáról. Elképzelhető, hogy a dopamin szerepének felismerése visszaveti a Parkinson-kór további kutatását?

– Épp ellenkezőleg! Korábban a Parkinson-kór egyáltalán nem érdekelte a kutatókat. Tudták, hogy krónikus betegség, amit sejtdegeneráció idéz elő, de arról már fogalmuk sem volt, hogy milyen sejtek hibásodnak meg. Nyilvánvalóan neurodegeneratív betegségnek kellett tekinteni. Amikor felállították a szerencsétlen betegek diagnózisát, az orvos széttárta a karját: »Ez krónikus betegség. Sajnos, semmit sem tudunk vele kezdeni.« Szóval, nem sokat foglalkoztak vele. A felfedezés után azonban a betegség szisztematikus agykutatás tárgya lett, az alap- és a klinikai kutatás szintjén egyaránt. Merőben új szemlélet volt, hogy még egy degeneratív betegség is kezelhető. Az újdonság, persze, ellenállást is kiváltott. Ezúttal a neurológusokból, akik azt mondták, nevetséges, hogy egy neurodegeneratív elváltozást kémiai úton akarok kezelni. Értelmetlennek tartották. Még nálunk is [Göteborgban]. 1959-ben, amikor idekerültem, azonnal felvettem a kapcsolatot az idegtudományi kutatások vezetőjével, és együttműködést ajánlottam. Egyáltalán nem érdekelte. Ugyanilyen zsákutcába futottam bele egy híres idegsebésszel Lundban, ahol még Göteborg előtt dolgoztam. Ők olyan agymodellben gondolkoztak, amelyben a sejtek elektromos jellel kommunikálnak egymással. Hogyan fért volna bele ebbe az elképzelésbe egy vegyület? Ezért a felfedezés nemcsak az alapkutatásban hozott paradigmaváltást, hanem a klinikai neurológiában, sőt a pszichiátriában is. Óriási hatást váltott ki, pont az ellenkezője történt annak, mint amit érzékeltetett.

– *Mindössze egy elképzelést idéztem...*

– Persze, tudom. Csak meg akart kicsit birizgálni. [Jót nevet.]”³

³ 596–597.

Aaron Ciechanover

Izrael nekem maga a csoda.



Aaron Ciechanover 2003-ban a stockholmi szigetvilág Sandhamn szigetén
(*Hargittai István felvétele*)

Aaron Ciechanover¹ (1947–) Haifában született. Izraeli orvosbiológus; a jeruzsálemi Héber Egyetem orvosi karán szerzett MSc- és orvosi diplomát. 1977 óta a haifai Technion – Izraeli Műszaki Egyetem – munkatársa. Számos alkalommal volt vendégkutató, 1978 és 1981 között a philadelphiai Fox Chase Rákközpontban dolgozott. 2004-ben együtt kapott Nobel-díjat korábbi mentorával, Avram Hershkóval és Irwin A. Rose-zal az ubikvitin közvetítésével lejátszódó fehérjebontás felfedezéséért. Aaron Ciechanoverrel két hosszú interjút is készítettünk. Az elsőt 2003-ban Svédországban, a stockholmi szigetvilág Sandhamn szigetén, a Karolinska Intézet rákkutatóinak második éves összejövetelén, a másodikat 2005-ben Budapesten.

A budapesti Lauder Javne Iskola egyik diákja megkérdezte Aaron Ciechanovertől, hogyan egyezteteti össze a vallást a tudománnyal. Ciechanover válaszából a következő részletet idézzük:

„Ez a kérdés nem foglalkoztat, mert nem tartom magam vallásosnak. A lelkem mélyéig zsidó vagyok, de nem vallásos zsidó. Különbséget kell tenni a kettő között. Nem tartom be az előírásokat, nem követem a rituális szokásokat, legfeljebb néhányat. Nekem a judaizmus tökéletesen mást jelent, mégis hihetetlenül fontos. [...] Számomra a judaizmus tradíció, kultúra, történelem, emlékezés, a szülők és az otthon, tudomány – sok minden. Nem gondolom, hogy a természettudományt össze kellene egyeztetnem a vallásos hittel, valamivel, amit nem értek és ami fölöttem áll.

A judaizmus, amely számtalan formában jelenik meg, mégis nagyon fontos nekem. Nézzük például a hobbimat. A zsidó egyházi zene a ked-

¹ *Candid Science VI*, 258–303.

vencem, legtöbbször a zsidó kántorok felvételeit hallgatom. [...] Ez egyfajta opera; néhány zsidó kántort híres operaénekesként is számon tartottak, például Richard Tuckert vagy Jan Peerce-t. Akkor hát mi a különbség a zsidó egyházi zene és *A sevillai borbély*, a *Carmen*, a *Sámson és Delila* vagy a többi opera között? Az mindenképpen óriási különbség, hogy a kántorok éneke az imákhoz, a zsidók évszázados szenvedéseihöz, Istennel folytatott beszélgetéseihöz kötődik. Néhány szöveg rendkívül erős és költői.

De ne a zsidó istenképre gondoljunk! Hanem arra az Istenre, aki nekünk, embereknek kijelöli a helyünket, ahonnan alázattal csodáljuk a teremtést, a természetet, a biológiai tudományok bonyolultságát. Nagyon alázatosnak kell lennünk, mert a világ rendkívül bonyolult, és csak keveset tudunk róla. Hiába jutalmazták Nobel-díjjal, mondjuk, az agykutatást, az agy működését még nem ismerjük. Kaphat valaki Nobel-díjat, ha előbbre viszi a rákkutatást, de nem tudjuk, mi a rák, és hogyan gyógyítható.

Mondok egy példát, ami édesapámat juttatja eszembe. Van egy híres ima a muszáf ima előtt. A muszáf fontos ima, és a nagy ünnepek, a rós ha-sána (az év első napja) és a jom kippur (az engesztelés napja) idején még fokozódik is a jelentősége. Ebben az imában a saliah cibbur (a közösség küldötte), a hazzan (kántor) énekel a közösségért, miközben Isten előtt, a frigyláda előtt áll. Körülbelül ezt mondja: »Semmi sem vagyok. Porszem vagyok, semmit sem érek. Csak egyszerű ember vagyok. De felelős vagyok. Engem a közösség küldött, több ezer ember, aki eljött ebbe a zsinagógába, és azért imádkozik hozzád, hogy bocsáss meg neki. Én csak az ő küldöttük vagyok. Ezért, kérek, nyisd meg nekem a mennyek kapuját, ne énértem, hanem értük és mindenkiért.«

A hideg futkos a hátamon, amikor ezt olvasom, és nem számít, milyen istenről van szó, bármelyik isten lehet. [...] Hogyan éltek a zsidók? Vallásosan. A törvényeiket kódexbe foglalták, a *Talmud*ba, illetve a *Misná*ba. Mi a *Talmud* és a *Misna*? Polgári törvénykönyv. Mi történik, ha kirabollak? Mi történik, ha elveszem a feleséged? Mi történik, ha megsértem valamelyik törvényt? Úgy állították össze a szabályokat, hogy mindenki megértse, hogyan kell élnie egy közösségnek. Vallásos szöveg lett belőle, de alapjában véve polgári szöveg. A világ egyik legrégebbi törvénykönyve. Ezért, természetesen, nagyon értékesnek tartom, és bár zsidó, semmi köze sincs Istenhez. Arról szól, hogyan kell együtt élni egy közösségben. Persze, néhány áldozat is elő van írva Jeruzsálemben. A nagy ünnepeken az ember elmegy a templomba, áldozatot mutat be Istennek, elhozza a termése egy részét Istennek, de a szegényeknek is

ad. Mindenhol, ahol arat, a termés egy részét ott hagyja egy szegletben, hogy a szegények takaríthassák be, mert nekik semmijük sem terem. Sok társadalmi előírás szerepel a *Talmudban* és a *Misnában*, amelyek vallásos szövegek, de megszabják, hogyan kell élni.

Mindennek természetesen köze van a szüleimhez, akik Lengyelországban nőttek fel, ortodox családban, és még a holokauszt előtt Izraelbe költöztek. Rám hagyták a tradíciót. A tradíció után nézzük Izraelt, amelyet 1947. november 29-én ismert el az ENSZ. Ben Gurion független államát 1948. május 15-én alapították meg, a holokauszt közvetlen folyományaként. Tehát nem az előző évszázadban, nem ötven évvel a holokauszt után, hanem közvetlenül utána. Mi is a holokauszt? A zsidók elpusztítása *azért*, mert zsidók. Ezért gyilkolták meg őket kegyetlenül – egész Európában üldözték a zsidókat, és a németek megölték őket. Ehhez *ne* lenne közöm? *Muszáj*, hogy közöm legyen, a részese vagyok. Olyan országban élek, amely a holokauszt, egy vallási üldözés egyenes következménye. A németeknek ez faji kérdés volt, de az én szememben ez a hosszú éveken át tartó antiszemitizmus és üldözés tetőpontja.

A zsidók tehát megalapították az államukat, és létrehozták a hadseregüket, mégpedig kettős céllal. Az egyik, hogy képesek legyenek megvédeni magukat – ezt senki sem teheti meg helyettük. A másik, hogy az egész világról idehozzák a zsidókat, és azt mondják nekik: ha zsidó vagy, jogod van arra, hogy ide gyere, mert itt menedékre találsz, senki sem kérdez tőled semmit. Ez az egyetlen olyan ország a világon, amelyik automatikusan állampolgárságot ad a zsidóknak pusztán azért, mert zsidók. Nemcsak a vallási, hanem a fizikai fenyegetés ellen is védelmet nyújt; a kettő összekapcsolódik. Ennek semmi köze ahhoz, hogy reggel, amikor fölkelek, imádkozom-e valamelyik imakönyvből. Így kapcsolódnak össze a láncszemek: a *Talmud*, a *Misna*, az üldözés, a kultúra, a szüleim, az államom. Ezek együtt alkotják azt az egyedi – és számomra létfontosságú – struktúrát, amelyben élek. Nem állítom, hogy minden rendben van a tudomány és a vallás összeegyeztetése körül, de ez sohasem foglalkoztatott. Sohasem szabadkoztam emiatt, és sohasem éreztem, hogy szabadkoznom kellene, mert kedvében kellene járnom azoknak, akik azt kérdezik tőlem: »Hogy lehet maga tudós?«
Vannak olyan tudósok, akik kipában járnak, és mélyen vallásosak. Lehet, hogy ők nehéznek találják ezt a kérdést, de biztos vagyok abban, hogy eljutottak a magyarázathoz.”²

² 293–295.

Francis H. C. Crick

... hangsúlyoznám, hogy a gyógyíthatatlan betegeknek joguk van saját életük befejezéséhez.



Francis H. C. Crick
La Jollában (Hargittai István
felvétele)

Francis H. C. Crick¹ (1916–2004) Northamptonban született, Angliában, és a kaliforniai La Jollában halt meg. Alig néhány hónappal halála előtt, 2004 februárjában látogattuk meg őt és feleségét La Jollában. Egy hosszú délelőtt és egy kellemes ebéd után vettünk búcsút a Crick házaspártól, akikkel számtalan témát érintettünk a nagyon kellemes légkörű látogatás során. Hangfelvételt nem készítettünk a beszélgetés alatt, de rögtön utána mindketten (HI és HM) diktafonba mondtunk mindent, amire emlékeztünk. Néhány fontos kérdésről egyikünk (HI) már korábban is levelezett Crickkel. Alább ebből a levelezésből idézzük szó szerint Crick szavait.

Francis Crick a northamptoni gimnáziumban kezdte meg tanulmányait, aztán az észak-londoni Mill Hill iskolába járt. A University College Londonban tanult fizikát; 1937-ben szerzett BSc-fokozatot. A második világháború miatt félbeszakította doktori tanulmányait, és a Brit Admirálisnál folytatott védelmi kutatásokat. Tudományos pályája 1947-ben indult újra, az Orvosi Kutatási Tanácsnál (Medical

Research Council, MRC). 1949-től a Cambridge-i Egyetem Cavendish Laboratóriumában dolgozott.

1951-ben kezdett kutatásba James Watsonnal, ami 1953-ban a kettős hélix felfedezéséhez vezetett. A következő években Crick megmaradt a molekulabiológia mellett, elsősorban a fehérjeszintézis és a genetikai kód feltárásán dolgozott. 1976-ban maga mögött hagyta Nagy-Britanniát, és a La Jolla-i Salk Intézet munkatársa lett. Kutatási területet is váltott: ettől kezdve az agyműködést és a tudat természetét tanulmányozta. Francis Crick, James D. Watson és Maurice Wilkins 1962-ben az élettani vagy orvosi Nobel-díjon osztozott a DNS kettős hélix szerkezetének felderítéséért.

1968. október 24-én Francis Crick tartotta a University College London rangos Rickman Godlee-előadását, amelynek már a címe is felkelte a figyelmet: „A biológia társadalmi hatása”. Az előadásnak volt néhány nagyon elgondolkodtató és megosztó kitétele, ezért megkérdeztük, nem változott-e a véleménye az utóbbi évtizedekben. Az előadás-

¹ *Candid Science* VI, 2–19.



Odile és Francis Crick Hargittai Magdolnával 2004-ben La Jollában
(Hargittai István felvétele)

ban Crick felvetette például, hogy egy kisbaba csak a születése után két nappal tekinthető élő személynek. Azt is javasolta, hogy a nyolcvan-nyolcvanöt évesnél idősebb emberek gyógyítására ne költsön többé az állam. Beszélgetésünkkor Crick már jócskán nyolcvan fölött járt.

„Most már módosítanám a javasolataimat. Régen az orvosok többnyire nem törték magukat, hogy a súlyos rendellenességgel születő csecsemőket életben tartásuk. Ma általában mindent megpróbálnak, hogy ezek a babák életben maradjanak. De belátom: elképzelhetetlen – legalábbis ebben az országban –, hogy a csecsemőt csak az első két nap után tekintsék élőnek, mert nagyon sok vallásos ember azt hiszi, hogy az élet valójában sokkal korábban kezdődik, még a fogantatáskor. Tehát nemcsak a baba érzéseit kell számba venni (ha vannak egyáltalán), hanem a szülőkét és a társadalom többi tagját is, akkor is, ha valaki rettenetesen ostobának tartja őket. Azt viszont nem hiszem, hogy az orvosoknak minden eszközt be kellene vetniük egy nagyon sérült csecsemő életben tartásáért.

Ami a korhatárt illeti, az emberek ma tovább élnek, mint a hatvanas években, ezért kicsit följebb húznám meg a korhatárt, de nem hiszem, hogy ilyen kérdésekben szigorú szabályokat kell követni. Ebben az esetben is azt gondolom, hogy érdemes ésszerűen bánni a nagyon drága vagy nehezen elérhető kezelésekkel. Hallottam, hogy Oregon állam eféle rendszert próbál bevezetni.

Ha még egyszer tartanék ilyen előadást (ami nem valószínű), inkább azt hangsúlyoznám, hogy a gyógyíthatatlan betegeknek joguk van

saját életük befejezéséhez. Azt hiszem, Hollandiában ezzel kísérleteznek.”²

Arra a kérdésre, hogy voltak-e olyan tudósok, akik a közvetlen tanítványainak tekinthetők, Francis Crick ezt válaszolta:

„Azt hiszem, senkit sem nevezhetek a tanítványomnak. Csak egyetlen PhD-hallgatót irányítottam egy évig, de őt aztán átvette tőlem valaki. Valószínűleg szándékosan kerültem az ilyen feladatokat.

Ugyanakkor sok kollégámmal szoros együttműködést alakítottam ki. A legfontosabb közülük James Watson és Sydney Brenner, illetve (újabban) Christof Koch. Aaron Klug, Beatrice Magdoff, Leslie Orgel és Graeme Mitchison sem átmeneti partner volt csupán. Együttműködéseink minden esetben közös cikkekhez vezettek. Mindannyiuknak (talán Magdoff és Mitchison kivételével) sok tanítványa van.

Azt hiszem, akkor vagyok a legeredményesebb, ha nem teljesen egyedül dolgozom, hanem szorosán együttműködöm valakivel. Sydney Brennerrel húsz évig közös dolgozószobánk volt. Most Christof Koch, a Caltech idegkutatója a legközelebbi munkatársam.

Tudományos pályám során természetesen nagyon sok tudóssal kuttattam együtt, és számos helyen tartottam előadást. Néhányuktól hallottam, hogy nagy hatást tett rájuk az előadásom. Azt hiszem, elég jó előadó lehettem, mert a konferenciákon senki sem szeretett utánam szerepelni!”³

² 11.

³ 12.

D. Carleton Gajdusek

Csak az a kutatás érdekel, amiről azt mondják, hogy sarlatán vagyok.



D. Carleton Gajdusek
1999-ben Budapesten
(Hargittai István felvétele)

D. Carleton Gajdusek¹ (1923–2008) Yonkersben született, New York államban. 1940-tól 1943-ig a Rochesteri Egyetemen tanult. A Harvard Egyetemen szerzett orvosi diplomát 1949-ben. Ekkor már posztdoktori munkáján is dolgozott a Kaliforniai Műszaki Egyetemen; Linus Pauling, John Kirkwood és Max Delbrück irányítása mellett. 1951-ben behívták katonai szolgálatra és a Walter Reed katonai egészségügyi szolgálat orvostovábbképzőjébe vezényelték. 1957-től a Nemzeti Egészségügyi Intézetekben (National Institutes of Health, NIH) dolgozott.

Gajdusek a gyógyíthatatlan, félheveny idegrendszeri betegségeket tanulmányozta, többek között az Új-Guinea kőkorszaki kultúrájú közösségeiben pusztító kurut. Kimutatta, hogy a kuru fertőző betegség, és új típusú kórokozó váltja ki, amely kannibalizmus miatt, a halott rokonok tetemének elfogyasztása révén terjed. Azt is megállapította, hogy ez a kórokozó nagyon hasonlít a juhok surlókorjéért

felelős kórokozóhoz. A ritka, de világszerte tapasztalható, preszenilis demenciát, a Creutzfeldt–Jakob-kórt ugyanez az atipikus, szokatlan „vírus” okozza, és a szarvasmarhák szivacsos agyvelőgyulladását (a „kergemarhakórt”) ugyanennek a csoportnak az egyik tagja idézi elő. D. Carleton Gajdusek és Baruch S. Blumberg 1976-ban megosztott élettani vagy orvosi Nobel-díjat kapott a fertőző betegségek eredetének és terjedésének új mechanizmusait feltáró felfedezéseiért.

Új-Guinea és Mikronézia kőkorszaki kultúrájú közösségeiből Gajdusek több mint hatvan gyereket fogadott örökbe; az Egyesült Államokba vitte és taníttatta őket. Egy válságos korszak után, amikor gyerekek zaklatása és pénzügyi szabálysértések miatt Amerikában le tartóztatták, majd börtönbe zárták, Európába költözött. A megpróbáltatásokat enyhítette az az óriási szolidaritás, amelyet az adoptált gyerekek többségétől és másoktól, többek között neves kollégáitól kapott. Folyamatosan írta híres naplóját: ebben aprólékosan rögzítette élete eseményeit. A feljegyzéseket több másolatban őrzik a levéltárak és a világ minden sarkán élő barátai.

1999 júliusában kétszer is hosszan beszélgettünk Budapesten.

¹ *Candid Science II*, 442–465.

A legfontosabbnak tartott munkák

„Felsorolhatom azokat a területeket, ahol – véleményem szerint – a legérdekesebb eredményeket értem el, de nem ezekért kaptam a Nobel-díjat. Legfontosabb kutatásaim, úgy gondolom, az agy kognitív funkciójának változásait vizsgálják – miben különbözik az agy programozása egy adott feladat megoldásakor a modern társadalomban és egy kőkorszaki kultúrában. Ez a munka a krisztallográfiához, a molekulagenetikához, a »lassú vírus«-fertőzésekhez, az Alzheimer- és a Creutzfeldt-Jakob-kórhoz kötődő kutatásaimat is felöleli. Megmondom a részlegem nevét, ahol negyvenhét évig dolgoztam az NIH-ben: »A gyermeki növekedés és fejlődés, valamint a viselkedési és a betegségi mintázatok tanulmányozása primitív kultúrákban«.

A következő nagyon fontos eredményem annak a kimutatása volt, hogy a Claude Bernard-féle kísérleti eljárás minden tudományos módszer legrosszabbika, ha egyszeri eseményekkel foglalkozunk. Ilyenkor egyetlen elméletet sem érdemes kipróbálni. Mindegy, mi az eredmény: mindig mondhatják, hogy csaltál vagy hazudsz. Akkor meg minek? 1959 vagy 1960 táján írtam egy dolgozatot a *Nature*-ben a nem ismétlődő események vizsgálatáról. Később nagyon csodálkoztam, mert a NASA és a csillagászok érdeklődtek iránta. Az ember nem várhat több száz évig egy szokatlan üstökös visszatérére vagy egy rejtélyes kozmológiai esemény újabb bekövetkezésére. Amikor besétálok egy kőkorszaki közösségbe, amely évezredekkel el van maradva a mi civilizációnk technikai színvonalától, minden megváltozik a pusztá jelenlétem miatt. Semmi sem fordul elő még egyszer. Akkor gondolkoztam ezen, amikor hang- és filmfelvételeket készítettünk, és rájöttem, hogy az emberek esetében véletlenszerű megfigyelésekre kell átállnunk egy-egy hipotézis tesztelése helyett. A hipotézisek ellenőrzését szolgáló megfigyelések érnék a legkevesebbet. Járj nyitott szemmel, láss minél többet, gyűjts adatokat, és ne próbálj meg egyetlen elmélethez ragaszkodni.

Talán ezek a legfontosabb tudományos eredményeim; mindegyik ötven évvel ezelőtt született.

A negyvenes években Michael Heidelberggerrel kutattam az autoimmun reakciókat a Columbia Egyetem orvosi és sebészeti karán. Aztán áttértem a szövetkultúrákra. Ezeket először egy sor vírus vizsgálatához használtam, például a herpesz szimplex és a venezuelai ló-agyvelőgyulladás vírusának tanulmányozásához. Aztán elmentem Ausztráliába, Frank Burnetnél dolgoztam Melbourne-ben, a Walter és Eliza Hall Intézetben: az influenzavírus genetikája volt a témám. Jobban érdekelt

volna a fertőző májgyulladás vírusa, de nem akarták, hogy ezzel foglalkozzam, mert veszélyes vírus. Később mégis megengedték, és néhány különös autoimmun reakciót sikerült felfedeznem a májgyulladásos betegekben. Az autoimmun komplement-kötési (autoimmune complement fixation, AICF) teszt kifejlesztésével én kezdtem el az immunológiai kutatásokat a Walter és Eliza Hall Intézetben, ahol korábban csak a virológiára koncentráltak. A *Nature*-ben egy sor cikket közöltem a fertőző májgyulladásos, sárgalázás és mielóma multiplexes betegek különböző szövetkomponenseihez kötődő autoimmun antitestekről. Ennek a kutatásnak az adatait használta fel Burnet, és így állította át végül az intézetet az immunológiára, de elismerte a szerepemet. Én sohasem jelentettem volna ki fekete-fehéren, hogy minden mielóma multiplexes betegnek más antitesttermelő sejtklónja van. Az antitesttermelés klónhipotézise pedig erre utalt. Mac Burnet okosabban használta fel az adataimat, mint én.

Korábban az arbovírusokat kutattam Dél-Amerikában, és találtam egy új, emberre halálos csoportot. Aztán sokáig nekem volt az egyetlen hantavírus-laboratóriumom az Egyesült Államokban. Mi izoláltuk az első tucat hantavírusvonal többségét, és a szerológiai tulajdonságaikat is meghatároztuk. Ho Wang Lee, a hantavírusok felfedezője, elküldte hozzám a tanítványát, Pyong Wuo Leet (de másokat is) a koreai hantavírus-laboratóriumából. Ő és Pyong Wuo Lee izolálta először a koreai vérzéses lázat okozó vírust. A laboratóriumomban dolgozó koreai munkatársakkal együtt derítettük fel a Föld hantavírus-fertőzöttségét Kínától Skandináviáig, aztán az Egyesült Államokban, a Balkánon, Ausztráliában, Óceániában és Dél-Amerikában.”²

Milyen az értékes kutatás?

„Azt a kutatást egyáltalán nem tartom nagyra, amiből focimeccset csinálnak. Az ilyen játékhoz túl nagy az egóm. Az az elvem, hogy ha más is megcsinálhatja helyetted a következő tíz évben azt, amin dolgozol, hagyd abba. Az nem kreatív tudomány. Mégis gyakran részt veszek ilyen munkákban, mert e nélkül nem maradnak talpon a PhD-hallgatók és a fiatal posztdoktorok, akiknek publikálniuk kell. Rá vagyunk kényszerítve, de semmire sem tartom az ilyen kutatást. Nem kell olyan sok ész a rejtvényfejtéshez, mitől legyenek úgy oda? A nagy sakk mesterek

² 454–456.

képessége sem nyűgöz le. A sakk az intellektus kompetitív maszturbációja. Abba is hagytam, elment a kedvem az egésztől.

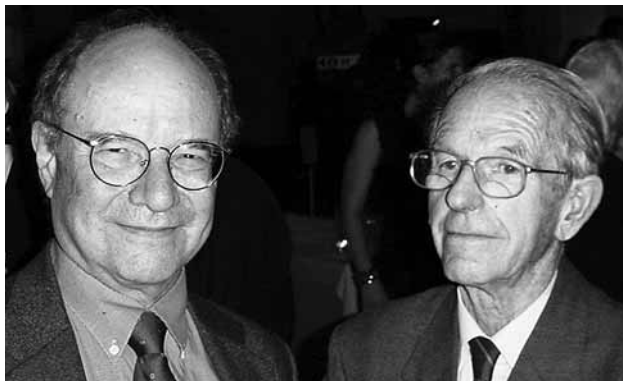
Csak az a kutatás érdekel, amiről azt mondják, hogy sarlatán vagyok. Az ember nem is tudja, mit csinál; gőze sincs, hogy milyen kérdéseket tegyen fel; rágódik rajta; tíz-húsz évig képtelen ötletei támadnak; beszél róla a kollégáinak, akik semmit sem értenek belőle, és unják. Ez a kutatás kreatív folyamata. Ha már tudjuk, milyen kérdéseket kell feltenni, hogyan kell hozzáfogni a megválaszoláshoz, végül pedig annyira fel tudjuk kelteni a kollégáink érdeklődését, hogy hazarohannak, és nekiállnak pályázatot írni, akkor világos, hogy már megcsináltuk, amit akartunk, és továbbállunk.

A cukorbetegség kutatását az hátráltatta a legjobban, hogy Banting és Best felfedezte az inzulint. Emiatt ötven évig alig keresték a cukorbetegség okát vagy megelőzésének módját. Csak az inzulin fiziológiáját kutatták, különböző inzulingyógyszereket gyártottak, és deszenzitizálták azokat, aki érzékenyek voltak az inzulinra. Ennek semmi köze a cukorbetegség megelőzéséhez vagy gyógyításához. Ugyanez a helyzet a szklerózis multiplexszel. Ma sem tudunk többet az okáról, mint a huszadik század elején. Vagy nézzük a skizofréniát. Azt várom, hogy bekopogjon hozzám egy tizennyolc éves a következő szavakkal: »Egész életemet annak szentelem, hogy megtaláljam a skizofrénia okát.«³

³ 458.

Walter Gilbert

*A „klón” olyan, mint egy késve születő iker,
de más mitokondriumai vannak, más méhből származik,
másképp nevelkedik és más a kora.*



Walter Gilbert (balra) és Frederick Sanger 2001-ben
Stockholmban (*Hargittai István felvétele*)

Walter Gilbert¹ (1932–) molekulabiológussá lett amerikai elméleti fizikus. Bostonban született, a Harvard Egyetemen diplomázott. Matematikai (elméleti fizikai) PhD-tanulmányait 1954-ben kezdte meg a Cambridge-i Egyetemen, Nagy-Britanniában. 1957-ben tért vissza a Harvard Egyetemre; itt előbb elméleti fizikai, aztán molekulabiológiai kutatásokat folytatott. Biotechnológiai cégeknél is dolgozott. 1980-ban Frederick Sangerrel osztozott a kémiai Nobel-díj felén a nukleinsavak bázissorrendjének meghatározásában elért eredményekért. Az interjú 1998 februárjában készült az Indian Wells-i „Frontiers in Biomedical Research” (Az orvosi biológiai kutatás határai) című konferencián.

*Walter Gilbert nagyon változatos pályát futott be: az elméleti fizikától
eljutott a molekulabiológiáig és a biotechnológiai vállalatokig, de köz-
ben egy kémiai Nobel-díjra is futotta.*

„Az én pályám a széles körű tájékozottság hasznát példázhatja. A siker gyakran azon múlik, hogy elég sok különleges apróságot tudunk-e a vi-

¹ *Candid Science II*, 98–113.

lágrol. A DNS bázissorrendjének megállapításához – egy bizonyos pillanatban – a DNS-beli cukrok egyik furcsaságát kellett ismerni. Honnan szereztem ezt a tudást? Valószínűleg egy négy-öt évvel korábbi kísérletből. Nagyon nehéz lenne kinyomozni az események láncolatát. Edison is hangsúlyozta, hogy a feltaláló egy csomó látszólag jelentéktelen összefüggést ismer.

A másik tanulság pedig az, hogy könnyebb kutatási területet váltani, mint gondolnánk. Gúzsba köti az embert, ha azt hiszi, hogy csak arra képes, amit már jól megtanult. Ez alapvető tévedés. Az a liberális oktatás, amely mellett a britek korábban elkötelezték magukat, azzal a nagy előnnyel járt, hogy mivel az ember semmire sem volt kiképezve, bármibe nyugodtan belevágott. Ha klasszikusokat olvasunk, nyilván semmire sem specializálódunk, de létfontosságú útravalót kapunk az élethez. A genomprogramnak az az egyik hatása, hogy minden biológiai módszer, amit eddig használtunk, a klónozás és a gének szekvenálása, el fog tűnni. Ezek nem lesznek többé kutatási programok, bekerülnek a könyvtárakba. Amikor először kísérleteztem a hírvívő RNS-sel, kézi számlálóval mértük a radioaktivitást. Aztán automatizálták a méréseket, de ma már radioaktív anyagokat sem használnak.

A tudományban egymást követik a változások – ha ezt nem ismerjük fel, benne ragadunk a régiben. Amikor a matematikai színezetű fizikáról áttértem a kísérleti biológiára, rájöttem, hogy a fizikai PhD-munkám során megtanultam egy fontos dolgot, ami máshol is használható. Nevezetesen: hogyan tudom önállóan eldönteni valamiről, hogy jó-e vagy rossz? Ennek az alapvető képességnek később máshol is hasznát vettem. Az új területemen meg kellett tanulnom a speciális tudnivalókat, de az ilyesmi nem tart sokáig.”²

² 112–113.

Avram Hershko

Egyedül szeretek dolgozni.



Avram Hershko 2004-ben
Woods Hole-ban
(*Hargitai István felvétele*)

Avram Hershko¹ (1937–) Karcagon született. Hatéves volt, amikor gettóba zárták, majd marhavagonba rakták, amely – egy szerencsés véletlen folytán – nem Auschwitzba, hanem az ausztriai Strasshofba vitte. Hónapokat töltött embertelen körülmények között egy munkatáborban, amelynek felszabadítása után visszatért Karcagra. A Herskó család nemskára Budapestre költözött, és 1950-ben kivándorolt Izraelbe. Avram Hershko 1965-ben szerzett orvosi diplomát és 1969-ben PhD-fokozatot a jeruzsálemi Héber Egyetem Hadassah orvosi fakultásán. 1969–1971-ben posztdoktorként dolgozott a Kaliforniai Egyetem orvosi karán, San Franciscóban. 1972 óta a Technion – az Izraeli Műszaki Egyetem – munkatársa. Sokáig a philadelphiai Fox Chase Rákközpontban folytatott nyaranta kutatásokat.

2004-ben korábbi diákjával, Aaron Ciechanoverrel és korábbi vendéglátójával, a Fox Chase Rákközpontban dolgozó Irwin Rose-zal kémiai Nobel-díjat kapott az ubikvitinnel közvetített fehérjebontás felfedezéséért. Avram Herskóval 2004 augusztusában, mindössze két hónappal Nobel-díjának bejelentése előtt beszélgettünk a Massachusetts állambeli Woods Hole-ban.

Egyikünk (HI) hasonló hónapokat élt át gyerekkorában, mint Avram Hershko, még Strasshofban is találkozhattak volna. Ezért természetesen szóba került, hogyan élte túl Hershko a holokausztot.

„Először Karcagon voltunk gettóban, és csak homályosan emlékszem, hogyan parancsoltak bennünket ki a csendőrök az otthonunkból. A gettóban édesanyám megpróbált minél normálisabb körülményeket teremteni számunkra. Nem tekintem magam holokauszt-túlélőnek, mert másokkal jóval kíméletlenebbül bántak, mint velünk. Az volt a legrosszabb, hogy körülbelül egy hónap után Karcagról a szolnoki get-

¹ *Candid Science VI*, 238–257.



Jobbról balra: Avram Hershko, Hargittai Magdolna, Judy Hershko és Hargittai István 2005-ben Budapesten *(ismeretlen fotós felvétele)*

tóba kerültünk, egy cukorgyárba, ahol rengeteg embert gyűjtöttek össze Szolnokról és a környező településekről. A szabad ég alatt tartottak bennünket, esett az eső, nem volt hol aludnunk, és nem volt mit ennünk. Az emberek sírtak. Néhányan megpróbálták megszökni, de azokat rémesen megverték, ott, a szemünk láttára. Hatéves voltam, a bátyám nyolc, ezért mindenre jobban emlékszik. Aztán vonatra raktak bennünket. Néhány vonatot Auschwitzba küldtek, rokonaink is voltak rajtuk, de a miénk Ausztriába ment. Először a strasshofi koncentrációs táborba kerültünk, ahol mindenkinek le kellett vetkőznie. Termekbe tereltek bennünket, de ezek nem gázkamrák voltak, mert víz folyt a tusból. Aztán teherautókon egy Bécs melletti kis faluba, Guntramsdorfba vittek. Istállóban laktunk, a földre szórt szalmán aludtunk. A mi csoportunkba harminc-negyven ember tartozott. A felnőttek a földeken, télen gyárban dolgoztak. Az oroszok valamikor 1945 áprilisában érkeztek meg. Gyalog indultunk vissza Észak-Magyarország felé. Egy idő után vonattal folytattuk az utat, és megérkeztünk Budapestre, majd Karcagra. Emlékszem, kifosztva találtuk a házunkat, és édesanyám elment, hogy megkeresse a bútorainkat; itt-ott rá is akadt néhányra. Semmit sem adtak maguktól vissza.

Édesapám nem volt velünk, munkaszolgálatosként már korábban elvitték az orosz frontra. Az őreik általában elviselhetőek voltak, de egy részeg őrnagy meztelenül kihajtotta és megfuttatta őket a hóban. Édes-

apám orosz fogságba esett, így menekült meg attól, hogy lelőjék. 1947-ben került vissza Magyarországra. Könyvében megírta, hogy a Karcag környéki hatalmas tanyavilágban könnyen elrejtettek volna néhány zsidó családot, de senki sem ajánlotta fel a segítségét. Édesapámat ez nagyon bántotta.

– *Mi történt az anyai nagyszüleiddel?*

– Auschwitzban pusztultak el. Édesanyám sohasem mesélt róluk. Képtelen volt megnézni a holokausztról készült filmeket. A kis unokatestvéremet is megölték Auschwitzban. Édesanyja, a nagynéném, túlélte és visszajött. Emlékszem, hogy a háború előtt fekete haja volt, és mire viszontláttam, már teljesen megőszült. Egy másik unokatestvérem most is Szolnokon él, ma már ő az egyetlen magyarországi rokonom. Nincsenek szép emlékeim Magyarországról. Beszélem a nyelvet, de nem túl jól. A szüleim 1950-ben úgy döntöttek, hogy kivándorolnak Izraelbe. Édesapám ott is tanított, és nagyon sikeres általános iskolai matematikakönyveket írt. 1998-ban halt meg, 93 éves korában. Édesanyám két éve hunyt el, 91 évesen. Nincs sok kapcsolatom Magyarországgal, kivéve az unokatestvéremet, akit eddig kétszer látogattam meg. A bátyám egészen más: mivel idősebb, több emléke maradt a holokauszt Magyarországról, mint nekem – s ezek egyáltalán nem kellemesek –, mégis kevésbé neheztel emiatt, és sok barátja van ott. Ő neves hematológus Jeruzsálemben.”²

² 251–253.

Oleh Hornykiewicz

*[A dopaminsiker nyomán] hihetetlen fejlődés
következett be az emberi agy kutatásában.*



Oleh Hornykiewicz¹ (1926–) Sychiwben, Lviv/Lemberg közelében született (a település akkor Lengyelországhoz tartozott, ma Ukrajnában van). A Bécsi Egyetem Agykutató Intézetének professor emeritusa. Ő mutatta ki, hogy a dopaminhiány Parkinson-kóros tüneteket okoz az emberben, és L-dopa-kezelést javasolt a betegségre. 2000-ben három kutató kapott Nobel-díjat az idegrendszeri jelátvitel feltárásában elért eredményeiért. Hornykiewicz nem volt közöttük, pedig lehetett volna. Kétszázötven idegtudós nyílt levélben tiltakozott a mellőzése miatt. Más fontos díjakat elnyert, például a Wolf-díjat 1979-ben. 2003. október 25-én beszélgettünk dolgozószobájában, a bécsi Agykutató Intézetben.

Oleh Hornykiewicz 2003-ban Bécsben *(Hargittai István felvétele)*

Oleh Hornykiewicz Hermann Blaschko tanácsára fogott a dopamin tanulmányozásába. Blaschkóval, a korábbi németországi menekülttel, Oxfordban dolgozott együtt. Amikor Hornykiewicz visszatért Bécsbe, folytatta a dopaminkutatást, amely gyorsan fejlődő tudományterületté vált.

