

RICHARD DAWKINS

Szivárványbontás

TUDOMÁNY, SZEMFÉNYVESZTÉS
ÉS A CSODA IGÉZETE

VINCE KIADÓ

Lallának

Tartalom

Előszó

5

1. A megszokás közönye

11

2. A hercegi szalonban

24

3. Kód a csillagokban

46

4. Kód a levegőben

71

5. Kód a tanúk padján

86

6. Kancsalul festett egek

115

7. A rejtély titka

144

8. A nagy regény kódos jelképei

177

9. Az önző kooperátor
205

10. Genetikai halottaskönyv
227

11. A világ újraszövése
247

12. A túltengő agy
273

Irodalom
300

Magyar nyelvű irodalom
305

A kötet idézeteinek fordítói és forrásai
307

Előszó

Az első könyvem egyik külföldi kiadója bevallotta, hogy miután elolvasta, három éjen át nem tudta lehunyni a szemét, olyannyira megrendítette a könyv ridegnek és vigasztalannak felfogott üzenete. Mások kertelés nélkül nekem szegezték a kérdést, egyáltalán miként tudom reggelente rávenni magam, hogy felkeljek. Egy vidéki tanár szemrehányó levélben tudósított, hogy az egyik diáklány zokogva kereste fel, mert a szóban forgó könyv meggyőzte az élet értelmetlenségéről és céltalanságáról. A tanár mindenesetre azt tanácsolta a lánynak, semmi esetre se mutassa meg a könyvet a tanulóársainak, nehogy azokat is megfertőzze ezzel a nihilista pesszimizmussal. Általánosságban is gyakran vádolják azzal a tudományt, hogy vigasztalanságot és örömtelenséget sugalmaz, és a tudósoknak nem okoz különösebb nehézséget erre rájátszaniuk. Peter Atkins kollégám is ebben a szellemben indítja 1984-ben megjelent, *The Second Law* (A második főtétel) című könyvét:

A káosz gyermekei vagyunk, és a változás mélystruktúrája a felbomlás. Lényegében nincs semmi más, csak a bomlás és a káosz feltartóztathatatlan áradata. Célnak nyoma sincs; semmi nem maradt ezen az irányultságon kívül. Ha tárgyilagosan pillantunk az univerzum mélyébe, kénytelenek vagyunk elfogadni ezt a kilátástalanságot.

De éppen ez jelenti a valódi megtisztulást a hamis céltól. A kozmikus érzelgősség leleplezésében tanúsított, dicséretesen józan gondolkodásmódot nem szabad összekeverni a személyes remény elvesztésével. A kozmosz végső sorsát illetően vélhetően valóban nem találunk semmiféle célt, de ugyan milyen összefüggésben állnak életünk kilátásai a kozmosz végső sorsával? Természetesen semmilyenben, már amennyiben józanul közelítjük meg a kérdést.

Életünket mindenféle szűkebb értelemben vett melegebb emberi vágyak és érzések vezérlik. Egyszerűen nevetséges azzal vádolni a tudományt, hogy megfosztja az életet mindattól, ami méltóvá és érdemlegessé teszi, és szöges ellentétben áll jómagam és a tudósok döntő többségének a felfogásával. Valósággal kétségbe ejtett, amit tévesen gyanítanak rólam. Mindenesetre ebben a könyvben, a tudományban felcsillanó csodára támaszkodva igyekszem pozitívabb válaszra jutni, mert roppant lehangoló arra gondolni, mit *mulasztanak* el az említett elégedetlenkedők és tagadók. Többek között éppen ebben a tekintetben mutatkozott meg – és hagyott mélységes űrt maga után – a néhai Carl Sagan kiválósága. A tudomány adhatja meg az emberi lélek egyik legfelemelőbb élményét, a lenyűgöző csoda érzését. Ez a mélységes esztétikai gyönyörűség semmivel sem alacsonyabb rendű annál az elragadtatásnál, mint amit a zene és a költészet vált ki. Pontosan az ilyesmi avatja méltóvá és érdemessé az életet, méghozzá jóval hatékonyabban, mint ahogy véges mivoltáról győzne meg.

