

Mark Kac

A véletlen rejtélyei

Fordította Gyárfás Vera

Mark Kac

A véletlen rejtélyei

Önéletrajz



TYPOTEX

A könyv a Magyar Tudományos Akadémia támogatásával készült.



Enigmas of Chance: An Autobiography by Mark Kac

Copyright © 1985 by The Estate of Mark Kac

This edition published by arrangement with Basic Books, an imprint of Perseus Books, LLC, a subsidiary of Hachette Book Group, Inc., New York, New York, USA.

All rights reserved.

Hungarian translation © Gyárfás Vera, 2022

Hungarian edition © Typotex, Budapest, 2022

Engedély nélkül semmilyen formában nem másolható!

Lektorálta Tóth Bálint

Rényi Alfréd Matematikai Kutatóintézet

School of Mathematics, University of Bristol

ISBN 978 963 493 165 2

Kedves Olvasó!

Köszönjük, hogy kínálatunkból választott olvasnivalót!

Újabb kiadványainkról és akcióinkról a www.typotex.hu

és a facebook.com/typotexkiado oldalakon értesülhet.

Typotex Kiadó

Alapította Votisky Zsuzsa, 1989

A kiadó az 1795-ben alapított Magyar Könyvkiadók és Könyvterjesztők Egyesületének tagja.

Felelős kiadó: Németh Kinga

Főszerkesztő: Horváth Balázs

A kötetet gondozta: Erő Zsuzsa

Borítóterv: Ugly But Useless

Nyomdai kivitelezés: Séd Nyomda, Szekszárd

Felelős vezető: Dránovits Anna

Tartalom

Mark Kac emlékezete	7
Előszó	9
Bevezetés	11
Előhang. Hogyan lettem matematikus	25
A kezdetek	30
Lwów	47
Mit jelent a függetlenség?	81
On toast!	113
Cornell	133
Cornell II	160
A Rockefeller Egyetem – a majdnem megvalósult álmom	177
Utóirat	200
Névmutató	209

Mark Kac emlékezete

Mark Kac igaz amerikai volt. Kelet-Európa lángoló romjai közül menekült ide, és úgy ölelte magához új hazáját, mint anya a gyermekét, mint a szülő, aki tudja, hogy az intézmények szilárdsága és stabilitása biztosítja gyermeke számára a fejlődéséhez szükséges határozottságot és szabadságot.

Mark Kac a valószínűségszámítás tudományának egyik megalapítója. De számára a valószínűségszámítás több volt elméletnél, új utat jelentett a tudomány igazsága felé, és ezt az utat ugyanazzal az elragadtatással tanította, mint ami a geometriát felfedező görögöket töltötte el. Egész életében szkeptikusan viszonyult az absztrakcióhoz, a technikákhoz, az axiómák erőltetéséhez. Ő adott ihletet az első olyan tudósnemzedéknek, amely megtanult valószínűségekben gondolkodni. Figyelmeztette őket, hogy az axiómák az idők szeszélye szerint változnak, az alkalmazásuk azonban örök.

Úgy képzelte a tudományos munkát, hogy az egy átható pillantással bizonyítékot talál a rejtélyekre. A matematikában és a fizikában egyaránt olyan megállapításokat köszönhetünk neki, amelyek mélységét elfedi csodálatos egyszerűségük. A függetlenség univerzális jelentősége a statisztikában és számelméletben, a differenciálegyenletek sztochasztikus modellezése és a fázisátalakulások rejtett kombinatorikus gyökei: ezeket az úttörő eredményeket nehéz lesz túlszárnyalni.

Mark Kac legnagyobb sikerének mindazonáltal az tekinthető, hogy ösztönözte a diákjait, valamennyiünket, akiket név szerint felsorolni sem lehet. Tanári sikerének titka az volt, hogy tévedhetetlenül felismerte a diák legbensőbb hiányosságait, átlátott a kezdők tétovázásán, a félelmen, hogy a diák egyedül nem lesz képes kiszabadulni saját határozatlan törekvéseinek csapdájából.

Mark egy-egy elejtett szava, egy bölintása, egy megértő pillantása elég volt, és máris tudhattuk, hogy átérzi a kételyein-

ket. Ám feltételekhez kötött engedékenységének finom nyomása alatt megértettük, hogy mindig van megoldás. A vezetése mellett a diákok összeszedték a bátorságukat, és követték az általa gyengéden, de határozottan kijelölt utat.

Távozásával elvesztettük a kritikuskunkat, a vezetőnket, a hangunkat. A jelenléte mostantól fénylő lámpás, amely a messzeségből világítja meg nekünk a fizika, a valószínűség-számítás, a kombinatorika és a statisztika kanyargós ösvényeit – mindig készen arra, hogy feltárja előttünk a lehetőség, a felfedezés, a magabiztosság és a remény új távlatait.

Gian-Carlo Rota

*Elhangzott Mark Kac búcsúztatásán,
Dél-Kaliforniai Egyetem, Los Angeles, 1985. január 11.*

Előszó

Egy matematikus önéletrajzából nem lehet kihagyni a matematikát. Csakhogy lehetetlen vállalkozás lenne közérthető formába önteni azokat a problémákat és elképzeléseket, amelyekkel életem során foglalkoztam.