„1958-ban egész halom cikk jelent meg nagyjából egyszerre, amely arra utalt, hogy az agyban előforduló dopamint legalábbis érdekes vizsgálni. 1958. február 28-án Carlsson a *Science*-ben írta le azt a fontos megfigyelést, hogy a reszerpin csökkenti az agy dopaminszintjét, az L-dopa pedig helyreállítja ezt a szintet. Ugyanezt közölte Weil-Malherbe 1958 májusában a *Nature*-ben. Weil-Malherbe azonban átfogóbb vizsgálatot hajtott végre Carlssonnál. 1959-ben újabb nagy dolgot publikált az agybeli dopaminról, de utána, sajnos, abbahagyta ezt a kutatást.”²

¹ *Candid Science V*, 618–647.

² 628.

Oleh Hornykiewicz orvosokkal együtt vizsgálta a Parkinson-kóros betegeket, és végül L-dopa-kezelést javasolt.

„... nem volt nehéz rátalálnom a dopaminhelyettesítésre. Pontosan emlékszem, mikor történt. 1960 decemberében jött ki a [parkinsonos] cikk, és előtte október–novemberben újra meglátogattam Blaschkót Oxfordban; ott kaptam meg a kefelevonatot, amelyet Bécsből küldtek utánam. Ennek olvasása közben jutott az eszembe, hogy miért ne próbálhatnánk ki az L-dopát ezeken a betegeken. Az L-dopával már dolgoztam korábban Oxfordban, amikor a tengerimalacokon végeztem dopaminos vérnyomáskísérleteket, és az L-dopa ugyanolyan hatást fejtett ki, mint a dopamin. Ebből jött azonnal az ötlet, hogy a Parkinson-kóros betegeken is próbáljuk ki az L-dopát. Természetesen ismertem a reszperinre és az L-dopára vonatkozó szakirodalmat; tudtam, hogy állapotokban az L-dopa enyhíti a reszperinszindrómát. 1960 elején Degkwitz, Németországban, már az L-dopa embereken mutatott antireszperin-hatásáról is közölt cikket. Ő mutatta ki először, hogy az L-dopa – az ő szavaival – a reszperines nyugtatás ellenében hat, de az ő betegeinek valószínűleg erős akinéziája volt, ami a reszperin által indukált Parkinson-kór jellegzetes tünete emberek esetén. Elég furcsa, hogy Degkwitz, aki neuropszichiáter volt, nem gondolt a parkinsonos betegek L-dopa-kezelésére. Nekem azonnal eszembe jutott, hogy próbáljuk ki az L-dopát. Persze, fel voltam készülve erre az ötletre. Vagy a véletlenen múlt? Nem Louis Pasteur mondta, hogy a szerencse csak annak az elmének kedvez, amelyik fel van rá készülve?”³

Hogyan terjedt el a világon az L-dopa-kezelés?

„Végül tényleg elterjedt, de nem ment könnyen. Először is az L-dopa ritka vegyület volt, és az orvosok nem könnyen jutottak hozzá elegendő mennyiséghez. Másodszor pedig az intravénás injekció előtt, mert ilyen formában használtuk, rendszerint monoamin-oxidáz inhibitorral kezeltük a betegeket, ami fokozta ugyan a dopamin hatását, de megvoltak a maga kellemetlen hatásai is. Krónikus, Parkinson-kóros betegek kezelésére ez még mindig nem volt alkalmas. Az intravénás L-dopa nagyon erős hatást fejtett ki a betegeinkben a monoamin-oxidáz gátlása után. Csodaszámba ment. De ez rövid életű volt, csak egy-két óráig tartott. És nem alkalmazhattunk nagyobb vagy gyakoribb dózisokat a hosszabb

³ 632–633.

hatás érdekében az akut mellékhatások, például a kínzó hányás miatt. Hat évig tartott, mire az L-dopát végre elfogadták, de utána mindenütt használták. Ebben kulcsszerepet játszott George Cotzias, aki New Yorkban kitalálta – és meg is merte valósítani – az L-dopa nagy dózisé, gyakori adagolását, szájon át szedhető formában. Így az erős terápiás hatás hosszú időn át fennmaradt. Érdekes, hogy Cotzias DL-dopát adott az első betegeinek, mert ebből könnyebben szereztek elegendő mennyiséget és olcsóbb is volt.”

Sajnos, Cotzias meghalt, és a munkája abbamaradt. De a Parkinson-kóros betegek L-dopás kezelése folytatódott. A betegséggel azonban még nem számoltak le.

„Kezdetől fogva világos volt, hogy az L-dopa tüneti kezelésre való. Ugyanúgy helyettesíti a dopamint, a hiányzó anyagot, mint a cukorbetegség kezelésére használt inzulin.

– *Ebből a párhuzamból kiindulva szeretném föltenni a következő kérdést. Az inzulin felfedezése után voltak, akik azt mondták, hogy mivel az inzulin csak tüneti kezelésre szolgál, a felfedezés tulajdonképpen gátolta a cukorbetegség további kutatását, hiszen már eljutottak a kezeléséhez. Nem tudom, hallott-e ilyen véleményt. Mit gondol róla? Elképzelhető, hogy az ön felfedezése elterelte a figyelmet a Parkinson-kór elleni gyógymód kereséséről?*

– Éppen ellenkezőleg. Ha végigtekintünk a Parkinson-kór kutatásának történetén, azt tapasztaljuk, hogy addig, amíg nem ismertük fel a dopamin meghatározó szerepét ebben a betegségben, és nem találtuk meg az L-dopás helyettesítő kezelést, alig folytak kutatások. Az L-dopa alkalmazása előtt a Parkinson-kórt lényegében kezelhetetlen betegségnek tartották. A Parkinson-kór nagyon súlyos, progresszív, degeneratív agyi rendellenesség. Létezett ugyan néhány gyógyszer, az antikolinerg szerek, de ezek nagyon csekély hatást fejtettek ki, legfeljebb húszszázalékos javulást értek el velük. Aztán az idegsebészek sebészeti eljárásokat fejlesztettek ki a parkinsonos betegek gyógyítására, és ezek bizonyos fókig használtak, de többnyire csak a remegést csökkentették. Ahhoz már nem fejtettek ki elég erős és tartós hatást, hogy rutineljárásokká váljanak. A Parkinson-kór kutatása lagymatagon haladt, és egyetlen említésre méltó vizsgálat sem született a betegség lehetséges okainak felderítésére.

Akkor azonban minden megváltozott, amikor kiderült, hogy a parkinsonos agyban kevés a dopamin – egy neurotranszmitter-szerű anyag –, és teljes terápiás hatást érhetünk el, ha a dopamint azzal a vegyülettel –

az L-dopával – helyettesítjük, amiből képződik. Ezután kezdődött el a Parkinson-kór és lehetséges okainak igazi kutatása. És amint elkezdődött, robbanásszerű fejlődés következett be. Azok az eredmények, amelyeket az előbb említettem, más agyi elváltozások kutatását is fellendítették. Elkezdtünk reménykedni, hogy más degeneratív agyi rendellenességek esetében is ilyenfajta változások fordulnak elő, és hasonló, korábban kezelhetetlennek tűnő betegségeknek is megtaláljuk az ellenszerét. Ma az emberek, még a fiatal neurológusok is, alig tudják elképzelni, milyen volt a neurológusok helyzete az L-dopa-korszak előtt. A Parkinson-kóros betegeket a reménytelen esetek közé sorolták; megtöltötték a kórházak krónikus osztályait, ahol ágyhoz kötve, teljesen mereven végezték: nem tudtak felkelni, egyedül táplálkozni, mozogni – halálukig gondozást igényeltek. Az orvosok tehetetlenül nézték őket. A felfedezések mindezt megváltoztatták, és megmutatták, hogy a betegek kezelhetők – még egy krónikus, degeneratív, progresszív agyi rendellenesség is kezelhető. Az eredmények további munkára ösztönöznek: új kezeléseket dolgoznak ki, és megpróbálják megtalálni ezeknek a betegségeknek az okait. Hihetetlen fejlődés következett be az emberi agy kutatásában, amely ma is nagy erővel folytatódik. Tehát a Parkinson-kór esetében éppen az ellenkezője következik be annak, amit az imént felvetett, hogy az inzulin felfedezése fékezhetette a cukorbetegség kutatását.”⁴

⁴ 637–638.

François Jacob

[André Lwoff] megtanított arra, hogy a kutató első tennivalója a jó főnök kiválasztása.



François Jacob 2000-ben a párizsi Pasteur Intézetben
(Hargittai István felvétele)

François Jacob¹ (1920–2013) francia molekulabiológus Nancyban született. Párizsi orvosi tanulmányait a második világháború miatt meg kellett szakítania. Csatlakozott a Szabad Francia Erőkhöz, részt vett a normandiai partraszállásban, és súlyosan megsebesült. A legmagasabb francia katonai kitüntetésben, a Croix de la Libérationban (felszabadítási keresztben) részesült. A háború után befejezte orvosi tanulmányait, de sebesülései miatt felhagyott sebészi terveivel. 1950-ben a Pasteur Intézet munkatársa lett, és André Lwoff mentorálásával készült fel a kutatói pályára. 1965-ben Jacob, Lwoff és Jacques Monod megosztott élet-tani vagy orvosi Nobel-díjat kapott az enzim- és vírusszintézis genetikai szabályozását feltáró felfedezésekért. François Jacobbal 2000-ben beszélgettünk a párizsi Pasteur Intézetben.

François Jacob így jellemezte a francia molekulabiológiai iskolát:

„Elsősorban genetikával foglalkoztunk. A háború után néhány évvel kerültem ide. A háborúban súlyosan megsebesültem. Eredetileg sebész akartam lenni, de a jobb karom és lábam sérülései miatt erről le kellett mondanom. Először gyorsan letudtam az orvosi egyetemet, aztán különböző munkákkal próbálkoztam: filmmel, újságírással, végül a kutatásnál és a Pasteur Intézetnél kötöttem ki. Akkoriban Lwoff és Monod a folyosó két átellenes végén dolgozott. Lwoff a baktériumok fiziológiáját tanulmányozta, Monod a fiziológia és a biokémia egyfajta keverékét művelte. A molekulabiológiai munka a fiziológiai vizsgálatokból követ-

¹ *Candid Science II*, 84–97.

kezett; mi a baktériumsejt tulajdonságaira koncentráltunk. Lwoff a bakteriofágon dolgozott, Monod az enzimszintézis beindításán, mi ketten, Wollmannal a baktériumok genetikáját kezdtük kutatni. Volt egy rendszerünk, amelyben a kromoszómák mozgását vizsgáltuk két elem között, amit hímnak és nőténynek, vagy donornak és akceptornak nevezhetünk. Ha a hím kromoszómát beinjektáljuk a nőténybe, állandó sebességgel mozog, és ezt a mozgást a belépés pillanatától követhetjük. Ez olyan, mint amikor a vonat állandó sebességgel halad Párizs és Marseille között: ha tudjuk az indulás időpontját és a sebességet, a vonat helyzetét bármely időpontban megjelölhetjük egy grafikonon. A kromoszóma bevezetését többféle módon is figyelemmel kísértük, például genetikai rekombinációval vagy időbeli követéssel.

Nagyszerű rendszert találtunk ehhez a fiziológiai genetikai játékhoz. A genetikai vizsgálatokban többnyire markerekkel megjelölt hím és női egyedeket használunk, és ezeket a markereket keressük a rekombináció után, az utódokban. Mi új módszerrel dolgoztunk: a rekombináció előtt is meg tudtuk nézni a génexpressziót. Meg tudtuk mutatni például, hogy az, amit profágnak nevezünk – egy bakteriofág genom, ahol a fág DNS-e a fág baktériumgazdájának kromoszómájába integrálódik – azonnal szaporodásnak indul, amint belép a fogadósejt citoplazmájába. Ez a szaporodás genetikai rekombináció nélkül kezdődött. El tudtuk dönteni, hogy olyan génnel van-e dolgunk, amelyik egy enzim szintézisét szabályozza, és meg tudtuk mérni, hogy a gén bejutása után mennyi idő múlva kezdődik az enzim képződése a nőtényben. Nagyon pontosan követtük a kinetikát; ugyanígy jártunk el a szabályozó génnel is. A rendszerünket Monod dolgozta ki: béta-galaktozidáz nevű enzimet használtunk, amelyet csak laktóz béta-galaktozid-származékok jelenlétében állítanak elő a baktériumok. E nélkül egyszerűen nem keletkezett enzim a táptalajban. Például egy hímet – amelynek az egyik génje laktóz hiányában meg tudta akadályozni az enzim szintézisét – olyan női egyeddel kombináltunk, amelyből hiányzott ez a gén, és utána megnéztük, hogyan fejeződik ki. Vagyis olyan rendszerünk volt, amelyben különböző bakteriális funkciókat elemezhetünk. Ez egészen más megközelítés, mintha azonnal a gént létrehozó DNS-szekvenciákat vagy a peptideket kezdtük volna vizsgálni.”²

² 88–89.

A franciaországi tudományos élet

„Franciaország ma már nem olyan fontos tényező a tudományban, mint azelőtt, és ennek számos oka van. A francia tudományos rendszer szerkezete nem támogatja eléggé a tudományos felfedezést. Ez régi rendszer, amelyet folyamatosan módosítanak a háború óta. Régen tekintélyes professzoraink voltak, akiket meg sem mertek szólítani a diákok. Először 1953-ban jártam az Egyesült Államokban, s rendkívül meglepett a professzorok és a diákok közötti kapcsolat, amely kötetlen volt, míg az európai országokban roppant merev; Angliában talán kevésbé.”³

³ 90.

Aaron Klug

*A kutatás nem csak a hegycsúcsok meghódításából áll;
a völgyekben is kell dolgozni, ez pedig időt és szabadságot kíván.*



Aaron Klug vírusmodellje előtt 2000-ben az MRC Molekulabiológiai Laboratóriumában, Cambridge-ben (*Hargittai István felvétele*)

Aaron Klug¹ (1926–) brit biofizikus és molekulabiológus Litvániában született a két világháború között, amikor ez a kis balti ország független volt. Családja hamarosan Dél-Afrikába költözött. Aaron Klug a Witwatersrandi Egyetemen szerzett BSc-fokozatot 1945-ben, a Cape Town-i Egyetemen MSc-t 1946-ban, és az angliai Cambridge-i Egyetemen védte meg PhD-disszertációját 1952-ben. 1954 és 1961 között a Londoni Egyetem Birkbeck College-ában dolgozott, 1962 óta az MRC (Medical Research Council, Orvoskutató Tanács) Molekulabiológiai Laboratóriumának munkatársa. 1982-ben kémiai Nobel-díjjal tüntették ki a kristallográfiai elektronmikroszkópia kidolgozásáért és biológiai szempontból fontos nukleinsav–fehérje komplexek szerkezetének felderítéséért. A kutatás mellett Aaron Klug tudományirányítással is foglalkozott; 1995 és 2000 között a londoni Royal Society elnöke volt. Interjúnk 1998 októberében készült a Molekulabiológiai Laboratóriumban; a szerkesztett változaton többször is dolgoztunk 2000 tavaszán Cambridge-ben.

¹ *Candid Science II*, 306–337.

A szerkezetmeghatározás és a módszertani újítás egyaránt fontosnak tűnik Aaron Klug kutatásaiban.

„Hát persze. Az új módszerek nélkül nem tudtuk volna leírni a szerkezeteket. Amikor a vírusok szerkezetének vizsgálata során elkezdtünk elektronmikroszkópiát használni (a röntgendiffrakciós munka kiegészítéseként), azt gondoltuk, hogy csak nagy vonalakban kapunk majd képet a szerkezetéről. Addig még senki sem vette észre, hogy az elektronmikroszkópos felvételekből sokkal több információt szerezhetünk. 1969-ben, amikor egy New York-i konferencián bemutattuk a vírusrészcsek és a baktériumflagellumok első háromdimenziós képrekonstrukcióját, Sturkey, aki elektrondiffrakciós kolléga volt, baromságnak nevezte. Nem értette meg, hogy viszonylag gyengén szóró objektumokkal foglalkozunk. Ezt például a többrétegű sejtfalakon demonstráltuk, amelyeket elektronmikroszkópiával és -diffrakcióval is lehetett vizsgálni, az egymást átfedő rétegek figyelembevételével. Elképesztő munkát fektettünk a háromdimenziós képrekonstrukcióba, mire elkezdtük kapiskálni, hogy miről is van szó. Sturkey elméleti szempontból bírálta a munkánkat, amiért elhanyagoltuk a többszörös szórást, de mi bizonyítottuk, hogy téved. Mert az elektrondiffrakciós kutatás közben az ember megérti a többszörös szórás lényegét – amivel én is, Sturkey is tisztában voltunk. Nekem PhD-m van fizikából, tudom valamennyire a fizikát és a matematikát.

A »módszertan«-ról jut eszembe: az elektronmikroszkópiába azzal vágtam bele, hogy már mindent tudunk róla. Elég hamar rájöttem, hogy nem így van. Nagy szerencsémre nem voltam szakember, ezért nem zavartak az előítéletek. A különböző területeken dolgozó szakemberek a »tökéletes kép«-et hajszolták, én pedig rájöttem, hogy nincs ilyen. Én vezettem be, hogy az elektronmikroszkóppal egy sor mikrográfot készítünk eltérő mértékű defókuszálás mellett, majd a kontraszt-átviteli függvénnyel korrigálunk. Ezzel a módszerrel átlátszó objektumokról, tehát festetlen biológiai mintákról is készíthetünk képet.

Az eljárás kísérletek során fejlődött ki. Egy helikális vírusról akarunk többet megtudni, és hamar rájöttem, hogy a helikális diffrakció elméletének alkalmazásával háromdimenziós rekonstrukciót kaphatunk. A minta minden egyes megdöntésekor más függvény adódik az elektronsűrűség matematikai sorfejtéséből. A módszert Rosalind Franklin számára dolgoztam ki, a dohánymozaik-vírus röntgendiffrakciós vizsgálatához. Később láttam csak, hogy az általánosabb Fourier-analízis speciális esete.

Erre a módszerre épült később a röntgen CAT-szkennerek. Hounsfield és Cormack 1979-ben kapott Nobel-díjat a számítógépes tomográfiáért (CAT). Hounsfield 1968 januárjában olvasta az én *Nature*-cikkemet, és 1968 augusztusában szabadalmaztatta a CAT-et. Én már régebben rájöttem, hogy az eljárás alkalmazható az orvosi radiográfiában, és meg is kerestem néhány röntgenes szakembert, de azt mondták, nincs szükségük erre a »trükközés«-re. »Pontosan tudjuk, mit látunk a röntgenfelvételeken« – jelentették ki, holott én az alkalmazott sugárdózisokat kérdeztem tőlük.

Abban az időben a röntgentomográfia mozgó röntgensugárforrást és mozgófilmet használt, ezért – egy tisztán geometriai optikai sík kivételével – semmilyen sűrűség sem volt fókuszban, elkenődött a felvételen. Azt mondtam nekik: »Nézzétek, a kelleténél sokkal nagyobb dózist használtok, és kérdés, hogy mennyivel több információt kaptok így.« Később matematikai úton kimutatták, hogy adott dózis mellett sokkal több információt nyerhetünk CAT-szkenneléssel, mint röntgentomográfiával, és a CAT-szkennelés lett a bevett módszer. Néhányan úgy gondolják, Hounsfielddel együtt kellett volna Nobel-díjat kapnom. Ez a történet arra hívja fel a figyelmet, hogy a tudományban néha kívülről, más területről érkezve találjuk meg egy probléma megoldását.”²

Aaron Klug Nobel-előadásának publikálását megelőzte egy apró nézeteltérés.

„A. N. Whitehead híres filozófus volt, Bertrand Russell-lel együtt írta a *Principia Mathematicát*. Tőle származik, hogy »egy elgondolás inkább legyen gyümölcsöző, mint helyálló«. Amikor publikálásra készítettem elő a Nobel-előadásomat, a szerkesztő ki akarta hagyni azt a képet, amelyik az eredeti nukleációs elképzelésünket ábrázolta. Azt mondta, hogy az rossz. Részleteiben valóban rossz volt, de minden fontos elem megjelent már benne, ezért megmutathattam rajta, milyen *follyamat* révén találunk rá a tudományos igazságra. A fehérjelemez a vírusképződés nélkülözhetetlen kelléke. Egyszerre két funkciót is betölt. Az egyik a fehérjealegység fizikai kialakításának elindítása, a nukleáció. Ugyanakkor felismeri a vírus RNS speciális szekvenciáját, amely meghatározza az adott kölcsönhatást.

Sokan azt hiszik, hogy a tudomány egyszerűen képletek alkalmazása. Néha erre is sor kerül, de meg kell érteniük, hogy egy fejlődő tu-

² 308–311.

dományterületen rengeteg lépésként haladunk előre, és a jó lépések mögött gyakran rossz elképzelés húzódik meg. 1954 óta dolgoztam a dohánymozaik-víruson, ekkor kerültem Rosalind Franklin laborjába, és egészen az 1970-es évekig tartott a munka, amikor végre bizonyítani tudtuk a nukleáció mechanizmusát. Még most, hosszú évek múlva is ez a legrészletesebben kidolgozott rendszer. Ez fontos eredmény; a dohánymozaik-vírus volt az első nagy tudományos kalandom.”³

A közeljövő legnagyobb horderejű tudományos kérdései

„Teljesen nyilvánvaló, hogy az idegtudomány, az idegrendszer és elsősorban az agy működése, bár nem tudom, meddig tart majd ez a folyamat. Ha újrakezdeném, valószínűleg a neurobiológiát választanám. Nem tudom, volna-e kedvem a neurobiológiai kísérletekhez, de az idegrendszer lenyűgöz.

Tudományos pályafutásom során elég zavaros rendszerekkel dolgoztam, amelyekhez a fizikusok hozzá sem nyúlnának. Másrészt bizonyos szigorúságot tudtam belevinni a kutatásba azzal, hogy módszeresen dolgoztam és új eljárásokat fejlesztettem ki – ez nagyon megfelelt az ízlésemnek. A laborunk hozzájárult a szakterület létrehozásához, ezért a mi kezünk nyomát viseli. A sejtbiológia most viszont olyan fontos lett, hogy nem is tudom, előreléphetünk-e az agykutatásban anélkül, hogy többet tudnánk meg a molekulaegyüttesek kölcsönhatásáról. De bele kell vágni.

A kutatást úgy kell elkezdenünk, hogy nem tudjuk, hol kötünk ki a végén. Nekem szerencsém volt, mert mindenféle tervezés nélkül is jó alapokat kaptam: akkor kezdtem a pályámat, amikor egy új terület bontakozott ki, és az MRC-nél dolgozhattam. Ez széles látókörű szervezet, amely megengedte, hogy hosszú távú projekteket vigyek végig. A kutatás nem csak a hegycsúcsok meghódításából áll; a völgyekben is kell dolgozni, ez pedig időt és szabadságot kíván.”⁴

³ 313.

⁴ 328–329.

Arthur Kornberg

Feltétel nélkül tisztellem a tudományt.



Arthur Kornberg 1999-ben a Stanford Egyetemen (Hargittai István felvétele)

Arthur Kornberg¹ (1918–2007) Brooklynban született. 1937-ben végzett a New York-i City College-ban, 1941-ben szerzett orvosi diplomát a Rochesteri Egyetemen. 1942 és 1953 között a Nemzeti Egészségügyi Intézetekben dolgozott, 1953 és 1959 között pedig a Washington Egyetem orvosi karán, St. Louisban. Ezután következett az utolsó munkahely, a Stanford Egyetem. Arthur Kornbergnek és feleségének, Sylvy Kornbergnek (szül. Levy), aki a kutatásban is társa volt, három fia született. Kornberget és Severo Ochoát 1959-ben élettani vagy orvosi Nobel-díjjal tüntették ki a ribonukleinsav és a dezoxiribonukleinsav biológiai szintézisében megjelenő mechanizmusok felfedezéséért. Arthur Kornberggel 1999-ben beszélgettünk stanfordi dolgozószobájában.

Kornbergék három fia közül az egyik, Roger Kornberg 2006-ban kémiai Nobel-díjat kapott az eukariótákban lejátszódó átírás molekuláris alapjainak tanulmányozásáért. 1999-ben megkérdeztük Arthur Kornbergtől, milyen hatást gyakorolt a fiaira.

„Nehéz megmondani. A legidősebb, Roger, aki ma már híres kutató, kicsi korától odavolt a tudományért. Amikor kilencéves korában megkérdeztük, »mit kérsz karácsonyra, Roger?«, azt válaszolta, »engedjete be egy hétre a laborba«.²

A középső fiamat, Tomot nem érdekelte a labor, folyton csellózott. A Juilliardra járt, Leonard Rose tanítványa volt. Az osztálytársai közül még ma is jó barátja Yo-yo Ma és Emanuel Ax. Nagyon szomorú, hogy Tom bal mutatóujján neurómák alakultak ki, és abba kellett hagynia a játékot. A Juilliard mellett a Columbia College-ot is elvégezte, nappali tagozaton. Kémiát, fizikát és biológiát tanult. 1969–1970-ben még főis-

¹ *Candid Science II*, 50–71.

² Roger Kornberg 2006-ban kémiai Nobel-díjat kapott annak a vizsgálatáért, hogy miképpen másolódik át a DNS-ben tárolt genetikai információ az RNS-be.



Hargittai István, Arthur Kornberg és James D. Watson 2001-ben
Stockholmban (Hargittai Magdolna felvétele)

kolára járt, amikor John Cairns olyan mutáns *E. coli*t talált, amelyről úgy gondolta, hogy nincs DNS-polimeráza, mégis képes DNS előállítására. Ennek nyomán sokan megkérdőjelezték a munkámat. Hogyan játszódhat le a replikáció, ha ez az enzim hiányzik? A *Nature* vezette azt a kórust, amely szerint »a DNS-polimeráz tévút volt«. Tom tehetséges kísérletezőnek bizonyult. Néhány hónapon belül új DNS-polimerázokat fedezett fel. Annak a polimeráznak, amelyet én fedeztem fel, volt ugyan szerepe a replikációban, de elsősorban a DNS-hibajavításban vett részt. Mindhárom DNS-polimeráz ugyanazt a mechanizmust használja, de más-más célt szolgál a sejtfejlődésben. A lelkesítő felfedezések és mindössze néhány hónap laboratóriumi munka után Tom molekuláris genetikára specializálódott: doktori iskolába járt, aztán posztdoktorként dolgozott. Ma a San Franciscó-i Kaliforniai Egyetem professzora, nagyon fontos fejlődésbiológiai kutatásokat folytat.

A legkisebb fiam, Ken építész. De a Stanfordon fizikát, biológiát, kémiát tanult az építészet és a gépészmérnöki tudományok mellett. Rendkívül tehetséges laboratóriumtervező lett, elhalmozzák megrendelésekkel. Nagyon pontosan tudja, mivel foglalkoznak a fivérei meg az apja, és kitűnő érzéke van a tervezéshez.

Hogy befolyásoltam-e őket? A feleségem és én azzal hatottunk rájuk, hogy rajongunk a tudományért. Az ember persze sokféle módon befolyásolja a gyerekeit. De soha nem beszéltem le Tomot a csellózásról. Csodáltam és lelkesen követtem a zenei pályáját. Ugyanígy támogattam Ken mérnöki és építészeti ambícióit. Őszinte bámulattal tölt el, amit csi-

nálnak. Egészen kicsi, pelenkás koruk óta jártunk kirándulni. Aztán hosszabb, egész hetes útjaink is voltak, amikor vendégprofesszorként adtam elő valahol. Bár rengeteget dolgoztam, és megszállottan vigyáztam minden percemre, a fiúk is tanúsíthatják, hogy mindig maradt rájuk időm. Ezeket a kirándulásokat rettenetesen élveztük. Ha az embernek három ilyen hasonló korú, nagyon tehetséges fia van, akkor érdemes alaposan odafigyelni rájuk és gondoskodni a taníttatásukról. Ma nagyon jó barátok, mindent megtesznek egymásért. Ennél többet egyetlen szülő sem kívánhat.”³

³ 64–65.

Paul C. Lauterbur

A szakemberek nagyon büszkék a tudásukra, és csalódottak, ha olyasmí bizonyul eredetinek, amire ők maguk nem gondoltak. Aztán megindul a hibák keresgélése...



Paul C. Lauterbur feleségével, Dr. M. Joan Dawsonnal, 2005-ben Lindauban (*Hargittai István felvétele*)

Paul C. Lauterbur¹ (1933–2007) az Ohio állambeli Sidney-ben született. Hosszú évekig az Illinois-i Egyetem Orvosbiológiai Mágneses Rezonancia Laboratóriumát vezette, Urbanában. 2003-ban Peter Mansfielddel, a Nottinghami Egyetem professzorával élettani vagy orvosi Nobel-díjat kapott a mágneses rezonancia képalkotás terén született felfedezésekért. Lauterbur Clevelandben, a Case Műszaki Egyetemen szerzett BS-fokozatot 1951-ben. Eleinte nem tartotta fontosnak, hogy a szokásos keretek között tanuljon tovább, csak a kutatásra koncentrált. 1962-ben nyerte el PhD-fokozatát a Pittsburgh-i Egyetemen. 1969 és 1985 között Stony Brookban volt a New York-i Állami Egyetem kémia-profesz-

szora. 1985 óta az Illinois-i Egyetemen dolgozott. Rangos tudományos kitüntetésekben a Nobel-díj előtt sem szűkölködött, ez viszont lassan érkezett meg. Egy 2003-as cikkben a Nobel-díjas NMR-spektroszkópus, Richard Ernst megjegyezte: „Végképp nehezen érthető, hogy miért nem vesznek tudomást az MRI-ről Stockholmban.”²

Paul Lauterburral urbanai otthonukban beszélgettünk 2004-ben.

Az NMR-képalkotásról szóló első cikkét nehezen fogadták el publikálásra.

„... ez a képalkotás minden korábbi megoldástól különbözött. Részben ezért utasította el a *Nature* a dolgozatom első változatát. Másrészt kihagytam belőle a rákot, az orvosi diagnosztikát, és csak a fizikára, lé-

¹ *Candid Science V*, 454–479.

² Richard Ernst: „Foreword.” In: *Current Developments in Solid State NMR Spectroscopy*, Wien, New York, Springer, 2003.

nyegében a tudományra koncentráltam. Ezért is adtam neki furcsa nevet: NMR-zeugmatográfiának hívtam.

– *Megindokolta a Nature az elutasítást?*

– Megvan valahol a levél, de az utóbbi időben nem került a kezembe. A szokásos szöveget írták, olyasmit, hogy nem értjük, miért csínál ebből olyan nagy ügyet.

– *De végül megjelent.*

– Igen.³

– *Mivel győzte meg a szerkesztőséget?*

– Írtam nekik egy hosszú, tárgyilagos levelet, és felajánlottam, hogy több elképzelést is előadok a lehetséges alkalmazásokról, mert így nagyobb érdeklődést kelthetek az olvasóban. Valaki később elárulta, hogy a kéziratot kiküldték egy új bírálónak, akinek a véleménye nem jogosított fel túl nagy reményekre, viszont olyasmit is megjegyzett, hogy ez örültségnek tűnik, de korábban semmilyen örültséget nem követtem el.

– *Vagyis ekkorra már tekintélyt szerzett magának.*

– Hosszú évek, egészen PhD-s korom óta rengeteget dolgoztam a mágneses magrezonancia területén. Negyvenhárom éves voltam, amikor elküldtem a kéziratot a *Nature*-nek.⁴ [...]

„– *Úgy tűnik, a folyóiratok könnyebben fogadnak el közepszerű cikkeket, mint átütő eredményekről szóló beszámolókat.*

– Ez magától értetődik, mert egy eredeti dolgozatnak nincs igazán alkalmas bírálója. A szakemberek nagyon büszkék a tudásukra, és csalódottak, ha olyasmi bizonyul eredetinek, amire ők maguk nem gondoltak. Aztán megindul a hibák keresgélése, mert szívesen hajlanak arra, hogy az elgondolás hamis; ezernyi pszichológiai ok játszhat közre. Amikor támogatást kértem az NIH-től, a zsűri ülésén megvitatták a pályázatomat – ez az elbírás szokásos rendje. Bár a résztvevőknek nem szabad beszélniük a történekről, valaki elmesélte, hogy a bírálók először elutasítóak voltak, mert örültségnek tartották a pályázatomat. Aztán valaki felvetette, hogy talán éppen azért kellene még egyszer megnézniük, mert örültség. Szerencsére, így is lett. Ekkor még mindig örültségnek tartották, de nem találtak benne hibát, ezért kompromisszumos megoldásként a támogatás mellett döntöttek.”⁵

³ P. C. Lauterbur: „Image Formation by Induced Local Interactions: Examples Employing Nuclear Magnetic Resonance.” *Nature*, 1973, 242, 190–191.

⁴ *Candid Science V*, 456–457.

⁵ 474.

Joshua Lederberg

... az agyunk plaszticitásából
jó társadalomra is futja.



Joshua Lederberg 1999-ben
a Rockefeller Egyetemen
(Hargittai István felvétele)

Joshua Lederberg¹ (1925–2008) a New Jersey-beli Montclairben született, és New Yorkban nőtt fel. 1944-ben végzett a Columbia College-ban, 1947-ben szerzett PhD-fokozatot a Yale Egyetemen. Dolgozott a Wisconsini és a Stanford Egyetemen, 1978 és 1990 között a Rockefeller Egyetem elnöke (rektora) volt, utána itt maradt kutatóként. Joshua Lederberg 1958-ban elnyerte az élettani vagy orvosi Nobel-díj felét a genetikai rekombináció és a baktériumok genetikai anyagának szerveződése terén elért felfedezéseiért. 1999-ben beszélgettünk dolgozószobájában, a Rockefeller Egyetemen.

Joshua Lederberg annak a két tudósnek az egyike (a másik Erwin Chargaff), aki azonnal felismerte Avery és munkatársai híres cikkének jelentőségét, amelyben közölték, hogy a DNS a genetikai anyag. Saját kutatásait erre a felfedezésre alapozta.

„Óriási hatást gyakorolt rám [a cikk], amit le is írtam. Előbb az első kérdésre válaszolok: valószínűleg már a megjelenése előtt hallottam róla. Alfred Mirskyt gyakran bírálják, mert rettentő elutasító és szkeptikus, mégis ő volt a hírnök, nagyon sok embernek ő hozta el az újságot. Rámutatott a dolgozatra, és azt mondta: »Nézzétek, ezek az emberek ezen dolgoznak, és azt állítják, hogy a DNS önmagában elég a transzformációhoz. Nekem, Mirskynek, kétségeim vannak, mert nagyon nehéz megbizonyosodni arról, hogy nincs-e a közelben egy kis fehérjemarkadék, és nem ez viselkedik-e aktív tényezőként.« Ez vitathatatlanul jogos álláspont volt.

Nem hiszem, hogy a szemére hányhatnánk a szkepticizmusát, amit sokáig fenntartott, mondhatnánk, túl sokáig, de bizonyos fokú ellenállás nagyon is helyénvalónak mutatkozott a válasz kikényszerítése érdekében.

¹ *Candid Science II*, 32–49.

A válasz pedig ez volt: Mac McCarty csodálatos munkával egymás után sorakoztatta fel az érveket, és kőkeményen bizonyította az anyag tisztaságát. De ebben nem lehettünk teljesen biztosak, amíg nem szintetizáltuk a DNS-t. Mert amíg az ember természetes forrásból nyeri ki a DNS-t, addig mindig érvelhetnek azzal, hogy valami más molekula szennyezheti a DNS-t, és ettől ered a specifikus hatás. Másképp nem megy.

Amikor Khorana és Kornberg DNS-t szintetizált, már egészen biztosak lehettünk abban, hogy a DNS a felelős, és a DNS önmagában elég. 1952-ben folyt a Hershey–Chase-féle kísérlet, és 1953-ban határozták meg a DNS szerkezetét röntgendiffrakciós mérések alapján. Watson és Crick semmi újjal nem járult hozzá ahhoz, hogy a DNS a genetikai anyag, de plauzibilissé tette a replikáció fizikai modelljét. 1955 táján már senki sem vonta kétségbe a DNS szerepét.

1944-ben a Columbián tanultam. Mirsky együttműködött a Columbia egyik professzorával (A.W. Pollisterrel), és nagyon jó volt az információáramlás, sok szemináriumot tartottak, ezért már a megjelenése előtt ismertem a cikket. Volt különlenyomatunk, bár a folyóirat nem járt hozzánk. A *Journal of Experimental Medicine* az orvosi karra járt. Írtam egy emlékeztetőt is: akkora hatást gyakorolt rám a cikk, hogy 1945. január 20-án feljegyzést készítettem róla, amit eltettem – most elérhető a világhálón. Nincs túl sok korabeli feljegyzés az emberek gondolatairól, véleményéről, de az Avery-ügy fogadtatásáról hosszas vitába keveredtem Gunther Stenttel, és a hálón a vita minden lépése dokumentálva van (<http://profiles.NLM.nih.gov>).

Nem csak engem befolyásolt a dolgozat. Hogy kinek a kutatásai vettek ekkor fordulatot? Nézzük meg, mihez lehetett kezdeni. Két kérdés merült fel. Az egyik: tiszta volt a DNS, vagy inkább szennyező anyagra kell gyanakodni? A kísérleti rendszer elég titokzatosnak tűnt, és a *Pneumococcus* vizsgálatában járatlanok nem szívesen ismételték volna meg saját kezűleg a kísérleteket. Először is ez veszélyes organizmus. Másodszor pedig nagyon bonyolult procedúrákkal tudták csak »kézben tartani« az első időkben. Nem szívesen próbálkoztam volna a kísérletek megismétlésével, hacsak nem dolgozhatok egy ideig Avery laboratóriumában. Ez a kutatóhely néhány évvel a cikk megjelenése után megszűnt, Avery 1955-ben meghalt – emiatt még nehezebben jutott el a kísérlet a többi laborba.