Könyvem címét Keats-tól merítettem, aki úgy vélte, hogy Newton a szivárvány minden költőiségét elpusztította, amikor a prizma színeire egyszerűsítette. Keats aligha tévedhetett nagyobbra, és célom az ellenkező következtetés felé vezérelni mindazokat, akik hasonló szemléletre hajlanak. A tudomány a legmagasabb rendű költészet ihletője (vagy legalábbis annak kellene lennie), mivel azonban az én tehetségem csekély ahhoz, hogy írásművészetemet vonultassam fel döntő érvként, kénytelen vagyok prózaibb eszközökhöz folyamodni. A fejezetcímek egy részét Keats-tól is kölcsönöztem; az olvasó felfedezheti a géniusza iránti tiszteletadásaként helyyel-közzel előforduló parafrázisokat, illetve a szöveget hozzá (és persze másokhoz) kötő utalásokat. Keats sokkal rokonszenvesebb jellem Newtonnál, és árnyéka (más tekintélyes ítésekkel egyetemben) képzeletben a vállam fölött figyelte gyarapodó soraimat.

Newton „szivárványbontása” vezetett a színképelemzéshez, és nagyrészt innen származtatható mindaz, amit ma a kozmoszról tudunk. És a romantikus jelzőre érdemes egyetlen költő sem állná meg talpra szökkenés nélkül, ha megpillantaná Einstein, Hubble és Hawking univerzumát, melynek természetét kiolvashatjuk a

Fraunhofer-vonalakból – „Kód a csillagokban” – és a spektrum mentén mutatkozó eltolódásukból; a vonalkódok képétől tovább lépünk a hangok – „Kód a levegőben” – és a DNS-ujjlenyomatok – „Kód a tanúk padján” – nagyon eltérő, de hasonlóképp lenyűgöző birodalmába, ami egyúttal arra is lehetőséget kínál, hogy eltűnjünk a tudomány társadalmi szerepének egyéb vonatkozásaiban.

A könyv szemfényvesztésnek szentelt részével – a „Kancsalul festett egerek” és „A rejtély titka” című fejezetekkel – azokhoz a mindennapi gyanakvó lelkekhez fordulok, akik, ha a szivárványt védelmező költőknél kevésbé fennköltten is, örömeiket találják a rejtélyekben, és becsapva érzik magukat, ha a rejtély magyarázatot lel. Ők azok, akik rajonganak a jó kísértethistóriákért, akiknek az elméje ráveti magát a poltergeistekre vagy a csodákra, valahányszor olyasmi következik be, ami valamelyest eltér a szokásostól. És ők azok, akik soha nem mulasztják el Hamletet idézni:

*Több dolgok vannak földön és egen,
Horatio, mintsem, bölcselmetek
Álmodni képes.*

És a tudósok válasza („Igen, de már dolgozunk rajta”) semmit nem pendít meg bennük. Ünneprontásnak tartják egy jó kis rejtély megnyugtató magyarázatát, ahogy egynémely költők tartották Newtonnak a szivárványra adott magyarázatát.

A *Skeptic* folyóirat szerkesztője, Michael Shermer számol be egy tanulságos történetről, amikor is nyilvánosan leleplezett egy híres televíziós spiritisztát. A fickó közönséges bűvészmutatványokkal hitette el, hogy halottak szellemeivel társalog. A közvélemény azonban egyáltalán nem pártolt el a leleplezett sarlatántól, hanem felsorakozott az egyik néző mögé, aki „helytelen” viselkedéssel vádolta a leleplezött, mondván, hogy lerombolta mások illúzióit. Joggal várhattuk volna el, hogy az illető hálásan fogadja, ha felnyitják a szemét, de ezek szerint jobban érezte magát csukott szemmel. Azt hiszem, egy rendes világmindenség, amelyik közömbös a különféle emberi elfogultságok iránt, ahol mindennek megvan a maga magyarázata, még ha hosszú utat kell is bejárnunk, amíg rátalálunk, sokkal szebb, sokkal csodálatosabb hely, mint az olyan, amelyiket szeszélyes, *ad hoc* varázslat igazgat.

Inkább az úgynevezett parajelenségekben láthatjuk a költői csoda érzésének meggyalázását, azét az érzését, amelynek táplálnia kellene az igazi tudományt. Másféle veszélyt rejt az, amit rossz költészetnek nevezhetnénk. „A nagy regény ködös jelképei” a rossz költői tudomány kísértésére hívják fel a figyelmet. Intelem a félrevezető ékesszólás csábereje ellen, a magam szakterületén működő egyik szerző példájával, aki könnyed és avatott tolla révén aránytalanul nagy – és szerintem sajnálatos – befolyásra tett szert az evolúcióról alkotott amerikai közvélekedésre. A könyv azonban elsősorban nem valami ellen szól, hanem a jó költői tudomány mellett tör lándzsát, ami alatt természetesen nem rímelő strófákba szedett, hanem a csoda költői érzése által inspirált tudományt értek.