Az általam választott kompromisszum – a kompromisszumok többségéhez hasonlóan – nem tökéletes. A hozzáértő okkal vádolhat majd felületességgel és hiányosságokkal, a laikus olvasó pedig szintén joggal vélheti úgy, hogy a szöveg homályos és nehezen érthető.

A laikus olvasótól csak annyit kérek, hogy legalább lapozzon bele a képleteket is tartalmazó részekbe. Talán megérez valamit abból az izgalomból, amelyet a szerző különösen ifjúí éveiben tapasztalt, amikor egy küzdelmes probléma lassanként világossá vált.

A hozzáértő az anyag nagy részét (különösen a *Mit jelent a függetlenség?* c. fejezetben) ismerősnek, már-már közhelyesnek érzi majd. Csakhogy a mai hozzáértő ötvenéves fejlődés és oktatás előnyével rendelkezik, mi viszont igazi amatőrök voltunk a harmincas években. Ugyanakkor az amatőrség és a követendő példa hiánya rendkívül hasznosnak bizonyuló nézőpontot alakított ki. A hozzáértő ezt biztosan értékeli majd, és remélem, a laikus is.

Az *Előhangot* eredetileg az izraeli Weizmann Intézet folyóiratának, a *Rehovot*nak írtam.¹ Az *Utóirat* egy része pedig a *Boston University Journal*ben megjelent értekezésemből származik.²

Örömmel és hálásan mondok köszönetet mindenkinek, aki lehetővé tette a könyv megjelenését. Joel Cohen, a Rockefeller Egyetem munkatársa vetette fel a könyv ötletét, és türelmesen

¹„How I Became a Mathematician”. *Rehovot* 9 (1981/82) 2. sz.

²„Mathematics: Trends and Tensions”. *Boston University Journal* xxiv (1976), 1. sz. 59–65.

követett a magnóval a Rockefeller Egyetem folyosóin. Steve White annyi mindent tett, hogy nem tudnék egyetlen dolgot kiemelni, amiért köszönettel tartozom neki. Legyen elég annyi, hogy mindig rendelkezésre állt, amikor szükségem volt rá. A Sloan Book Committee (Sloan Könyvbizottság) végig sokat segített, biztatott és tanácsokat adott.

Dan Kevles hosszú órákon át segített, hogy a matematikai részletek érthetőbbé váljanak, különösen a *Mit jelent a függetlenség?* c. fejezet tudományos részében, amely messze a legbonyolultabb rész az egész könyvben. Bob Merton és Paul Samuelson több konkrét és értékes javaslatot tett. Theodore Porter kereste ki a történelmi tényeket, és tanácsokkal is szolgált.

Kiemelt hálával tartozom Judit Chodos barátunknak, aki nagylelkűen rám áldozta az idejét és a szakértelmét, hogy segítsen a kézirat javításában.

Köszönet illeti a gyermekeimet, Michaelt és Deborah-t is, amiért ötleteket adtak és sokféle szempontból segítettek.

Nem tudom szavakkal kifejezni a hálámat feleségemnek, Kittynek, aki a mögöttünk lévő hónapok során türelmesen és fáradságot nem kímélve dolgozott velem nap mint nap, oldalról oldalra. Közreműködése miatt lett ez a mi közös könyvünk.

1984. szeptember

Bevezetés

*Toute acte de l'homme, donc toute œuvre
– créations et inventions – est autobiographique.*

Boris Rybak, a *Discours de la Méthode*
sorozat bevezetőjében

A kreatív ember két világban él. Az egyik a hétköznapi világ, amelyen osztozik másokkal, és amelyben nemigen különül el embertársaitól. A másik kinek-kinek a saját világa, és ebben a világban kerül sor a kreatív dolgokra. Ennek a világnak megvannak a maga szenvedélyei, diadalai és csüggedései, és az Einsteinhez hasonló zsenik ebben a világban még Isten hangját is meghallhatják. A két világ bensőségesen és szövevényesen összefonódik. A féltékenység, az elismerés iránti vágy és a versengés például a hétköznapi világ része, de többek között ezek az erők hajtják az embert a másik világ felé. A másik világ álmai és dicsőségei pedig összekeverednek a hétköznapi világ fenségesnek éppen nem mondható, jutalommal kapcsolatos gondolataival.

Csaknem teljesíthetetlen feladat koherens és valóságos képet festeni erről a két különálló, mégis összekapcsolódó világról, és részben ez magyarázhatja, hogy a tudósok nagyon ritkán írnak önéletrajzot. Az utóbbi években azonban több ilyen önéletrajz is megjelent, és mindegyik a maga módján igyekezett megküzdeni a szerző kettős életének kifejtésével.

Három önéletrajz különösen megfogott. Személyesen ismerem a szerzőket, és jóval azelőtt olvastam az önéletrajzukat, hogy felmerült volna bennem a sajátom megírásának gondolata.

Fortuna bőkezűen bánt ezekkel a férfiakkal. Mindhárman elképesztő intellektussal rendelkeznek, rendkívül műveltek, és valamennyiük megkapta a legmegfoghatatlanabb ajándékot – a kreativitást. Önéletrajzuk ugyanakkor olyan eltérő stílusban íródott, hogy elképzelni is nehéz, hogy ugyanahhoz a körhöz tartoznak.