A másik kérdés így hangzott: látunk egy jelenséget, de tényleg a génen van dolgunk? Egyedi esettel álltunk szemben, amelynek egyvalamihez, a poliszacharidkapszulához volt köze. Hosszú ideig sokan azt feltételezték, hogy nukleációs jelenséggel kell számolnunk, amely aggregá-

cióval jár. Más példák is voltak erre. Amikor keményítő-foszforilázzal és glukóz-1-foszfáttal dolgozunk, szükség van egy kis keményítőre, amely elindítja a reakciót, a polimerizációt: ez vezet a keményítő képződéséhez. Vagyis ismertünk már olyan polimerszintéziseket, amelyekhez kellett valami, ami elindítja a folyamatot. Ezért felvetődhetett, hogy ez a jelenség is ilyen: talán szükség van egy nukleinsavra, ami koenzimként működik. Tehát más interpretációk is megjelenhettek azonkívül, hogy ez a gén. Én pontosan ezt a kérdést akartam megvizsgálni, hogy dűlőre jussunk, mert láttam a genetikai kémia kibontakozását, amit ma mindenki molekuláris genetikának nevez. Két cölöpöt kellett jó mélyen levernünk. Egy: a DNS-ről van szó? Mi a kémiai összetétele? És kettő: biológiai értelemben mi ez a jelenség? Valóban géntranszfer? Egyikre sem volt határozott válaszuk ennek az egyetlen esetnek, ennek az egyetlen baktériumnak, ennek az egyetlen *pneumococcus*beli képződménynek a vizsgálatából.

Chargaff a DNS kémiájának eredt a nyomába, és nagyon fontos eredményt ért el: megdöntötte a tetranukleotid szerkezeti hipotézis 1:1:1:1 rendszerének dogmáját, amelyet Levene állított fel korábban itt, a Rockefeller Intézetben. Levene értékes munkát végzett, de a szerkezet esetében odáig jutott el, hogy a szerkezet vagy tetranukleotid, vagy tetranukleotid polimer, amire a DNS-preparátumaiban levő bázisok közel azonos aránya alapján következtetett. Amikor Chargaff kimutatta, hogy a DNS-re nem érvényes az 1:1:1:1 arány, kezdtük felfogni, hogy a belső szerkezet változatosabb is lehet. Ettől sokkal plauzibilisebbé vált, hogy a nukleinsavak hordozhatják a genetikai információt.

De hogyan bizonyíthatnánk? Az volt az első gondolatom, hogy olyan organizmusban kell megvizsgálnunk a transzformációt, amelyről már jó sok genetikai információt szereztünk. A *Neurospora* nagyon alkalmasnak találtam erre a célra. Ryannal azelőtt már dolgoztam *Neurospora* mutánsokon.

Ryan 1941–42-ben Beadle és Tatum posztdoktora volt a Stanfordin. Őt fogadták először posztdoktorként a *Neurospora* biokémiai mutánsairól írt első cikkük után, amelyet 1941 őszén publikáltak. Ryan a Stanfordin megtanulta, mik azok a biokémiai mutánsok, hogyan kell velük bánni, és ezt a tudást elhozta magával a Columbiára. Az 1942–43-as tanév alatt ismerkedtem meg vele, másodéves koromban. Másoktól hallottam róla a tanszéken, és belém hasított, hogy én ezzel akarok foglalkozni. Esélyt sem adtam arra, hogy visszautasítson. Nem lehetett levakarni.²²

² 37–39.

Rita Levi-Montalcini

„Az emberi elme válaszüthoz ér:
Mi legyen sorsa, az élet vagy a mű?”

(Levi-Montalcini könyvének, *A tökéletlenség dicséretének* mottója;
„A választás” című Yeats-vers első két sora, ford. Bakács Tibor)



Rita Levi-Montalcini 2000-ben Rómában (*Hargittai Magdolna felvétele*)

Rita Levi-Montalcini¹ (1909–2012) Torinóban született. Találkozásunk idején az Olasz Nemzeti Kutatási Tanács (CNR) Sejtbiológiai Intézetének emeritus igazgatója volt Rómában. Stanley Cohennel, a Vanderbilt Egyetem (Nashville, Tennessee) orvosi karának kutatójával 1986-ban élettani vagy orvosi Nobel-díjat kapott a növekedési faktorok felfedezéséért. Az idegnövekedési faktor (NFG), amelyet a két tudós felfedezett, nemcsak bizonyos idegek növekedéséhez, fenntartásához szükséges, hanem az idegszálak irány szerinti növekedését is szabályozza.

Rita Montalcini professzorcsaládból származik, de édesapja nem vette jó néven orvosi tanulmányait. Végül mégis meghajolt lánya akarata előtt, és Rita Montalcini orvosi diplomát szerzett a Torinói Egyetemen. A fasiszta Olaszország zsidóellenes törvényei miatt azonban nem praktizálhatott. Nem sokkal a Nobel-díj elnyerése után Rita Levi-Montalcini nagyon szép önéletrajzot írt *A tökéletlenség dicsérete* címmel.² 2000-ben beszélgettünk római dolgozósobájában.

Rita Levi-Montalcinit a könyvéről kérdeztük. A tökéletlenség dicséretét angolul is kiadták.

„Sajnos, az összes többi könyvem olaszul jelent meg. Egyiket sem fordították le angolra, de született néhány spanyol és francia fordítás. Az utolsó is a boltokban lesz nemsokára: azokból a levelekből válogattam, amelyekben édesanyámnak számolok be a munkámról a felfedezés idején. Ez fél évszázada történt, amikor az Egyesült Államokban éltem. A levelek időrendi sorrendben követik egymást. A könyv címe *Cantico di una vita*, Az élet himnuszának fordíthatnánk. A levelekből kiderül, mennyire lelkes voltam. Nemrég találtunk körülbelül ezeröttszáz levelet egy falárában a házunk pincéjében – azt hittem, elvesztek. Körülbelül

¹ *Candid Science II*, 365–375.

² Basic Books, Inc. Publishers, New York, 1988; Az *Elogio dell'imperfezione* címmel megjelent kötetet Luigi Attardi fordította olaszról angolra.

kétszázat választottam ki közülük, és könyvet szerkesztettem belőlük; talán ez lett életem legjobb könyve. A levelek hosszúak és nagyon rendezettek, nyolcoldalasak is előfordulnak köztük, de egyetlen szó sincs áthúzva, megváltoztatva.

Most már új könyvön dolgozom. Yeatsnek van egy gyönyörű, majdnem bibliai verse, »A második eljövétel«, amely nagyon pesszimista a

jövőt illetően. Én nem ilyen vagyok; alapjában véve optimistán szemlélem a világot, ezért a mostani könyvem címe *Az új eljövétel* lesz. Arról szól, hogyan lehet megmenteni az emberi (és a többi) fajt, ha megváltoztatjuk a gyerekekhez, a nőkhöz és a fiatalokhoz fűződő viszonyunkat. Ez a fennmaradás egyetlen reménye.

A legérdekesebb könyvem talán *Az idegnövekedési faktor története*. Ebben az összes olyan dolgozatot és cikket összegyűjtöttem, amely ebben a témában megjelent; néhányból már egyetlen példány sem lelhető fel.”

A tudományhoz vezető út

„Jaj, azt hiszem, sose lettem tudós. Inkább művész vagyok. Az idegrendszert csak vizsgálódásaim terepének tekintem. A kutatói attitűdöm pedig ez: meg tudod csinálni! Guiseppe Levi, egy kiváló olasz tudós tanítványa voltam. Három olasz kapott Nobel-díjat eddig: Luria 1968-ban, Dulbecco 1975-ben és én 1986-ban. Mind a hárman azért lettünk kutatók, mert Guiseppe Levi tanítványai voltunk. Ő nem kapott Nobel-díjat.

Á, nem voltam én tudós. Az ikertestvérem művész, festő, ő az egyik legjobb Olaszországban. A bátyám építész volt és kitűnő szobrász. Azt hiszem, az idegrendszer szépsége vonzott a tudományhoz, nem a pusztá érdeklődés. És most sem tartom magam tudósnak: nem is kutatói, hanem inkább művészi látásmód vezérel a tudományos munkában. Fiatalkorom óta, mióta a pályán vagyok, egyszer sem fordult meg a fejemben, hogy tudós leszek. A tudománynál sokkal jobban



Rita Levi-Montalcini Viktor Hamburgerrel
(Rita Levi-Montalcini szívességéből)

érdekeltek a társadalmi problémák. Az volt a szerencsém, hogy le kellett mondanom az orvosi pályáról. A hálósobámban tudtam csak dolgozni, egy kis laboratóriumban – itt tettem meg az első lépéseket Stockholm felé.

Véletlenül botlottam a tudományba, hála Benito Mussolininek, aki megakadályozta, hogy hagyományos orvosi pályára lépjek, mert nem vagyok árja.³ [...]

Nagyon művelt, nagyon képzett zsidó családból származom. Egyáltalán nem voltunk vallásosak, a szüleim sohasem jártak zsinagógába, ez az egész nem érdekelte őket. Akkor lettem csak zsidó, amikor a törvények annak nyilvánították, azelőtt azt sem tudtam, hogy zsidó vagyok. Zsidó és katolikus barátaim is voltak, de ebből nem csináltunk ügyet. A faji törvények után ugyanúgy a barátaim maradtak. Az emberek nem sokat törődtek ezekkel a törvényekkel, persze, később sokan antiszemiták lettek, mert előbbre akartak jutni az életben. Most már zsidónak tartom magam. De csak a faji törvények, az üldözés után lettem zsidó.

– *Ismerte Primo Levit?*

– Nagyszerű ember volt, ő írta a világ legjobb könyvét. Egészen biztos vagyok abban, hogy nem lett öngyilkos. Valószínűleg elveszítette az egyensúlyát, mert nagyon gyenge volt, talán ezért is esett el. A család végig öngyilkosságnak állította be a történeteket, de én biztos vagyok az ellenkezőjében; nagyon jól ismertem őt. Meg kellett volna erről kérdezni: akkoriban távolról sem foglalkoztatta, hogy véget vet az életének. Jó barátok voltunk, de nem találkoztunk gyakran. Ő Torinóban élt, én pedig Rómában. Nem sokkal a halála előtt beszéltem vele. Azt mondtam neki, Primo, gyere Rómába, ugyanahhoz a pszichiáterhez járhatnánk. Ez nem sokkal a Nobel-díjam után történt; nagyon felzaklatott a túlzott népszerűség, amit nem tudtam jól kezelni. Ezért mentem pszichiáterhez. De Primo azt mondta, nem, sohasem hagyom itt az anyámat, még egy órára sem – és utána lezuhant a lépcsőn. Kizárt, hogy megölte magát.”⁴

³ *Candid Science II*, 366–367.

⁴ 370.

Edward B. Lewis

*[A genetika] huszadik századi tudomány,
és csak lassan tudatosult, hogy mennyire fontos
a biológiai kutatásban.*



Edward B. Lewis 1997-ben a Kaliforniai Műszaki Egyetemen (*Hargittai István felvétele*)

Edward B. Lewis¹ (1918–2004) a pennsylvaniai Wilkes-Barre-ben született. 1939-ben szerzett BA-fokozatot biostatistikából a Minnesotai Egyetemen. 1942-ben genetikából kapott PhD-, 1943-ban pedig meteorológiából MS-fokozatot a Kaliforniai Műszaki Egyetemen (Caltech). Egész pályafutása alatt a Caltechen dolgozott, Pasadenában. 1995-ben megosztott élettani vagy orvosi Nobel-díjjal tüntették ki a korai embrionális fejlődés genetikai szabályozása terén elért felfedezésekért. 1997-ben beszélgettünk a Caltechen.

Megkérdeztük, mi a véleménye a génmódosításról.

„– Nagyszerű.

– *Visszaélhetnek vele.*

– Igen. De a génmódosításnak óriási előnyei is vannak, különösen a betegségek diagnosztizálása és a gyógymódok kidolgozása terén. Nagyon oda kell figyelni, hogy ne éljenek vele vissza.

A múltban nemcsak a tudományos felfedezéseket használták rossz célokra, hanem a tudósokat is gyakran üldözték a nézeteik miatt. A közelmúlt történelmének tragikus fejezete, hogy a Sztálin-érában Liszenko és követői üldözték a genetikusokat a Szovjetunióban. Liszenko azt hirdette, hogy az öröklődést nem a gének és a kromoszómák szabályozzák, hanem a környezet. Azért szerezhettek hatalmat, mert felfogása kedvezett a marxizmus–leninizmusnak, amely tagadta, hogy az emberi

¹ *Candid Science II*, 350–363.

viselkedésnek egyaránt lehet genetikai és környezeti komponense. Licszenko állítása tarthatatlan volt, de a genetikusokat jó ideig üldözték a Szovjetunióban, »morgan–mendelisták«-nak nevezték őket, nem taníthatták és nem tanulmányozhatták a genetikát. Ez a tudományüldözés az egész tudományos közösség számára intő jel: ma is előfordulhat! Aggasztónak tartom, hogy formálódik egy mozgalom, amely teljes egészében támadja a génmódosítást.

– *Előállíthatnak tökéletesebb embereket a génmódosítás segítségével?*

– Ennek a kérdésnek nagyon sok etikai és egyéb aspektusa van, ezeket nem szeretném most elővenni.

– *Hasznosak lehetnek az intelligenciára vonatkozó genetikai adatok?*

– Igen, de sokkal több információra van szükségünk a releváns génekről. Az intelligencia olyan bonyolult, hogy az egymással kölcsönható gének sokasága határozza meg. Jól ismert, hogy azok között, akiknek egy további, huszonegyedik kromoszómájuk van, előfordulnak Down-kórosak; mentálisan és fizikailag is komolyan sérültek lehetnek. Mit mond ez nekünk az intelligenciához kötődő génekről? Sokat. Először is: noha a huszonegyedik kromoszóma nagyon kicsi, sok száz génje van. Három ilyen géneyüttes elegendő ahhoz – és egyetlen génnek sem kell hibásnak lennie –, hogy az emberi test lényegében összes szervrendszerét tönkretegye, ez alól az agy sem kivétel. Szerencsére, a nagyobb kromoszómák esetében a fölösleges kromoszóma hatásai általában olyan drasztikusak, hogy a magzat még születés előtt elhal. Mondok egy másik példát: azoknál, akiknek a normálistól eltérő számú szexkromoszómájuk van, nagyobb a mentális rendellenesség kockázata. A nőknek két X kromoszómájuk van, a férfiaknak egy X és egy Y. Az XXY kombináció nemcsak interszexualitással jár, hanem alacsonyabb intelligenciára is hajlamosít. Azok a férfiak, akiknek két Y kromoszómájuk van az egy helyett, szintén nagyobb gyakorisággal küszködnek mentális rendellenességekkel, például fokozott agresszivitás léphet fel náluk.

Legyekben találtak olyan géneket, amelyeknek egyetlen hibája már befolyásolja a legyek viselkedését, memóriáját vagy tanulási képességét. Az ilyen gének DNS-ének vizsgálata alapján emberekben is felfedeztek homológ géneket. Ebből kiindulva elkezdhetjük felderíteni, hogyan működnek ezek a gének az emberben.

Az emberek körében folytatott intelligenciakutatások során családfa-és ikervizsgálatokat is végeztek, és ezek arra utalnak, hogy az általános populációt jellemző sokféle intelligencia megteremtésében számos génnek kell részt vennie. Természetesen a kulturális és más környezeti ha-

tások is jelentős szerepet játszanak, de semmiképpen sem kizárólagosak. Az viszont igazi science fiction, hogy a genetikát az intelligencia tökéletesítésére használhatnánk. Szó szerint gének ezrei vesznek részt az agyműködés irányításában. Az átlagosnál nagyobb vagy kisebb intelligencia kialakulásában ugyanazok a szabályok érvényesülnek, mint más bonyolult tulajdonságok – mondjuk, az emberi alkat vagy a kukorica-termés – meghatározásában. Sok gén együttese dönti el, hogy egy személy genetikai adottsága az átlagosnál kisebb vagy nagyobb intelligenciához vezet-e, miközben egy-egy gén önmagában csak viszonylag kis hatást fejt ki az agyműködésre.”²

² 361–363.

Peter Mansfield

*Éjszakánként, álom és ébrenlét határán, órákon át
gondolkoztam egy-egy probléma megoldásán.*



Peter Mansfield 2005-ben a Sir Peter Mansfield Mágneses Rezonancia Központ bejáratánál, a Nottinghami Egyetemen *(Hargittai István felvétele)*

Peter Mansfield¹ (1933–) Londonban született. A Nottinghami Egyetem Sir Peter Mansfield Mágneses Rezonancia Központ emeritus fizikaprofesszora. 2003-ban Paul Lauterburrel megosztott élettani vagy orvosi Nobel-díjat kapott a mágneses rezonancia képalkotás terén elért felfedezésekért.

A korabeli brit oktatási rendszer eredetileg cserbenhagyta Peter Mansfieldet. Olyan típusú iskolába járt, ahonnan nem vezetett út a továbbtanulás felé. De elszántságával leküzdötte az akadályokat, és valóra váltotta álmát: kutató lett.

A BSc-fokozatot 26 évesen nyerte el, 1959-ben, három év múlva azonban már a PhD-disszertációját védte meg a Londoni Egyetemen, a Queen Mary College hallgatójaként. 1964 óta a Nottinghami Egyetem munkatársa. 1979-ben nevezték ki professzorrá, de idő előtt, 1994-ben nyugdíjba vonult. 2005-ben beszélgettünk a Nottinghami Egyetemen.

¹ *Candid Science VI*, 216–237.

Az MRI, a mágneses rezonancia képalkotás kezdetben NMRI, mágneses rezonancia képalkotás volt. Miért tűnt el az „N” a nevéből?

„Az amerikaiak miatt; talán a 80-as évek közepén hagytuk el. Többféle magyarázat is van rá. A hivatalos indoklás szerint Amerikában vita alakult ki a nukleáris medicinában dolgozó kollégákkal. Mivel az NMR-ben (nuclear magnetic resonance) szerepel a »nukleáris« szó, azt akarták, hogy ez a módszer is hozzájuk tartozzon. De Amerikában a radiológusok, akiknek még erősebb a lobbijuk, nem akarták, hogy a »nukleáris« szerepeljen az elnevezésben, mert a képalkotást szerették volna bevinni a radiológia hatáskörébe. Így is lett. Az amerikaiak egymás között szépen eldöntötték, hogy nem NMR-, hanem MR-képalkotás lesz. Mi ebben nem játszottunk szerepet, bár a fejlesztés túlnyomó része az 1980-as évek elejéig itt, Nottinghamban folyt, nem Amerikában, de ekkor ott is beindult a munka. Ha az amerikaiak beszállnak valamibe, az persze fantasztikus, és percekben belül elterjed róla, hogy Amerikában fedezték fel. Ők csinálták meg először, kit érdekel, mi volt Európában. Ez történt az MRI-vel is.

Aztán az egész megismétlődött a gyártással. A cégek az 1980-as években kezdtek el érdeklődni. Az elsők közé tartozott a Johnson & Johnson egyik leányvállalata, amely öt év után döntött úgy, hogy előrukkol vele. Európában a Siemens, a Philips, az EMI és egy csomó kisebb vállalat kezdte el gyártani. Utoljára a General Electric szállt be az MRI-bizniszbe. Az 1980-as évek közepén vágtak bele, nagyon sokáig ki-vártak, de utána ők uralták a piacot, és most ők gyártják a világ MRI-berendezéseinek jóval több, mint a felét. Az ő piaci részesedésük a legnagyobb. Ezt Európának kellett volna megszereznie, de nem így történt.”²

„– *A Nobel-banketten tartott kétperces beszédében arra is kitért, hogy sok köszönőlevelet kap a betegektől, de néhányan elmesélik, hogy a berendezés szűk terében klausztrofóbiás érzések gyötrik őket, mások pedig a vizsgálattal járó elég erős zajt említik. Elmondta, hogy ezeket a panaszokat sem hanyagolják el. Részt vesz azokban a munkálatokban, amelyek a vizsgálattal járó kellemetlenségeket kívánják enyhíteni?*

– Az én kis vállalkozásom az MRI-berendezésekben fellépő akusztikus zaj csökkentésének kutatását tűzte ki célul. Volt már ilyen berendezés belsejében? Nagyon zajos. A gradiensek bekapcsolását és kikapcsolását

² 224–225.

lását minden egyes alkalommal nagy zaj kíséri. Először is azt a kérdést kell megvizsgálnunk, hogy miért jár ekkora zajjal a gradiensváltozás. Másodsor pedig azt, hogy csökkenthetjük-e a zajt. Ezenkívül az elektromos térerősség csökkentését is fontosnak tartjuk; az elektromágnesesség Maxwell-féle törvényei szerint az elektromos tér automatikusan fel lép. A mágneses térhez elektromos tér is társul. A képződő elektromos tér elég erős ahhoz, hogy áramokat indítson el a szervezetben; ez izomrángást okozhat; tehát minden egyes alkalommal, amikor átkapcsoljuk a gradienst, a test rándul egyet. Ez nem tesz jót a betegeknek. Vannak módszerek a mágnesestérerősség-gradiens változásával járó elektromos térerősség csökkentésére – például lassítjuk az átkapcsolást. Ha a gradienst lassabban kapcsoljuk be és ki, kisebb az elektromos térerősség. Csak az a baj, hogy ha a mágnesestérerősség-gradienst lassabban változtatjuk, tovább tart a felvétel. Ezért nem ezt a megoldást szeretnénk választani. A cégem más módszereket keres az elektromos térerősség csökkentésére. Most ezen a két nagy feladaton dolgozunk, de idővel újabbak is felvetődhetnek.”³

Peter Mansfield a nyugdíjkorhatár elérése előtt nyugdíjba ment.

„... mert több időt akartam fordítani a kutatásra. Így is lett, de azt hiszem, túl sok időt töltöttem azzal a területtel, amelyről már beszéltem, az akusztikus zaj csökkentésével. Ez fontos probléma, és jó lenne megoldani. El is értem valamekkora javulást, de nem sikerült a végére járnom. Felvetődik a kérdés, hogy mennyi idő után szabad egy problémát félretenni. Mert vagy megoldjuk, vagy sem. Sajnos, én olyan vagyok, hogy nagyon nehezen adom fel. Folyton azt gondolom, hogy holnap talán megoldom.

– *Makacsságból vagy állhatatosságból?*

– Makacs vagyok, igen; ez a baj. Ha valaki túl makacs, akkor a végén elvesztegeti az idejét, én is ezt csináltam. Találtam egy másik problémát, ez az elektromos tér problémája, az akusztikai zajt azonban továbbra is csökkenteni kell. Vannak elképzeléseink a megoldásról, de már tizenöt évet eltöltöttem ezzel a feladattal. Ez majdnem több, mint amennyit az NMR-re meg a MRI-re összesen fordítottam. Az MRI eredeti elképzelései négy-öt éven belül megvoltak. Nem egyetlen ötlettel álltam elő, hanem ötletek garmadájával. És életem végén tizenöt éve dolgozom egyetlen problémán, de még mindig nem sikerült megoldanom.”⁴

³ 229–230.

⁴ 236.

Maclyn McCarty

A felfedezésünk után az egyik fontos lépés Watson és Crick cikke volt...



Maclyn McCarty 1997-ben a Rockefeller Egyetemen (Hargittai István felvétele)

Maclyn McCarty¹ (1911–2005) 1933-ban fejezte be a Stanford Egyetemet, és 1937-ben szerzett orvosi diplomát a Johns Hopkins Egyetemen. Hosszú évekig a Rockefeller Intézetben – későbbi nevén Rockefeller Egyetemen – dolgozott New Yorkban. Találkozásunkkor professor emeritus volt. Az 1940-es évek elején Oswald T. Averyvel vizsgálta a „transzformáló anyag”-ot, amiről kiderült, hogy nem más, mint a DNS – ez volt a legnagyobb felfedezésük. Colin M. MacLeod is a kutatócsoporthoz tartozott.

Az ő korszakalkotó cikkük fogalmazta meg először, hogy a DNS a genetikai anyag.² Az Averynél töltött évek után McCarty sikeres kutatói pályát futott be: a fehérjéket, a *Streptococcusok* biológiáját és immunkémiáját, a reumás lázat tanulmányozta. Az Amerikai Nemzeti Tudományos Akadémia tagja volt, kitüntetései között szerepelt a Wolf-díj és a Lasker-díj (Albert Lasker Special Public Health Award).

A Nobel Alapítvány Alfred Nobelről és a Nobel-díjról szóló könyve szerint „sajnálatos”, hogy a transzformáló anyag és a DNS azonosságának felfedezését nem ismerték el Nobel-díjjal.³ Nagyon ritkán fordul elő, hogy a Nobel Alapítvány elismeri: hibázott a díjak odaítélésében. Maclyn McCartyval 1997-ben beszélgettünk dolgozószobájában, a Rockefeller Egyetemen.

Oswald T. Avery

„Nem kedvelte különösebben a társaságot. Alacsony, elég zárkózott ember volt, legalábbis akkor, amikor megismertem. Egész életében aggregény maradt. Abban az időben, amikor együtt dolgoztunk, már nem szeretett hallgatóság előtt beszélni. Azért 1943 decemberében rávettük, hogy tartson előadást a szokásos munkahelyi értekezleten.

¹ *Candid Science II*, 16–31.

² O. T. Avery, C. M. MacLeod, and M. McCarty: „Studies of the Chemical Nature of the Substance Inducing Transformation of Pneumococcal Types.” *Journal of Experimental Medicine* 1944, 79, 137–158.

³ *Nobel. The Man & His Prizes*, 3. kiadás; szerk.: The Nobel Foundation és W. Odelberg, Elsevier, New York, 1972, 201.

A cikkünk ekkorra megjelenés alatt állt, de ő már évek óta nem szólalt fel. Az Amerikai Bakteriológusok Társaságának abban az évben volt az elnöke, amikor a Rockefellerre jöttem. Megtartotta az elnöki beszédet, de nem engedte, hogy publikálják. Az ilyenfajta beszédek nem tudományosak, és egyszerűen nem akarta, hogy ezt a köznapi szöveget kinyomtassák.

– *Tehát visszahúzódo volt, nem könnyen adta ki a kezéből a cikkeit.*

– Nem bizony. [...]

– *Nagyon bosszantotta, hogy Avery ilyen nehezen publikálta a felfedezést?*

– Persze, bosszankodtam, de rendkívül szeretetreméltó ember volt, és tiszteltük őt. Mindenki vigyázott rá, különösen attól kezdve, hogy beteg lett. Pajzsmirigy-túlműködésben szenvedett. Meg kellett őt operálni; elég sokat eltávolítottak a pajzsmirigyéből. Évekig küszködött a betegséggel; nagyon féltették a kollégái, MacLeod is. Averynek remegtek a tagjai – ez a betegség velejárója –, így nem tudott kísérletezni; időnként mély depresszióba süllyedt. Csak az 1930-as évek végén jött rendbe.”⁴

⁴ *Candid Science II*, 29.

Matthew Meselson

*Határozottan elleneznünk kell
a biológiai fegyvereket.*



Matthew Meselson 2004-
ben Woods Hole-ban
(Hargittai István felvétele)

Matthew Meselson¹ (1930–) a coloradói Denverben született. A Harvard Egyetem Molekula- és Sejtbiológiai Tanszékének Thomas Dudley Cabot természettudományi professzora az amerikai Cambridge-ben. PhD-kutatásait Linus Pauling irányította a Kaliforniai Műszaki Egyetemen. A doktori időszak alatt, 1957-ben, Matthew Meselson és Franklin Stahl kidolgozott egy kísérletet, amely a DNS félkonzervatív kettőződését bizonyította. Az erről szóló cikk 1958-ban jelent meg. A kísérlethez új módszert találtak fel: a molekulákat centrifugális erővel választották el egymástól, az eltérő sűrűségek alapján. Az eljárást sűrűséggradiens-centrifugálásnak nevezik. Munkájukat részletesen ismerteti a néhai Frederick L. Holmes könyve: *Meselson, Stahl, and the Replication of DNA. A History of „The Most Beautiful Experiment in Biology”* (Yale University Press, 2001; Meselson, Stahl és a DNS-kettőződés. „A legszebb biológiai kísérlet” története). Matthew Meselsonnal 2004-ben beszélgettünk a Massachusetts állambeli Woods Hole-ban.

„– Tudjuk, hogy 1963 óta érdekli a bioterrorizmus, de Linus Pauling azt tanácsolta, előbb kutatóként alapozza meg a pályáját, és csak azután foglalkozzon ezekkel a kérdésekkel.

– Igen, így igaz. Akkoriban alakult az Egyesült Államok Fegyverzetellenőrzési és Leszerelési Szervezetének Általános Tanácsadó Bizottsága. Csak később tudtam meg, hogy az első évben túl sok pénzük volt, de nem akarták visszaadni, mert nem tudták, hogy a következő évben is kapnak-e ugyanennyit a költségvetési irodától. Vadonatúj szervezet lévén elkezdtek terjeszkedni, tehát bölcsen döntöttek, amikor el akarták költeni a fölösleget. Kitalálták, hogy meghívják nyárra hat kutatót, és fizetik őket. Freeman Dysonnal ültünk egy szobában, aki rengeteget segített, mert arra bátorított, hogy bízzam az intuíciómban.

¹ *Candid Science VI*, 40–61.

Azt mondták, hogy az európai nukleárisfegyver-korlátozáson kell dolgoznunk. Egy-két hétig próbálkoztam vele, de hamar rájöttem, hogy semmit sem tudok róla, amivel nincsen semmi baj, de a területnek sok szakértője volt, például Henry Kissinger. Ő könyvet is írt a különböző megoldások közötti választás fontosságáról. Ezért megkérdeztem a főnökömet, hogy nem dolgozhatnék-e inkább a biológiai és kémiai fegyverek korlátozásán. Frank Long volt a főnököm, egy nagyszerű kémikus, az ithacai Cornell Egyetem professzora. Azt válaszolta, persze, csináljam csak. Azt is elmesélte, hogy az érkezésünk előtt már dolgozott valaki a biológiai fegyverek korlátozásán, de olyan depressziós lett, hogy megölte magát. Long felajánlotta nekem az íróasztalát. Elárulta, hogy mindannyian elmennek Moszkvába egy atomcsendegyezménytárgyalásra, és én dönthetem el, mivel akarok foglalkozni.

A biológiai fegyverekkel kezdtem, mert a kémiai és a biológiai fegyverek együtt túl nagy területet ölelnek fel. Elmentem a CIA-hoz, hogy megnézzem, hol tart a többi ország. Kiderült, hogy elég keveset tudunk. Ez valószínűleg ma is igaz. Annak is utánanéztem, hogy nálunk mi a helyzet. Rendkívül kemény biológiai fegyver-programunk volt. Mindenféle biztonsági engedélyt kellett szerezni a kutatáshoz. Egy nagyon kedves ember, Leroy Fothergill segített eligazodnom. Megkérdeztem tőle, miért fejlesztünk biológiai fegyvereket. Azt válaszolta, az összes nukleáris fegyvernél sokkal olcsóbb. Ezen elgondolkoztam. Nem értettem a dolgot, hiszen megvoltak a nukleáris fegyvereink. Miért akarunk az elsők lenni ezeknek az olcsó tömegpusztító fegyvereknek az előállításában, ha mindenkinek lehetnek ilyen fegyverei? Őrületségnek tartottam. Határozottan elleneznünk kell a biológiai fegyvereket. Egyáltalán nem szabad ilyen fegyvereket gyártanunk. Ha elkezdjük, mindenki követi a példánkat. Inkább meg kell próbálnunk betiltani őket; meg kell tőlük szabadulnunk.

Eleinte nem sokat beszéltem nyilvánosan, nem is írtam le a gondolataimat, mert jobbnak láttam, ha senki sem beszél ilyesmiről. Nem kell felkelteni az emberek érdeklődését. De aztán jött a vietnami háború, és azzal vádoltak bennünket, hogy kémiai fegyvereket használunk Vietnamban. Ekkor már többet beszéltek róla. Különböző balesetek is előfordultak, amelyek nyilvánosságra kerültek. Lassan megszólaltam. Aztán megválasztották Nixon elnököt, és ő Henry Kissingert nevezte ki nemzetbiztonsági tanácsadónak. Henryt ismertem, mert a Harvard Egyetem biológiai laboratóriumai melletti épületben volt a dolgozószobája. Jártam a fegyverzet-ellenőrzési szemináriumára, és időnként az ebédnél is találkoztunk. Valami miatt összebarátkoztunk. Mind a ket-

ten ugyanakkor csináltunk végig egy válást. A Harvard mindkettőnk számára rideg hely volt. Emlékszem, amikor Henry hazajött a második vietnami útjáról – még nem volt a kormány tagja, ez Johnson elnök alatt történt, az amerikai nagykövet, Cabot Lodge kérésére ment oda –, nagyon fáradt volt, ültünk a kanapén a dolgozószobájában, és sherryt ittunk. Azt mondta, most már tudom, mit éreztek a jó németek. Ez szíven ütött. Úgy gondoltam, a vietnami háború hiba, és nem mondhatna ilyet.

– *Azokat gondolta jó németeknek, akik Hitler ellen voltak?*

– Azokat, akik látták, hogy mi folyik. Addig, amíg most meg nem kérdezte, nem jutott eszembe, hogy erre is gondolhatott. De azt hiszem, csak azokra a németekre gondolt, akik látták, hogy a hazájuk helytelenül cselekszik.

– *Látták, de semmit se tettek ellene.*

– Nem is tudom, mit mondjak erre.”²

² 49–51.

César Milstein

*Borzasztó. Szörnyű ostobaság lenne.
(Az emberek klónozásáról)*



César Milstein 2000-ben
Cambridge-ben (*Hargittai
István felvétele*)

César Milstein¹ (1927–2002) Bahía Blancán született: argentin származású brit molekulabiológus volt. Felsőfokú tanulmányait a Bahía Blanca-i Colegio Nacionalban kezdte, és a Buenos Aires-i egyetemen fejezte be 1957-ben, „a kémia doktora” fokozattal. Pályája Buenos Airesben indult, Cambridge-ben folytatódott, ahol PhD-fokozatot szerzett, majd az MRC Molekulabiológiai Laboratóriumának egyik vezető kutatója lett. 1984-ben César Milstein, Niels K. Jerne és Georges J. F. Köhler élettani vagy orvosi Nobel-díjat kapott az immunrendszer fejlődésének és szabályozásának sajátosságait feltáró elméleteiért és a monoklonális antitestek előállításának felfedezéséért. César Milsteinnel 1998-ban beszélgettünk az MRC Molekulabiológiai Laboratóriumában, 2000-ben ugyanitt egészítettük ki az interjút.

César Milstein és édesapjának fényképe különleges apa-fiú kapcsolatra utal.

„Édesapám Ukrajnából jött [Argentínába], tizennégy éves korában. Nem állt család a háta mögött, napszámos lett, és a saját erejéből megtanult spanyolul írni-olvasni. Az évek során rengeteg szakmát kipróbált (dolgozott például ácsként és vasútépítőként), kulturális területen is vállalt munkát, többek között jiddis könyvtárakban, nem vallásos zsidó szervezetekben, amelyek közül néhány anarchista vagy anarchoszindikalista kapcsolatokkal rendelkezett. Végül boltossegéd, majd utazó ügynök lett. Édesanyám Argentínában született, a családja akkoriban érkezett Litvániából. Rendkívül tehetséges gyerek volt, nagy áldozatok árán járatták középiskolába. Egészen fiatalon lett az egyik elemi iskola vezető tanítója. Hárman voltunk testvérek, mind fiú, és szüleink leg-

¹ *Candid Science II*, 220–237.

főbb vágya az volt, hogy mindannyian egyetemet végezzünk. Így is lett.

A szüleink nagyon szigorúan neveltek bennünket, én pedig rosszul túrtam a korlátokat, ezért többször is rendkívül feszültté vált a kapcsolatunk. A konfliktusok mégsem léptek túl egy határon, sohasem rombolták le az irántuk érzett szeretetemet és megbecsülésemet. Amikor a szüleim megértették, hogy engem jobban érdekel a kutatói pálya, mint a gyakorlati élet, azonnal mellém álltak. Édesanyám gépelte le az argentin PhD-disszertációm, édesapám pedig több-



César Milstein édesapjával 1984-ben
Stockholmban (César Milstein szíveségéből)

ször is anyagi segítséget ajánlott fel, hogy minden időmet a kutatásnak szentelhessem, de ezt elhárítottam (kivéve a lakásunk »beugróját«, amit nászajándékba adtak). Eltökéltem, hogy teljesen önálló leszek, bár akkoriban nem folyósítottak doktori ösztöndíjat Argentínában, és rész munkaidőben kellett dolgoznom (a feleségemnek is) a megélhetésért. Nekik ajánlottam az argentin PhD-disszertációm, és ők (különösen az édesanyám) nagyon meghatódtak ettől a gesztustól. Az idők folyamán megértették és elfogadták, hogy teljes önállóságot akarok, és az ütközőpontok gyorsan eltűntek a kapcsolatunkból. Nagyon elszomorodtak, amikor elmondtam, hogy Angliában telepedünk le. Elsőként édesanyám fogadta el és támogatta a döntésünket.

Mindketten felindulva és büszkén értesültek pályám egyenes felíveléséről, én pedig mindent megtettem, hogy legalább évente egyszer meglátogassam őket Argentínában. Sajnos, édesanyám néhány évvel az első nagy tudományos elismerésem (a Royal Society-beli tagság) előtt meghalt, édesapám azonban eljött Londonba az ünnepségre. Nyilvánvalóan büszke volt – a maga nyugodt, megfontolt módján, ami elűtött édesanyám érzelmes megnyilvánulásaitól –, de valahogy meghökkent, zavarba jött attól, hogy mindez megtörténhet vele. Jeruzsálemben is elkísért, a Wolf-díj átadására. Ezúttal már nem tudott magának parancsolni a háromperces beszédem alatt. Amikor ott tartottam, hogy a diaszpórában élő zsidók tipikus példája vagyok, mindent a szülők elszánt-

ságának köszönhetek, akik hihetetlen áldozatokat hoztak gyerekeik taníttatásáért, felugrott a székéről, odajött a szónoki emelvényhez (az ünnepség a Knesszetben zajlott, az izraeli elnök kezéből vettem át a díjat), és megcsókolt, amivel szörnyen zavarba hozott. A hallgatóságnak viszont tetszett!