Az utolsó négy fejezet négy különböző, de egymással kapcsolatban álló témakörre vonatkozóan tesz kísérletet olyasmire, amit elvégezhetnének nálam ihletettebb tudósok. A géneknek, bár „önzőek”, „együttműködőknek” is kell lenniük – az Adam Smith-i értelemben (ezért adtam „Az önző kooperátor” címet az Adam Smith-i idézettel induló fejezetnek, mely idézet ugyan nem erről a témakörrel, hanem magáról a csodáról szól). A fajok génjei felfoghatók ősi világok leírásának, egyfajta „genetikai halottaskönyvnek”. Ugyanígy, az agy egyfajta folyamatosan „frissített” „virtuális valóság” felépítésével „újrászövi a világot”. „A túltengő agy” című fejezetben fajunk legrendkívülibb sajátosságainak eredetéről elmélkedem és végül eltűnődöm magán a költői késztetésen és hogy az milyen szerepet játszhatott az evolúciónkban.

A számítógépszoftver a korunk új reneszánszát hajtó erő és egyik-másik kreatív génusza igazi jótevő, ugyanakkor a maga jogán is reneszánsz ember. 1995-ben a Microsoft munkatársa, Charles Simonyi az Oxfordi Egyetemen professzori ösztöndíjat alapított a Public Understanding of Science tanszéken, amelyet elsőként én nyertem el. Hálával tartozom dr. Simonyinak, mindenekelőtt nagylelkűségéért az egyetem iránt, mellyel korábban semmiféle kapcsolatban nem állt, valamint rendkívüli képzelőerőről tanúskodó tudományszemléletéért, és ahogy azt kifejezésre juttatta a jövő Oxfordjának szóló írásos nyilatkozatában (alapítványa örökre szól, ám jellemzően kerül a jogászi nyelv rafinált csűrös-csavarásait). Időről időre megvitattuk

mindezeket a kérdéseket, mivel kinevezésem után összebarátkoztunk. A *Szivárványbontás* tekinthető hozzájárulásomnak az eszmecserénkhez, és a kinevezésem székfoglaló beszédének. És ha két évvel az állás elfoglalása után esetleg nem hangzik egészen helyénvalóan a „székfoglaló”, talán vehetem a bátorságot, hogy megint csak Keatsét idézzem:

*Ebből barátom, tisztán láthatod,
Az írással ily renyhe miért vagyok;
Mert gondolatom nem szabad soha,
Művelt fülnek nem tetszhet dallama.*

Mindazonáltal a könyv természetéhez tartozik, hogy létrehozása több időt vesz igénybe, mint egy újságcikké vagy egy előadásé. Közben mellesleg ebből is, abból is született néhány, ahogy televíziós műsorból is. Ezt arra az esetre bocsátom előre, ha az olvasó ismerősnek találná egyik-másik fejezetet. A „Szivárványbontás” címet és Keats Newton iránti tiszteletlenségének témáját először akkor használtam nyilvánosan, amikor felkértek az 1997-es C. P. Snow-előadás megtartására a cambridge-i Christ College-ban. Bár a *The Two Cultures*ban (A két kultúra) nem vettem fel közvetlenül ezt a témát, nyilvánvalóan idevágó. Még inkább a *The Third Culture* (A harmadik kultúra) John Brockmantól, aki ugyancsak nagy segítségemre volt egy teljesen eltérő szerepkörben, nevezetesen irodalmi ügynökömében. A „Tudomány, szemfényvesztés és a csoda igézete” alcím az 1996-os Richard Dimbleby-előadásom címe volt. E könyv korábbi vázlatának egynémely fejezete ebben a BBC televíziós előadásban tűnt fel. Ugyancsak 1996-ban *Break the Science Barrier* (Törjük át a tudomány korlátait) címmel egyórás ismeretterjesztő műsort adtam a Channel Fouron a tudománynak a kultúrában elfoglalt helyéről, és a John Gau-val, a producerrel, és Simon Raikes-szel, a rendezővel folytatott, a műsor háttéréül szolgáló tanácskozások során felmerült elképzelések közül nem egy erre a könyvre is hatott. 1998-ban a könyv néhány bekezdését belefoglaltam a londoni Queen Elizabeth Hallból a BBC Radio 3-n közvetített sorozatomba. (Az előadás címét – *Science and Sensibility* – a feleségemnek köszönhetem, és nem egészen tudom, mit kellene lépnem, azóta ugyanis plagizálták egy szupermarket magazinjában.) Felhasználtam továbbá a könyv egyes

bekezdéseit az *Independent*, a *Sunday Times* és az *Observer* megbízásából készült cikkeimhez. Amikor megtisztelték az 1997-es International Cosmos Díjjal, az ez alkalomból Tokióban és Oszakában megtartott előadásomhoz „Az önző kooperátor” címet választottam; az előadás egyes részeit a 9. fejezetben átdolgoztam és kibővítettem. Az 1. fejezet bizonyos elemeit a Royal Institution karácsonyi előadásáiban használtam fel.