Szokatlan megoldás egy önéletrajz előszavában mások önéletrajzát elemezni. Mégis kísérletet teszek rá abban a reményben, hogy az olvasó elnézi ezt nekem, és éppen olyan lebilincselőnek tartja majd ezt a témakört, mint én, és azt is remélem, hogy ezzel közelebb kerül a tudomány hatalmas és összetett birodalmának megértéséhez.

A három közül valószínűleg Erwin Chargaff *Heraclitean Fire* (Hérakleitosz tüze) című önéletrajza a legérdekesebb, és egészen biztosan a leginkább zavarba ejtő. Chargaff német anyanyelvű, angol prózája mégis elképesztően csodálatos, olyannyira, hogy ritka tökéletessége teszi kissé mesterkéltté. Chargaff stiláris csemegéinek bősége jobban illene a franciához, mint az angolhoz. Az angolt túl csikorgónak és nehézkesnek érzem az ilyen jellegű „cafrangokhoz”. Ugyanakkor csodálatos sítlusban képes írni, amit jól érzékeltet egy 1971-ben megjelent cikkének – *Preface to the Grammar of Biology* (Előszó a biológia nyelvtanához) – egy mondata:

Ha már a pigmeusok is óriás árnyékot vetnek, tudhatjuk, hogy későre jár.

Chargaff 1905-ben született Csernovicban (amely akkor az Osztrák–Magyar Monarchiához tartozott), és Bécsben tanult. Szigorú, klasszikus nevelést kapott, azt vonta le belőle, hogy csak abból lehet valaki, többek között tudós is, aki megfelelően művelt. Ez azt jelentette, hogy tudni kell görögül és latinul – de minimum latinul. A görög kultúra Chargaff nagy szerelme, és annyira elmerült benne, hogy amikor Arisztotelészről vagy Hérakleitoszról beszél, azt hihetnénk, hogy mellette dolgoznak a Columbia Egyetem orvosi és sebészi karán. Nagyon sok az eredeti görög nyelvű idézet, nekünk, a kevésbé művelt olvasóknak ez nehézséget is okoz. Kétség sem férhet hozzá azonban, hogy Chargaff mindenért rajong, ami az ókori Görögországgal kapcsolatos, és szent meggyőződése, hogy klasszikus műveltség nélkül nincs intellektuális teljesítmény. Ezt a hitét rázta meg alapjaiban a modern tudomány egyik nagy drámája.

A DNS történetét már sokszor elmesélték a szakértő bennfentesek. Az akkori Rockefeller Institute for Medical Research (Rockefeller Orvosi Kutatóintézet) munkatársai, Oswald Avery, Colin MacLeod és Maclyn McCarty 1944-ben tették közzé klasszikus kísérletük eredményét, amely bizonyította – bár akkoriban még nem perdöntően –, hogy a DNS hordozza a genetikai információkat. Chargaff azok közé a ritka biokémikusok közé tartozott, akik azonnal elfogadták a Rockefeller-trió megállapításait. Mivel felismerte felfedezésük óriási jelentőségét, laboratóriuma a DNS alapos és részletes vizsgálata felé vette az irányt. Ennek eredményeképpen fedezte fel a híres „Chargaff-törvényt”: $A = T$, $C = G$. Az A, a C, a G és a T teljes neve adenin, citozin, guanin és timin, ez a négy nukleotid (bázis) alkotja a DNS-t. A különböző fajok DNS-ében különböző mennyiségben van jelen az A, a C, a G és a T, de valamennyi fajról elmondható az amőbától az emberig, hogy az A-molekulák száma szinte teljesen megegyezik a T-molekulák számával, a C-molekulák száma pedig a G-molekulákéval. Ez a döbbenetes hasonlóság az egyik fontos nyomot jelentette a DNS szerkezetének megtalálásához: ez a dicsőség végül James D. Watsonnak és Francis H. C. Cricknek jutott.

Chargaff a *Heraclitean Fire*-ben röviden elmeséli egyetlen találkozását Watsonnal és Crickkel, amelyre Cambridge-ben került sor 1952 májusának utolsó napjaiban. Amikor a *Heraclitean Fire* huszonhat évvel később, 1978-ban megjelent, mit sem csillapodott Chargaff megvetése a DNS kettős spirál szerkezetének felfedezői iránt. Természetesen az sem segített, hogy Watson és Crick 1962-ben Nobel-díjat kapott, nyilván ez is hozzájárult a Chargaff önéletrajzát átjáró keserűséghez. Nem csak arról volt szó, hogy Chargaff lemaradt a DNS szerkezetének megfejtéséért folyó küzdelemben (még azt is tagadta, hogy egyáltalán beszállt volna a versenybe), az is bántotta, hogy két jöttment előzte meg, akik az ő szemében a tudomány vízvezeték-szerelői voltak csupán. Nem elég, hogy a Chargaff szavaival élve „alkalmatlan páros” műveletlen volt (azaz nem részesültek az európai értelemben vett klasszikus oktatásban),

még a kémiához, „a legvalóságosabb egzakt tudományhoz” sem konyítottak. Erre utal a pigmeusok óriás árnyéka.