Amikor Stockholmba jött, már jobban fel volt készülve az ilyen alkalmakra, és bár borzasztóan meghatódott, nagyon összeszedetten adott velem interjút élőben egy argentin tv-társaságnak. Addigra már sokszor szerepeltünk az argentin tv-ben. Született mesemondó volt, emiatt imádták őt az újságírók. A következő két évben aztán többször is megkérték, hogy mondja el mindazt, amit a zsidók huszadik század eleji argentin bevándorlásáról tud. Különösen jól adta elő az idegen országban küszködő, szegény zsidó bevándorló történetét, aki nemcsak rendes zsidó családot akar magának, hanem hozzá akar járulni a zsidó kultúra és a jiddis nyelv megőrzéséhez is. Nagyon örültem, hogy egyfajta viszonzásként örömet és új elfoglaltságot adhattam apámnak hosszú élete utolsó éveiben.”²

² 235–237.

Salvador Moncada

*Akkor irányítunk a legjobban egy intézetet,
ha nem próbáljuk meg irányítani.*



Salvador Moncada 2000-ben a University College Londonban *(Hargittai István felvétele)*

Salvador Moncada¹ (1944–) Tegucigalpában született: hondurasi származású brit orvosbiológus. 1970-ben szerzett általános orvosi és sebészi diplomát az El Salvador-i Egyetem orvosi karán. PhD-disszertációját 1973-ban védte meg farmakológiából a Londoni Egyetem Royal College of Surgeons intézetében. El Salvadorban is, Hondurasban is dolgozott egy-két évig; 1975 és 1995 között a nagy-britanniai Wellcome Kutatólaboratóriumok munkatársa volt, ahol a kutatási igazgatói rangot is elérte. 1995 óta a University College London professzora, az egyetem Wolfson Orvosbiológiai Kutatóintézetének igazgatója.

Salvador Moncada kutatásai elsősorban a prosztaglandinhoz és a nitrogén-monoxidhoz kötődnek. Azzal a felfedezésével vívta ki a legnagyobb elismerést, hogy az endotéliumból származó relaxációs faktor (EDRF) nitrogén-monoxid. Ami-

kor bejelentették az 1998. évi élettani vagy orvosi Nobel-díjat, és Moncada nem volt a három díjazott között, a tudományos világ felhördült, mert sokan úgy látták, hogy a Nobel-bizottság átírja a tudománytörténetet. Moncada, ettől eltekintve, sok elismerésben részesült, magas pozíciókat, tekintélyes kitüntetésekkel kapott, tudományos akadémiák tagja.

2000-ben beszélgettünk a University College Londonban, Wolfson-intézetbeli dolgozószobájában.

¹ *Candid Science II*, 564–577.

Megkérdeztük, mi állhat az 1998-as Nobel-díj háttérében.

„Nem tudom. Nem is tudhatjuk meg, mert soha nem hozzák nyilvánosságra a döntések okát. Ezért nincs értelme a találgatásoknak. Úgy gondolom, az intézmények azt díjazzák, akit akarnak – szívük joga. A Nobel-díjjal az a baj, hogy óriásira duzzadt presztízse miatt már-már »átírják a történelmet«, amikor hibáznak.

Korábban azt mondtam, kimondhatatlanul büszke vagyok arra, amit ennek a területnek a születéséért és fejlődéséért tettünk. A nitrogén-monoxid azonosítása volt a legelső lépés, és ezt az egész tudományos közösség elismeri. A munka során kidolgozott módszereinket ma szerte a világon használják. Mi tártuk fel a nitrogén-monoxid biokémiai szintézisének lépéseit, és sok más korszakos eredményt értünk el.

Amikor megszületik egy tudományos felfedezés, nemcsak a jövőbeli kutatás irányai sejlenek fel, hanem a múlt is új megvilágításba kerül, s azok a részletek, amelyek szétszórva jelentek meg itt-ott a szakirodalomban, hirtelen összeállnak. De csak utólag!

Hadd mondjak egy példát. Az 1970-es években egy japán csoport, amelyet Deguchi irányított, rájött, hogy az L-arginin stimulálja az oldható guanilat-cikláz enzimet. Talán ez a munka áll a legközelebb az L-arginin nitrogén-monoxid útvonal felfedezéséhez, amiről beszélünk. A japán kutatók azonban nem tudták, milyen fontos eredményhez jutottak el. Ez csak nagyjából tíz év múlva derült ki. Ha azonban kibogozzuk a felfedezésünk előtörténetét, látjuk, hogy ezek a kutatók ugyanúgy részesei a sikernek, mint bármelyikünk. A tudomány története tele van olyan eseményekkel, amelyek megelőznek egy felfedezést, de csak a felfedezés után mutatkozik meg a kapcsolat.

Ami az előbbieket illeti, valóban nem ismerek több olyan esetet, amikor a tudományos közösség ennyi tagja ilyen vehemensen tiltakozik egy tudós igazságtalan mellőzése miatt. Ez megnyugtató. Nagyon büszke vagyok arra az elismerésre, amelyet a dolgozataim lektori véleménye tükröz, mert a szakmai bírálat a legtárgyilagosabb megítélés. Az 1998-as élettani vagy orvosi Nobel-díjról hozott döntéssel a Nobel-bizottság komolyan szembekerült a tudományos közösséggel.”²

² 566.

Család és iskola

„A családi gyökereim sokfelé elágaznak. Hondurasban születtem, de az édesanyám kelet-európai. Egy északnyugat-romániai kisvárosban született. Jenny Seidnernek hívták, német zsidó ősoktól származott. Anyai nagyapám osztrák zsidó volt, harcolt az első világháborúban. Édesanyám néhány éve halt meg. Édesapám viszont közép-amerikai, akinek spanyolok, feltehetően katalánok lehettek az ősei, mert a Moncada vezetéknév onnan ered. Tehát katolikus-zsidó családban nőttem fel, és mivel édesapám nem ragaszkodott nagyon a katolicizmushoz, a zsidó vallás dominált. Tizenhárom éves koromig sokkal gyakrabban jártam zsinagógába, mint katolikus templomba, de ekkor úgy döntöttem, nem csinálok bar micvót. Hosszú időre szakítottam a vallással. Körülbelül tizenkét évvel ezelőtt véletlenül Amszterdamban tartózkodtam a zsidó újév idején, és kíváncsiságból elmentem a régi zsinagógába. Az istentisztelet nagyon megható volt. Mélyen megindított, különösen akkor, amikor kiderült, hogy sok résztvevő spanyol vagy portugál vezetéknévvel. Nyilvánvalóan régi szefárd családokból származtak, amelyek a 16. század óta vándoroltak ide az Ibériai-félszigetről! Nem lettem hirtelen vallásos, de ez a nap rávilágított a kulturális örökségre. Amikor az Egyesült Államokba megyek, boldog vagyok, hogy meglátogathatom a nővéremet New Yorkban, és együtt vacsorázunk a családjával szabbatkor. Olyankor otthon érzem magam. Nem imádkozom, de feloldódom abban a milióban.

Különböző okok miatt, amelyeket most hosszú lenne elmesélni, nagyapám és a családja, akik 1937-ben elhagyták Európát, nem az Egyesült Államokba, Argentínába vagy más olyan helyre mentek, ahová az emigráns zsidók tartottak, hanem Hondurasban kötöttek ki! Én már ott születtem, de négyéves korom táján El Salvadorba költöztünk. Itt nőttem fel, itt tanultam és szereztem orvosi diplomát 1970-ben. Szerencsére, az El Salvador-i orvosképzés akkor nagyon jó volt. Egy rendkívül tehetséges tudóscsoport a Kellogg- és Rockefeller-alapítványok anyagi támogatásával modernizálta az El Salvador-i orvosi fakultást, így magas színvonalú képzést kaptam. De a tanulmányaim alatt diáktársaimmal alaposan belebonyolódtam a politikába: végül megvándoltak és kiutasítottak El Salvadorból. Ez nem sokkal az egyetem elvégzése után történt, így aztán újra Hondurasba kerültem. Itt határoztam el, hogy doktori ösztöndíjat keresek magamnak.”³

³ 567.

Benno Müller-Hill

... más a tudás, és megint más,
hogy mit kezdünk ezzel a tudással.



Benno Müller-Hill 1999-ben
Kölnben (Hargittai István
felvétele)

Benno Müller-Hill¹ (1933–) Freiburgban született. Biokémikus és genetikus, a Kölni Egyetem professor emeritusa. Fontos eredményekkel gazdagította a genetikát: ő izolálta az első transzkripció faktort, a *lac* represszort. Munkájáról később rendhagyó könyvet írt.² Müller-Hill arról a kutatásáról is híres, amely a náci Németországban folyó genetikai vizsgálatokat tárja fel. Ezek során gyalázatos bűntettekkel követek el az emberiség ellen, de a háború utáni, sőt a mai Németországban is hallgatnak a történekről. Müller-Hill kötet, a *Tödliche Wissenschaft (Gyilkos tudomány)* utóbb angolul is megjelent, *Murderous Science* címmel.³ 1999-ben beszélgettünk a Kölni Egyetemen.

A Gyilkos tudomány visszhangjáról érdeklődtünk.

„Németországban nem reagáltak rá.”⁴

Megkérdeztük, hogy zavarná-e, ha náciellenes kutatásaira később jobban emlékeznének, mint genetikai eredményeire.

„Remélem, hogy a *lac* represszor izolálása is számít. Amikor Wally [Walter] Gilbert laborjában kezdtem dolgozni, megoldható feladatnak

¹ *Candid Science II*, 114–129.

² B. Müller-Hill: *The lac Operon. A Short History of a Genetic Paradigm*. Berlin, New York, Walter de Gruyter, 1996.

³ B. Müller-Hill: *Tödliche Wissenschaft*. Reinbek, Rowohlt Taschenbuch Verlag, 1984. A legfrissebb angol kiadás: Benno Müller-Hill: *Murderous Science. Elimination by Scientific Selection of Jews, Gypsies, and Others in Germany, 1933–1945*. (Ford. George R. Fraser, utószó James D. Watson.) New York, Cold Spring Harbor Laboratory Press, 1998.

⁴ *Candid Science II*, 120.

tűnt, és én nagyon meg akartam oldani. De látszott, hogy a kudarcnak minden erőfeszítés ellenére nagy az esélye. Kutatáskor általában akkor is kiderül valami, ha az ember nem éri el az eredeti célját, és az eredményt publikálhatja. Ebben az esetben viszont látszott, hogy mindent vagy semmit. Nemcsak én gondoltam így, hanem Wally is. Akkortájt elméleti fizikát tanított, és nem volt véglegesítve a Harvardon. Így mindketten sokat kockáztattunk. Wallynak nem volt sok cikke, mert Jim [James D.] Watson elvét követte: csak akkor írta rá a nevét egy dolgozatra, ha részt vett a kísérleti munkában. Körülbelül nyolc doktorandusza volt, szépen megmutatta nekik, hogyan kell végrehajtani a kísérleteket, de sohasem szerepelt társszerzőként. Ez nagyon jól tesz a doktoranduszoknak: függetlenségre és felelősségre neveli, de gátolhatja a professzor előmenetelét.

– *Nem értékeli le ez a felfogás az intellektuális részvételt?*

– De igen, az intellektuális komponens eltűnik, és csak az számít, amit megcsinálsz. Másrészt ez a módszer arra is figyelmeztet, hogy ha igazán jó ötleted van, valósítsd meg magad.

Wallyval sokat beszélgettünk, de nem tudtuk, hogyan lássunk hozzá a munkához. Egyszer csak jött valaki Párizsból, és azt mondta, hogy ő már megoldotta a feladatot. Persze nem oldotta meg, de bennünket alaposan fölrázott.

A *lac* represszor fogalom volt, és mi izolálni akartuk, a saját szemünkkel akartuk látni. Egy rendkívül kis koncentrációban jelen levő fehérjét kerestünk. Arra gondoltam, hogy annak a génnek használnánk egy bizonyos mutánsát, amelyiktől ez a represszor származik. Végül sikerült előállítanom ezt a mutánst, Wally kipróbálta, és működött, de olyan volt, mintha vékony jégen járnánk. Mások is próbálkoztak a represszorral – szerencsére nem tudtak bennünket megelőzni. Az első cikkünk 1966 decemberében jelent meg a *Proceedings of the National Academy of Sciences* folyóiratban. Soha többé nem dolgoztam ilyen feszült izgalomban. Mindent beadtunk, hogy sikerüljön.

Egyrészt Wallyval tárgyalhattam meg a kísérlet részleteit, és ő imádta ezeket a beszélgetéseket, másrészt Jim Watsonnal, aki egyáltalán nem beszélt. Amikor bejött a laborba, váltottunk egy-két szót, és kész. Az ember rájött, hogy nincs több mondanivalója. Egyszer például előállítottam egy bizonyos mutánst, és nagyon büszke voltam rá, de egy ilyen kísérletet két perc alatt el lehet magyarázni. Dolgozott nálunk egy másik német posztdoktor, akit Freiburgból ismertem, Klaus Webernek hívták. Fogadást kötöttünk, hogy ki mennyit beszél Jimmel. Fél év múlva összesen 22 percnél járt, én 17-nél. Jim Watson hallgatása még

inkább munkára sarkallt. Az ember úgy érezte, hogy csak akkor beszélhet vele, ha van mondanivalója. Ha nincs eredmény, nincs miről beszélni.

– *Miközben a harvardi kutatásáról, a lac represszor izolálásáról szóló beszámolóját hallgatom, még jobban becsülöm az önfeláldozásáért és azért a hatalmas munkáért, amelyet a náci tudomány történetének felderítésére fordít.*

– Egyszerűen csak azt akartam érzékeltetni, hogy ezeknek a dokumentumoknak a megkeresése és feldolgozása egyenértékű azzal, amit Wally Gilberttel csináltam. Találtam valami kivételeset, és nem mehettem el mellette.”⁵

„*Genetikusként mi a véleménye a genetika és az intelligencia kapcsolatáról? Ez a terület tabunak tűnik.*

– Nem szívesen beszélnek róla. A kutatók körében is totális félreértés tapasztalható, mégpedig a következő. Ha kimutatná, hogy a genetikai különbségek kapcsolatban állnak az intelligenciabeli eltérésekkel, és bizonyos etnikai csoportok genetikai tulajdonságai kedvezőbbek az intelligencia szempontjából, mint más csoportokéi, rögtön azzal vádolnák, hogy a veszteseket támadja. Totális félreértés. Szembe kell néznünk a valósággal: ilyen különbségek valóban létezhetnek, de ezt az információt sohasem használhatjuk mások támadására. Különbséget kell tennünk: más a tudás, és megint más, hogy mit kezdünk ezzel a tudással.

Csakhogya az intelligencia fogalmát nagyon pontosan kell definiálnunk. És itt kezdődnek a bajok. A pszichológusok és a pszichiáterek egyszerűen képtelenek a természettudományos definícióra. Mivel nincs ilyen definíció, itt nincs helye a genetikának.”⁶

⁵ 127–129.

⁶ 127.

Paul Nurse

*A szüleim nem értették, mire jó,
hogy még a harmincas éveim derekán is tanulok.*



Paul Nurse 2003-ban
Budapesten (Hargittai István
felvétele)

Paul M. Nurse¹ (1949–) Londonban született. A Birminghami Egyetemen diplomázott 1970-ben, a Kelet-angliai Egyetemen szerzett PhD-fokozatot 1973-ban. 2001-ben Leland H. Hartwell-lel és R. Timothy Hunttal megosztott élettani vagy orvosi Nobel-díjat kapott a sejtciklus kulcsfontosságú szabályozóinak felfedezéséért. Paul Nurse más rangos kitüntetések is elnyert, és fontos intézetvezetői, tudománypolitikai állásokat tölt be, például 2003 és 2010 között ő volt a Rockefeller Egyetem rektora. Jelenleg a Royal Society elnöke és a Francis Crick Intézet igazgatója. 2015-től ez az intézmény lesz Nagy-Britannia legnagyobb orvosbiológiai kutatóközpontja. 2003-ban beszélgettünk Budapesten.

A kutatás és a kutatói munka megismerésének fontossága

„Mindaz, ami a tudományt jellemzi, a megfigyelés és a kísérletezés tisztelete, a cáfolható hipotézisek kezelése, a különböző kutatási területek közötti összhang, az igényes szkepticizmus hozzájárul ahhoz, hogy a tudomány tárja fel a legmegbízhatóbban a körülöttünk levő világot. A tudományos felfedezések látványosan megváltoztatják a világról, az emberről alkotott tudásunkat, és számos olyan technikát és technológiát alapoznak meg, amely javítja az emberi élet minőségét. Mára eljutottunk oda, hogy a társadalmat el sem tudjuk képzelni a tudomány nyújtotta előnyök nélkül. Bár a tudomány általános érvényű, a tudósok képzett specialisták és viszonylag kevesen vannak, ezért mindig fennáll annak a veszélye, hogy könnyen eltávolodnak a társadalom többi tagjától.”²

Kutatási módszerek és kutatási stílusok: tudományos felfedezés kontra művészi alkotás

¹ *Candid Science VI*, v–vi. és 62–87.

² v–vi.

„Ingoványos talajra érkeztünk. Abban van valamennyi igazság, hogy egy felfedezés mindenképpen létrejön; ha A-nak nem sikerül, majd sikerül B-nek. De ehhez szeretnék hozzáfűzni néhány megjegyzést. Először is a felfedezés módja, a kísérlet és a gondolatmenet nagyon eltérő lehet. A felfedezéshez vezető út ugyanúgy a kreativitást, a különböző problémakezelési stílusokat, a személyiséget tükrözi, ahogyan egy irodalmi remekmű megmutathatja az emberi természet néhány igaz vonását. Ezek az igaz vonások, az általános üzenet, egy másik irodalmi alkotásban egészen másképp jelenhetnek meg, de az olvasóban az üzenet kelt visszhangot. Az irodalmi alkotás természetesen egyedi, minden mástól különbözik, az általános üzenetek mégis nagyon hasonlíthatnak egymásra. A tudomány nem ilyen egyedi; bár a felfedezésre váró történet talán hasonló, különböző emberek törekszenek a feltárására, és a módszerük, a megoldásuk szépsége – talán nem hangzik nagyképpen – különböző. Nem szabad elfeledkeznünk az idő szerepéről sem: vannak felfedezések, amelyekre most, de negyven-ötven év múlva is sor kerülhet. Gyakran előfordul, hogy a dolgok egyszer csak összeállnak, mert megérnek a feltételek bizonyos problémák megoldására, és a szükséges módszerek is rendelkezésre állnak. Ez nem mindig van így. Jól emlékszem, hogy néhány olyan kérdés, amelyen mostanában gondolkozunk, doktorandusz koromban, harminc évvel ezelőtt is foglalkoztatott bennünket. Sokat törtük a fejünket, dolgoztunk rajtuk, de nem tudtuk megoldani őket – és most visszatérünk hozzájuk. Igaz, van néhány alapstruktúra, amit fel kell fedoznünk, ám a kérdés ennél bonyolultabb. A megközelítési mód, a problémaválasztás ideje az adott kutató személyiségétől függ.”³

Paul M. Nurse pályájának alakulása

„Nagyon céltudatosan építkeztem; genetikai kutatások segítségével ke-restem meg a szabályozás szempontjából fontos elemeket; az eredményt aztán átvittem a molekulák szintjére; végül megmutattam, hogy a felfedezett jelenség más élőlények esetében is érvényes. Egyenes út mentén haladtam, de nem törekedtem mindenáron a tudomány frontvonalába. Vannak, akiknek ez a fontos. Ők mindig a legújabb területeken dolgoznak, rivaldafényben. Ezt részben úgy érik el, hogy folyamatosan nyomon követik a legfelkapottabb témákat, és ezekre állnak rá. Mások csak időnként kerülnek a kutatás homlokterébe; az ő munkájuk hirtelen válik izgalmassá. Többféle módszer közül választhatunk: a tudományos ízlések és pofonok is különbözők.”⁴

³ 84.

⁴ 85.

Christiane Nüsslein-Volhard

Ha egy nő agresszív, és férfi módra viselkedik egy szituációban, nagyon rossz néven veszik tőle.



Christiane Nüsslein-Volhard¹ (1942–) Magdeburgban született. Tübingenben tanult, ott is doktorált. A Tübingeni Egyetemen dolgozik, fejlődésbiológus. 1995-ben Edward B. Lewiszal és Eric F. Wieschausszal élettani vagy orvosi Nobel-díjat kapott a korai embrionális fejlődés genetikai szabályozása terén elért felfedezésekért. Christiane Nüsslein-Volharddal 2001-ben beszélgettünk dolgozósobájában, a Tübingeni Egyetemen.

Christiane Nüsslein-Volhard 2001-ben Tübingenben (*Hargittai Magdolna felvétele*)

Megkérdeztük, előfordult-e, hogy női mivolta miatt másképp kezelték, mint a férfiakat.

„De hányszor! Erre talán nem is érdemes szót vesztegetni. Fiatal korban az volt a baj, hogy a nőket egyszerűen nem tekintették profinak, legalábbis nem elég jónak ahhoz, hogy felelős pozíciókat töltsenek be. Ezért gyakran nem vették őket számításba, és nem bíztak rájuk fontos feladatokat. Hozzá kell tennem, hogy a tudományos eredményeim sohasem érte diszkrimináció. Az eredményeim elismertetése tehát nem ütközött ilyen akadályba. De amíg egy nő eljut a megvalósításig, az álláspályázatok, a kutatási támogatások, a laboratóriumi igények elbírálásakor, szerintem, nem kezelik egyenrangúként.

Akkor, amikor a pályámat kezdtem, a férfiaknak rendszerint volt családjuk, gyerekük, és automatikusan ők kapták a jobb állásokat. A professzorok mindig azt mondták: »Hiszen ő férfi, el kell tartania a családját, ezért ő fogja megkapni a munkát, nem maga.« Ez többször is előfordult. Ugyanez ment az előléptetésekkor. Gyakran hallottam, hogy maga nő, de van egy férfi, aki jobban megérdemli. A legnagyobb po-

¹ *Candid Science VI*, 134–151.

font PhD-hallgatóként kaptam: együtt dolgoztam egy férfival, rám hárult a munka nagyobbik része, én írtam meg a cikket, amelynek végül ő lett az első szerzője, mert a főnököm azt mondta, hogy a pasasnak családja van, és ez fontos a karrierje szempontjából. Én nő vagyok, már férjhez mentem, úgyhogy nekem nem számít. Ez azért is nagyon igazságtalan volt, mert a kolléga a disszertáció elkészítése után azonnal abbahagyta a kutatást, elment tanítani, amihez egyáltalán nem volt szüksége a publikációra. Én meg sokat szenvedtem attól, hogy nem kapok munkát, mert ezen a publikáción nem én szerepelek első szerzőként. Úgyhogy a diszkriminációt már a kezdet kezdetén megtapasztaltam.

Ezen az egyetemen készítettem a disszertációm, és akkor általában adtak egy kis ösztöndíjat a hallgatóknak, de az első számú főnök azt mondta: »Neki nem kell, ő férjnél van.« Ez a fajta gondolkozás mára eltűnt. De az idős professzorok még mindig azt hiszik, hogy a családos férfiaknak magától értetődően többet kell keresniük. Szóval ilyesmi ma is előfordul. Ha egy remekül dolgozó szingli és egy közepszerű férfi között kell választani, akinek viszont van felesége és családja, akkor a férfit léptetik elő.

– *Ma már külön figyelnek erre a jelenségre, és időnként »pozitív diszkrimináció«-t is gyakorolnak, amikor egy férfi és egy kisebb tudású női pályázó közül a nőnek adják a munkát.*

– Igen. Néhány nő azt mondja, olyan sokáig és olyan gyakran volt fordítva, hogy miért ne lehetne nekünk jobb, a változatosság kedvéért. Nem értek ezzel egyet. Ugyanakkor kiderült, hogy amikor a nők kicsit nagyobb hátszelet kapnak, és több nő kerül magasabb pozícióba, mindannyian jobbnak bizonyulnak, mint gondoljuk.

A Max Planck Társaságban kifejezetten nők számára hoztak létre állásokat, ezeket gyorsan betöltötték, és rövid időn belül jelentősen megemelték a nők arányát az összes intézetben, a független csoportvezetők körében is. Kiderült, hogy a nők nagyon jól megállják a helyüket. Ez azt mutatja, hogy korábban egyszerűen átnéztek a fejük fölött. Úgy látszik, adhatunk egy kis kezdő lökést, és nem kell félnünk attól, hogy a nők kudarcot vallanak. Általában annyira alulértékelték őket korábban, hogy érdemes magasabb státuszt felkínálni nekik.

– *Egy nőnek többet kell dolgoznia ugyanazért az elismerésért, mint egy férfinak?*

– Legalábbis nem engedheti meg magának, hogy hibázzon, annyit semmiképpen sem, mint egy férfi. Amikor egy fiatalember követ el hibát, azt mondják, jaj, hát ambiciózus, ez mindenkivel előfordul. De ha egy fiatal nő hibázik, rendszerint túlreagálják. Az agresszív nőket vég-

képp nem szeretik. Egy férfi nyugodtan lehet agresszív, ez a világ rendje. Ha egy nő agresszív, és férfi módra viselkedik egy szituációban, nagyon rossz néven veszik tőle. Ez baj, mert a jó értelemben vett agresszivitás elengedhetetlen a sikeres munkához. Az embernek a saját álláspontját kell keresztülvinnie, nem a szomszédét. Sajnos, ez a szakmához tartozik.

– *Hátrány egy nő számára a család a kutatói pályán?*

– Előny is lehet, nem tudom igazán. Azt hiszem, nem számít sokat; mindenképpen kevesebbet számít, mint gondolják. Ha az embernek van férje, és ketten keresnek, akkor felvehetnek egy bébiszittert vagy házvezetőnőt, megfizethetik a bölcsődét. Így az élet sokkal könnyebb, mint amikor valaki egyedül él, és minden munka rá vár otthon. Nem tudom.

– *Mit tanácsol azoknak a fiatal nőknek, akik sikeres kutatók akarnak lenni és családot is szeretnének?*

– Vágjanak bele, és ahogy lehet, keressenek profi segítséget a háztartásba meg a gyerek mellé, erre ne sajnálják a pénzt. Szerezzék meg a lehető legjobb szolgáltatást, fizessék meg rendesen a képzett személyzetet, és hagyják rá az otthoni munkát. Sokan nem ezt teszik, megpróbálnak mindenütt helyállni, aztán, persze, belebuknak.

– *Azt a néhány nőt, aki magas pozíciót ért el, gyakran megtalálják a bizottsági felkérések, a nyilvános szereplések. Nehezen oldható meg, hogy az ember mindig »képben legyen«?*

– Nagyon. És ehhez még hozzájárul a női kérdés; nehéz mindennel foglalkozni. Sok bizottságban dolgozom. Díjak odaítéléséről, intézmények alapításáról, szakemberek felkéréséről döntünk, etikai kérdésekben adunk tanácsot európai bizottságoknak és így tovább. Ez rengeteg munka. Néha a tv-ben is beszélek tudományos kérdésekről.”²

² 145–147.

Max F. Perutz

A tudományos pályámat W. Lawrence Bragg támogatásának köszönhetem.



Max F. Perutz 2000-ben
Cambridge-ben (Hargittai
István felvétele)

Max F. Perutz¹ (1914–2002) osztrák származású brit kristallográfus és molekulabiológus volt. Akkor vágott bele a globuláris fehérjék szerkezetének részletes feltárásába, amikor a szakemberek még azon tanakodtak, hogy egyáltalán megoldható-e a feladat. Perutz az izomorf helyettesítés módszerét alkalmazta, amelyet korábban kis molekulák kristallográfiájában használtak, és sikereket ért el a fehérjék szerkezetének felderítésében. 1962-ben korábbi tanítványával, John Kendrew-val kémiai Nobel-díjat kapott a globuláris fehérjék szerkezetének vizsgálatáért. Max Perutzcal 1997-ben beszélgettünk dolgozószobájában, az MRC Molekulabiológiai Laboratóriumában, Cambridge-ben.

Max Perutz csoportja egész sorozat hibás fehérjeszerkezet-modellt publikált egyszer.² Tulajdonképpen versenyt futottak Linus Paulinggal, aki alfa-hélix modelljének bemutatásakor legyőzte őket. Pauling főlénye abból származott, hogy – Perutzcal szemben – jól tudta a szerkezeti kémiát. Perutz valószínűleg sokat gondolkozott ezen a baklövésen; legalábbis erre utal az a válasz, amelyet a történetet tudakoló kérdéseinkre adott.

„Kendrew-val nem tudtuk, hogy a peptidkötés síkbeli – ez borzasztó! Talán az alfa-keratin röntgenfelvételei – [William] Astbury készítette őket Leedsben – tévesztettek meg bennünket a legjobban. Astbury felfedezte, hogy a fehérjeszálak kétféle képet adnak. A gyapjú esetében 5,1 angströmös meridionális reflexiót tapasztalt, de amikor gőzben kifestítette a szálát, ez eltűnt, és 3,4 angströmnél jelent meg reflexió.

¹ *Candid Science II*, 280–295.

² W. L. Bragg, J. C. Kendrew, M. F. Perutz: „Polypeptide Chain Configuration in Crystalline Proteins.” *Proc. Roy. Soc.* 1950, 203A, 321–357.



(balról jobbra): James D. Watson, Max F. Perutz, César Milstein, Frederick Sanger, John Kendrew és Aaron Klug – az MRC Molekulabiológiai Laboratóriumának Nobel-díjasai
(az MRC Molekulabiológiai Laboratóriuma Levéltárának szíveségéből)

Astbury jól gondolta, hogy a kifeszített gyapjú nyújtott polipeptidláncnak felel meg, az 5,1 angströmös pedig redőzöttnek. Ezért Kendrewval úgy döntöttünk, hogy 5,1 angström ismétlődésű molekulamodelleket kell kidolgoznunk. Többféle helikális és másfajta szerkezetet is konstruáltunk, ugyanezzel az ismétlődéssel. Észrevettük, hogy ehhez az ismétlődéshez eléggé meg kell feszíteni a modelljeinket, de nem láttunk más megoldást. És nem tudtuk, hogy a peptidkötést egy síkban kell tartani. Ebben az esetben még inkább meg kellett volna feszítenünk a modellt, hogy elérjük az 5,1 angströmös ismétlődést. Pauling viszont nem törődött Astbury felvételeivel; ő sztereokémiai szempontok alapján állította fel a modelljét. Egy síkban tartotta a peptidkötéseket, és a lehető legjobb hidrogénkötéseket alakította ki.

Egy szombat délelőtt elmentem a Cavendish-könyvtárba, megtaláltam Pauling cikksorozatát, és láttam a szerkezetet. Sztereokémiai szempontból jónak tűnt, de mégsem volt rendben, mert az ismétlődés nem stimmelt. Zakatolt a fejem, és iszonyú dühös voltam magamra, hogy nem gondoltam erre. Hazabicikliztem ebédelni – a családom nem értette, miért nem figyelek oda senkire. Hirtelen rájöttem valamire. Ha a Pauling-modell szakaszai valóban 1,5 angströmönként ismétlődnek függőlegesen, ahogy Pauling írta, akkor lennie kell egy 1,5 angströmös

meridionális reflexiónak is, amiről eddig nem tudtunk. Eszembe jutott, hogy van egy lószőrünk az egyik fiókban, ezért visszabicikliztem a laborba.

Közben más is eszembe jutott. Korábban jártam Astbury laboratóriumában, és láttam a berendezését. A goniométer-fej mögött helyezkedett el a film, ami elég keskeny volt. 1,5 angströmös reflexió esetén a Bragg-szög 31 fok, és a reflexió 62 fokos szöget zár be a beeső sugárral. Rájöttem, hogy Astbury lemezén ez már nem látszana. Ezenkívül Astbury mindig a röntgensugárra merőlegesen állította be a szál tengelyét. De ezt a reflexiót úgy kaphatjuk meg, ha a szálat 31 fokra megdöntjük a beeső sugárhoz képest, mert így teljesül a Bragg-törvény.

Visszamentem tehát a laborba, megtaláltam a lószőrömet, beállítottam a sugárhoz képest 31 fokra megdöntve, tettem köré egy hengeres filmet, hogy nagy szögeknél is felvegyem a reflexiókat. Két órán át exponáltam, és előhívtam a filmet, miközben a torkomban dobogott a szívem. Meglepetésemre erős reflexiót találtam 1,5 angströmnél. Megértettem, hogy ez az eredmény az összes modellt kizárta – a Pauling–Corey-féle alfa-hélix kivételével.

Hogyan tovább? Ez szombaton történt. Hétfő reggel berontottam Bragg szobájába, és elmondtam, mit találtam. Bragg megkérdezte, hogyan jöttem rá. Mérgemben, feleltem, mert nem én jöttem rá erre a szerkezetre. Erre hűvösen azt válaszolta, bárcsak korábban felbosszantottam volna magát.

– *Tehát a kísérletet már szombaton elvégezte, de csak hétfőn rohant el Bragghez. Hogy tudott addig várni? Miért nem szólt neki hétfőn?*

– *Akkor kicsit szertartásosabban érintkeztünk egymással, mint most. Vasárnap nem zavarhattam otthon.*³

³ *Candid Science II*, 287–288. Ezt a mondatot Perutz valóban idézte Braggtól. A „Bárcsak korábban felbosszantottam volna magát” Perutz 2002-ben publikált esszé-kötetének címe lett.

Frederick C. Robbins

A Nobel-díj bejelentésének napjától fogva egyetlen beteget sem hoztak hozzám.



Frederick C. Robbins 2000-ben a Case Western Reserve Egyetemen, Clevelandben (Hargittai Magdolna felvétele)

Frederick C. Robbins¹ (1916–2003) amerikai gyermekorvos Auburnben született, Alabama államban. A Harvard Egyetemen szerzett orvosi diplomát 1940-ben. 1942 és 1946 között az amerikai hadseregben szolgált. A Bostoni Gyermekképzőházban volt rezidens orvos. Itt csatlakozott John F. Endershez, akivel a gyermekbénulást okozó vírust tanulmányozta. 1954-ben Enders, Robbins és Thomas Weller megosztott élettani vagy orvosi Nobel-díjat kapott azoknak a módszereknek a kidolgozásáért, amelyekkel idegszövetektől eltérő kultúrákon tenyészthetők poliovírusok. Az ő munkájuk tette lehetővé, hogy Jonas Salk és Albert Sabine (egymástól függetlenül) gyermekbénulás elleni vakcinát fejlesszen ki. Ennek hatására végül szinte teljesen eltűnt a világról a gyermekbénulás. Frederick Robbinsszal 2000-ben beszélgettünk dolgozószobájában, a Case Western Reserve Egyetem Epidemiológiai és Biostatisztikai Tanszékén, Clevelandben.

Így jutott el Frederick Robbins a gyermekbénulást okozó vírus kutatásához:

„Édesapám tudós volt, botanikus. Gyerekkoromban sokszor dolgoztam a laboratóriumában, edényeket mosogattam. Nem mondhatnám, hogy ez hozta meg a kedvem a kutatáshoz. És persze, sok fiatalhoz hasonlóan, én sem akartam utánózni az apámat, önmagam akartam lenni.

Először a Missouri Egyetem orvosi karára jártam, de ott csak két-éves képzés volt. Aztán átmentem a Harvard orvosi karára. Ott találkoztam olyan tanárokkal, akik a gyógyítás mellett kutattak is – ez már érdekelt. Amikor megkaptam az orvosi diplomámat, a Gyermekképzőházba mentem továbbképzésre; nekünk, akik közvetlenül az egyetemről kerültünk ki, egy évet laboratóriumban kellett eltöltenünk. Engem a bakteriológiai laboratóriumba küldtek. Ezért amikor 1942-ben beso-

¹ *Candid Science II*, 498–517.



Albert Sabin és Jonas Salk egyesült államokbeli bélyegeken (2006)

roztak, laboratóriumi szolgálatra rendelték, és engem bíztak meg az amerikai hadsereg 15. Általános Orvosi Laboratóriuma Vírus és Rickettsia Laboratóriumának vezetésével. Természetesen nem sokat tudtam a vírusokról, és még ennél is kevesebbet a rickettsiáról. Olaszországba küldtek, ahol két évet töltöttem. Tanulmányoztam a Q-lázat meg a hepatitiszt, ami egyre inkább felkeltette az érdeklődésemet a kutatás és a fertőző betegségek iránt. Amikor visszatértem a háborúból, elhatároztam, hogy kutatni és tanítani fogok.

A virológia valamivel korábban is érdekelt már, mert Tom Weller, aki negyedévben a szobatársam volt az egyetemen, dr. John Endershez ment szabadon választható gyakorlatra, ő pedig vírusokat tanulmányozott. Tom gyakran mesélt arról, hogy milyen érdekes a kutatásuk, és dr. Enders milyen csodálatos ember. Ezért a vírusok engem sem hagytak hidegen.

A háború után befejeztem a rezidensképzést, és dr. Endersnél kezdtem dolgozni. Hároméves ösztöndíjat kaptam; az eredeti terv szerint az első évet dr. Endersnél, a következő két évet dr. Macfarlane Burnetnél töltöttem volna, Ausztráliában. Mivel az első év végén nagyon érdekes eredmények születtek a poliokutatásban, dr. Enders azt javasolta, ne menjek Ausztráliába, hanem maradjak inkább nála.