Amikor elolvastam Chargaff véleményét Watsonról és Crickről, újra elővettem Watson *A kettős spirálját*. Emlékszem, hogy az első megjelenésekor számos biológus szigorúan bírálta, sokakat egyenesen megdöbrentett. Az ő szemükben Watson törzsi tabukat sértett, például azt, hogy nem ékeskedünk idegen tollakkal. (A fizikával ellentétben a biológiában nem szokás más adataira építeni az elméleteket.) Ennél is rosszabb, hogy leleplezte a „titkot”, nevezetesen hogy a tudományos munka motivációja nem mindig olyan magasatos, mint az igazság keresése, hanem sokszor csak földhözragadt ambíció, sőt olykor még ennél is alantasabb, mint például egy neves idősebb versenytárs megelőzése. Ebben az esetben Linus Paulingról volt szó.

Chargaff sem 1952-ben, sem 1978-ban nem vette észre, vagy talán szándékosan elsiklott felette, hogy Watsont megszállottan izgatta a DNS szerkezete. Watson sok modorossága és könnyed, felületes stílusa olyannyira a „hétköznapi világ” része, hogy észre sem vesszük, amikor a DNS szerkezetével kapcsolatos, szigorúan a „másik világ”-hoz tartozó álmait emlegeti. És amikor valakit megszállottan érdekel egy probléma, nem teszi félre, hogy kémiát vagy bármi mást tanuljon az alapoktól. Munka közben lehet a legjobban tanulni! Nem ez a tudás megszerzésének egyetemes vagy ajánlott módja, de sokaknál működik. Én már csak tudom: a doktori fokozatom megszerzése után csak azért tettem szert új matematikai ismeretekre, mert a problémák megoldása közben rákényszerültem.

A tudomány nagyjainak többsége olyan tanártól tanult, aki maga is a tudomány nagyjának számított – nagyon kevés kivételt találunk ez alól az apostoli jogfolytonosság alól. Chargaff a kivételek közé tartozik. A saját beszámolója szerint azért egy fiatal, alig ismert tanárt kért fel a doktori disszertációja témavezetőjének, mert így sokkal kevesebb pénzre volt szüksége eszközök és anyagok vásárlásához, mintha egy híresebb Herr Professort választott volna. Ráadásul a tudósok többségével ellentétben Chargaffnak nagyon kevés tudományos példaképe

van. Avery ugyan közjük tartozik, de a valódi példaképe nem tudós, hanem egy kiváló bécsi irodalmár, Karl Kraus.

Karl Kraus szinte ismeretlennek számít Amerikában, bár néhány éve megjelent róla egy könyv.³ Én azért tudok róla, mert a tanárom, Hugo Steinhaus egyik példaképe volt. Eredetiben nem olvashattam, mert nem tudok elég jól németül. Kicsit megnyugtat, hogy még Chargaff is nehezen boldogult vele, amikor 1915-ben vagy 1916-ban először került a kezébe a *Die Fackel* (A fáklya); igaz, hogy csak tíz-tizenegy éves volt akkor. A *Die Fackel* Kraus folyóirata. Ő volt az egyetlen szerkesztője és az egyetlen szerzője is. Reklámot nem fogadott el, a folyóirat csak az előfizetésekből élt. Olvasói a rajongásig hűségesek voltak, és a háború előtt még jómódú Steinhaus elmesélte, hogy legnagyobb háborús vesztesége a *Die Fackel* hiánytalan gyűjteménye. Emlékszem a gyűjteményre a dolgozószobájából – a vékony vörös kötetek számára az emberi bölcsesség kvintesszenciáját tartalmazták.

Chargaff így tisztelgett Kraus előtt:

Karl Kraus, korunk legnagyobb szatirikusa és polemikusa, félelmet nem ismerve bírálta a háborút és az annak teret adó társadalmat. Ifjúkoromban ő gyakorolta rám a legnagyobb hatást: mindig szívemben őrzöm erkölcsi tanításait, az emberiséggel kapcsolatos véleményét, a nyelvét és a költészetét. Ő tanított meg a közhelyek kerülésére, arra, hogy úgy bánjak a szavakkal, mint a kisgyermekkel, hogy olyan gondosan válogassam meg a szavaimat, mintha eskü alatt vallanék.

Szavai hallatán a huszonharmadik zsoltár rémlik fel bennem, és könnyű megértenem, hogy ez a mélységes tisztelet nem hagyhat helyet más példaképnek.

Hogyan működik Chargaff, a tudós? Egyetlen más tudósra sem hasonlít, akit ismertem vagy legalább olvastam róla. El lehet például képzelni egy olyan biológust, aki az örökléstant részletesen kifejti és az élet folyamatainak értelmezését új alapokra helyező cikk elolvasása után nem lép kapcsolatba a szer-

³Frank Field: *The Last Days of Mankind: Karl Kraus and His Vienna*. Macmillan, 1967.

zökkel, hogy többet is megtudjon? Chargaff, aki egy pillanat alatt átlátta és megértette a felfedezés jelentőségét, mindössze egy taxizásnyira volt a Rockefeller-triótól, és bár Avery már nyugdíjba vonult és Tennessee államba költözött, McCartyt és MacLeodot könnyen megtalálhatta volna. És mégis, mint arra George Uhlenbeck, a nálam jóval szemfülesebb, Rockefeller egyetemi kollégám felhívta a figyelmemet, Chargaff egyetlen szóval sem utal arra, hogy kísérletet tett volna a kutatók felkeresésére. Hihetetlen! Persze Chargaff viselkedési kódexébe nemigen fért bele, hogy idegeneket keressen fel, amíg nem mutatták be őket egymásnak, de kit érdekel a jó modor, amikor egy alapvető probléma megfejtése a tét? Jim Watsont egész biztosan nem érdekelte, ezzel kapcsolatos érzéketlensége messze túlmegy az elfogadhatóság határain. Elméletben valamennyiünkben van egy kis Jim Watson: a rámenősség, a türelmetlenség, a kíváncsiság és mindenekelőtt a versenyszellem elege. Lehetséges lenne, hogy Chargaffból hiányoznak ezek a jellemvonások, vagy csak megpróbálja a költészet álcája mögé rejteni? Szerintem nem álcáról van itt szó. A költészete túl szép, túl szívből jövő, hogy pusztá álca legyen. Azt hiszem, csak nagyon különbözik tőlünk.