Először azt vizsgáltam, hogy ki tudok-e olyan vírust tenyészteni szövetkultúrában, amelyik gyerekek hasmenéses székletéből származik – akkoriban a gyerekkori hasmenés súlyos betegség volt. Dr. Weller, aki előttem érkezett dr. Enders laboratóriumába, a bányahimlő vírusát

próbálta kitenyészteni. Úgy rémlik – dr. Weller kicsit másképp emlékszik –, arról beszélgettünk, hogy a gyermekbénulás elsősorban bélfertőzés, és dr. Enders azt mondta, ha már itt a szövetkultúra, tegyünk bele egy kis poliovírust. Hát így kezdődött.”²

A Nobel-díj megváltoztatta Frederick Robbins életét.

„... Lépten-nyomon olyasmit vártak el tőlem, amit nem tudtam teljesíteni. Például egy helyi újság egyik tudományos újságírója hat hónappal a díjazás után felkeresett, és azt kérdezte: »Most mit fedezett fel?« Más furcsaság is történt, amire nem találok magyarázatot. A Nobel-díj bejelentésének napjától fogva egyetlen beteget sem hoztak hozzám. A díj miatt gyakrabban hívtak különböző bizottságokba; ez kicsit zavaró volt. Bizonyos fokig növelte a saját magammal szemben támasztott követelményeimet. Egy darabig nagyon elégedetlen voltam a teljesítményemmel, de végül megbékéltem.”³

² 500–502.

³ 513.

Jens Chr. Skou

Nem dolgoznék úgy, hogy még a ceruzavásárlásra is pályázni kelljen. És kétlem, hogy a következő generációk elfogadják ezeket a feltételeket.



Jens Chr. Skou 2003-ban a Jens Chr. Skou utcanévtábla mellett, Aarhusban
(Hargittai István felvétele)

Jens Chr. Skou¹ (1918–) Lemvigben, Dániában született. 1944-ben szerzett orvosi diplomát a Koppenhágai Egyetemen. Rezidensként kezdte a pályáját, de végül kutató lett, és mindvégig az Aarhusi Egyetemen dolgozott. 1997-ben ő nyerte el a kémiai Nobel-díj felét az iontranszportáló enzim, a Na⁺/K⁺-ATPáz felfedezéséért. 2003-ban beszélgettünk dolgozószobájában, az Aarhusi Egyetemen.

¹ *Candid Science V*, 428–453.

Jens Skou Dánia német megszállásakor fejezte be orvosi tanulmányait.

„A háború alatt mindannyiunkra ránehezedett a megszállás légköre. A medikus tanulócsoportomban tudtuk, hogy az egyik diák a németek besúgója. Likvidálták. Attól tartva, hogy a Gestapo bosszút áll a csoporton, felfüggesztették a tanítást. Sok tanárunk, aki részt vett a németekkel szembeni ellenállásban, eltűnt – csatlakozott a földalatti mozgalomhoz, vagy Svédországba menekült. Elintéztük, hogy 1944 nyarán letehessek a záróvizsgát... A hippokratészi eskü aláírására már nem mertünk összegyűlni: egyesével mentünk el egy titkos helyre. Az ország északi részében kezdtem meg a kórházi gyakorlatomat. A sebészet osztályvezető orvosa Svédországba menekült a Gestapo elől. A rangsorban utána következő nagyon meg akarta nekem tanítani, hogyan kell vakbetlet meg hasonlót operálni. Ez szokatlan volt kezdő rezidensek esetében, de nekem tetszett, hiszen sebész akartam lenni. Aztán rájöttem, hogy azért volt rá szükség, mert az orvosnak időnként fegyvereket kellett átvennie, amelyek éjszaka érkeztek Angliából repülőn. Azt akarta, hogy amikor együtt ügyelünk éjszaka, és neki el mennie a fegyverekért, biztosan tudjam helyettesíteni. Később letartóztatta a Gestapo, de életben maradt.”²

A tudományos kutatás támogatási rendszere

„Nagyon szkeptikus vagyok az olyan a támogatási rendszerekkel szemben, ahol az embernek támogatási alapokból kell megszereznie az összes pénzt a kutatásaihoz. Rengeteg időt elrabol a pályázatírás, amelyet esetleg minden második vagy harmadik évben meg kell ismételni. Ezalatt hasznos ugyan végiggondolnunk, mit is akarunk, de mivel nem látjuk előre, milyen irányt vesz a kutatásunk, tudjuk, hogy fél év vagy egy év múlva valószínűleg mást csinálunk, mint amit a pályázatba írtunk. Nemcsak a pályázatok megírása kerül sok időbe, hanem az értékelésük is, vagyis kitűnő tudósok rengeteg időt töltenek az értékeléssel ahelyett, hogy ezt az időt kutatásra fordítanák.

Másodszor, soha nem tudjuk, kapunk-e támogatást legközelebb is. Ezért fontos, hogy eredményeket mutassunk fel a következő pályázásakor, s ez olyan kutatási témák kiválasztására ösztönöz bennünket, amelyekről eredményt várunk. Ez gátolhatja az új gondolatok megszületését

² 448.

és az olyan elképzelések ellenőrzését, amelyek esetleg nem járnak hasznos eredménnyel, de az alap kutatás számára fontosak. A következő támogatás megpályázása arra sarkallhat, hogy túl korán publikáljuk a munkánkat.

Harmadszor, a támogatási rendszer a sikeres kutatásnak kedvez. Ez persze meg is érdemli a támogatást. Ha azonban a pályázatok ötven-ötvenöt százaléka érdemes a támogatásra, de csak tizenöt-húsz százalékukra van elegendő pénz, mint nálunk, alig marad terep az új gondolatok számára. Gyakran a fiatalok állnak elő azokkal az elképzelésekkel, amelyek tágítják a határokat. Nekik pedig kevés vagy semmilyen korábbi cikkük sincs, így nagyon nehezen kaphatnak támogatást. Ezért csatlakozniuk kell azokhoz a csoportokhoz, amelyeknek van pénzük, és a csoportvezető ötletein kell dolgozniuk. Ez gátolja a szabad kutatást. A jó kutatáshoz nemcsak minőségi munka szükséges, hanem eredetiség és elkötelezettség is. Az elkötelezettséget ösztönzi, ha az ember a saját elgondolásait valósítja meg, és a saját cikkének a szerzője, de az nem, ha a csoportvezető témáján dolgozik, és a sok szerző egyike. A mostani támogatási rendszer esetén tehát fontos, hogy a csoportvezetők ne csak a maguk területére összpontosítsanak, hanem hagyják, hogy a kutatók a saját elképzeléseiket is formába öntsék, és önállóan dolgozzanak rajtuk.

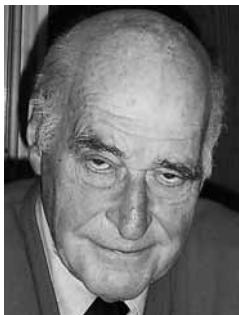
Negyedszer, a politikusok hajlanak arra, hogy a támogatási rendszert a kutatás irányítására használják fel. A pénzt felcímkézett dobozokba teszik. Nem szabad megengedni, hogy a felcímkézett témák uralják az alap kutatást; döntsék el a kutatók, hogy mivel érdemes foglalkozni. Ha a pénz szabja meg, mit lehet kutatni, mit nem, számos lehetőség elvész, vagy – legrosszabb esetben – a közepszerűség válik uralkodóvá.

Ez nem jelenti azt, hogy nincs szükségünk támogatásokra. A drága vegyszerek vagy berendezések megvásárlásához szükség van a pályázatokra. De ezeknek a támogatásoknak csak ki kellene egészíteniük azt az alapösszeget, amelyből a tanszékek a napi kiadásokat fedezik, hogy a tanszéken dolgozó kutató szabadon választhassa meg a kutatási témáját, és ne kelljen előbb pályázatot elnyernie.³

³ 451–452.

Gunther S. Stent

Számos kiváló emberrel találkoztam a pályám során, de senki sem tűnt olyan magabiztosnak, mint Max [Delbrück].



Gunther S. Stent¹ (1924–2008) Berlinben született, tizennégy éves korában emigrált az Egyesült Államokba. 1948-ban nyerte el a PhD-fokozatot az Illinois-i Egyetemen, Urbana-Champaignben. A Kaliforniai Műszaki Egyetemen, a Koppenhágai Egyetemen és a párizsi Pasteur Intézetben dolgozott posztdoktorként. Korának egyik legismertebb molekulabiológusa volt. Számos könyvet írt. Neves kiadóknál jelentetett meg tudományos és filozófiai munkákat, de önéletrajzi kötetét *Women, Nazis, and Molecular Biology (Nők, náci és molekulabiológia)* címmel saját maga adta ki. 2003-ban beszélgettünk a budapesti Műegyetemen.

Gunther S. Stent 2003-ban Budapesten
(Hargittai István felvétele)

Sok témát érintettünk, végül megkértük Gunther Stentet, hogy adjon átfogó képet a következő években várható biológiai eredményekről.

„Amikor a molekulabiológia utáni kor biológiai tudományainak jövőjét prognosztizáljuk, egy olyan korét, amelyben a molekulabiológia már nem létezik különálló, jól definiált tudományágként, észben kell tartanunk a tudománytörténet egyik fontos általános alapelvét. E szerint a fontos alapelv szerint a könnyebb tudományos problémák rendszerint előbb oldódnak meg, mint a nehezebbek. Így történt, hogy négy olyan fajsúlyos problémát, amely a biológusok figyelmének középpontjában állt azóta, amióta Arisztotelész az i. e. negyedik században lefektette tudományuk alapjait, a most befejeződött huszadik században oldottak meg. Ezek a *metabolizmus*, az *öröklődés*, az *embrionális fejlődés* és a *szervi evolúció*.

Mind a négy ősi probléma a molekulabiológiai elméletek és technikák úttörő alkalmazásának köszönheti megoldását. De ezzel a fontos történeti alapelvvel összhangban arra számíthatunk, hogy azok a biológiai problé-

¹ *Candid Science V*, 480–527.



Álló sor: Niels Bohr (bal szélen), Gunther S. Stent (jobbról az ötödik), James D. Watson (jobbról a harmadik), Herman Kalckar (Stent és Watson között). Guggoló sor: Élie Wollman, jobbra (*Gunther S. Stent szívésségéből*)

mák, amelyek a következő, huszonegyedik században várnak megoldásra, valószínűleg az összes eddig megoldott problémánál nehezebbek.

Az egyik nagyon nehéz, megoldatlan kérdés az élő anyag *eredete*, amelyre még nincs koherens, hihető magyarázat. Mivel ez a történelem olyan unikális eseménye, amely nem hagyott nyomott, talán *eredendően* megválaszolhatatlan. Nyilvánvaló fontossága ellenére (bár a megoldás biztosan Nobel-díjat érdemel), láthatóan kevés biológus dolgozik az élet eredetének feltárásán, nagy valószínűséggel azért, mert reménytelenül nehéz probléma. Mindenesetre, ha egyszer mégis *megoldódik*, a molekulabiológiai tudásnak föltétlenül alapvető szerepet kell játszania a megoldásban.

Valószínűleg a legnehezebb és mind ez ideig megoldatlan biológiai probléma – ezért valószínűleg a legutolsók között találnak rá a nyitjára – a *tudat*. Ez egészen mostanáig olyan bonyolultnak tűnt, hogy biológiai helyett inkább filozófiai problémának tekintették.”²

² 519.; a várható trendeket Stent hosszú oldalakon át elemzi a *Candid Science V* kötetben (519–527.).

John E. Sulston

*... úgy látszik, az elégedetlenekebből
lesznek a sikeresek.*



John E. Sulston (balra) és Robert Waterston 2003-ban Cambridge-ben
(*Hargittai István felvétele*)

John E. Sulston¹ (1942–) Bucksban született, Angliában. 1963-ban szerves kémiából szerzett BA-fokozatot; oligonukleotidok szintézisét tárgyaló PhD-disszertációját 1966-ban védte meg a Cambridge-i Egyetemen. Kaliforniában, a San Diegó-i Salk Intézetben folytatott posztdoktori kutatásokat 1966 és 1969 között, a prebiotikus kémia területén. 1969 és 1992 között Angliában, az MRC Molekulabiológiai Laboratóriumában dolgozott, 1992 óta a (mai nevén) Wellcome Trust Sanger Intézet munkatársa. John E. Sulston, Sydney Brenner és H. Robert Horvitz 2002-ben élettani vagy orvosi Nobel-díjat kapott a szervfejlődés és a programozott sejthalál genetikai szabályozásának terén elért felfedezéseiért. John Sulstonnal 2003-ban beszélgettünk cambridge-i otthonában.

¹ *Candid Science V*, 528–549.

A DNS kettőshélix-modelljének ötvenéves évfordulóján konferenciát rendeztek Cambridge-ben. John Sulston szenvedélyes előadásban hívta fel a figyelmet arra, hogy a kutatók rendelkezésére kell bocsátani a humán genomról szerzett információt.

„Azt hiszem, pragmatikus vagyok ebben a kérdésben. Fogalmazhatunk úgy, hogy határozott álláspontot alakítottam ki, bár nevezhetjük szenvedélyesnek is, de inkább határozottnak mondanám, mert annyira egyszerűnek látom. Létfontosságú, hogy a humán genomról szerzett információ nyilvános legyen. Azért beszélek erről, ha úgy tetszik, szenvedélyesen, hogy az emberek megértsék, miről van szó. Azt hiszik, ez csak újabb adathalmaz, de nagyon oda kell figyelniük a tudományos adatok kezelésére. Ezért is engedtem meg magamnak, hogy röviden bíráljam a *Science* folyóiratot: ők azt az elképzelést támogatták, hogy egy magáncégtől származó információt nem kell nyilvánosságra hozni, ugyanakkor megengedik, hogy a cikküket publikálják a *Science*-ben. Véleményem szerint ez ellentétes a tudományos publikálás rendjével, mert a szekvenciát közlő cikkek esetében a szekvencia az adat; nem valami extra, amiről eldönthetjük, hogy kell-e vagy sem. Akkor nézeteltérés alakult ki, hogy úgy éreztem, beszélnem kell róla.

– *Elmosódik a gyógyszergyártók magánkutatása és az egyetemek kutatásai közötti határvonal.*

– Jobban meg kell világítanom a humán genommal kapcsolatos problémát. Ha az lenne a helyzet, hogy egy magánvállalat egyszerűen szekvenálja a humán genomot, vagy bármely más genomot, amit meg is tesz, a saját céljaira, az információt pedig megtartja, és ez a történet vége, akkor minden rendben. A nyilvános intézmények eközben továbbra is dolgoznak azokon a fontos genomokon, amelyek általános értéket képviselnek, amint ez gyakran előfordul. Csak egyetlen példát említek. A *Staphylococcus aureus* összesen tíz, vagy akár húsz alkalommal is szekvenálták a különböző cégek, mert ez fontos, különösen a baktérium ellenállásának legyőzése érdekében. Rendben van, nincs elene kifogásom, és egyáltalán nem azt mondom, hogy a szekvenálásuk eredményét nyilvánosságra kell hozniuk. Ezzel szemben a Celera (Craig Venter cége) úgy döntött, hogy nem nyilvánosak az eredményei, és félrevezető tájékoztatást adott arról, hogy mennyit hoz nyilvánosságra az adataiból. Kijelentették a [z amerikai] Kongresszusnak, hogy például negyedévenként publikálják az adataikat. Sok amerikai hírmagyarozó azt hitte, hogy így is történt. Megkeresheti a kongresszusi jegyzőkönyvekben, hogy háromhavonkénti adatközlést ígértek, de erre so-

hasem került sor. Most csak abból mondok el valamennyit röviden, amit a *The Common Thread*-ben tárgyalunk [John Sulston és Georgina Ferry könyve, *A közös szál*]. Azért is lobbiztak a Kongresszusban, hogy megpróbálják leállíttatni a humán genom nyilvános szekvenálását. Azt mondták a Kongresszusnak, hogy az NIH (a Nemzeti Egészségügyi Intézetek) támogatását nem szabad felhasználni erre a célra. Ez tehát más helyzet, mert az ő tevékenységük a mi bőrünkre megy. Azt mondják, hogy a humán genom esetében az a helyes, ha egy amerikai vállalat rendelkezik az összes információval, és aki hozzá akar férni, fizessen. Aki pedig nem tud fizetni, nem használhatja. Amint rámutattam, újabb bökkenő, hogy ebben az esetben még azok sem beszélhetnének egymással és publikálhatnák az eredményeiket, akik fizetnek.

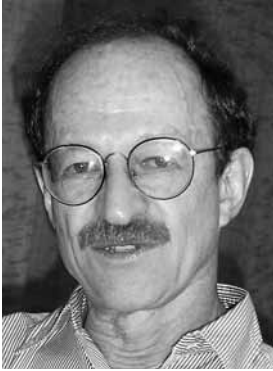
– *Ez más orvosi kutatások esetében is előfordul?*

– Nagyon igaz, amit a határvonal elmosódásáról mondott. Ugyanez történt például a rizzzel is. Csak egyetlen amerikai cég szekvenálta a rizst, de szerencsére a félig nyilvánosságra hozott információik mellett a kínaiak is előjöttek az eredményeikkel. Ők – ugyanekkor – mindenki számára elérhetővé tették az adataikat. Az orvosi információ megosztására az előadásomban is hoztam példákat. Megemlítettem a Myriadot (Myriad Genetics), de azt már nem mondtam el, mennyit kér a mellrákgén szekvenciájáért: 2500 dollárt. Ez orvoskutatói és orvosi gyakorlathoz közeli példa: egy vállalat kihasználja a monopolhelyzetét, amelyet szabadalmi portfólióval ért el ebben az esetben, és sok nyilvános adatot használt fel, mert a mellrák génjeit jórészt a nyilvános intézményekben fedezték fel. A Myriad apránként kaparintja meg a piacot. Először Amerikában szerezték meg a szabadalmakat, és elérték az összes többi kereskedelmi szekvenálás leállítását, illetve ezeknek a géneknek az összes amerikai vizsgálatát. Tehát azoknak az amerikai orvosoknak, akik a génekkel akarnak dolgozni, 2500 dollárt kell fizetniük a Myriadnak, ami körülbelül a tízszerese annak, ami járna. A Myriad az egész világra ki akarja terjeszteni a szabadalmait. Sajnos, már Európában, az Európai Unióban is elintézték, hogy megkapjanak egy szabadalmat, ami most szabadalmi per tárgya, és ugyanerre törekszenek Torontóban, mert a szabadalmukat Kanadára is ki akarják terjeszteni.”²

² 530–532.

Harold E. Varmus

... az az erősségem, hogy a kutató szemszögéből ítélem meg a stratégiai kérdéseket.



Harold E. Varmus¹ (1939–) Oceanside-ban született, Long Islanden (New York állam). Az Amherst College-ban angol irodalmat tanult; a Columbia Egyetemen orvosi diplomát szerzett 1966-ban. 1970-től a San Franciscó-i Kaliforniai Egyetemen kutatott. 1989-ben Michael Bishoppal élettani vagy orvosi Nobel-díjat kapott a retrovirális onkogének sejtes eredetének felfedezéséért. A Nobel-díj elnyerését magas szintű vezetői posztok követették. Harold Varmus 1993-tól 1999-ig a Nemzeti Egészségügyi Intézetek (NIH), 2000-től 2010-ig a Memorial Sloan–Kettering Rákközpont (MSKCC) igazgatója volt. 2010-től a Nemzeti Rákintézetet (National Cancer Institute) irányítja. 2002-ben beszélgettünk dolgozó-szobájában, a Memorial Sloan–Kettering Rákközpontban.

Harold E. Varmus 2002-ben a Memorial Sloan–Kettering Rákközpontban, New Yorkban (Hargittai István felvétele)

Szóba hoztuk, hogy nem sokkal a Nobel-díj után Harold Varmus intézetvezetői pozíciót vállalt.

„Igen, de a vezetést nem szeretem bürokratikusán értelmezni. Sohasem voltam nagyon jó hivatalnok. Nekem az az erősségem, hogy a kutató szemszögéből ítélem meg a stratégiai kérdéseket, és a céljaim eléréséhez ésszerű módszereket választok. Nagyon hatékony stratégiát folytatok – nem a hivatali munka, hanem az intézetfejlesztés és a támogatók megszerzése terén. Mindig tudtam, hogy alkalmas vagyok ilyenre, de a San Franciscó-i Kaliforniai Egyetemen nem érdekelt azok a feladatok, amelyekre felkértek. Sohasem akartam tanszékvezető lenni, akinek arról kell gondoskodnia, hogy mindenki megkapja a megfelelő fizetést, és mindenkinek elég helye legyen a munkához. Az ilyen kérdések nem érdekelnek. Amikor visszatekintek az elmúlt évtizedekre, meg

¹ *Candid Science VI*, 200–215.

kell állapítanom: mindig úgy éltem, ahogy akartam. Amikor az egyetemen dolgoztam, a diákokat tanítottam és rengeteget kutattam, a tőlem telhető legnagyobb produktivitást értem el. Amikor rákerült a korona a fejemre, nagyobb befolyásra tettem szert, mint amekkora különben lehetett volna, és olyan ügyekkel foglalkozhattam, amelyeket tényleg fontosnak tartok. Ilyen például a kutatástámogatás, a kutatók képzése, a fiatal kutatók támogatása, az ésszerű költségvetési stratégia kialakítása a kormány és a kutatói szféra között, ilyenek a publikálással, a szabályozással kapcsolatos kérdések, a kutatási berendezések kutatók közötti megosztásának egyes vonatkozásai, a tudomány és az ipar kapcsolata, a tudománnyal való visszaélés. Ezek a kérdések nagy vitákat váltanak ki, rendkívül érdekesek, és a tudományművelés módjára reflektálnak. Ezekbe akkor tudtam beleszólni, amikor felléphettem erre a »szónoki emelvényre«.

– *Ha nem kapta volna meg a Nobel-díjat, egyetemi tanár maradt volna?*

– Persze. Remekül éreztem magam; paradicsomi életem volt – tanítottam, kutattam, gyönyörű helyen éltem, sok okos barát vett körül. Egyedül az a lehetőség vonzott, hogy egy szinttel magasabban folytathatom. Ha valami intézet igazgatóhelyettesi állását ajánlották volna fel, sohasem mondtam volna igent, de a vezetői poszt csábító volt.”²

Harold Varmus édesanyja mellrákban halt meg. Megkérdeztük, hogy ez szerepet játszott-e kutatási témájának, később pedig vezetői állásának kiválasztásában.

„Azt hiszem, érződött valamennyire az első témaválasztásomban. Édesanyám akkor már beteg volt, amikor eldöntöttem, mivel akarok foglalkozni. De ezeket a választásokat mindig a kihívás szabja személyre; az érzelmi kötődés mellett a tudományos lehetőséget is látni kell. Kétségtelen, a kutatásaim során megtanultam, hogy vannak kevésbé feltárt területek, és ezeket alaposabban meg kell vizsgálni a rák okainak megértéséhez. Például a rákvírusok is kutatásra vártak; ezek a nagyon egyszerű genetikai egységek arra készítetik az egészséges sejteket, hogy ráksejteként viselkedjenek. Világos volt, hogy a molekulabiológia forradalmasítja a vizsgálatokat. Akkor még nem tudtuk klónozni vagy szekvenálni a DNS-t, de már megpróbálhattuk megérteni, hogyan működnek, honnan jönnek, hogyan viselkednek különböző feltételek mellett külön-külön azok a gének, amelyeket a tumóvírusokban találtunk. Te-

² 204.

hát még a családi kötődés nélkül is nagyon erősen vonzott ez a terület. Mindannyian tudjuk, hogy a rák súlyos egészségügyi terhet ró a társadalomra, mindenki ismer olyan rokonokat és barátokat, akik rákkal küszködtek.”³

Magas szintű vezetőként Harold Varmusnak átfogó képe lehet a szakterületéről, amelynek alapján talán megjósolható, melyik tudományág dominál majd a következő években.

„Még mindig a molekulabiológia. A molekulabiológia megváltozott valamennyire, jórészt a genomok szekvenálása miatt. A számítástudomány és az adatbázisok is módosítják majd. A képkalkuláció – a molekulák megtekintése, a sejtek működésének, sorsának nyomon követése – szintén megváltoztatja a biológiát. A biológusok körében terjed a vizuális gondolkodás. A sejtműködésről alkotott háromdimenziós kép rengeteget számít. Vannak fizikai eszközök, és megnőtt a kémia szerepe. Egyik jelszavunk a »kémiai biológia«. A közvéleményben talán kedvezőtlen kép alakult ki a kémiáról, de a mi tudományunkban rendkívül érdekes és a gyógyítás szempontjából ígéretes a kémiai tér felfedezése, az új anyagok előállítása a kombinatorikus kémia segítségével. A szerkezeti biológia – vagyis a fehérjék háromdimenziós szerkezete – és a potenciális gyógyszerek közötti kapcsolat vizsgálata az orvostudomány egyik legfontosabb területe.”⁴

³ 207.

⁴ 215.

Alexander Varshavsky

*„A kutatás olyan, mint az éjszakai autóvezetés.
Csak addig látunk, ameddig a fényszórónk világít,
de az egész utat megtehetjük így.”*

(E. L. Doctorow regényírássra vonatkozó mondatainak parafrázisa Alexander Varshavsky megfogalmazásában)



Alexander Varshavsky 2004-ben a Kaliforniai Műszaki Egyetemen (*Hargittai István felvétele*)

Alexander Varshavsky¹ (1946–) Moszkvában született. A Moszkvai Állami Egyetemen szerzett vegyészdiplomát, kandidátusi disszertációját a Szovjet Tudományos Akadémia Molekulabiológiai Intézetében készítette el. 1977-ben „disszidált”. Először az MIT-n dolgozott, aztán átkerült a Caltechre, ahol ma a sejtbiológia Smits-professzora. Fő érdeklődési területe az ubikvitin rendszerek biológiája; sok felfedezés fűződik a nevéhez. Számos rangos díjjal ismerték el a munkáját, többek között az orvosi Wolf-díjjal (2001) és az orvosi alapkutatási Lasker-díjjal (2000). Utóbbin a 2003-ban kémiai Nobel-díjjal kitüntetett Avram Hershkóval és Aaron Ciechanoverrel osztozott. 1999-es és 2004-es előzetes beszélgetéseink után 2005-ben rögzítettük az interjút.

A kutatás természete

„»A kutatás olyan, mint az éjszakai autóvezetés. Csak addig látunk, ameddig a fényszórónk világít, de az egész utat megtehetjük így.« E. L. Doctorow hasonlatát (az övé a regényírássra vonatkozott) akkor olvastam, amikor már jól ismertem a kutatás lázas izgalmát: a vég nélküli kaland levegőjét; a nívós versenyt, amelyet a kemény, megjósolhatatlan pályán vívunk a Szent Grálokért a többi autóval, miközben néha – véletlenül vagy nem egészen véletlenül – beleszaladnak a miénkbe. Ez szilaj, lármás élet a javából, de kívülről szemlélve csendes: vad forgataga és lávaömlései rejtve maradnak az avatatlan szem előtt. Ez az élet megkívánja például a puszta kíváncsiságon túlmutató őszinte érdeklődést a világ rendjének megértése iránt, de az ambíciót is, amely még azokat a tudósokat is jellemzi, akiknek az arca mást tükröz. Az idős Einstein, a

¹ *Candid Science VI*, 310–359.

viszálykodástól mentes, derűs, fotogén bölcs fényképei nem emlékeztetnek a rámenős, ambiciózus svájci fiatalemberre, aki a sikerek kezdetén jár, és azokra a későbbi, gyakran nyílt versenyekre sem, amelyeket a riválisokkal, például a nagy német matematikussal, David Hilberttel folytatott. Hilbert – Einsteinnel egy időben – kidolgozta (és helyesen interpretálta) az általános relativitás egyenleteit, amit a történetről szóló népszerű beszámolók nem említenek, de azok pontosan tudják, akiket érdekel a fizikátörténet. Francis Crick a költő Keats versét idézi önéletrajzában címében: *What Mad Pursuit* (*Őrületes üznek*). A kutató valóban örült: nem pusztán a tudásvágy hajtja, hanem – nem is kicsit – annak a vágya, hogy lenyűgözze saját magát, a többieket, az utókort. Azt hiszem, ebben nagyon erős szerepet játszik a genetikai adottság: egy bizonyos stílusú és textúrájú élet akarása.

Édesanyámtól tudom, hogy családjá egy kora tizenhetedik századi prágai főrabbiig vezethető vissza. Ha néhány századdal előbb születtem volna, a prágai zsidó gettóban, talán vallásos tudós lettem volna, aki a *Talmud* és a *Kabbala* finomságain szőrözik a társaival a jesivában. Szép lenne azt hinni, hogy a középkori Prágában magamtól észrevettem volna, hogy a vallásos szemlélet tévút, felismertem volna az ürességét. Ez persze hiú remény, mert utólag nehéz megítélni, mennyire lettünk volna éleslátók. A modern tudomány kibontakozása előtt az ész mellett független szellemre is szükség van egy ilyen felfedezéshez. De mind az antikvitásban, mind a középkorban nagy ritkán megjelenhetett egy-egy ember, aki rendelkezett ezzel a képességgel. A korai kétkedők neve jórészt ismeretlen előttünk, ami nem véletlen. Az ősi időktől durván az 1700-as évek Európájáig – biztonsága veszélyeztetése nélkül – senki sem oszthatta meg másokkal, hogy kételkedik az istenekben és cselekedeteikben. Évszázadokkal később is csak a természettudósok között vannak többségben a nem hívők; a társadalomban nem ez a domináns felfogás. De hosszú távon, évszázadok múlva – sok kanyarral, helyenként átmeneti visszatéréssel – kétségtelenül a világi, tudományra támaszkodó szemlélet felé tartunk majd. Ez a szemlélet rejtélynek, talánynak nevezi azokat a dolgokat és jelenségeket, amelyekre nincs jó magyarázatunk, de az elégtelen tudást nem kísérli meg teológiával és mesékkel álcázni.”²

² 320–321.

A tudományról, általában

„Mélyre ás, de nem ott, ahol a lényegét kell keresni«, állapította meg a költő, Anna Ahmatova egy beszélgetésben, amelyet az életrajzírója idéz. Természetesen egy másik költőről beszélt. (Az írókhoz képest a természettudósok kifejezetten szeretik egymást.) Ahmatova barátságatlan minősítése bárkire érvényes lehet, aki újításra törekszik, akár szavakat rak össze figyelemre méltó módon, akár nagy tudományos felfedezésekhez érkezik el. De különbséget kell tennünk a költő és a tudós között. Egy költő talán kétségbeesetten keresi egy gondolathoz a megfelelő kifejezési formát. Talán sohasem találja meg, talán már a következő pillanatban felsejlik. Ebben az esetben az eredmény, a vers vitathatatlanul az övé. Bár a költészetben időnként a tartalom a fontos, a vers többnyire a tartalom és a forma ötvözete, és a forma jellemzi a költőt. (Ezért mondja Robert Frost, hogy a »költészet az, ami a fordításban élvész«.) A költőt tehát nem fenyegeti az a veszély, hogy elcsennek tőle valamit. Más veszély bőven akad, de ilyen nincs. Ezzel szemben a tudományban egy állítás igazsága a pontosságon múlik, a forma viszont nem sokat számít. Először el kell jutni az állításhoz, és ezt a momentumot publikációval kell megjelölni. A forma, az alkotó egyedi vonása, alig számít a tudományban, hosszú távon pedig biztosan nem. Ezért versenyeznek mindig olyan ádázan a kutatók. A világ iránti eredendő kíváncsiságukat megrontja és eluralja az a sietség, amellyel valamicske szakértelemre és eszközre igyekeznek szert tenni: nehogy egy másik vágjár hozza fel az eltemetett gyümölcsöt a föld alól, aki egyszerűen szerencsés vagy felkészültebb náluk – vagy (rendszerint) mindkettő. Egyedül azt nem szeretem imádott szakmámban, hogy nem élvezhetem munka közben a komótos tanulást, az alkatomhoz illő sebességet és azt az átfogó, fokozatos megközelítést, amit szükségesnek tartok, mert egyetlen kérdésre kell nagyon erősen fókuszálnom. Biztosan léteznek derűs, nyugodt, ráérős kutatók is, de azok között a kollégák között, akik emlékezetes felfedezést jegyeznek, ráadásul egynél többet, nem találkoztam ilyennel. Akkor talán már békésebbek lesznek, amikor nyugdíjba mennek, vagy átváltak a tudománypolitikára. De a pályájuk csúcán nem kellemes emberek.”³

³ 357–358.

James D. Watson

*Minden jó vegyésznek ki kellett volna találnia,
milyen a DNS. De azt nem hiszem, hogy A kettős spirált
más is megírhatta volna helyettem.*



James D. Watson Elizabeth (Liz) Watsonnal (balra) és Hargittai Magdolnával
2000-ben Budapesten (*Hargittai István felvétele*)

James D. Watson¹ (1928–) Chicagóban született. A Chicagói Egyetemen diplomázott, az Indianai Egyetemen szerzett PhD-fokozatot, Salvador Luria volt a mentora. Először Dániába ment posztdoktori munkára, ezt követte a cambridge-i időszak és a kettős hélix ikonikus felfedezése Francis Crickkel. A szerkezet felfedezését a Watsonnak, Cricknek és Maurice Wilkinsnek 1962-ben odaítélt élettani vagy orvosi Nobel-díjjal ismerték el. James Watson könyvei is híresek, legfőképpen *A kettős spirál*, a korszakalkotó felfedezésről írt szokatlan és nagyon személyes beszámoló. A Cold Spring Harbor-i Laboratóriumot (CSHL) Watson fejlesztette kiváló kutatóközponttá és doktori iskolává. Három alkalommal beszélgettünk, mindannyiszor Cold Spring Harbor-i dolgozószobájában; az első interjú 2000-ben, a másik kettő 2002-ben készült. A *Candid Science II* az első beszélgetésből idéz részleteket, a *Doktor DNS* című könyv mindháromról aprólékosan beszámol.

¹ Hargittai I.: *Doktor DNS: Összinte beszélgetések James D. Watsonnal*, Budapest, Vince Kiadó, 2007, 223 o.

Melyik munkájára emlékezhetnek a legtovább?

„Valószínűleg a könyveimre. A DNS szerkezetének felderítése már küszöbönállt; nem volt nehéz, és minden jó vegyésznek gyorsan rá kellett volna jönnie a megoldásra. Rosalind Franklin fizikai kémikus volt, a kémia többi ágát kevéssé ismerte. Pauling elképesztően sokat szerencsétlenkedett. Minden jó vegyésznek ki kellett volna találnia, milyen a DNS. De azt nem hiszem, hogy *A kettős spirált* más is megírhatta volna helyettem.”²

Intelligencia és genetika – ez a kérdés tabu?

„Néhány ember számára igen. Nehéz definiálni az intelligenciát, amíg nem ismerjük az agy működését. Mindig azt gondoltam, hogy nincs érzékem a matematikához; mások erre azt mondanák, hogy nem érdekel a matematika, ezért semmi sem motivált a tanulásra. Hogyan különböztetjük meg a kettőt? Ami érdekel, arra gyorsan beindul az agyam. Még azt sem tudjuk, hogyan tároljuk a számokat; sok mindent nem tudunk.

– *De Ön azt mondja: »Attól, hogy Hitler visszaélt a genetikával, ma nem kell lemondanunk az alkalmazásáról.« Az zavar ebben, hogy minden demagóg mondhat olyasmit, amiben van igazság, a végeredmény mégis hamis. Nem beszélhetünk a genetika alkalmazásáról Hitler és a náciizmus említése nélkül?*

– Nem, mert ha a nyilvánosság elé lépek, azt vágják a fejemhez, hogy »Hitlert játszol«. Ha mások nem hozzák szóba, én sem, de folyton az »eugenikai múlt«-ról akarnak beszélni. A németek azért nem bánják nagyon, hogy a zöldek olyan erősen küzdenek a DNS-alapú ipar fejlődése ellen, legalábbis Németországban, mert a genetikát Hitlerrel azonosították. De Sztálinnal is azonosították. Hitler a genetikát érvként használta; Sztálin viszont tagadta. Két szélsőséges felfogás. Nekünk pedig el kell döntenünk, melyik a helyes. Hitler azt akarta, hogy a német faj tökéletes legyen, ezért még gyerekkorukban el akarta pusztítani a nem tökéletes németeket.”³

² 48.

³ 56–57.

Genetikailag módosított élelmiszerek? Biztosan ismeri az európai elzárkózást.

„Megpróbálják ide is áthozni [az Egyesült Államokba]. Odaadom majd Károly herceg [GM-élelmiszerekre vonatkozó] állásfoglalását. Nagyon szórakoztató. Megkértem, hogy válaszoljak rá, mert az angolok nehezen szállnak vele szembe. Tökéletes félreértésről árulkodik, de Károly a modern építészetet sem kedveli. A múlt foglya, és azt az időt sírja vissza, amikor a királyoknak nagyobb hatalmuk volt. Árt az embereknek. Ha Károly király lenne, republikánus lennék.”⁴

A genetika alkalmazása

„– Most éppen nem az a baj, hogy rossz célra használjuk a genetikát, hanem az, hogy nem használjuk. Nem végzünk szűrővizsgálatokat a cisztás fibrózis felderítésére.

– *Miért nem?*

– Két okból. Az embereket megrémíti a jövőbe látás, és nem szívesen vesznek arról tudomást, hogy talán olyasmit hordoznak, ami egyszer veszélyessé válhat. Főként pedig azért nincs ellenőrzés, mert a »Jogot az Életnek« mozgalom nem akarja, hogy felhasználjuk a genetikai ismereteket; szerintük azok a vizsgálatok, amelyek abortuszhoz vezethetnek, eredendően rosszak. [...] A világ igazi csodái a tudományból, az új gondolatokból, a betegségek legyőzéséből származnak. A tudósok végső soron a megvalósíthatatlant valósítják meg. Erre csak azok képesek, akik embereket mentenek meg, ehhez pedig tudásra van szükség, nem imádságra.”⁵

Milyen jövőre számíthatunk?

„A tudománynak köszönhetően az emberek jobban élnek ma, mint régebben, és 2010-ben még jobban élnek majd. Nem gondolkozom nagy távlatokban. A tudásunk segítségével jutottunk el idáig, és a kultúránkat megőrizhetjük. De mindig marad valamennyi bizonytalanság. Kipusztíthat bennünket egy betegség, amelyre nem készültünk fel.

Az a legfontosabb, hogy nem ölünk meg valakit azért, mert nem tesz nekünk. Azt hiszem, a genetika segít majd az embereken, de a jö-

⁴ 77.

⁵ 83., 84.

vőbe látás félelmetes. Nem akarom tudni, mit mond majd az orvos. Ha azonban előre tudjuk például, hogy magas lesz a vérnyomásunk, elkezdhetjük a megelőzést, és nem kell magas vérnyomásban meghalunk, mint ötven évvel ezelőtt kellett volna.”⁶

James Watson feminista? – Az MIT professzora, Nancy Hopkins, Watson korábbi diákja azt mondta, ő az első feminista, akivel életében találkozott.

„Nem vagyok az, legalábbis bizonyos kívánalmaknak nem felelek meg. Erősen támogatom viszont azokat a nőket, akik tudományos pályára lépnek. Ugyanúgy bánok velük, mint másokkal, talán egy kicsit jobban is, a nemek közötti diszkrimináció miatt. Nem ismerem a feminizmus definícióját, ezért tartózkodom ettől a kifejezéstől. De egyetlen olyan esetre sem emlékszem, amikor az előítéleteink miatt nem vettünk fel egy nőt, és arról sem tudok, hogy a nőkkel másképpen bántunk volna, például a vizsgákon. A Harvardon a tanszékünk már a hatvanas évek közepén oktatói állást ajánlott egy nőnek.

– *Véleménye szerint a nőket ugyanolyan komolyan veszik a tudományban, mint a férfiakat?*

– Erre a kérdésre nem szeretnék válaszolni, mert nem dolgozom egyetemi tanszéken, például a Harvardon, és nem tudom, hogyan működnek a tanszékek. Cold Spring Harborban – egyetlen kivételtől eltekintve – új kolléganők vannak, de tíz éve már nem járok oktatói értekezletekre. Csak annyit mondhatok el, amennyit én látok. Másokat is meg kellene kérdeznie. Úgy gondolom, a szexuális zaklatás vádjával eleve ellehetetlenítették a helyzetet. A férfiak esetében megtehetjük, hogy nem léptetünk elő valakit, és kész. Ha nőről van szó – még akkor is, ha nem tűnik jó szakembernek –, biztosak lehetünk abban, hogy nagy valószínűséggel előkerül egy ügyvéd, aki zaklatással vádol. Az ember azért nem vesz fel szívesen nőket, mert attól tart, hogy lényegében nem küldheti el őket.

– *Ez azt jelenti, hogy a pozitív diszkrimináció nem lenne jót a nőknek?*

– Ennek sem örülnék, mert a férfiakkal szemben viselkedhetek ugyan nyíltan és keményen, de ha a nőkkel is ezt tenném, rossz vége lenne, bár csak feleannyira, mint a feketékkel szemben.”⁷

⁶ 84.

⁷ 134–135.

Charles Weissmann

*Előállhat olyan szituáció, amikor
alapos orvosi vagy humanitárius ok lesz rá.
(Az emberek klónozásáról beszélve)*



Julie és Charles Weissmann 2000-ben Londonban
(*Hargittai István felvétele*)

Charles Weissmann¹ (1931–) a Scripps Kutatóintézet Fertőző Betegségek Osztályának professor emeritusa, a floridai Jupiter városban. Svájci tudós, de Budapesten született: „A szüleim Svájcban éltek, én azonban Budapesten születtem 1931-ben, amikor édesanyám a barátait látogatta meg. Nem sokkal a születésem után visszatért velem Svájcba.”²

Charles Weissmann Zürichben tanult, 1956-ban orvosi diplomát, 1961-ben PhD-fokozatot szerzett a Zürichi Egyetemen. Néhány évet a New York-i Egyetemen töltött (1961–1967), de pályája jórészt a Zürichi Egyetemhez kötődött. Nyugdíjba vonulása után az MRC Neurogenetikai Egységében dolgozott Londonban, az utóbbi időben a Scripps Florida munkatársa. Nevezetesen az RNS-fág replikációja, az eukarióta sejtek génkifejeződése, a reverz genetika, a retrovírusok, az interferon és a fehérjeklónozás terén elért – többek között a surlókór és a prionbetegségek fehérjéire is kiterjedő – eredményei. 2000-ben beszélgettünk Londonban.

¹ *Candid Science II*, 466–497.

² 489.

Volt olyan idő, amikor egyes kutatók kételkedtek abban, hogy a (prion-) fehérjék betegséget terjeszthetnek. Évtizedekkel korábban ugyanilyen nehezen fogadták el, hogy a DNS a genetikai anyag.

„Nagyon jó hasonlat. Akkor szinte mindenki azt hitte, hogy a fehérje a genetikai anyag, és a DNS csak limlom – azt gondolták például, hogy ebben a formában tárolódnak a nukleotidok. Avery megmutatta, hogy a genetikai anyag a DNS. Az 1980-as évek elején a surlókért mindenki szokatlan vírusnak tulajdonította, mi pedig kijelentettük, hogy fehérje idézi elő.

Sok tudós, aki nem vett részt közvetlenül ebben a kutatásban, és nem volt érzelmileg érintett, kezdte belátni, hogy igazunk van. De mások, akik pályájuk jelentős részében vírust kerestek, nem szívesen fogadták el, hogy olyasmi után futottak, ami nincs. Néhány veterán még ma is elutasítja a kizárólagosfehérje-hipotézist.

Az 1980-as évek végén eszembe jutott, hogy ha el tudnánk távolítani a PrP-t [a prionfehérjét kódoló gént] egy egérből, akkor ez az egér ellenállóvá válna a betegséggel szemben, és képtelen lenne a kórokozó replikálására. Amikor megtudtam Peter Grusstól, hogy ő és mások kezdenek olyan módszereket fejleszteni, amelyekkel célzottan tudnak hatástalanítani egyes géneket az egérben, úgy döntöttem, az ő példájukat kell követnünk. Az egyik nagyon tehetséges munkatársam, Michel Aguet nekiállt, hogy kidolgozza a PrP gén kiütésének módszerét. Amerikában Mario Capecchi és Oliver Smithies már sikeresen ütött ki előre meghatározott géneket, és lényegében az ő munkájukból tanultuk meg, hogyan kell eljárunk. Michel Aguet és egy doktorandusz, Hansruedi Büeler hajtotta végre a kísérletünket. Ez akkor fárasztó, hosszú és nehéz procedúra volt. Végül meglettek az egerek, és elképedve láttuk, amit alig mertünk remélni – azt, hogy a PrP nélküli állatok normálisan fejlődtek és egészségesek voltak. Az egerek semmilyen nyilvánvaló hiányosságot nem mutattak. Ezen borzasztóan meglepődtünk, hiszen egy gént, amely az összes gerincesben megőrződött az evolúció folyamán, és már az embrionális fejlődés kezdetén elsősorban az agyban, de sok más szervben is kifejeződik, az állat károsodása nélkül el lehetett eltávolítani. Az már külön történet, hogy ennek mi az oka. Persze, nagyon örültünk, hogy sikerültek a kísérleteink. Valószínűleg azért mondták önnek, hogy talán nekem is meg kellett volna kapnom a Nobel-díjat, mert ez volt a legmeggyőzőbb kísérlet a kizárólagosfehérje-hipotézis alátámasztására. De leszögezem: ez a kísérlet azt bizonyítja, hogy bár a

PrP alapvetően fontos a kórokozó előállításához, azt nem bizonyítja, hogy ez a kórokozó, noha messze ez a legegyszerűbb interpretáció.

En nagyon óvatos ember vagyok; nem szeretek hibázni, ezért rendkívül körültekintően fogalmaztuk meg, hogy mit jelent a kísérlet. Sokan azonban azt mondták, hogy a kísérlet alapján a fehérje a kórokozó. Ez helytálló érvelés volt.

Összefoglalva: klónoztuk a gént, és elvégeztük a kiütéses kísérletet. Stan [Prusiner] érdeme a fehérje izolálása, ami elvezetett bennünket a PrP-hez és a génhez; Stan mutatta ki a kapcsolatot a betegség rokon formái és a gén között, és azt, hogy a gén megkönnyítheti a fajok közötti határ átlépését. Stan érdeme még, hogy határtalan lelkesedéssel vetette magát a munkába. Már akkor meg volt győződve az igazáról, amikor senki sem hallgatott rá, rengeteg támadást és sértést kellett kiállnia. Néhány kezdeti munkája és cikke nem volt nagyon meggyőző. Sok kísérlete nem volt egészen egyértelmű, és gyakran túlzásba vitte az értelmezésüket. Ezzel nagy támadási felületet hagyott. De az alapvetése helyes volt. Ha egymáshoz képest is mérlegeljük az érdemeket, akkor Stan volt az, aki rendületlenül tette a dolgát akkor is, amikor a többiek a fülük botját sem mozgatták. Én is szkeptikus voltam eleinte, de a kísérleteink hatására meggyőződtem arról, hogy a kizárólag fehérjén alapuló hipotézis rendjén való. A génkiütéses kísérletünk olyan kísérlet volt, amelyet akkor hajtunk végre, ha meg akarunk dönteni egy hipotézist. De amikor a kísérlet éppen az ellenkezőjét demonstrálta, én is meggyőződtem a feltevés helyességéről.

Stan nagyon meg akarta kapni a Nobel-díjat, és elszántan küzdött érte. Többeket megkért, hogy javasolják őt – engem is, és eleget tettem a kérésének. Ami engem illet, én úgy éreztem, ha a munkám megérdemli az elismerést, az anélkül is megtalál, hogy külön meg kellene dolgoznom érte. És valóban, sok más kitüntetést megkaptam.

– *Mi a kapcsolat a prionos munka és Gajdusek kurukísérletei között?*

– Gajdusek zseniális, mindent tud. Elküldték Pápua Új-Guineába, hogy vizsgálja meg a kurut. Akkor még nem tudták, hogy a kuru olyan növénytól vagy állattól származó mérgezés-e, amelyet a bennszülettek fogyasztottak, vagy a hiányos táplálkozásból ered, vagy genetikai betegség. Szinte senki sem gondolta, hogy fertőző. Gajdusek nagy érdeme a fertőzés kimutatása. Először többféle kísérlettel is bizonyítani próbálta a fertőzést, de néhány hét múlva, amikor semmi sem történt, abbahagyta ezeket a kísérleteket. Ha egy betegség fertőző, pár héten belül megjelenik, akár vírus, akár baktérium okozza. Gajdusek összecsomagolt néhány agyból származó mintát, és hazaküldte az Egyesült Álla-

mokba. Ott elkészítették a metszeteket: megtalálták a szivacsos elváltozást és azt az amiloidlerakódást, amit kuruplakkoknak neveztek el. Stan később kimutatta, hogy elsősorban PrP^{Sc}-t tartalmaztak. A felvételeket aztán kiállították Londonban. [William J.] Hadlow, egy surlókór-kutató megnézte őket, és észrevette, hogy pontosan olyanok, mintha surlókórosak lennének. Megjelentetett egy rövid cikket a *Lancet*ben, felhívta a figyelmet a surlókór és a kuru hasonlóságára, és Gajduseknek is írt. Akkor már tudták, hogy a surlókór lappangási ideje rendkívül hosszú, évekre vagy évtizedekre nyúlik. De ha a kuru hasonlít a surlókórhoz, nem elég a néhány hetes várakozás, évek telhetnek el a fertőzés megjelenéséig. Gajdusek és a munkatársai tehát vártak, és a beoltott csimpánzok két év múlva megbetegedtek. Stan mindig elmondja, hogy Hadlow-nak osztoznia kellett volna a Nobel-díjon Gajdusekkel, mert ha Hadlow nem vette volna észre a hasonlóságot, Gajdusek valószínűleg nem gondolt volna a hosszú távú kísérletre.”³

³ 472–474.

Rosalyn S. Yalow

*Szigorúan tartottuk magunkat ahhoz,
hogy nem szabadalmaztatjuk [a radioimmun-analitikát],
de mindent megteszünk a népszerűsítéséért.*



Rosalyn S. Yalow Solomon Bersonnal
(*Rosalyn S. Yalow szívességéből*)

Rosalyn Yalow,¹ lánykori nevén Sussman, (1921–2011) New Yorkban született. 1941-ben szerzett AB-fokozatot fizikából és kémiából a Hunter College-ban. MS-, majd PhD-fokozatát az Illinois-i Egyetemen, Urbanában nyerte el 1942-ben és 1945-ben. Doktori disszertációját magfizikából írta. Csaknem pályája kezdetétől a Bronxi Veterán Egészségügyi Központ munkatársa volt. A fizikus Rosalyn Yalow hosszú évekig együtt dolgozott az orvos Solomon Bersonnal. Korszakos felfedezéseket tettek, ezek közül új eljárásuk, a radioimmunanalitika (radioimmunoassay, RIA) a leghíresebb és a legelterjedtebb. Segítségével

hormonok vagy más fontos, vérben található anyagok nagyon kis mennyisége is meghatározható.

Mindenki arra számított, hogy egy nap megkapják a felfedezéseikért járó legmagasabb kitüntetést, de Solomon Berson meghalt, és Rosalyn Yalow esélyei talán csökkentek. Ő azonban még jobban belevetette magát a munkába, nem is annyira a díjért, hanem inkább magának akarta bebizonyítani, hogy nem csupán Berson asszisztense volt. A bizonyítás sikerült – és idővel a Nobel-díj is megérkezett. 1977-ben élettani vagy orvosi díjat kapott a peptidhormonok radioimmun-analitikájának kidolgozásáért.

1998-ban beszélgettünk dolgozószobájában, a Bronxi Veterán Egészségügyi Központban. Korábban sztrók érte, ami részben megbénította.

Az életéről mesélt nekünk.

„Édesanyám négyéves volt, amikor a családja Amerikába jött, édesapám New Yorkban született. Mindketten szegény, kelet-európai bevándorlók gyerekei. Édesanyám hat osztályt végzett, édesapám csak négyet, még középiskolába sem járhattak. Azt viszont eltökélték, hogy a gyerekeiket taníttatják.

¹ *Candid Science II*, 518–523.

Bronxban jártam iskolába. Nem volt valami híres iskola, de jó tanárokat kaptunk, és a diákok tanulni akartak. Többnyire szegény zsidó családok gyerekei jártak ide. Aztán a Hunter College-ba kerültem, ez a New York-i City College rendszerhez tartozott. A fiúk a City College-ba mentek, a lányok a Hunter College-ba.

Szerencsém volt. A Hunteren három fizikaprofesszor vett a szárnyai alá, el se tudtam képzelni, hogy ne fizikus legyek. Nem ment könnyen, de végül ajánlottak egy demonstrátori állást az Illinoisi Egyetemen, Urbanában. Abban az évben három zsidót vettek fel Urbanában, rajtam kívül még két fiút. Egyikük, Aaron Yalow lett a férjem. A szakdolgozatomat Maurice Goldhabernél írtam, később ő volt a Brookhaveni Nemzeti Laboratóriumok igazgatója.

A háború miatt – sok más fiatal zsidó diákhoz hasonlóan – doktori iskolába is járhattam. Miközben Európában gyilkolták a zsidókat, Amerikában a háború jobbra fordította a zsidók és a nők sorsát.

Doktori témának magfizikai kutatásokat választottam. Ez akkor a legelőben volt. A PhD-fokozat megszerzése után tanítottam a Hunteren, aztán a Bronxi Veterán Központ munkatársa lettem. A kórház akkor még sokkal nagyobb volt: az ezerkétszáz ágyból nagyjából ötszáz maradt csak meg. A háborús veteránok kihalnak; akik még élnek, többnyire kis magánkórházakban gyógyíttatják magukat.

A férjem öt éve halt meg – csodálatos éveket töltöttünk együtt. Mindig nagyon támogatott. A Cooper Union College-ban tanított fizikát, itt, New Yorkban. Ő tanított, nem kutatott. Két gyermekünk született. Kicsi korukban, az 1950-es években, édesanyám sokat segített nekünk. Bébisittereket is alkalmaztunk. Az első időben nálunk laktak, aztán csak napközben jártak hozzánk. Gyönyörű, ragyogó fekete nők voltak. Délről jöttek New Yorkba, de nem tudtak tanulni, és így legalább pénzhez jutottak. Én meg haladhattam a munkámmal – nagyon szerencsésen alakult az életem. Ilyesmi ma már elképzelhetetlen.

A lányunk, Elanna nevelépszichológiát tanult, PhD-t is szerzett. San Franciscóban él, két gyereke van. Az országot járja, mindenhol bölcsődéket állít fel. A fiunk, Benjamin számítástechnikával foglalkozott, most nincs hivatalos állása. Együtt élünk. Három sztrókom volt, nehezen mozgatom a jobb kezemet, a jobb lábam részben megbénult. Azért rendszeresen bejárok ide, elolvasom a postámat; tájékozodom.”²

² 520–522.

Solomon Berson és Rosalyn Yalow összehangoltan dolgozott, és közösen határozták el, hogy nem szabadalmaztatják a radioimmun-analitikát.

„Tudatosan döntöttünk így. A radioimmun-analitikát együtt fedeztem fel Solomon A. Bersonnal. Sollal tizennyolc évig dolgoztunk együtt, aztán otthagya a Veterán Központot, és 1968-ban a Mount Sinai orvosi kar dékánja lett. Négy év múlva meghalt. 1972-ben egy fiatal orvos, Eugene Straus jött a laboromba.

Sollal tehát felfedeztük a radioimmun-analitikát, ami eleinte lassan terjedt el. De tudtuk, hogy gyorsan felfut majd, mert nagyon érzékeny és hasznos eszköz. Szigorúan tartottuk magunkat ahhoz, hogy nem szabadalmaztatjuk, és mindent megteszünk a népszerűsítéséért. Tanfolyamokat szerveztünk, ahol megtanítottuk az orvosoknak a használatát.

Sollal remekül kijöttünk. Évekig közös dolgozószobánk volt. Mindketten ültünk az íróasztalunknál, és folyton a munkáról beszélünk. Az egyetemen nem tanultam biológiát. Ő megtanította nekem, amire szükségem volt biológiából és orvostudományból, én pedig mondtam neki néhány dolgot fizikából. Sok mindent tudott magától is, de orvos volt. Nagy szerencse, hogy nem egyetemen dolgoztunk: sohasem versenyeztünk egymással.”³

³ 523.

A kötetben szereplő személyek

Csillaggal jelöltük azoknak a tudósoknak a nevét, akiknek interjúiból részletek olvashatók a könyvben.

- Abelson, Philip H. (1913–2004); amerikai fizikus és tudományos szakíró
Abrikosov, Alekszej, A. (1928–); szovjet-amerikai fizikus; Nobel-díjas (2003)
Aguet, Michel; svájci molekulabiológus
Ahmatova, Anna (1889–1966); orosz költő
Alekszandrov, Anatolij P. (1903–1994); szovjet fizikus és kutatásirányító
Alfjorov,* Zsoresz I. (1930–); szovjet-országi fizikus; Nobel-díjas (2000)
Alpher, Ralph (1921–2007); amerikai fizikus
Anderson,* Philip W. (1923–); amerikai fizikus; Nobel-díjas (1977)
Ann hercegnő (1950–); brit királyi hercegnő
Arber,* Werner (1929–); svájci biológus; Nobel-díjas (1978)
Arisztotelész (i. e. 384–322); görög filozófus, polihisztor
Arkhimédész (i. e. 287–212); görög matematikus és természettudós
Astbury, William T. (1898–1961); brit fizikus
Avery, Oswald T. (1877–1955), amerikai kutatóorvos
Ax, Emanuel (1949–); lengyel-amerikai zongorista
Axelrod, Julius (1912–2004); amerikai biokémikus; Nobel-díjas (1970)
- Bacon, Francis (1561–1626); angol filozófus
Baltimore,* David (1938–); amerikai biológus és kutatásirányító,
Nobel-díjas (1975)
Banting, Frederick G. (1891–1941); amerikai orvosbiológus; Nobel-díjas
(1923)
Bárány, Anders (1942–); svéd fizikus; a fizikai Nobel-bizottság titkára
(1989–2003)
Baszov, Nyikolaj G. (1922–2001); szovjet fizikus; Nobel-díjas (1964)
Bastiansen, Otto (1918–1995); norvég kémikus és kutatásirányító
Baylen, Sarah (1916–2005); Herbert C. Brown felesége
Beadle, George W. (1903–1989); amerikai genetikus; Nobel-díjas (1958)
Békésy, György (1899–1972); magyar-amerikai biofizikus; Nobel-díjas (1961)
Bell Burnell,* Jocelyn (1943–); brit asztrofizikus
Ben Gurion, David (1886–1973); izraeli politikus; Izrael első miniszterelnöke
(1948–1954; 1955–1963)

- Benzer,* Seymour (1921–2007); amerikai fizikus, aki később biológus lett
- Berg,* Paul (1926–); amerikai orvosbiológus; Nobel-díjas (1980)
- Bernard, Claude (1813–1878); francia fziológus
- Berson, Solomon (1918–1972); amerikai orvos és kutató
- Best, Charles (1899–1978); amerikai-kanadai kutatóorvos; az inzulin egyik felfedezője
- Bethe, Hans (1906–2005); német-amerikai fizikus; Nobel-díjas (1967)
- Bishop, J. Michael (1936–); amerikai orvosbiológus; Nobel-díjas (1989)
- Blaschko, Hermann (1900–1993); német-brit orvosbiológus
- Blumberg,* Baruch S. (1925–2011); amerikai orvosbiológus; Nobel-díjas (1976)
- Bohr, Niels (1885–1962); dán fizikus; Nobel-díjas (1922)
- Bragg, W. Lawrence (1890–1971); brit fizikus; Nobel-díjas (1915)
- Brahe, Tycho (1546–1601); dán csillagász
- Bréchnignac,* Catherine (1946–); francia fizikus, tudománypolitikus
- Bréchnignac, Philippe; francia fizikus, Catherine Bréchnignac férje
- Breit, Gregory (1899–1981); orosz-amerikai fizikus
- Brenner,* Sydney (1927–); brit biológus; Nobel-díjas (2002)
- Brockway, Lawrence (1907–1979); amerikai kémikus
- Brodie, Bernard B. (1909–1989); amerikai farmakológus
- Brown,* Herbert C. (1912–2004); amerikai kémikus; Nobel-díjas (1979)
- Brownlee, George; brit kémiai patológus
- Büeler, Hansruedi (1963–); svájci-amerikai orvosbiológus
- Burnet, Frank Macfarlane (1899–1985); ausztrál virológus; Nobel-díjas (1960)
- Burroughs, Silas M. (1846–1895); amerikai gyógyszerész, üzletember, filantróp
- Cabot Lodge, Henry, Jr. (1902–1985); amerikai politikus
- Cairns, John F. (1922–); brit orvosbiológus
- Calne, Roy Y. (1930–); brit sebész, a szervátültetés egyik úttörője
- Capecchi, Mario (1937–); olasz-amerikai biológus; Nobel-díjas (2007)
- Carlsson,* Arvid (1923–); svéd orvosbiológus; Nobel-díjas (2000)
- Carter, Jimmy (1924–); az Egyesült Államok 39. elnöke (1977–1981)
- Chadwick, James (1891–1974); brit fizikus; Nobel-díjas (1935)
- Chain, Boris (1906–1979); német-brit biokémikus; Nobel-díjas (1945)
- Chandrasekhar, Subrahmanyan (1910–1995); indiai-amerikai asztrofizikus; Nobel-díjas (1983)
- Chargaff,* Erwin (1905–2002); osztrák-amerikai biokémikus
- Cheronis, Nicholas D. (1896–1962); amerikai kémikus

- Chibnall, Albert C. (1894–1988); brit biokémikus
- Churchill, Winston (1874–1965); brit politikus; Nobel-díjas (1953)
- Ciechanover,* Aaron (1947–); izraeli orvosbiológus; Nobel-díjas (2004)
- Clemett, Simon (1968–); amerikai kémikus
- Clinton, William (Bill) J. (1946–); az Egyesült Államok 42. elnöke (1993–2001)
- Cohen, Stanley (1922–); amerikai biokémikus; Nobel-díjas (1986)
- Cohn,* Mildred (1913–2009); amerikai kémikus
- Conant, James B. (1893–1978); amerikai kémikus és köztisztviselő
- Conway,* John H. (1937–); angol-amerikai matematikus
- Cooper, Leon N. (1930–); amerikai fizikus; Nobel-díjas (1972)
- Cormack, Alan M. (1924–1998); dél-afrikai–amerikai fizikus; Nobel-díjas (1979)
- Cornell, Eric A. (1961–); amerikai fizikus; Nobel-díjas (2001)
- Cornforth, Rita H., szül. Harradence; brit kémikus
- Cornforth,* John W. (1917–2013); brit kémikus; Nobel-díjas (1975)
- Cotton, F. Albert (1930–2007); amerikai kémikus
- Cotzias, George (1918–1977); görög-amerikai orvosbiológus
- Cram,* Donald J. (1919–2001); amerikai kémikus; Nobel-díjas (1987)
- Crick,* Francis (1916–2004); brit fizikus, aki később biológus lett; Nobel-díjas (1962)
- Crick, Odile, szül. Speed (1920–2007); brit művész; Francis Crick felesége
- Cronin, Alexander (1970–); amerikai fizikus
- Crutzen,* Paul J. (1933–); holland tudós; Nobel-díjas (1995)
- Curl, Robert F. (1933–); amerikai kémikus; Nobel-díjas (1996)
- Csang, Kaj-sek (1887–1975); kínai politikai vezető
- Csirkov Nyikolaj M. (1908–1972); szovjet kémikus
- Dalton, John (1766–1844); angol kémikus
- Darwin, Charles (1809–1882); angol természettudós
- Davy, Humphry (1778–1829); brit kémikus
- Dawson, Joan M.; amerikai orvosbiológus; Paul Lauterbur felesége
- Degkwitz, R. (1920–1990); német biokémikus
- Deguchi, Takeo; japán biokémikus
- Deisenhofer,* Johann (1943–); német biokémikus; Nobel-díjas (1988)
- Delbrück, Manny (1917–1998); Max Delbrück felesége
- Delbrück, Max (1906–1981); német-amerikai fizikus, aki később biológus lett; Nobel-díjas (1969)
- Dirac, Paul A. M. (1902–1984); brit fizikus; Nobel-díjas (1933)

- Djerassi,* Carl (1923–); amerikai kémikus, író, drámaíró
 Doctorow, E. L. (1931–); amerikai író
 Dresselhaus, Eugene (1929–); amerikai fizikus; Mildred S. Dresselhaus férje
 Dresselhaus,* Mildred S., szül. Spiwak (1930–); amerikai fizikus
 Drucker, Peter (1909–2005); osztrák-amerikai tanár és író
 Dulbecco, Renato (1914–2012); olasz-amerikai orvosbiológus; Nobel-díjas (1975)
 Dyson,* Freeman J. (1923–); brit-amerikai fizikus, író
- Eigen, Manfred (1927–); német kémikus; Nobel-díjas (1967)
 Einstein, Albert (1879–1955); német-svájci-amerikai fizikus; Nobel-díjas (1922-ben kapta meg az 1921. évit)
 Eisenhower, Dwight D. (1890–1969); amerikai katonai vezető; az Egyesült Államok 34. elnöke (1953–1961)
 Elion,* Gertrude B. (1918–1999); amerikai kémikus és farmakológus; Nobel-díjas (1988)
 Enders, John F. (1897–1985); amerikai orvosbiológus; Nobel-díjas (1954)
 Ernst, Richard (1933–); svájci kémikus; Nobel-díjas (1991)
 II. Erzsébet (1926–); Nagy-Britannia és Észak-Írország királynője (1953–)
 Eschenmoser,* Albert (1925–); svájci kémikus
 Evenson, Robert E. (1935–2013); amerikai közgazdász
- Fairlie, David B. (1935–); amerikai matematikus
 Faraday, Michael (1791–1867); brit természettudós
 Fejnberg, Jevgenyij L. (1912–2005); szovjet fizikus
 Fermi, Enrico (1901–1954); olasz-amerikai fizikus; Nobel-díjas (1938)
 Ferry, Georgina (1955–); brit tudományos szakíró
 Feynman, Richard (1918–1988); amerikai fizikus; Nobel-díjas (1965)
 Fisher, Michael E. (1931–); angol-amerikai fizikus
 Fleming, Alexander (1881–1945); brit orvosbiológus; Nobel-díjas (1945)
 Florey, Howard W. (1898–1968); ausztrál farmakológus; Nobel-díjas (1945)
 Fothergill, Leroy D. (1934–); amerikai orvosbiológus és fegyverzetkorlátozási tanácsadó
 Fowler, Ralph H. (1889–1944); brit fizikus
 Fraenkel, George K. (1921–2009); amerikai fizikai kémikus
 Franklin, Rosalind (1920–1958); brit biofizikus
 Freund, Peter (1936–); román-amerikai fizikus
 Friedman,* Jerome I. (1930–); amerikai fizikus; Nobel-díjas (1990)
 II. Frigyes (1534–1588); Dánia és Norvégia királya (1559–1588)

- Frost, Robert (1874–1963); amerikai költő
- Fukui,* Kenichi (1918–1998); japán kémikus; Nobel-díjas (1981)
- Gajdusek,* D. Carleton (1923–2008); amerikai orvosbiológus; Nobel-díjas (1976)
- Galics, Alekszandr (1918–1977); orosz költő, drámaíró, ellenzéki aktivista
- Galilei, Galileo (1564–1642); olasz természettudós
- Galpern,* Jelena (1935–); szovjet-orosz kémikus
- Gamow, George (Georgij A.) (1904–1968); orosz-amerikai fizikus és népszerű tudományos könyvek szerzője
- Garwin,* Richard L. (1928–); amerikai fizikus
- Gell-Mann, Murray (1929–); amerikai fizikus; Nobel-díjas (1969)
- Gilbert,* Walter (1932–); amerikai fizikus és biológus; Nobel-díjas (1980)
- Gilcrease, F. Wellington; New York állam Egészségügyi Minisztériumának egykori alkalmazottja
- Ginzburg,* Vitalij L. (1916–2009); szovjet fizikus; Nobel-díjas (2003)
- Glaser,* Donald A. (1926–2013); amerikai fizikus, aki később biológus lett; Nobel-díjas (1960)
- Glashow, Sheldon L. (1932–); amerikai fizikus; Nobel-díjas (1979)
- Goepfert Mayer, Maria (1906–1972); német-amerikai fizikus; Nobel-díjas (1969)
- Goldhaber, Gertrude, szül. Scharff (1911–1998); német-amerikai fizikus; Maurice Goldhaber felesége
- Goldhaber,* Maurice (1911–2011); osztrák-amerikai fizikus
- Göring, Hermann (1893–1946); német náci vezető
- Greengard, Paul (1925–); amerikai orvosbiológus; Nobel-díjas (2000)
- Greytak, Thomas; amerikai fizikus
- Gross,* David (1941–); amerikai fizikus; Nobel-díjas (2004)
- Gruss, Peter (1949–); német biológus
- Haber, Fritz (1868–1934); német kémikus; Nobel-díjas (1919-ben kapta meg az 1918. évit)
- Hadlow, William J. (1921–); brit tudós; ő ismerte fel az embereket megtámadó kuru és a juhok surlókórjának hasonlóságát
- Hahn, Otto (1879–1968); német kémikus; Nobel-díjas (1945-ben kapta meg az 1944. évit)
- Halford, Ralph S. (1914–1978); amerikai kémikus
- Hamaroff, Stewart (1947–); amerikai orvosbiológus
- Hamburger, Viktor (1900–2001); német-amerikai biológus
- Hammitt, Louis P. (1894–1987); amerikai kémikus

- Hariton, Julij (1904–1996); szovjet fizikus; az első szovjet nukleárisfegyver-laboratórium, az Arzamasz-16 vezetője
- Hartwell, Leland H. (1939–); amerikai biológus; Nobel-díjas (2001)
- Heidelberger, Michael (1888–1991); amerikai immunológus
- Heilbron, Ian (1886–1959); brit kémikus
- Heisenberg, Werner (1901–1976); német fizikus; Nobel-díjas (1933-ban kapta meg az 1932. évit)
- Herman, Helen; Robert Herman felesége
- Herman, Robert (1914–1997); amerikai fizikus
- Herschbach, Dudley R. (1932–); amerikai kémikus; Nobel-díjas (1986)
- Hershko,* Avram (1937–); izraeli orvosbiológus; Nobel-díjas (2004)
- Hershko, Judy; Avram Hershko felesége
- Hertz, Gustav L. (1887–1975); német fizikus; Nobel-díjas (1925)
- Hewish,* Antony (1924–); angol asztrofizikus; Nobel-díjas (1974)
- Hilbert, David (1862–1943); német matematikus
- Hitchings, George H. (1905–1998); amerikai farmakológus; Nobel-díjas (1988)
- Hitler, Adolf (1889–1945); német náci diktátor
- Hochstrasser, Robin M. (1931–2013); amerikai kémikus
- Hoffman,* Darleane C. (1926–); amerikai kémikus
- Hoffmann,* Roald (1937–) amerikai kémikus, költő, író; Nobel-díjas (1981)
- Hofstadter, Robert (1915–1990); amerikai fizikus; Nobel-díjas (1961)
- Holley, Robert W. (1922–1993); amerikai biokémikus; Nobel-díjas (1968)
- Holmes, Frederick L. (1932–2003); amerikai tudománytörténész
- 't Hoof,* Gerardus (1946–); holland fizikus; Nobel-díjas (1999)
- Hopkins, Nancy; amerikai molekulabiológus
- Hornykiewicz,* Oleh (1926–); osztrák orvosbiológus
- Horvitz, H. Robert (1947–); amerikai biológus; Nobel-díjas (2002)
- Hounsfield, Godfrey N. (1919–2004); brit mérnök; Nobel-díjas (1979)
- Hoyle, Fred (1915–2001); brit csillagász
- Hubble, Edwin P. (1889–1953); amerikai csillagász
- Huber, Robert (1937–); német biokémikus; Nobel-díjas (1988)
- Huffman, Wallace E.; amerikai agrárközgazdász
- Hulse, Russell A. (1950–); amerikai fizikus; Nobel-díjas (1993)
- Hunt, R. Timothy (1943–); brit biokémikus; Nobel-díjas (2001)
- Hutchins, Robert M. (1899–1977); a Chicagói Egyetem innovatív elnöke
- Jacob,* François (1920–2013); francia orvosbiológus; Nobel-díjas (1965)
- Jacob, Lise; François Jacob felesége
- Jerne, Niels K. (1911–1994); dán immunológus; Nobel-díjas (1984)

- Joffe, Abram F. (1880–1960); orosz-szovjet fizikus; számos híres szovjet fizikus mentora
- John, Fritz (1910–1994); német-amerikai matematikus
- Johnson, Lyndon B. (1908–1973); az Egyesült Államok 36. elnöke (1963–1969)
- Kadanoff, Leo (1937–); amerikai fizikus
- Kalckar, Fritz (1910–1938); dán fizikus; Herman Kalckar öccse
- Kalckar, Herman (1908–1991); dán-amerikai biokémikus; Fritz Kalckar bátyja
- Kandel, Eric R. (1929–); osztrák származású amerikai orvosbiológus; Nobel-díjas (2000)
- Kapica, Pjotr L. (1894–1984); szovjet fizikus; Nobel-díjas (1978)
- Karle,* Isabella L. (1921–); amerikai kémikus; Jerome Karle felesége
- Karle,* Jerome (1918–2013); amerikai kémikus; Nobel-díjas (1985); Isabella Karle férje
- Károly (1948–); walesi herceg
- Katzir, Ephraim (1916–2009); izraeli politikus és biofizikus
- Keats, John (1795–1821); angol költő
- Kendall, Henry W. (1926–1999); amerikai fizikus; Nobel-díjas (1990)
- Kendrew, John C. (1917–1997); brit biokémikus; Nobel-díjas (1962)
- Kennedy, John F. (1917–1963); az Egyesült Államok 35. elnöke (1961–1963)
- Kepler, Johannes (1571–1630); német matematikus, csillagász
- Ketterle,* Wolfgang (1957–); német-amerikai fizikus; Nobel-díjas (2001)
- Khorana, Har Gobind (1922–2011); indiai (pakisztáni)-kanadai molekulabiológus; Nobel-díjas (1968)
- Kilby, Jack S. (1923–2005); amerikai mérnök; Nobel-díjas (2000)
- King, Martin Luther (1929–1968); amerikai lelkész, emberi jogi mozgalom vezetője
- Kirkwood, John G. (1907–1959); amerikai kémikus és fizikus
- Kissinger, Henry A. (1923–); amerikai politikus; Nixon elnök külügyminisztere; Nobel-díjas (1973)
- Kleppner, Daniel (1932–); amerikai fizikus
- Klug,* Aaron (1926–); brit biofizikus és molekulabiológus; Nobel-díjas (1982)
- Koestler, Arthur (1905–1983); magyar-brit újságíró, író
- Kohler, Elmer Peter (1865–1938); amerikai kémikus
- Köhler, Georges J. F. (1946–1995); német biológus; Nobel-díjas (1984)
- Kohn, Walter (1923–); osztrák származású amerikai fizikus; Nobel-díjas (1998)
- Kolumbusz, Kristóf (1451–1506); olasz felfedező