Mit mondhatnék még? Azt hihetnénk, hogy ha bekerül a kevés kiválasztott közé és feltárhatja a természet titkait, némi békére találhat ebben a békétlen világban. De nem így történt. A könyve mégis igazi irodalmi alkotás, nagyobb olvasóközöniséget érdemelne, mint ahányan felfigyeltek rá. A legjobb részei csodálatosak. A legrosszabb részei... nos, *honi soit qui mal y pense*.

Stanislaw Ulam *Adventures of a Mathematician* (Egy matematikus kalandjai) című könyve egészen más műfaj. Történeteket mesél, néha pletykál is, meg sem próbál mélyre hatolni. Ulamnak kitűnő humorérzéke volt. Nem mintha Chargaffnak nem lenne humora, de ő inkább a vitriolos, satirikus humor kedvelője. Ulam egyszerűen és közvetlenül viccelődött, például amikor közölte későbbi feleségével, Françoisezal, hogy végtelenül sok hibája van, de szerénysége tiltja, hogy valamennyit felsorolja. Még viccesebb volt, amikor egy Los

Alamos-i kollégája megkérdezte, hogy mit csinál ebben a projektben elméleti matematikusként.

– Én biztosítom az áhított hozzá nem értést – felelte Ulam.

Chargaffhoz hasonlóan Ulam életének első éveit is az Osztrák–Magyar Monarchia kulturális maradványai alakították. Lwówban (ma Lviv, magyarul Lemberg) született, és a város annyira hasonlított híres testvérvárosára, hogy a „kis Bécs” becenevet aggatták rá. A régi Bécs szellemisége még a két világháború közötti korszakban is mindenütt jelen volt, amikor a város Lengyelországhoz tartozott. Ulam is klasszikus oktatásban részesült, de nem olyan szigorúan, mint Chargaff, így a hatásai is visszafogottabban jelentkeztek. Míg Chargaff stilisztikai kérdésekkel kapcsolatos igényessége már-már vallásosnak mondható, a türelmetlen természetű Ulam szinte egyáltalán nem foglalkozott a stílussal. Értékeln persze nagyon is tudta: csodálta és alaposan ismerte Anatole France munkásságát.

A többnyire magányos farkas matematikusok között Ulam különlegesnek számított, mert szinte kizárólag másokkal együtt dolgozott. A halmazelmélettel és a mértékelmélettel kapcsolatos korai, kiváló cikkeit leszámítva szinte kizárólag közös cikkeket írt. Stan munkamódszere a beszélgetés volt, ami még Lwówban töltött ifjú éveire vezethető vissza, főként ugyanis kávéházakban dolgozott (elsősorban a Szkocka nevében, amelynek jelentése „Skót Kávéház”), éjt nappallá téve vitták meg a problémákat, ötleteket és sejtéseket. Ez az igen csak szokatlan matematikai munkamódszer csodálatos eredményre vezetett, és Stan – akinek könyvét át- meg átjárja a lwóvi időszak iránti nosztalgia – később is igyekezett megteremteni azoknak a napoknak a szellemi hangulatát. Bizonyos mértékben sikerrel is járt: bárhol járt is, reggeltől estig matematikáról beszélt, elképesztő iramban szórta az ötleteket és a sejtéseket. Csodálatosan termékeny agya és fantasztikus intuíciója volt, de nem hiszem, hogy ismerte volna a kemény munka fogalmát. Szárnyaltak a gondolatai, komoly sikerrel, erőfeszítés nélkül boldogult. Chargaff példaképe, Avery kedvenc

mondása volt, hogy „egy ötlet sem működik, ha nem teszel érte”, és a szabály szinte mindenre érvényes. Stan ötletei mégis kivételt jelentettek: úgy is működtek, hogy ő csak a partvonalról figyelt.

Ma már például általános nézet, még ha nem is mindig pozitívan emlegetik, hogy Ulam kulcsfontosságú ötlettel járult hozzá a hidrogénbomba elkészítéséhez. Ám az ötlet és az elkészült fegyver között emberek százai dolgoztak, és megszámlálhatatlanul sok órát töltöttek számításokkal. Ebben a hosszadalmas és fáradságos folyamatban Stan csak helyyel-közzel és érintőlegesen vett részt. Valószínűleg mindenki így járt jobban, mert az egyhangú munka nem volt az erőssége.