- Konopka, Ronald (Ron) J.; Seymour Benzer korábbi PhD-hallgatója
 Kopernikusz, Nikolausz (1473–1543); lengyel csillagász, polihisztor
 Kornberg,* Arthur (1918–2007); amerikai orvosbiológus; Nobel-díjas (1959)
 Kornberg, Ken; amerikai építész; Arthur Kornberg fia
 Kornberg, Roger D. (1947–); amerikai biokémikus; Nobel-díjas (2006);
 Arthur Kornberg fia
 Kornberg, Sylvy, szül. Levy; amerikai biokémikus; Arthur Kornberg első
 felesége
 Kornberg, Thomas B. (1948–); amerikai biokémikus; Arthur Kornberg fia
 Kroemer, Herbert (1928–); német-amerikai mérnök és alkalmazott fizikus;
 Nobel-díjas (2000)
 Kroto, Harold W. (1939–); brit kémikus; Nobel-díjas (1996)
 Kuhn, Thomas S. (1922–1996); amerikai tudományfilozófus
 Kurcsatov, Igor V. (1903–1960); szovjet fizikus; a szovjet nukleáris program
 első számú vezetője
 Kuria, Ivan; Vladimir Prelog osijeki tanára
 Kuroda,* Reiko (1947–); japán kémikus
 Kürti,* Miklós (1908–1998); magyar-brit fizikus
- Landau, Lev D. (1908–1968); szovjet fizikus; Nobel-díjas (1962)
 Langevin, Paul (1872–1946); francia fizikus
 Laue, Max von (1879–1960); német fizikus; Nobel-díjas (1914)
 Lauterbur,* Paul C. (1933–2007); amerikai kémikus; Nobel-díjas (2003)
 Lederberg,* Joshua (1925–2008); amerikai biológus; Nobel-díjas (1958)
 Lee, Ho Wang; koreai virológus
 Lee, Pyong Wuo; koreai virológus
 Lee, Tsung-Dao (1926–); kínai-amerikai fizikus; Nobel-díjas (1957)
 Lee,* Yuan Tseh (1936–); tajvani-amerikai kémikus; Nobel-díjas (1986)
 Leggett, Anthony (Tony) J. (1938–); brit-amerikai fizikus; Nobel-díjas (2003)
 Lehn,* Jean-Marie (1939–); francia kémikus; Nobel-díjas (1987)
 Lenin, Vlagyimir I. (1870–1924); orosz kommunista forradalmár és diktátor,
 a Szovjetunió első vezetője
 Lennard-Jones, John E. (1894–1954); brit fizikus
 Levene, Phoebus A. (1869–1940); litván származású amerikai biokémikus
 Levi, Giuseppe (1872–1965); olasz orvosbiológus; Salvador Luria,
 Renato Dulbecco és Rita Levi-Montalcini mentora
 Levi, Primo (1919–1987); olasz kémikus és író
 Levi-Montalcini,* Rita (1909–2012); olasz orvosbiológus; Nobel-díjas (1986)
 Lewis,* Edward B. (1918–2004); amerikai biológus; Nobel-díjas (1995)
 Lindemann, Frederick A., Lord Cherwell (1886–1957); brit fizikus

- Lipscomb,* William N. (1919–2011); amerikai kémikus; Nobel-díjas (1976)
 Liszenko, Trofim Gy. (1898–1970); sarlatán szovjet agronómus
 Long, Franklin A. (1910–1999); amerikai kémikus és fegyverzetkorlátozási tanácsadó
 Lukeš, Rudolf; Vladimir Prelog prágai mentora
 Luria, Salvador (1912–1991); olasz-amerikai biológus; Nobel-díjas (1969)
 Lwoff, André (1902–1994); francia biológus; Nobel-díjas (1965)
- Ma, Yo-yo (1955–); amerikai csellista
 MacLeod, Colin M. (1909–1972); amerikai orvosbiológus
 Mandelbrot,* Benoit B. (1924–2010); lengyel-francia-amerikai matematikus
 Mansfield,* Peter (1933–); brit fizikus; Nobel-díjas (2003)
 Marshall, John (1917–1997); amerikai fizikus
 Martin, A. J. P. (1910–2002); brit kémikus; Nobel-díjas (1952)
 Mason,* Stephen (1923–2007); angol tudománytörténész
 Maxwell, James Clerk (1831–1879); brit fizikus
 McCarty,* Maclyn (1911–2005); amerikai orvosbiológus
 McMillan, Edwin M. (1907–1991); amerikai fizikus; Nobel-díjas (1951)
 Meitner, Lise (1878–1968); osztrák-német fizikus
 Mengyelejev, Dmitrij I. (1834–1907); orosz kémikus
 Merrifield,* Bruce (1921–2006); amerikai kémikus; Nobel-díjas (1984)
 Meselson,* Matthew (1930–); amerikai biológus
 Michel, Hartmut (1948–); német biokémikus; Nobel-díjas (1988)
 Milstein,* César (1927–2002); argentin származású brit orvosbiológus; Nobel-díjas (1984)
 Mirsky, Alfred E. (1900–1974); amerikai molekulabiológus
 Molina, Mario J. (1943–); mexikói-amerikai kémikus; Nobel-díjas (1995)
 Moncada,* Salvador (1944–); hondurasi származású brit orvosbiológus
 Monod, Jacques (1910–1976); francia biológus; Nobel-díjas (1965)
 Mössbauer,* Rudolf (1929–2011); német fizikus; Nobel-díjas (1961)
 Mott, Nevill F. (1905–1996); brit fizikus; Nobel-díjas (1977)
 III. Murád (1546–1595); az Oszmán Birodalom szultánja (1574–1595)
 Murray, Joseph (1919–2012); amerikai sebész; Nobel-díjas (1990)
 Mussolini, Benito (1883–1945); olasz fasiszta diktátor
 Müller-Hill,* Benno (1933–); német genetikus és író
- Nagy Károly (742–814); római császár (774–814)
 Nathans, Daniel (1928–1999); amerikai biológus; Nobel-díjas (1978)
 Ne’eman,* Yuval (1925–2006); izraeli fizikus, katonai és politikai vezető

- Nernst, Walther H. (1864–1941); német kémikus és fizikus; Nobel-díjas (1920)
- Neuberger, Albert (1908–1996); német-brit orvosbiológus
- Neumann, János, John von (1903–1957); magyar-amerikai matematikus
- Newton, Isaac (1642–1727); brit természettudós
- Nirenberg, Marshall W. (1927–2010); amerikai biokémikus; Nobel-díjas (1968)
- Nixon, Richard M. (1913–1994); az Egyesült Államok 37. elnöke (1969–1974)
- Norrish, R. G. W. (1897–1978); brit kémikus; Nobel-díjas (1967)
- Nunn, Samuel A. (1938–); amerikai politikus; szenátor
- Nurse,* Paul (1949–); brit biológus, kutatásirányító; Nobel-díjas (2001)
- Nüsslein-Volhard,* Christiane (1942–); német biológus; Nobel-díjas (1995)
- Nyeszmejanov, Alekszandr Ny. (1899–1980); szovjet kémikus, kutatásirányító
- Ochoa, Severo (1905–1993); spanyol-amerikai biokémikus; Nobel-díjas (1959)
- O'Keefe, Georgia (1887–1986); amerikai festő; Alfred Stieglitz felesége
- Oláh,* György (1927–); magyar-amerikai kémikus; Nobel-díjas (1994)
- Oliphant,* Mark (1901–2000); ausztrál fizikus
- Oppenheimer, J. Robert (1904–1967); amerikai fizikus, a Los Alamos-i Nemzeti Laboratórium első igazgatója
- Osawa, Eiji (1935–); japán kémikus
- Osheroff, Douglas D. (1945–); amerikai fizikus; Nobel-díjas (1996)
- Panofsky,* Wolfgang K. H. (1919–2007); amerikai fizikus
- Pasteur, Louis (1822–1895); francia mikrobiológus
- Pauli, Wolfgang (1900–1958); osztrák-svájci fizikus; Nobel-díjas (1945)
- Pauling,* Linus (1901–1994); amerikai kémikus; kétszeres Nobel-díjas (1954; 1963-ban kapta meg az 1962. évit)
- Pavlov, Ivan P. (1849–1936); orosz fiziológus; Nobel-díjas (1904)
- Pedersen, Charles J. (1904–1989); amerikai kémikus; Nobel-díjas (1987)
- Penrose,* Roger (1931–); brit fizikus és író
- Penzias,* Arno A. (1933–); amerikai asztrofizikus; Nobel-díjas (1978)
- Perutz,* Max F. (1914–2002); osztrák-brit biokémikus; Nobel-díjas (1962)
- Phillips, William D. (1948–); amerikai fizikus; Nobel-díjas (1997)
- Pickering, William H. (1910–2004); amerikai fizikus és mérnök
- Planck, Max (1858–1947); német fizikus; Nobel-díjas (1919-ben kapta meg az 1918. évit)
- Polanyi,* John C. (1929–); brit-kanadai kémikus; Nobel-díjas (1986)

- Polányi, Mihály (1891–1976); magyar-brit kémikus és filozófus; John C. Polanyi édesapja
- Politzer, H. David (1949–); amerikai fizikus; Nobel-díjas (2004)
- Polkinghorne,* John C. (1930–); brit fizikus és anglikán lelkész
- Pollister, A. W.; amerikai biokémikus
- Pople,* John A. (1925–2004); brit-amerikai kémikus; Nobel-díjas (1998)
- Porter,* George (1920–2002); brit kémikus; Nobel-díjas (1967)
- Prelog,* Vladimir (1906–1998); horvát-svájci kémikus; Nobel-díjas (1975)
- Priestley, Joseph (1733–1804); angol természettudós
- Primakoff, Henry (1914–1983); amerikai fizikus; Mildred Cohn férje
- Pritchard,* David E. (1941–); amerikai fizikus
- Prohorov, Alekszandr M. (1916–2002); szovjet fizikus; Nobel-díjas (1964)
- Prusiner, Stanley B. (1942–); amerikai orvosbiológus; Nobel-díjas (1997)
- Purcell, Edward M. (1912–1997); amerikai fizikus; Nobel-díjas (1952)
- Rabi, Isidor I. (1898–1988); amerikai fizikus; Nobel-díjas (1945-ben kapta meg az 1944. évit)
- Ramakrishnan, Venkatraman (1952–); indiai-brit biológus; Nobel-díjas (2009)
- Ramsey,* Norman F. (1915–2011); amerikai fizikus; Nobel-díjas (1989)
- Rayleigh, John W., Lord Strutt (1842–1919); brit fizikus; Nobel-díjas (1904)
- Rich, Alexander (1924–); amerikai biofizikus
- Robbins,* Frederick C. (1916–2003); amerikai gyerekorvos és orvosbiológus; intézetvezető; Nobel-díjas (1954)
- Roberts, Louis (1913–1995); amerikai fizikus
- Roberts, Richard J. (1943–); amerikai biológus; Nobel-díjas (1993)
- Robinson, Robert (1886–1975); brit kémikus; Nobel-díjas (1947)
- Rockefeller Mauzé, Abby (1903–1976); amerikai filantróp
- Rose, Irwin A. (1926–); amerikai biológus; Nobel-díjas (2004)
- Rose, Leonard (1918–1984); amerikai csellista és pedagógus
- Rowland,* F. Sherwood (1927–2012); amerikai kémikus; Nobel-díjas (1995)
- Rubens, Peter Paul (1577–1640); flamand festő
- Rubin,* Vera C. (1928–); amerikai asztrofizikus
- II. Rudolf (1552–1612); német-római császár (1576–1612)
- Russell, Bertrand (1872–1970); brit filozófus, Nobel-díjas (1950)
- Rutherford, Ernest (1872–1937); brit fizikus; Nobel-díjas (1908)
- Ruzicka, Leopold (1887–1976); horvát-svájci kémikus; Nobel-díjas (1939)
- Ryan, Francis; Joshua Lederberg mentora a Columbia College-ban
- Ryle, Martin (1918–1984); brit asztrofizikus; Nobel-díjas (1974)

- Sabin, Albert B. (1906–1993); amerikai mikrobiológus
- Salam, Abdus (1926–1996); pakisztáni-brit fizikus; Nobel-díjas (1979)
- Salk, Jonas E. (1914–1995); amerikai virológus
- Salnyikov, Alekszandr I. (1905–1986); szovjet fizikus
- Sanger,* Frederick (1918–); brit biokémikus; kétszeres Nobel-díjas (1958 és 1980)
- Schmidt, Helmut (1918–); német politikus; nyugatnémet kancellár (1974–1982)
- Schmidt-Ott, Friedrich (1860–1956); német tudománypolitikus
- Schrödinger, Erwin (1887–1961); osztrák fizikus; Nobel-díjas (1933)
- Seaborg,* Glenn T. (1912–1999); amerikai kémikus; Nobel-díjas (1951)
- Segrè, Emilio G. (1905–1989); olasz-amerikai fizikus; Nobel-díjas (1959)
- Shechtman,* Dan (1941–); izraeli anyagtudós; Nobel-díjas (2011)
- Shoenberg, David (1911–2004); brit fizikus
- Sigler, Paul B. (1934–2000); amerikai molekulabiológus
- Simon, Franz (Francis) (1893–1956); német-brit fizikus
- Skou,* Jens Chr. (1918–); dán orvosbiológus; Nobel-díjas (1997)
- Smalley, Richard E. (1943–2005); amerikai kémikus és fizikus; Nobel-díjas (1996)
- Smith, Hamilton O. (1931–); amerikai orvosbiológus; Nobel-díjas (1978)
- Smithies, Oliver (1925–); brit-amerikai biológus; Nobel-díjas (2007)
- Stahl, Franklin (1929–); amerikai biológus
- Steitz, Thomas A. (1940–); amerikai biofizikus; Nobel-díjas (2009)
- Stent,* Gunther S. (1924–2008); amerikai molekulabiológus
- Stieglitz, Alfred (1864–1946); amerikai fotográfus; Georgia O’Keeffe férje
- Stieglitz, Julius (1867–1937); amerikai kémikus
- Strassmann, Fritz (1902–1980); német kémikus; az atommaghasadás egyik felfedezője
- Straus, Eugene (1940–2011); amerikai orvosbiológus és író
- Sturkey, Lorenzo; amerikai elektrondiffrakciós szakember
- Sulston,* John E. (1942–); brit biokémikus; Nobel-díjas (2002)
- Syngé, R. L. M. (1914–1994); brit kémikus; Nobel-díjas (1952)
- Szemjonov,* Nyikolaj Ny. (1896–1986); szovjet kémiai fizikus; Nobel-díjas (1956)
- Szilárd, Leó (1898–1964); magyar-amerikai tudós, politikai aktivista
- Sztálin, Jozsif V. (1878–1953); szovjet diktátor
- Sztehlo, Gábor (1909–1974); magyar evangélikus lelkész

- Tamm, Igor J. (1895–1971); szovjet fizikus; Nobel-díjas (1958)
- Tatum, Edward L. (1909–1975); amerikai biokémikus; Nobel-díjas (1958)
- Taube, Henry (1915–2005); kanadai-amerikai kémikus; Nobel-díjas (1983)
- Taylor, Joseph H. (1941–); amerikai asztrofizikus; Nobel-díjas (1993)
- Taylor, Richard E. (1929–); amerikai fizikus; Nobel-díjas (1990)
- Telegdi,* Bálint L. (1922–2006); magyar-amerikai fizikus
- Teller,* Ede (1908–2003); magyar-amerikai fizikus
- Temin, Howard M. (1934–1994); amerikai virológus; Nobel-díjas (1975)
- Tisza, László (1907–2009); magyar-amerikai fizikus
- Tonegawa, Susumu (1939–); japán molekulabiológus; Nobel-díjas (1987)
- Townes,* Charles H. (1915–); amerikai fizikus; Nobel-díjas (1964)
- Tuppy, Hans (1924–); osztrák biokémikus, tudománypolitikus
- Udenfriend, Sidney (1918–2001); amerikai biokémikus
- Ulam, Stanisław (1909–1984); lengyel-amerikai matematikus
- Urey, Harold C. (1893–1981); amerikai kémikus; Nobel-díjas (1934)
- Van Vleck, John H. (1899–1980); amerikai fizikus; Nobel-díjas (1977)
- Varmus,* Harold E. (1939–); amerikai orvosbiológus, kutatásirányító;
Nobel-díjas (1989)
- Varshavsky,* Alex (1946–); orosz-amerikai kémikus és orvosbiológus
- Veltman,* Martinus, J. G. (1931–); holland fizikus; Nobel-díjas (1999)
- Venter, J. Craig (1946–); amerikai biológus és vállalkozó
- Vernon-Jones, V. S.; a cambridge-i Magdalene College vezető tutora
- IV. Vilmos hessen-kasseli tartománygróf (1532–1592); tudomány-
és művészetpártoló
- Warburg, Otto (1883–1970); német orvosbiológus; Nobel-díjas (1931)
- Watson,* James D. (1928–); amerikai biológus; Nobel-díjas (1962)
- Weber, Klaus (1936–); német orvosbiológus
- Weigle, Jean-Jacques (1901–1968); svájci biológus és fizikus
- Weil-Malherbe, H.; német menekült biokémikus Nagy-Britanniában és az
Egyesült Államokban
- Weinberg,* Steven (1933–); amerikai fizikus; Nobel-díjas (1979)
- Weinrich, Marcel; amerikai fizikus
- Weissbach, Herbert; amerikai biokémikus
- Weissmann,* Charles (1931–); svájci-amerikai orvosbiológus
- Weissmann, Julie; Charles Weissmann felesége
- von Weizsäcker, Carl Friedrich (1912–2007); német fizikus és filozófus
- Wellcome, Henry (1853–1936); brit gyógyszerész, filantróp

- Weller, Thomas H. (1915–2005); amerikai virológus; Nobel-díjas (1954)
Westheimer,* Frank H. (1912–2007); amerikai kémikus
Westheimer, Jeanne; Frank Westheimer felesége
Wheeler, Janet; John A. Wheeler felesége
Wheeler,* John A. (1911–2008); amerikai fizikus
Whitehead, A. N. (1861–1947); angol matematikus és filozófus
Wieman, Carl E. (1951–); amerikai fizikus; Nobel-díjas (2001)
Wieschaus, Eric F. (1947–); amerikai molekulabiológus; Nobel-díjas (1995)
Wiesner, Jerome (1915–1994); amerikai oktató, tudománypolitikus
Wigner, Jenő (1902–1995); magyar-amerikai fizikus; Nobel-díjas (1963)
Wilczek,* Frank (1951–); amerikai fizikus; Nobel-díjas (2004)
Wilde, Oscar (1854–1900); ír író és költő
Wilkins, Maurice H. F. (1916–2004); brit biofizikus; Nobel-díjas (1962)
Wilson, E. Bright (1908–1992); amerikai fizikai kémikus
Wilson, Edward O. (1929–); amerikai biológus és író
Wilson,* Kenneth G. (1936–2013); amerikai fizikus; Nobel-díjas (1982)
Wittig, Georg (1897–1987); német kémikus; Nobel-díjas (1979)
Wittmann, H. G.; német molekulabiológus
Wolfrum, Jürgen (1939–); német fizikai kémikus
Wollman, Élie (1917–2008); francia biológus
Woodward, Robert B. (1917–1979); amerikai kémikus; Nobel-díjas (1965)
Wooley, Wayne; amerikai kémikus
Wu, Chien-Shiung (1912–1997); kínai-amerikai fizikus
- Yalow, Aaron (1920–1992); amerikai fizikus; Rosalyn Yalow férje
Yalow,* Rosalyn S. (1921–2011); amerikai fizikus; Nobel-díjas (1977)
Yang, Chen Ning (1922–); kínai-amerikai fizikus; Nobel-díjas (1957)
Yeats, W. B. (1865–1939); ír költő; Nobel-díjas (1923)
Yonath,* Ada (1939–); izraeli biológus; Nobel-díjas (2009)
- Zare,* Richard (1939–); amerikai kémikus
Zeldovics, Jakov B. (1914–1987); szovjet fizikus
Zewail,* Ahmed (1946–); egyiptomi-amerikai kémikus; Nobel-díjas (1999)

Név- és tárgymutató

Csillaggal jelöltük azoknak a tudósoknak a nevét, akiknek interjúiból részletek olvashatók a könyvben.

- Aarhusi Egyetem, 332
Abelson, Philip H., 165
Abraham Lincoln Középiskola, 174
Abrikoszov, Alekszej, A., 45
Academic Assistance Council, 52
A diszkontinuitás kora (Drucker, *The Age of Discontinuity*), 125
Aerosol Age (folyóirat), 212
A fajok eredete (Darwin, *The Origin of Species*), 189
Aguet, Michel, 351
agy
 és memória, 219, 253
 és Parkinson-kór, 260–263, 279–282
 és tudat, 81, 82, 263
 kutatás, 263, 271, 289
 működés, 36, 267, 347
 modell, 263
Agykutató Intézet (Bécs), 279
Ahmatova, Anna, 345
A kémiai kötés természete (Pauling, *The Nature of the Chemical Bond*), 200
A kettős spirál (Watson, *The Double Helix*), 346–347
A közös szál (Sulston és Ferry, *The Common Thread*), 339
akusztikus zaj, 305–306
alapkutatás, 55, 72, 212, 220–221, 263, 334
Alekszandrov, Anatolij P., 16
Alexandriai Egyetem, 238
Alfjorov,* Zsoresz I., 15
állhatatosság, 306
Allied Chemicals, 201
alfa-hélix modell, 326, 328
Alpher, Ralph, 84, 96, 98
Alzheimer-kór, 150, 271
A második eljövétel (Yeats, *The second coming*), 299
Amerikai Kémiai Társaság (ACS, American Chemical Society), 100, 164
Amerikai Nemzeti Tudományos Akadémia (NAS, National Academy of Sciences, USA), 32, 90, 98, 132, 170, 172, 226, 252, 307
A mezőgazdaság tudománya. Hosszú távú kilátások (Huffman és Evenson, *Science for Agriculture. A Long-Term Perspective*), 125
a mindenség elmélete, 60
Amherst College, 340
Aminoff-díj, 170
a nagy egyesítés elmélete, 60
Anderson,* Philip W., 18
anglikán egyház, 87
Ann, hercegnő, 206
Antarktisz, 233, 235
antibiotikum, 155, 219, 232, 251
antikommunista, 105–107
antiszemizmus, 106, 175, 266
antitest, 219, 272, 312
A penicillin kémiaja (*The Chemistry of Penicillin*), 139
Apprentice to Genius (Kanigel, *A zseni inasa*), 261
Arber,* Werner, 243
Arisztotelész, 119, 335
Arkhimédész, 91
asilomari konferenciák, 244, 252
A speciális és általános relativitás (Einstein, *Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie*), 38
Astbury, William T., 326–328

- a személyiség szerepe a kutatásban, 322
aszimmetria; *lásd* szimmetria
Asztrobiológiai Intézet (a NASA
intézete), 256
asztrofizika, 20, 98, 113, 115
atombomba, 18, 118–119, 177, 202
atomóra, 93
A tökéletlenség dicsérete (Levi-Montalcini,
Elogio dell'imperfezione), 298
A tudományok története (Mason, *A History
of Science*), 188
Aucklandi Egyetem, 29
Auschwitz, 276–278
Ausztrál Nemzeti Egyetem, 77
autoimmun reakció, 271–272
Avery, Oswald T., 157, 296, 307–308,
350
Ax, Emanuel, 290
Axelrod, Julius (Julie), 262
Az élet himnusza (Levi-Montalcini,
Cantico di una vita), 298
Az idegnövekedési faktor története (Levi-
Montalcini, *The Saga of the Nerve
Growth Factor*), 299
Az új eljövétel (Levi-Montalcini) 299
- Bacon, Francis, 189
baktérium, bakteriológia, 148, 230–232,
250–252, 284, 287, 295, 329, 337,
351
Baltimore,* David, 246
Banting, Frederick G., 273
Bárány, Anders, 24
Bastiansen, Otto, 198
Baszov, Nyikolaj G., 108
Baylen, Sarah, 130
Bázei Egyetem, 243
bázisok – a DNS-ben, 132–133, 297
Beadle, George W., 297
Bécsi Egyetem, 132
Békésy, György, 196
Bell Burnell,* Jocelyn, 21, 59
Bell Laboratóriumok, 18, 84, 108
Ben Gurion, David, 266
Benzer,* Seymour, 249
Berg,* Paul, 251
Berlini Egyetem, 51–52
berlini kollokviumok (Physik Kolloquia),
51
Bernard, Claude, 271
Berson, Solomon, 353, 355
betegségek,
agy rendellenességek, 82
Alzheimer-kór, 150, 271
Creutzfeldt–Jakob-kór, 270–271
Down-kór, 302
fertőző, 219, 255, 270, 330
gyulladás, 150, 271–272
himlő, 330
idegrendszer, 219, 270
kuru, 37, 270, 351–352
pajzsmirigy-túlműködés, 308
Parkinson-kór, 282
prion, 349–350
rák, 150, 338, 340–341
surlókór, 270
szarvasmarhák szivacsos
agyvelőgyulladása, 270
szív- és érrendszeri, 150
Viliusk encephalomyelitis, 37
Bethe, Hans, 44
Bevezetés a tudományos kutatásba (Wilson,
An Introduction to Scientific Research),
123, 126
Big Bang modell, 84, 110
biológiai evolúció, 158, 244–245
biológiai fegyver, 310
biológiai veszély, 36, 251
bioszféra, 144
Birkbeck College, 286
Birminghami Egyetem, 321
Bishop, J. Michael, 339
bizonytalanság, 110, 347
Blaschko, Hermann, 279–280
Blumberg,* Baruch S., 255, 270
Bohr, Niels, 117–119, 224
Bose–Einstein-kondenzáció, 63–65
Bostoni Gyermekkörház, 329
Bragg, W. Lawrence, 207, 326, 328
Brahe, Tycho, 188–189
Bréchnignac,* Catherine, 25
Breit, Gregory, 53–54, 117–118
Brenner,* Sydney, 257, 269, 336
Brockway, Lawrence, 170

- Brodie, Bernard B., 260–262
 Bronxi Veterán Egészségügyi Központ, 354–355
 Brookhaveni Nemzeti Laboratórium, 51, 355
 Brooklyn College, 249
 Brown,* Herbert C., 129, 196
 Brownlee, George, 217
 buborékkamra, 48, 50
 Buckingham-palota, 206
 buckminsterfullerén, 162, 198
 Budapesti Műszaki Egyetem, 106, 194
 Burnet, Frank Macfarlane, 271–272, 330
 Burroughs, Silas M., 154
 Burroughs Wellcome, 153–154
 Büeler, Hansruedi, 351
- Cabot Lodge, Henry, Jr., 309, 311
 Cairns, John F., 291
 Calne, Roy Y., 154
 Caltech (Kaliforniai Műszaki Egyetem)
 Baltimore, 246
 Benzer, 249
 Gajdusek, 270
 Garwin, 42
 Glaser, 48
 Koch, 269
 Lewis, 301
 Lipscomb, 185
 Mandelbrot, 69
 Meselson, 309
 Mössbauer, 72
 Panofsky, 79
 Pauling, 309
 Poltzer, 120
 Pritchard, 90
 Stent, 335
 Telegdi, 102
 Townes, 108
 Varshavsky, 343
 Wilson (K. G.), 123
 Zewail, 237
 Cambridge-i Egyetem
 Anderson, 18
 Bell Burnell, 21
 Brenner, 257
 Chibnall, 214
 Crick, 267
 Dirac, 204
 Dyson, 35
 Gilbert, 274
 Goldhaber, 52
 Hewish, 57
 Klug, 286
 Mason, 188
 Milstein, 312
 Norris, 206
 Oliphant, 77
 Penrose, 81
 Peutz, 326
 Polkinghorne, 87
 Pople, 203
 Ramsey, 93
 Rutherford, 52
 Sanger, 214
 Sulston, 337
 Watson, 346
 Cantor *dilemmája* (Djerassi, *Cantor's Dilemma*), 151
 Capecchi, Mario, 351
 Cape Town-i Egyetem, 286
 Carlsson,* Arvid, 260, 279
 Carnegie Intézet, 96
 Carnegie-Mellon Egyetem, 203–204
 Carter, Jimmy, 80
 Case Műszaki Egyetem, 48, 293
 Case Western Egyetem, 329
 Cavendish Laboratórium, 51–53, 368
 Celera (vállalat), 338
 CERN, 102, 112–113
 Chadwick, James, 53
 Chain, Boris, 139
 Chandrasekhar, Subrahmanyan, 53
 Chargaff,* Erwin, 132, 295, 297
 Cheronis, Nicholas D., 130
 Chicagói Egyetem
 Brown, 129
 Dresselhaus, 32
 Fermi, 38
 Freund, 121
 Friedman, 38
 Garwin, 42
 Hutchins, 131
 Karle (I.), 170

- Karle (J.), 173
 Lee (Y. T.), 179
 Rowland, 211
 Stieglitz, 131
 Telegdi, 102
 Varshavsky, 342
 Watson, 345
 Westheimer, 226
 Wilczek, 120
 Chibnall, Albert C., 214
 Churchill, Winston, 46
 Ciba Pharmaceutical, 149, 209
 Ciechanover,* Aaron, 264
 ciklotron, 39, 48
 tisztás fibrózis 347
Citation Index, 174
 civilizáció, 61, 160, 177, 271
 Clarendon Laboratórium, 66
 Clemett, Simon, 233
 Clinton, William (Bill) J., 80
 CNRS (Centre national de la recherche scientifique, Francia Országos Tudományos Kutatási Központ), 25, 28
 Cohen, Stanley, 298
 Cohn,* Mildred, 135
 Cold Spring Harbor-i Laboratórium (CSHL), 345, 348
 Colegio Nacional (Bahía Blanca), 312
 Collège de France, 182
 Coloradói Egyetem, 233
 Columbia Egyetem
 Blumberg, 266
 Chargaff, 132
 Cohn, 135
 Gajdusek, 271
 Glaser, 48
 Hammett, 136, 227
 Heidelberg, 271
 Hoffmann, 167
 Kornberg (T.), 290
 Lederberg, 295
 Penzias, 84
 Pollister, 206
 Rabi, 93, 118, 136
 Ramsey, 93
 Ryan, 297
 Townes, 108
 Urey, 135
 Varmus, 339
 Weinberg, 114
 Westheimer, 226
 Zare, 133
 Conant, James B., 226
 Conway,* John H., 29
 Cooper Union College, 354
 Cormack, Alan M., 288
 Cornell Egyetem, 32, 35, 96, 114, 123, 135, 167, 310
 Cornell, Eric A., 63, 65
 Cornforth,* John W., 138
 Cotton, F. Albert, 230
 Cotzias, George, 281
 Coulomb-kölcsönhatások, 26–27
 Courant Intézet, 186
 Cram,* Donald J., 141, 182
 Crane Junior College, 130
 Creutzfeldt–Jacob-kór, 271
 Crick,* Francis
 a kettős hélix felfedezése, 267
 bírálat, 125, 133
 és Watson, 267
 nagysága, 219
 önéletrajza, 267
 riboszómák sikertelen kristályosítása, tanítványai és munkatársai, 269
 Tokióban, 177
 véleménye az élet befejezésének jogáról, 268
 véleménye az idős emberek gyógykezeléséről, 268
 Crick, Odile, 268
 Cronin, Alexander, 92
 Crutzen,* Paul J., 144, 211
 cukorbetegség, 191, 263, 273, 281–282
 Curl, Robert F., 199

 Csang, Kaj-sek, 179
 csillagászat, 23, 57, 109, 188
 csillagközi molekulák, 85
 Csirkov, Nyikolaj M., 225

 Dalton, John, 189
 Darwin, Charles, 125, 158, 189
 Davy, Humphry, 207

- Dawson, Joan M., 293
 Degkwitz, R., 280
 Deguchi, Takeo, 316
 Deisenhofer,* Johann, 146
 Delbrück, Max, 249–250, 335
 Dél-kaliforniai Egyetem, 194
 Dirac, Paul A. M., 53, 125, 204
 Djerassi,* Carl, 149
 DNS
 bázisok ekvivalenciája, 132
 funkció, 142
 javítás, 291
 kémia, 297
 kettőződés, 309
 mint természetes vegyület, 157
 polimeráz, 291
 rekombináns technológia, 219, 247, 251
 szekvenálás, 148, 216
 szerkezet, 98, 219, 347
 szervezetre jellemző, 132–135
 Doctorow, E. L., 343
 dohánymozaik-vírus (TMV, tobacco mosaic virus), 287, 289
 dohányzás, 255–256
 Doktor DNS (Hargittai), 346
 dopa, L-dopa, dopamin, 260–263, 279–282
 Dresselhaus,* Mildred S., 32
 Drucker, Peter, 125
 Duke Egyetem, 108, 133
 Dulbecco, Renato, 246, 250, 299
 DuPont (vállalat), 212
 Dyson,* Freeman J., 35, 309
 École Normale, 25
 École Polytechnique, 69
 EDRF (endotéliumból származó relaxációs faktor), 315
 egyház, 76, 85, 87, 188–189, 264, 371
 Eigen, Manfred, 206
 Einstein, Albert, 38, 52, 103, 109, 117, 124–126, 343
 Eisenhower, Dwight D., 80
 elektromágnesség, 32, 306
 elektronmikroszkópia, 287
 elemek eredete, 164
 elemi részecskék, 49, 51, 74, 87, 114
 élet a Marson, 236
 élet eredete, 218, 336
 életrajz, önéletrajz, 52, 105, 298, 335, 344, 374
 Elion,* Gertrude B., 153
 ellentmondás, 82, 88, 105, 194–196
 Elméleti Fizikai Intézet (Utrecht), 60
 Elméleti Kémiai Intézet (Kiotó), 159
 előrejelzés, tudomány(területek) várható trendjei
 Anderson, 20
 Crutzen, 145
 Dyson, 36
 Fukui, 160
 't Hooft, 61
 Lehn, 183
 Levi-Montalcini, 299
 Moncada, 316
 Oláh, 195
 Seaborg, 218
 Stent, 335
 Szemjonov, 223
 Varmus, 342
 Varshavsky, 345
 Watson, 348
 El Salvador-i Egyetem, 315
 Elson, D., 231
 első világháború, 51, 68, 317
 embrionális fejlődés, 323, 335, 351
 Enders, John F., 329–330
 endotéliumból származó relaxációs faktor; lásd EDRF
 ENSZ, 211, 213, 266
 enzim, 142, 218, 227, 243, 283–284, 291, 297, 332
 Ernst, Richard, 180, 293
 erős kölcsönhatás, 55, 120–121
 Eschenmoser,* Albert, 156
 esztétikai érték, 121
 ETH (Svájci Szövetségi Műszaki Főiskola, Zürich), 102, 156, 208, 243
 etikai megfontolások, 302
 Evenson, Robert E., 125
 fág; lásd baktérium
 Fairlie, David B., 74

- Faraday, Michael, 207, 259
 fegyverek, 16, 79, 202, 309–310, 332
 fegyverzetkorlátozás, 202, 309
 fehérje
 funkció, 288
 kémia, 214
 krisztallográfia, 229–230, 374
 membrán, 146
 szekvenálás, 214, 216
 szerkezet, 148
 szintézis, 191
 fejlődésbiológia, 291
 Fejnberg, Jevgenij L., 46
 felfedezés
 aszimptotikus szabadság, erős
 kölcsonhatásban 120
 asztrofizikai, 113
 bázisos ekvivalenciája, DNS-ben, 133
 biológiai szintézis, nukleinsavak, 290
 buckminsterfullerén, 162, 198
 DNS mint genetikai anyag, 295
 elemek és izotópok, 164, 218
 fehérjeszerkezet, 326
 fogamzásgátló tablettá, 149
 fotoszintézis-reakcióközpont
 szerkezete 146
 genetikai szabályozás, embrionális
 fejlődés során, 301, 323
 genetikai szabályozás, szervfejlődés
 esetén, 257
 hélium-3, 77
 hepatitisz B vírus, 330
 idegnövekedési faktor, 298
 inzulin, 214–216, 262, 273, 281, 358
 kémiai reakciók 159, 167, 206
 kettős hélix, 267, 345
 kovalens kötés, 187
 kvázikristály, 99
 L-dopa-kezelés, 279
 mágneses rezonancia képalkotás, 293,
 304
 matematikai, 29–31
 megoszlásos kromatográfia, 215
 mellrákgének, 338
 mikrohullámú kozmikus
 háttérsugárzás, 84
 monoklonális antitestek, 312
 Mössbauer-effektus, 72
 nitrogén-monoxid, 315
 ózonréteg kiürülése, 211
 őszi plutónium, 165
 pulzár, 21
 radioimmun-analitika (RIA), 353
 retrovirális onkogének sejtes eredete,
 339
 röntgensugarak, 43
 sötét anyag, 96
 szerotonin-kiürülés, 261
 szuperszimmetria, 114
 trícium, 77
 ubikvitin közvetítésével lejátszódó
 fehérjebontás, 264, 276, 342
 Újvilág, 190
 félvezető, 15
 femtoszekundumos spektroszkópia, 237
 Fermi, Enrico, 38–40, 51, 53, 104
 Ferry, Georgina, 338
 Feynman, Richard, 112, 117, 124
 filozófia, 103, 131, 334–335
 Fisher, Michael E., 123
 Fizikai Problémák Intézete (Moszkva),
 16
 Fleming, Alexander, 139
 Florey, Howard W., 139
 fogamzásgátló 149–150
 fosszilis üzemanyag, 145
 Fothergill, Leroy D., 310
 fotoszintézis, 146–147
 Fowler, Ralph H., 53
 Fox Chase Rákközpont, 255, 264, 276
 Föld, 23, 30, 73, 145, 160, 165, 235,
 256
 Földön kívüli civilizáció, 22, 61–62, 235
 Fraenkel, George K., 168
 fraktál, 69–71
 Francia Országos Tudományos Kutatási
 Központ; lásd CNRS
 Francis Crick Intézet (Nagy-Britannia),
 321
 Franklin, Rosalind, 287, 289, 346
 Freund, Peter, 121
 Friedman, * Jerome I., 38
 II. Frigyes, 188
 Frost, Robert, 344