Stant nagyon sok minden érdekelte, számtalan területen ért el komoly eredményeket. Irigylésre méltóak az elméleti matematikai eredményei, és (Karol Borsukkal együtt) ő fedezte fel a topológia egyik legszebb tételét. Szinte minden matematikus ismeri a Borsuk–Ulam-tételt, amely kimondja, hogy ha a háromdimenziós euklideszi gömb felszínét folytonosan képezzük a sík egy tartományába, lesz legalább egy antipodális pontpár, amely a síknak ugyanabba a pontjába képeződik. Közérthetőbben: a föld felszínén bármely időpillanatban van legalább egy pár antipodális pont, amelynek azonos a hőmérséklete és a légnyomása. A tétel természetesen nem alkalmas földhözragadt használatra (nem állt szándékomban szöviccet kitalálni), de döbbenetes tényt közöl.

A hidrogénbomba kifejlesztésében játszott szerepe mellett abban is együttműködött Los Alamos-i kollégájával, C. J. Everett-tel, hogy az atomrobbanások segítségével tolóerőt hozzanak létre rakétakilövéshez. A javaslatot a General Atomics is elfogadta, és megszületett a Project Orion. Freeman Dyson, aki az általam galaktikus klausztrófóbiának nevezett betegségben szenved, olyan járműre talált Ulam rakétájában, amely feltérképezheti a naprendszer, és elszökhet onnan galaxisunk távolabbi zugaiba. A General Atomics vállalatnál dolgozott a projekten, és könyvének egy fejezetében (*Saturn by 1970*, 1970-re a Szaturnuszon járhatunk) elmeséli a tapasztalatait. A tervről leginkább azért kellett letenniük, mert a két

nagyhatalom között folyó tárgyalások eredményeként aláírták az atomfegyverek légköri tesztelésének betiltásáról szóló egyezményt.

Stan sokféle érdeklődésének másik példája a biológiához kapcsolódik. Mint korábban említettem, a DNS, a genetikai információk hordozója négy nukleotidból áll: A, C, G és T nukleotidból. Egy DNS-lánc (vagy inkább a fele, mert a másik fele az első kiegészítője) tehát olyan, mint egy szó egy olyan nyelven, amelynek ábécéje csak négy betűből áll. Tetszetős gondolat, hogy az élőlények biológiai hasonlósága összefügghet genetikai kódjuk „közelségével”. A „közelség” a metrika fogalmát feltételezi, tehát valahogy meg kell határoznunk a szavak közötti „távolságot”. Ez meglepőnek tűnhet, hiszen a távolság fogalmához általában a tér pontjai közti távolságot társítjuk. A matematikusok azonban már régen kiterjesztették ezt a fogalmat olyan tárgyakra is, amelyek egyáltalán nem emlékeztetnek a körülöttünk lévő, jól ismert tér pontjaira. A lengyel matematikus iskola mindenkinél messzebb ment a furcsa tárgyak közötti távolságok meghatározásában. Stan, a lengyel iskola hű fia pofonegyszerűnek érezte a szavak közötti távolságot, és amint meghallotta a problémát, előállt egy azóta róla elnevezett definícióval. A távolság akkor fogadható el, ha jellemzők rá bizonyos tulajdonságok, mindenekelőtt az úgynevezett „háromszög-egyenlőtlenség”: P, Q és R pontok esetén a P és Q közötti távolság nem lehet nagyobb, mint a P és R, illetve a Q és R közötti távolság összege. És ami a legfontosabb, a távolságnak össze kell függnie a biológiai közelséggel.

Stan csak annyit tett, hogy meghatározta a távolságot, és kidolgozta a „helyes” távolság bizonyítékát. Amikor Peter Sellers, a Rockefeller Egyetem munkatársa hallotta Stan távolságról szóló előadását, elmés algoritmust talált ki, hogy számítógéppel is ki lehessen számolni az Ulam-távolságot. Az Ulam-távolság azóta a molekuláris biológia egyik eszköze.

Ulam sokféle érdeklődési köre és a problémák megközelítésének általa alkalmazott „durrbele” módszere a dilettantizmus benyomását kelti, és ezt a benyomást a könyve csak megerősíti. Stan azonban csakis a szigorú szótári értelemben tekinthető

dilettánsnak: „olyan ember, aki kedvtelésből, szabadidejében foglalkozik művészettel vagy tudománnyal”. A pejoratív értelmezés, a felületesség igazságtalan lenne. Valóban nem volt „profí” a szó ma használatos értelmében, de „amatőrnek” sem nevezhető. Egy amatőr nem állt volna elő a Borsuk–Ulam-tétellel, és képtelen lett volna úgy bűvészkedni a transzfnit számokkal, ahogy Stan.

Stan könyve szigorúan a hétköznapi világ része. Hiába keressük a másik világ nyomát, bármilyen jelet, hogy milyen csodálatos elméről van szó. Mi, akik jól ismertük, tudjuk, hogy mennyivel többet mutathatott volna magából az önélet-rajzában.

Freeman J. Dyson, a csodálatosan megírt *Disturbing the Universe* (Az univerzum megzavarása) szerzője matematikusként kezdte. Cambridge-ben járt egyetemre, nagy ígéretnek számított. Mire végzett, már jelentős eredményekkel dicsekedhetett, és mindenki azt várta, hogy marad a matematikánál, ahol nagy jövő vár rá. Ekkor ösztöndíjjal beiratkozott a Cornellre, méghozzá fizika szakra!