- Fukui,* Kenichi, 159, 167
 fullerén, 163
 Furman Egyetem, 108
- Gajdusek,* D. Carleton, 37, 255, 270, 352–353
 galaxis, 57–58, 62, 96–97, 165
 Galics, Alekszandr, 45
 Galilei, Galileo, 85, 116, 189
 GALLEX (Gallium-kísérlet), 72
 Galpern,* Jelena, 162, 163, 199
 Gamow, George, 84, 96–98, 118
 Garwin,* Richard L., 40, 42
 gazdasági világválság, 106
 Gell-Mann, Murray, 74, 104, 112, 123
 General Electric, 305
 gének és viselkedés, 249, 253
 genetika és intelligencia, 253, 302, 320
 genetikai hiba, 218–219, 245
 genetikai kód, 218, 231, 267
 génkifejeződés, 350
 génmódosítás, 36, 243–244, 252, 302
 génmódosított élelmiszer, 243–244
 Genf, 50, 102, 243
 Genfi Egyetem, 243
 genom, 219, 244, 275, 284, 338–339, 342
 génterápia, 219
 George Washington Egyetem, 96, 118
 Georgetowni Egyetem, 96
 Gilbert,* Walter, 187, 218, 274, 318, 320
 Gilcrease, F. Wellington, 175
 Ginzburg,* Vitalij L., 45
 Glaser,* Donald A., 48
 Glashow, Sheldon L., 114
 Glaxo Wellcome, 153
 Goepfert Mayer, Maria, 39
 Goldhaber,* Maurice, 51, 355
 Gödel-tétel, 30
 Göring, Hermann, 190
 Göteborgi Egyetem, 260
 Gränichen, 243
 Greengard, Paul, 260
 Greytak, Thomas, 64–65
 Gross,* David, 55, 120–121
 Gruss, Peter, 351
 Guggenheim Alapítvány, 119
 gyenge kölcsönhatás, 40, 60, 72, 94, 102, 112, 121, 182–183
 gyermekbénulás elleni vakcina, 155, 329
Gyilkos tudomány (Müller-Hill, *Tödliche Wissenschaft*), 318
 gyógyszer, 150, 153, 155, 219, 261, 281, 342
 gyógyszerkutatás, 153
 gyógyszergyártó, 149–150, 338
 gyorsítók, 50
- Haber, Fritz, 67
 háborús bűnök, 181
 Haditengerészeti Kutatólaboratórium (NRL, Naval Research Laboratory), 18, 170, 173
 Hadlow, William J., 353
 hadronütköztető, 115
 Hahn, Otto, 52, 165
 Halford, Ralph S., 168
 Hamaroff, Stewart, 82
 Hamburger, Viktor, 299
 Hammett, Louis P., 136, 227
 Hariton, Julij, 16, 223
 Hartwell, Leland H., 321
 Harvard Egyetem
 Anderson, 18
 Conant, 226
 Cram, 141
 Dresselhaus, 32
 Enders, 330
 Gajdusek, 270
 Gilbert, 274
 Hoffmann, 167
 Karle (J.), 173
 Kissinger, 310
 Lee (Y. T.), 179
 Lipscomb, 185
 Meselson, 309
 Müller-Hill, 318
 Pritchard, 90
 Ramsey, 93
 Robbins, 329
 Watson, 346
 Weinberg, 114
 Weller, 330
 Westheimer, 226

- Wilson (K. G.), 123
 Yonath, 229
 Zare, 233
- Héber Egyetem, 55, 264, 276
 Heidelberger, Michael, 271
 Heilbron, Ian, 209
 Heisenberg, Werner, 53, 106, 125
 hélium, 73, 77
 hepatitisz, 330, 376
 Herman, Helen, 98
 Herman, Robert, 85, 96, 98,
 Herschbach, Dudley R., 179, 201
 Hershey–Chase-kísérlet, 296
 Hershko,* Avram, 264, 276, 342
 Hertz, Gustav L., 67
 heteroszterkezet, 15
 Hewish,* Antony, 21, 57
 hidrogénbomba, 18, 42–44, 79, 105,
 117, 119
 Higgs-részecske, 74
 Hilbert, David, 343
 hírnév, 99, 207, 249
 Hiroshima, 44
 Hitchings, George H., 153–154
 Hitler, Adolf, 45, 67, 136, 186, 311,
 346
 Hochstrasser, Robin M., 237–238
 Hoffman,* Darleane C., 164
 Hoffmann,* Roald, 159, 167, 169
 Hofstadter, Robert, 41
 Holley, Robert W., 217
 Hold, 61, 85
 holokauszt, 266, 276, 278
 Hoof,* Gerardus 't, 60, 112–113
 Hopkins, Nancy, 348
 Hornykiewicz,* Oleh, 279
 Horvitz, H. Robert, 257, 336
 Hounsfield, Godfrey N., 288
 Hoyle, Fred, 110
 Hubble, Edwin P., 109
 Huber, Robert, 146
 Huffman, Wallace E., 125
 Hulse, Russell A., 24
 Hunt, R. Timothy, 321
 Hunter College, 32, 135, 153, 353–354
 Hutchins, Robert M., 131
- IBM, 42, 69
 idegrendszer, 219, 260–261, 270, 279,
 289, 299
 Illinoisi Egyetem (Urbana), 51, 354
 ima, 110, 265
 Imperial College (London), 206–207
 immunkémia, 307
 immunológia, 272
 Indianai Egyetem, 345
Innováció és vállalkozás (Drucker,
Innovation and Entrepreneurship), 125
 Institute for Advanced Study
 (Princeton), 35
 intelligencia, 115, 251, 253, 302–303,
 320, 346
 interferon, 349
 intermolekuláris kölcsönhatás, 197
 intuíció, 19, 89, 108, 114–115, 160, 309
 inzulin, 214–216, 262, 273, 281, 357
 Iowai Állami Egyetem, 164
 Isten, 47, 77–78, 89, 110, 156, 243, 265
 izomorf helyettesítés, 326
- Jacob,* François, 177, 283
 játék, 29, 31, 49, 85, 97, 185, 272, 284
 jelátvitel, 279
 Jerne, Niels K., 312
 jezsuiták, 189
 Joffe, Abram F., 15–17, 224–225
 Joffe-intézet (Szentpétervár), 15–17,
 225
 Jogot az Életnek mozgalom, 347
 John, Fritz, 186
 Johns Hopkins Alkalmazott Fizikai
 Laboratórium (JPL), 96
 Johns Hopkins Egyetem, 117, 307
 Johnson & Johnson (vállalat), 305
 Johnson, Lyndon B., 80, 311
 Joint Institute for Laboratory of
 Astrophysics (JILA), 233–234
 jom kippur, 265
 judaizmus, 264
 Jupiter, 62
- Kadanoff, Leo, 123
 Kalckar, Fritz, 118
 Kalckar, Herman, 335

- Kaliforniai Egyetem
 Berkeley, 48, 55, 108, 114, 179, 218
 Irvine, 211,
 Los Angeles, 141, 191
 San Francisco, 276, 291, 340
 Santa Barbara, 55, 120
- Kaliforniai Műszaki Egyetem; *lásd*
 Caltech
- Kandel, Eric R., 260
- Kapica, Pjotr L., 16
- Kansas Egyetem, 211
- karbokation-kémia, 194–197
- Karle,* Isabella L., 170
- Karle,* Jerome, 170, 173, 180
- Karolinska Intézet, 264
- Károly, walesi herceg, 348
- katalízis, 136, 143, 227
- katolikus egyház, 85, 188
- Keats, John, 344
- Kelet-angliai Egyetem, 321
- Kellogg Alapítvány, 317
- Kémiai evolúció* (Mason, *Chemical Evolution*), 188
- Kémiai Fizikai Intézet (Leningrád), 223
- kémiai reakció, 159, 167, 197, 206, 237
- kémiai szerkezet, 198, 200
- kemoterápia, 219
- Kendall, Henry W., 38
- Kendrew, John C., 326–327
- Kennedy, John F., 80
- Kentucky Egyetem, 185
- Kepler, Johannes, 85, 116, 123–124, 188–189
- két kultúra, 149, 152
- Ketterle,* Wolfgang, 63, 90–91
- kettős hélix, 98, 124, 133, 267, 346
- KGB, 212
- Khorana, Har Gobind, 296
- Kilby, Jack S., 15
- King, Martin Luther, 37
- King's College (Cambridge), 87, 257
- King's College (London), 176, 178, 188
- Kiotói Császári Egyetem, 159
- Kirkwood, John G., 270
- kísérleti atomrobbantás, 105, 202
- Kissinger, Henry A., 75, 310
- kíváncsiság, 97, 317, 343, 345
- klasszikusok, 275
- klausztrófóbiás hatás, 305
- Kleppner, Daniel, 64–65, 92
- klónozás, 219, 275, 312, 350
- klór-fluor-szénhidrogének (CFC), 145, 211
- Klug,* Aaron, 231, 269, 286, 327
- Koestler, Arthur, 105, 107
- Kohler, Elmer Peter, 226–227, 312
- Kohn, Walter, 203
- Kolumbusz, Kristóf, 190
- kombinatorikus kémia, 156, 158, 342
- kommunizmus, 106, 180
- komplementaritás, 249
- komplexitás, 20
- Kondratyev, Viktor, 223
- Konopka, Ronald J., 250, 364
- Kopernikusz, Nikolausz, 116, 125
- Koppenhágai Egyetem, 332, 335
- Kornberg,* Arthur, 290
- Kornberg, Roger D., 290
- kozmikus sugárzás, 48, 85
- kozmológia, 20, 85, 98, 109, 117, 271
- ködkamra, 49
- Köhler, Georges J. F., 312
- Kölni Egyetem, 318
- költészet, 168, 345
- környezetvédelem, 144–145
- kreativitás, 125, 262, 322
- krisztallográfia
 fehérjekrisztallográfia, 229–230
 klasszikus, 99, 199
 kristályszerkezet, 173–174, 199–200, 208
 kristallográfiai elektronmikroszkópia, 286
 kvázikristályok, 99–101, 198–200
 riboszómaszerkezet, 230–231
- kromatográfia, 215–217
- Kroemer, Herbert, 15
- kromoszóma, 258, 284, 301–302
- Kroto, Harold W., 199
- Kuhn, Thomas S., 260
- kultúra
 amerikai, 239
 a tudomány mint a kultúra része, 152, 221, 348

- japán, 178
két kultúra, 149, 152
közel-keleti, 238
kőkorszaki, 270–271
megőrzése, 347
tudósoké, 151
zsidó, 264, 317
Kunsthauz (Zürich), 209–210
Kuomintang (KMT), 181
Kurcsatov, Igor V., 16
Kuria, Ivan, 208
Kuroda,* Reiko, 176
kuru, 37, 270, 351–352, 360
Kürti,* Miklós, 66
kvantumelmélet, 30
kvark, 38, 60, 88
kvazár, 21
kvázikristály, 99–101, 198–200
- lac* represszor, 318–320
Lancet, 352
láncreakció, 223
Landau, Lev D., 16, 45, 106, 121
Langevin, Paul, 66
Lauder Javne Iskola (Budapest), 264
Laue, Max von, 52, 67
Laue–Langevin Intézet (Grenoble), 72
Lauterbur,* Paul C., 293, 304
Lawrence Berkeley Nemzeti
Laboratórium, 164
Lawrence Livermore Nemzeti
Laboratórium, 164, 218
Lebegyev-intézet (Moszkva), 16–17, 45
Lederberg,* Joshua, 295
Lee, Ho Wang, 272
Lee, Pyong Wuo, 272
Lee, Tsung-Dao, 40, 94
Lee,* Yuan Tseh, 179, 201
Leggett, Anthony J., 45
Lehn,* Jean-Marie, 141, 182
Lenin, Vlagyimir I., 16, 45, 224
Lennard-Jones, John E., 204
leszerelés, 79
Levene, Phoebus A., 297
Levi, Giuseppe, 299
Levi, Primo, 300
Levi-Montalcini,* Rita, 298
- Lewis,* Edward B., 301, 323
Lewis, Gilbert N., 187, 218
lézer, 63–65, 108
Lindemann, Frederick A., 68
Lipscomb,* William N., 167, 185, 187,
230
Liszenko, Trofim Gy., 190, 301–302
London-egyenlet, 47
Londoni Egyetem, 74, 81, 188, 286,
304, 315
Los Alamos-i Nemzeti Laboratórium
(LANL, Los Alamos National
Laboratory), 42, 164
Lowell Obszervatórium, 97
LSD, 261
Lukeš, Rudolf, 208
Lundi Egyetem, 260
Luria, Salvador, 249, 299, 345
Lwoff, André, 283
- Ma, Yo-yo, 290
MacLeod, Colin M., 307
mágneses magrezonancia; *lásd* NMR
mágneses rezonancia, 12, 93, 293
mágneses rezonancia képalkotás; *lásd*
MRI
makacsság, 306
makromolekula, 176, 218
Manchesteri Egyetem, 201
Mandelbrot,* Benoit B., 69
Manhattan-terv, 53–54, 77, 105, 117–
119, 170, 173, 177
Mansfield,* Peter, 293, 304
Marshall, John, 40
Mars – története, 233–236
Martin, A. J. P., 215–216
marxizmus-leninizmus, 301
második világháború, 18, 69, 77, 93,
102, 167, 171, 176–177, 179, 181,
190, 211, 226, 267, 283
Mason,* Stephen, 176, 188
Massachusettsi Műszaki Egyetem; *lásd*
MIT
Max Planck Intézetek, 72, 144, 146, 230
Max Planck Társaság, 324
Max von Laue Paul Langevin Intézet
(Grenoble), 72

- Maxwell-egyenletek, 168
 McCarty,* Maclyn, 296, 307
 McMillan, Edwin M., 165, 218
 Meitner, Lise, 52
 Mellon Intézet, 229
 membránfehérje, 146
 Memorial Sloan–Kettering Rákközpont (MSKCC), 340
 Mengyelejev, Dmitrij I., 60
 mértékelmélet, 121
 Merrifield,* Bruce, 191
 Meselson,* Matthew, 309
 Meteorológiai Világszervezet (WMO, World Meteorological Organization), 211, 213
 mézer, 93, 108
Mi az élet? (Schrödinger, *What Is Life?*), 258–259
 Michel, Hartmut, 146
 Michigani Egyetem, 48, 112, 170–171, 173, 175
 mielóma, 272
 Mike kísérleti atomrobbantás, 42, 44
 mikrohullámú háttérsugárzás, 84–85
 Milstein,* César, 180, 312, 327
Minden egybecseng (Wilson, *Consilience*), 20
 Minnesotai Egyetem, 301
 mintázat, 50, 60, 97, 231, 258, 271
 Mirsky, Alfred E., 295–296
 Missouri Egyetem, 329
 MIT (Massachusettsi Műszaki Egyetem)
 Baltimore, 246
 Cotton, 230
 Dresselhaus, 32
 Friedman, 38
 Glaser, 48
 Hopkins, 349
 Ketterle, 63
 Pritchard, 90
 Ramsey, 93
 Rich, 208
 Townes, 108
 Varshavsky, 343
 Weinberg, 114
 Wilczek, 120
 Zare, 233
- modellek
 agy, 282
 alfa-hélix, 326
 atommag, 27
 Big Bang (ősrobbanás), 84, 110
 cseppmodell (atommag), 119
 DNS kettős hélix, 98
 független részecske, 119
 héjmodell, 39
 Higgs-részecske, 74
 ikerkristály, 101
 kettőződés, 249, 309
 kvark, 38
 kvázikristály, 99
 maghasadás, 117
 molekulaszerkezet, 327
 önreprodukáló gépek, 258
 Standard Modell, 60–61, 88, 121
 sugárzásos berobbanás, 42–44
 transzfer RNS, 208, 216–217, 231, 257
 szénvegyület, 162
 vírus, 286
- molekulabiológia, 35, 48, 55, 97, 218–219, 249, 267, 274, 283, 335, 341–342
 Molekulabiológiai Intézet (Moszkva), 343
 molekulagenetika, 271
 molekulásugár, 94
 molekulaszerkezet, 200
 Molina, Mario J., 144, 211–212
 Moncada,* Salvador, 315
 Monod, Jacques, 283–284
 monoklonális antitest, 219, 312
 Montréali jegyzőkönyv, 211
 Mott, Nevill F., 18
 Mount Sinai orvosi kar, 356
 MRC (Medical Research Council, Orvosi Kutatási Tanács), 267, 286, 289, 321, 326–327, 337, 350
 MRI, 293, 304–305
 Moszkvai Állami Egyetem, 198, 343
 Mössbauer,* Rudolf, 72
 Mössbauer-effektus (Mössbauer-spektroszkópia), 72
 III. Murád, 189

- Murray, Joseph, 74–75, 123, 154
 Mussolini, Benito, 300
 mutáció, 250, 253–254
 Müller-Hill,* Benno, 318
 Münchener Műszaki Egyetem, 72
 műionbomlás, 40
 Myriad Genetics (vállalat), 338
- nácik, náci Németország, 52, 54, 66, 79,
 106, 133, 149, 167, 194, 201, 318,
 334
 Nagaszaki, 44, 118
 Nagy Károly, 189
 Nanking, 18
 nanométer, 27
 napenergia, 220
 Naprendszer, 61–62, 116, 165
 NASA, 213, 233–235, 256, 271
 Nathans, Daniel, 243
 National Gallery (London), 209–210
 National Youth Administration, 136
 Nebraskai Egyetem (Lincoln), 141
 Ne’eman,* Yuval, 74
 Nemzeti Egészségügyi Intézetek (NIH,
 National Institutes of Health), 260,
 270, 290, 338–339
 Nemzeti Kutatási Tanács (NRC,
 National Research Council, Egyesült
 Államok), 226
 Nemzeti Szabványügyi és Technológiai
 Intézet (NIST, National Institute of
 Standards and Technology, korábban
 National Bureau of Standards,
 Egyesült Államok), 92
 Nemzeti Rákintézet (National Cancer
 Institute, Egyesült Államok), 339
 Nemzeti Tajvani Egyetem, 179
 nemzetközi együttműködés, 16, 72
 Nemzetközi Űrállomás 256
 neptúnium, 165
 Nernst, Walther H., 52, 67
 Neuberger, Albert,
 Neumann, János, 43, 258
 neurológia, 263
Neurospora, 297
 neutrínó, 72–73, 114
 neutroncsillag, 22–23, 58
- New York-i Állami Egyetem, 293
 New York-i City College rendszer, 84,
 174, 290, 354
 New York-i Egyetem, 117, 153, 349
 Newton, Isaac, 56, 116, 124–126, 204
 Newton-törvények, 124
 NIH; *lásd* Nemzeti Egészségügyi
 Intézetek
 Nirenberg, Marshall W., 180
 NIST; *lásd* Nemzeti Szabványügyi és
 Technológiai Intézet
 nitrogén-monoxid (NO), 315–316
 Nixon, Richard M., 310
 NMR (mágneses magrezonancia), 94,
 293–294, 305
 Nobel-díj
 a Joffe-iskola fizikusai, 16
 a politika és a díj, 211, 213, 316
 a tudománytörténet újairása, 315
 Avery mellőzése, 307
 Bell Burnell mellőzése, 21
 Brodie mellőzése, 262
 Djerassi mellőzése, 150
 érem, 24, 90
 és a díjazottak életének megváltozása,
 120, 135, 151, 212, 330, 339
 és a kutatási irány megváltoztatása,
 216
 Fisher és Kadanoff mellőzése, 123
 Gajdusek Nobel-díjhoz vezető
 kutatása, 271, 351
 Gamow mellőzése, 98
 Hewish díja, 21, 57
 Hornykiewicz mellőzése,
 izraeli díjazottak, 74, 99, 229, 264
 Klug mellőzése a CAT díjazásakor,
 288
 Lewis’s (G. N.) mellőzése, 187
 mint a legnagyobb elismerés, 65, 151
 Moncada mellőzése, 315
 Ne’eman mellőzése, 74
 olasz díjazottak, 298–299
 orosz díjazottak, 15–16, 223, 342
 ünnepek, 24, 90–91, 151
 Veltman Nobel-díjhoz vezető
 kutatása, 112
 Weissmann mellőzése, 350

- Norrish, R. G. W., 206
 Northwestern Egyetem, 203
 Notgemeinschaft der Deutschen
 Wissenschaft, 68
 Nottinghami Egyetem, 293, 304
 „nők a tudományban” (kérdéskör)
 Bell Burnell, 21
 Bréchnac, 25
 Cohn, 135
 Dresselhaus, 32–34
 Elion, 153
 Hoffman, 164
 Hopkins, 349
 Karle (I.), 170
 Kuroda, 176
 Nüsslein-Volhard, 323
 Rubin, 96
 Watson, 349
 Yalow, 354
 nők és férfiak esélyegyenlősége, 176,
 323–325, 349
*Nők, nők és molekulabiológia (Stent,
 Women, Nazis, and Molecular
 Biology)*, 335
 növekedési faktor, 192, 298
 nukleáris fegyver, 16, 79, 202, 310
 nukleáris kutatás, 39, 44, 52, 223, 305
 nukleinsav
 dezoxiribonukleinsav; *lásd* DNS
 fehérjével alkotott komplex, 286
 ribonukleinsav (RNS), 231, 257
 szekvenálás, 216
 Nurse,* Paul, 321
 Nüsslein-Volhard,* Christiane, 323

 Nyeszmejanov, Alekszandr Ny., 162
 Nyeszmejanov-intézet (INEOSZ,
 Moszkva), 162

 Oak Ridge-i Nemzeti Laboratórium, 39,
 94, 164
 Ochoa, Severo, 290
 Ohiói Állami Egyetem, 123
 Ohiói Wesleyan Egyetem, 211
 O’Keefe, Georgia, 131
 oktatás, 46, 102, 125, 130, 160–161, 170,
 172, 176, 179, 220, 246, 275, 304

 Oláh,* György, 194
 Olasz Nemzeti Kutatási Tanács (CNR),
 298
 oligonukleotid-szintézis, 337
 Oliphant,* Mark, 77
 Open University, 59
 Oppenheimer, J. Robert, 105
 Országos Fizikai Laboratórium (NPL,
 National Physical Laboratory, Nagy-
 Britannia), 204
 orvoskutatás, 286
 Osawa, Eiji, 199
 Osheroff, Douglas D., 93
 Oxfordi Egyetem, 66, 81, 255, 257
 ózon, 144–145, 211

 öröklődés, 190, 301, 335
Örültet üznek (Crick, What Mad Pursuit),
 344
Örültet üznek (Keats, What Mad Pursuit),
 344
 ösrobbanás; *lásd* Big Bang modell

 Panofsky,* Wolfgang K. H., 79
 paradigma, 124, 263
 paritás és paritássértés, 40, 93–95, 102
 Párizsi Egyetem, 66
 Parkinson-kór, 260–263, 279–282
 Pasteur, Louis, 280
 Louis Pasteur Egyetem, 182
 Pasteur Intézet (Párizs), 283, 335
 Pauli, Wolfgang, 103
 Pauling,* Linus, 99–101, 103, 186, 198,
 237, 270, 309, 326–328, 347
 Pavlov, Ivan P., 225
 Pedersen, Charles J., 141, 182
 penicillin, 139, 155
 Penrose,* Roger, 81
 Pennsylvaniai Egyetem, 237–239
 Penzias,* Arno A., 84, 98
 periódusos rendszer, 60, 164, 218
 Perutz,* Max F., 326
 Phillips (vállalat), 69
 Phillips, William D., 92
 Pittsburghi Egyetem, 293
 Physik Kolloquia; *lásd* berlini
 kollokviumok

- Planck, Max, 52
 platonizmus, 30
 plutónium, 80, 118, 164–165, 170
 plutóniumbomba, 44, 118
Pneumococcus, 296–297
 pogromok, 190
 Polanyi,* John C., 179, 201
 Polányi, Mihály, 66
 poliéder, 163
 Politzer, H. David, 55, 120
 Polkinghorne,* John C., 87
 Pollister, A. W., 296
 poliszacharid, 134, 296
 Pople,* John A., 203
 Porter,* George, 206
Posztkapitalista társadalom (Drucker, *Post-Capitalist Society*), 125
 Prágai Műszaki Egyetem, 208
 prebiotikus kémia, 256, 336
 Prelog,* Vladimir, 156, 208
 Priestley, Joseph, 189
 Primakoff, Henry, 136
 Princetoni Egyetem
 Anderson, 18
 Bell Burnell, 21
 Conway, 29
 Gross, 55
 Penzias, 84
 Rowland, 211
 Weinberg, 114
 Wheeler, 117
 Wilczek, 120
 Wilson (K.), 121
Principia (Newton), 124
Principia Mathematica (Russell és Whitehead), 288
 prion, 349–351
 Pritchard,* David E., 63–65, 90
 Prohorov, Aleksandr M., 108
 protestáns egyházak, 188
 Prusiner, Stanley B., 351
 pszichiáter, 166, 280, 300, 320
 pszichológia, 131, 160, 219, 294, 354
 publikálás, megjelentetés, 54, 133, 288, 293, 337, 340
 Pugwash (mozgalom), 201
 pulzár, 21–24, 57–58
 Purcell, Edward M., 93–95
 Purdue Egyetem, 129, 249
 Rabi, Isidor I., 93, 118, 136
 radioaktivitás, 225, 275
 radioimmun-analitika; *lásd* RIA
 rák, 38, 150, 190, 251, 255, 265, 293, 338, 340
 Rákkutató Intézet (London), 178
 Ramakrishnan, Venkatraman, 229
 Ramsey,* Norman F., 65, 93
 Rayleigh, Lord, Strutt, John W., 26
 relativitáselmélet, 110
 renormálás, 74, 121
 replikáció; *lásd* DNS, kettőződés
 reszterpin, 261, 279–280
 retrovírus, 349
 reverz genetika, 349
 RIA (radioimmun-analitika), 353, 355
 riboszóma, 229–232, 257
 Rich, Alexander, 208, 231
 Rickman Godlee-előadás (Francis Crick), 267
 RNS; *lásd* nukleinsav
 RNS-nyakkendőkлуб, 98
 Robbins,* Frederick C., 329
 Roberts, Louis, 94
 Robnson, Robert, 138, 208
 Rochesteri Egyetem, 270, 290
 Rockefeller Egyetem, 191–192, 246, 295, 297, 307, 317, 321
 Rockefeller-alapítvány, 317
 Rockefeller Intézet; *lásd* Rockefeller Egyetem
 Rockefeller Mauzé, Abby, 34
 Rollins College, 141
 Rose, Irwin A., 276
 Rose, Leonard, 290
 Rowland,* F. Sherwood, 144, 211
 Royal Institution (London), 78, 206–207
 röntgenkristallográfia, 146
 röntgensugár, 43, 58, 191, 193, 288
 Rubens, Peter Paul, 209
 Rubin,* Vera C., 96
 II. Rudolf, 188
 Russell, Bertrand, 288
 Rutherford, Ernest, 52–53, 77–78, 140

- Ruzicka, Leopold, 157, 208–210
 Ryan, Francis, 297
 Ryle, Martin, 57
- Sabin, Albert B., 329
 Salam, Abdus, 114
 Salk Intézet, 257, 267, 337
 Salk, Jonas E., 368
 Salnyikov, Alekszandr I., 223
 Sanger Intézet, 336
 Sanger,* Frederick, 214, 274, 327
 Schmidt, Helmut, 75
 Schmidt-Ott, Friedrich, 133
 Schrödinger, Erwin, 52, 67, 125, 258–259
 Schrödinger-egyenlet, 115
 Schützenburger, Marcel-Paul, 70
 Scripps Florida, 350
 SDI; *lásd* stratégiai védelmi kezdeményezés
 Seaborg,* Glenn T., 164–166, 218
 seaborgium, 164, 218
 Segrè, Emilio G., 39
 sejtbiológia, 289, 343
 Sejtbiológiai Intézet (Róma), 298
 SETI, 22
 Shechtman,* Dan, 99, 199
 Sheffieldi Egyetem, 207
 Shoenberg, David, 53
 Siemens (vállalat), 305
 Sigler, Paul B., 230
 Simon, Franz (Francis), 66–68
 Skou,* Jens Chr., 332
 Smalley, Richard E., 199
 Smith, Hamilton O., 243
 Smithies, Oliver, 351
Sötétség délben (Koestler, *Darkness at Noon*), 107
 spanyol inkvizíció, 190
 spektroszkópia, 144, 195, 237
 Spinoza Intézet, 60
 Stahl, Franklin, 309
 Stanford Lineáris Gyorsító Központ (SLAC, Stanford Linear Accelerator Center), 79, 113
 Stanford Egyetem
 Beadle, 297
 Berg, 251
 Djerassi, 149
 Friedman, 38
 Hofstadter, 41
 Kornberg (A.), 290
 Kornberg (K.), 291
 Lederberg, 295
 McCarty, 307
 Panofsky, 79
 Pauling, 100
 Ryan, 297
 Shechtman, 100
 Tatum, 297
 Taylor, 39
 Teller, 105
 Zare, 233
Staphylococcus, 139, 338
 Steitz, Thomas A., 229
 Stent,* Gunther S., 250, 296, 335
 Stieglitz, Alfred, 131
 Stieglitz, Julius, 131
 Strasshof (Ausztria), 276
 Strassmann, Fritz, 165
 stratégiai védelmi kezdeményezés (SDI, Strategic Defense Initiative, csillagháborús terv), 18, 105
 Straus, Eugene, 356
Streptococcus, 307
 Sturkey, Lorenzo, 287
 Stuyvesant Középiskola, 168
 sugárzásos berobbantás, 42–44
 Sulston,* John E., 257, 337
 surlókor, 270, 350, 353, 361
 süketség, 138
 Svájci Szövetségi Műszaki Főiskola, Zürich; *lásd* ETH
 Synge, R. L. M., 215–216
 Syntex (vállalat), 149
- szabadalom, 209, 288, 339, 354, 356
 számítástudomány, 75, 342
 számítógépes röntgentomográfia (CAT), 288
 szarvasmarhák szivacsos agyvelőgyulladásá („kergemarhakór”), 270
 Szemjonov,* Nyikolai Ny., 16, 223

- szénhidrogén, 144, 163, 195, 197, 211, 234, 236
- Szentpétervári Egyetem (Petrográd, Leningrád), 223
- szépség, 89, 299, 322
- szerootonin, 261
- Szilárd, Leó, 52, 67
- szimmetria
- a kvantummechanikában, 19
 - aszimmetria, 40
 - elemi részecskék, 49
 - elmélet, 19, 147
 - fotoszintézis-reakcióközpont, 146
 - ikozaéderes, 101, 162, 199
 - kétfogású, 147
 - közelítő, 147
 - molekulapálya, 167, 187
 - ötös, 199
 - sérült, 147
 - szuperszimmetria, 74, 114–115
- szklerózis multiplex, 273
- szovjet tudomány, 225
- szövetkultúra, 271, 330
- szputnyik, 16, 80, 102, 225
- Sztálin, Jozsif V. és rezsimje, 45, 106, 301, 346
- Sztehlo, Gábor, 194
- sztereokémia, 195, 208, 327
- szupersav, 195
- szuperütköztető, 115
- szupramolekuláris kémia, 182–183
- szupravezetés, 47,
- születésszabályozás, 150
- tabu kérdés, 253, 320, 346
- Talmud*, 76, 265–266, 313
- Tamm, Igor J., 45
- társadalmi kérdések, 80, 97, 109, 116, 125, 136, 149, 152, 182, 189–190, 221, 266–267, 300
- társadalomtudomány, 124, 220
- Tatum, Edward L., 297
- Taylor, Joseph H., 24
- Taylor, Richard E., 38
- Technion (Izraeli Műszaki Egyetem), 74, 99, 264, 276
- Telegdi,* Bálint, 40, 102
- Teller,* Ede, 18, 43, 105
- Teller–Ulam-modell, 42, 44
- Temin, Howard M., 246
- természetes vegyületek, 149, 156–158
- termonukleáris robbanás, 42
- terrorizmus, 42, 79–80, 309
- tetranukleotid hipotézis, 97
- Texasi Egyetem (Austin), 114, 117
- Texasi Egyetem (Dallas), 146
- Tisza, László, 107
- Tokiói Egyetem, 176, 178
- Tonegawa, Susumu, 177
- Torinói Egyetem, 298
- Torontói Egyetem, 201
- totalitarianizmus, 45
- Townes,* Charles H., 93, 108
- toxikológia, 212
- tömegspektrometria, 26, 233
- történelem, 42, 167, 177, 190, 202, 235, 264, 335
- transzurán elem, 165
- trícium, 77
- Trinity College (Cambridge), 87, 203, 205
- tudat, 81–82, 89, 152, 267, 335
- tudomány és hatalom, 80
- tudomány és művészet, 132
- tudomány-népszerűsítés, 116, 152, 183, 206
- tudományos együttműködés, 16, 72, 160
- tudománytámogatás, 103
- tudománytörténet
- a Parkinson-kór kutatása, 263, 281
 - és bölcsészettudomány, 160
 - fizika, 16, 124
 - kémia, 157
 - mezőgazdasági intézmények, 125
 - náci tudomány, 320
 - németországi genetika, 318
 - Nobel-díj általi átírása, 315
 - tudomány és hatalom kapcsolata, 188
- tudósok felelőssége, 80
- Tuppy, Hans, 216
- Tübingeni Egyetem, 323
- ubikvitin, 264, 276, 342
- Udenfriend, Sidney, 261

- UCLA; *lásd* Kaliforniai Egyetem
 Ulam, Stanisław, 42–44
 ultraibolya sugárzás, 250
 Union College (Schenectady), 255
 univerzum; *lásd* világegyetem
 University College London, 267, 315
 urán, 80, 118, 164–165
 Urey, Harold C., 135–137
 Utrechti Egyetem, 60, 112, 209
- űrkutató, 235
- vakcina, 155, 255–256, 329
 vallás és tudomány
 Anderson, 18
 Arber, 243
 Ciechanover, 264
 Crick, 268
 Mason, 189
 Moncada, 317
 Ne’eman, 76
 Oliphant, 78
 Penrose, 81
 Polkinghorne, 88
 Townes, 108
 Varshavsky, 344
 Weinberg, 116
 Van Vleck, John H., 18
 Vanderbilt Egyetem, 249, 298
 Varmus, * Harold E., 340
 Varshavsky, * Alex, 343
 Vassar College, 96
 Veltman, * Martinus J. G., 60, 112
 Venter, J. Craig, 338
 vérmérgezés, 139
 Vernon-Jones, V. S., 53
 vietnami háború, 310–311
 világegyetem
 eredete, 58, 84, 97, 109
 szerkezete, 63, 96, 164
 története, 89
 törvényei, 56, 108, 110
 IV. Vilmos hessen–kasseli tartománygróf,
 188
 virológia, 272, 330
 vírusok
 arbovírus, 272
 bárányhimlő, 330
 dohánymozaik, 287, 289
 hantavírus, 272
 hepatitisz, 330
 herpesz szimplex, 271
 influenza, 271
 gyermekbénulás, 329–330
 lassú, 271
 rák, 251, 341
 retrovírus, 350
 szerkezet, 287
 szintézis, 283
 szokatlan, 351
 vakcina, 155, 255–256, 329
 venezuelai ló-agyvelőgyulladás, 271
 vérzéses lázat okozó, 272
 Vírus és Rickettsia Laboratórium
 (Egyesült Államok Fegyveres Erői),
 330
 viták, 46, 201–202, 341
 vitaminok, 100, 156–157
- Walter és Eliza Hall Intézet, 271–272
 Warburg, Otto, 190
 Washingtoni Egyetem, 135, 251
 Watson, * James D.
 Benzer, 250
 Chargaff, 133
 Crick, 267
 Franklin, 347
 Hopkins, 349
 Kornberg, 291
 Kuroda, 177
 Lederberg, 296
 Luria, 346
 McCarty, 307
 Müller-Hill, 319
 Pauling, 347
 Perutz, 327
 Seaborg, 219
 Stent, 336
 Wilkins, 346
 Wilson, 124
 Yonath, 231
 Wayne-i Állami Egyetem, 129
 Weber, Klaus, 319
 Weigle, Jean-Jacques, 250

- Weil-Malherbe, H., 279
 Weinberg,* Steven, 18–20, 114
 Weinrich, Marcel, 40
 Weissbach, Herbert, 261
 Weissmann,* Charles, 349
 Weizmann Intézet, 75, 229–230
 von Weizsäcker, Carl Friedrich, 106
 Wellcome, Henry, 154
 Wellcome Kutatólaboratóriumok, 315
 Weller, Thomas H., 329–330
 Wesleyan Egyetem, 92, 211
 Western Reserve Egyetem, 251, 329
 Westheimer Bizottság, 226
 Westheimer,* Frank H., 226
 Westheimer, Jeanne, 226
 Wheeler,* John A., 117
 Whitehead, A. N., 288
 Wieman, Carl E., 63
 Wieschaus, Eric F., 323
 Wiesner, Jerome, 34
 Wigner, Jenő, 67, 89
 Wilczek,* Frank, 55, 120
 Wilde, Oscar, 37
 Wilkins, Maurice H. F., 176–177, 267, 345
 Wilson, E. Bright, 123
 Wilson, Edward O., 20
 Wilson,* Kenneth G., 121, 123
 Wilson, Robert W., 84, 98
 Wilson, Vivian, 77
 Wisconsin Egyetem, 149, 295
 Wittig, Georg, 129
 Wittmann, H. G., 230
 Witwatersrandi Egyetem, 257, 286
 Wolfrum, Jürgen, 91
 Wollman, Élie, 250, 284, 335
 Woods Hole, 276, 309
 Woodward, Robert B., 167
 Woodward–Hoffmann-szabályok, 167
 Wooley, Wayne, 191–192
 Wright Junior College, 130
 Wrocław Műszaki Egyetem, 66
 Wu, Chien-Shiung, 40, 94
 Yale Egyetem, 133, 295
 Yalow, Aaron, 354
 Yalow,* Rosalyn S., 34, 353
 Yang, Chen Ning, 40, 94, 112
 Yeats, W. B., 298–299
 Yonath,* Ada, 229
 Zágrábi Egyetem, 208
 Zare,* Richard, 233
 Zeldovics, Jakov B., 16
 Zewail,* Ahmed, 237
 Zürichi Egyetem, 349
Zseni ármýékban (Lanouette, Genius in the Shadows), 52
 zsidók a tudományban, 76