Van egy történet – talán kitalált – a hirtelen váltásról. Egy szép napon Cambridge-ben sétálgatott Harish-Chandrával (aki akkor P. A. M. Dirac asszisztense volt) és Nicholas Kemmerrel. Harish-Chandra egyszer csak kijelentette:

– Elhagyom a fizikát a matematikáért, a fizika nekem túl zavaros, pontatlan, bizonytalan.

Mire Dyson állítólag így felelt:

– Én ugyanezért hagyom el a matematikát a fizikáért.

Mindketten állták a szavukat, és később Harish-Chandra 1983-ban bekövetkezett haláláig kollégák voltak a princetoni Institute for Advanced Studyban.

Tudom, hogy veszélyes dolog mások gondolataiban olvasni (ami azt illeti, a sajátunkban is épp elég veszélyes), mégis azt hiszem, értem Dyson váltásának mögöttes okait. Néhány éve megkérdeztem egy matematika szakon végzett, de a fizikára átnyergelni készülő ígéretes diákot, hogy mi vezetett a döntéséhez. Valami olyasmit válaszolt, hogy amikor az ember felfe-

dez valamit a matematikában, az az érzése, hogy az a valami mindig is ott volt. A fizikában viszont úgy érzi, hogy valódi felfedezést tett. Ez persze nagyon pontatlan így, de van benne valami. Ha a matematikai vagy a tudományos munkát játéknak tekintjük, akkor fogalmazhatunk úgy, hogy a matematikában saját magunk vagy más matematikusok ellen versenyzünk, a fizikában viszont a természet az ellenfél, tehát a tét is sokkal nagyobb.

Dyson nem egyszerűen fizikus lett, hanem szinte rögtön híres fizikussá is vált. Hírnevét annak köszönheti, hogy bebizonyította: a kvantum elektrodinamika két, látszólag különböző megközelítése – az egyiket Julian Schwinger és Tomonaga Sinicsiró, a másikat Richard Feynman neve fémjelezte – valójában egy és ugyanaz. Így aztán az ötvenes évek fizikusai nem az ősoktól, hanem Dysontól tanultak kvantum-elektrodinamikát.

Dyson sok fontos eredményt ért el még a fizikában, valószínűleg nem olyan nagyságrendben, mint az első munkája, de a legmagasabb színvonalon. Néhány eredményét jól ismerem, mert szorosan kapcsolódnak a saját érdeklődési körömhöz, és nyugodtan kijelenthetem, hogy csupa gyöngyszemről van szó. A fizika területén végzett munkájáért Dyson komoly elismerés övezte, és számos díjat is kapott. Mégis szerényen látja saját magát: *Világéletemben problémamegoldó voltam, új ötletekkel nem én álltam elő. Bohrral és Feynmannel ellentétben képtelen vagyok arra, hogy egyetlen komoly kérdés fölött tépelődjek éveken át. Túl sok minden érdekel.*

Könyve nagy része valóban nem a fizikáról, hanem erről a „sok minden”-ről szól: a leszerelésről, a nukleáris technikáról, az űrkutatásról és a „galaxisok kizöldítése”-ről. Amikor Horace Freeland Judson kritikát írt Dyson önéletrajzáról, úgy fogalmazott, hogy Dyson „tulajdonképpen a tudomány piperkőce”. Ezt úgy érti, hogy Dyson látványos eredményeket érhetett volna el a fizikában, ha nem pazarolta volna az idejét semmiségekre. Attól tartok, Judson nem érti a tudósokat. Ha egy tudós úgy véli, hogy fontos ötlete támadt, vagy közel jár hozzá, eszébe nem jutna azt félretenni és mással foglalkozni.

Dyson éppen azért keresett újabb megoldandó problémákat – hiszen saját bevallása szerint is problémamegoldó –, mert nem hitt abban, hogy megfelelő fontosságú és mélységű ötlete támadhat. Arról sem feledkezhetünk meg, hogy Dyson értékskáláján nagyon magasra kellett lennie egy ötletnek ahhoz, hogy félretegye a problémamegoldást, és azzal foglalkozzon.

Évekkel ezelőtt volt egy diákom a Cornellén, aki csodálatosan zongorázott. Zongoratanulmányait feladva az alkalmazott matematikát választotta, és sikeres pályát tudhat magáénak. Amikor megkérdeztem, miért mondott le a zenéről, így felelt:

– Tudom, hogyan kellene szólnia, de képtelen vagyok úgy játszani.

Nem próbálta hát elérni azt, amit lehetetlennek tartott, hanem más irányba indult el. Valami ilyesmi történhetett Dysonnal is. Az a gyanúm, hogy amikor bejelentette, hogy elhagyja a matematikát a fizikáért, egy virtuóz előadó élete lebegett a szeme előtt. Elérkezett egy ponthoz, ahol ő is tudta, „hogyan kellene szólnia”, de képtelen volt megvalósítani.

Hogy még messzebb merészkedjek a találgatások területén, felmerült bennem, hogy Dyson szárnyait talán éppen az vágta vissza, hogy korán, még kezdő tudósként került szoros kapcsolatba Feynmannel. Hogy mégis ilyen magasra és szépen repült, tehetségének nagyságáról tanúskodik, de nehezemre esik elhinni, hogy amikor Cambridge-ben a fizika mellett döntött, megelégedett volna a problémamegoldással.

Megmondom, mire gondolok. A tudományban, akárcsak az emberi törekvések más területein, kétféle zseni létezik: a „hétköznapi” és a „varázsló”. A hétköznapi zseni az, aki akár mi is lehetnénk, ha sokkal jobbak lennénk. Nincs semmi rejtélyes az elméje működésében. Ha megértjük, mit csinált, mindjárt úgy érezzük, hogy mi is képesek lettünk volna rá. A varázslókkal már más a helyzet. Matematikai kifejezéssel élve, hozzánk képest a szellemi világ ortogonális komplementerében élnek, és agyuk működése teljességgel felfoghatatlan. Hiába értjük meg, hogy mit tettek, munkájuk folyamata teljes homályban marad. Szinte soha nincsenek tanítványaik, mert utánozhatat-

lanok, és borzalmasan frusztrálná az ifjú elmét, hogy megpróbáljon megbirkózni a varázsló elméjének titokzatos működésével. Richard Feynman a legnagyobb varázslók egyike. Hans Bethe, akit Dyson a tanárának tart, „hétköznapi zseni”; olyan yira, hogy az a téves benyomásunk támadhat, hogy talán nem is zseni. Ám Dyson képzeletét a nála alig valamivel idősebb Feynman ragadta meg. Fizikusnak lenni számára azt jelenthette, hogy olyannak lenni, mint Feynman, és ez sajnos lehetetlennek bizonyult. Így aztán Dyson onnan merített erőt, ahonnan bármikor tudott: a matematikai módszerek mélyreható ismeretéből.

Bár itt-ott felfedezni vélem a sóvárgás jeleit, Dyson könyve boldogságot sugároz, és ezzel szöges ellentéte Chargaffénak. Hogy ismerős közhellyel éljek, Dyson gyertyát gyújt, Chargaff viszont átkozza azt, amit sötétségként érzékel. Dyson keveset ír ugyan a fizikáról, mégis képes átadni azt az elragadtatást, amit akkor érzett, amikor megpróbálta összeegyeztetni a kvantum-elektrodinamika két különböző megközelítését, és egyszer csak összeálltak a kirakós darabkái. Chargaff és Ulam könyvéből éppen ez az elragadtatás hiányzik, a kreativitás legfőbb jutalma. Watsonéban tetten érhető, még ha a próza modorosságai mögé rejti is.

Amióta 1930 nyarán újra levezettem Cardano képleteit, és megéreztem a felfedezés ízét, már semmi mással nem akartam foglalkozni a matematikán kívül, pontosabban a matematikán és annak fizikában való alkalmazásán kívül. Vezetői ambícióim soha nem voltak, és mindig is türelmetlenné és idegessé váltam, amikor az egyetemi kötelezettségek – a tanítás vagy a bizottsági ülések – elvontak a problémáktól, amelyek éppen akkor izgattak. Már azt az időt is sajnálom, amit ennek a könyvnek az írására fordítok, bár be kell vallanom, hogy egyre jobban élvezem. Szerencsére éppen „két probléma között” vagyok, de ha beleütközöm egybe, akkor a „hétköznapi világ” foglalatosságait, így e könyv írását is félreteszem, amíg vissza nem térek abból a másik világból. Nem mintha a következő probléma fontos következményeket hordozna, de jó

lenne újabb hajszára indulni és összeakaszkodni egy újabb ellenféllel. És ki tudja? Lehet, hogy a végén én győzök.

Dysonhoz hasonlóan én is problémamegoldó vagyok, csak az engem érdeklő problémák sokkal szűkebb mezsgyén mozognak. Sok minden érdekel a matematikán kívül is, de főként passzív érdeklődésről van szó. Érdekel például a tudománytörténet, de eszembe sem jutna kivenni egy év szabadságot és komolyan foglalkozni vele. Nekem bőven elég egy szenvedély, és a *Heracletean Fire* elolvasása után csodáltam, hogy Chargaff kettővel is elbír. Végül arra jutottam, hogy a tudomány, amelyben kiemelkedően jó és kiemelkedően sikeres, tulajdonképpen nem a szenvedélye. És Ulamnak? Bár könyvében nem találni perdöntő bizonyítékot, a válasz szinte biztosan „igen”, és bár a szenvedélyeink sok szempontból különböztek, komoly hasonlóságok is akadtak köztük. Jól ismertem, tehát bizton állíthatom.

David Sloan, a ciklotront feltaláló E. O. Lawrence munkatársa egyszer így fogalmazott:

– Amikor fölmerül egy ötlet, még nem tudhatjuk, jó-e. Minden ötlettől ugyanúgy felgyorsul a szívverésünk.

Bízom benne, hogy önéletrajzommal sikerül átadnom az olvasónak e „felgyorsulás” izgalmát, ugyanakkor a tudós életével elengedhetetlenül együtt járó frusztrációkat és csalódásokat is. Szeretnék felvillantani valamit abból, ahogy a tudós kialakul, a családjá, a tanárai és a munkatársai hatásaitól kísérvé, nem beszélve a fejlődéséhez szervesen hozzátartozó megfoghatatlan tényezőkről: korának politikai körülményeiről és társadalmi viszonyairól, és a történelem katasztrófáiról.

Végezetül tisztelegni kívánok egy nagyhatalmú, ugyanakkor szeszélyes hölgy, a Véletlen előtt is, amiért annak ellenére jótékonyan kísérte végig a személyes életemet, hogy matematikusi életem nagy részében éppen a létezését igyekeztem cáfolni.