A könyv sokat köszönhet Michael Rodgers, John Catalano és Lord Birkett inspiratív kritikájának. Michael Birkett az eszményi és hozzáértő műkedvelő; ragyogó intelligenciája önmagában is élménnyé avatja kritikai megjegyzéseinek olvasását. Michael Rodgers volt az első három könyvem szerkesztője, és kívánságomra, valamint az ő nagylelkősége okán a legutóbbi háromban is fontos szerepet játszott. Szeretnék köszönetet mondani John Catalanónak, nem csupán hasznos észrevételeiért, hanem a <http://www.spacelab.net/~catalj/home.html>-ért, melynek nagyszerűsége – amihez semmi közöm nincs – azonnal szembetűnik az odalátogatóknak. Stefan McGrath és John Radziewicz, a Penguin és a Houghton Mifflin szerkesztői, nagy türelemmel biztattak és értékes irodalmi tanácsokkal láttak el. Sally Holloway fáradhatatlanul és töretlen jókedvvel dolgozott a nyomdai előkészítésen. Köszönet illeti továbbá Ingrid Thomast, Bridget Muskettet, James Randit, Nicholas Daviest, Daniel Dennettet, Mark Ridleyt, Alan Grafent, Juliet Dawkinst, Anthony Nuttallt és John Batchelort.

Feleségem, Lalla Ward tucatnyi alkalommal bírált meg minden egyes fejezetet a különféle változatokban, és érzékeny színészfüle révén minden egyes olvasatából sokat okultam a nyelvet és a hangnemet illetően. Valahányszor kételyeim támadtak, a könyvbe vetett rendíthetetlen bizalma tartotta bennem a lelket: segítsége és bátorítása nélkül bizonyosan soha nem készültem volna el – munkámat nem is ajánlhatom hát másnak, mint neki.

1. A megszokás közönye

Élni önmagában is éppen elég nagy csoda.

MERVYN PEAKE: AZ üvegfúvó (1950)

Meg fogunk halni, és ez a tény módfelett szerencsésekké avat bennünket. A legtöbben soha nem halnak meg, minthogy nem is jönnek világra – azok a potenciális emberek –, akik a helyemben lehetnének, de akik valójában soha nem fogják meglátni a napvilágot, többen vannak, mint ahány homokszem Arábia sivatagjaiban. Ezen meg nem született szellemek között bizonyára akadnának nagyobb költők is Keatsnél, nagyobb tudósok Newtonnál. Ezt onnan tudhatjuk, hogy a DNS-ük által meghatározható lehetséges emberek halmaza mérhetetlenül nagyobb a ténylegesen élő emberek halmazánál. E döbbenetes valószínűségek ellenére önök és én itt vagyunk, a magunk hétköznapiságában.

A moralisták és a teológusok nagy súlyt fektetnek a fogantatás pillanatára, mivel úgy tekintik, ekkor születik meg a lélek. Ha az olvasót – akárcsak engem – nem hatja meg az efféle beszéd, akkor is személyes szerencsénk legdöntőbb eseményének kell tekintenünk azt a bizonyos, a születésünket kilenc hónappal megelőző pillanatot. Ez az a pillanat, amikor egyszerre trilliószer és trilliószer előreláthatóbbá vált a tudatunk, mint egy másodperc töredékével korábban. Igaz, ami igaz, ekkor létrejött embrionális énünknek még számtalan akadályt kellett sikeresen leküzdenie. A fogamzások többsége korai abortálással végződik, még mielőtt az anya egyáltalán tudná, hogy megtörtént, és mindannyian szerencsésekké mondhatjuk magunkat, amiért nem így jártunk. Továbbá a személyes azonossághoz nem elegendők kizárólag a gének, amint azt az egyiptetíjű ikrek (akik a megtermékenyülés pillanata után különülnek csak el) példája mutatja. Mindazonáltal ez a pillanat, amikor egy bizonyos ondósejt behatolt egy bizonyos petébe, az egyedi lét döntő és megismételhetetlen pillanata. Ekkor történt, hogy az ellenünk szóló esélyek egy adott személlyé alakultak, a valószínűtlenség csillagászati számai egyetlen

számjegyre zsugorodtak.

Ez a lottó a fogantatásunk előtt kezdődik. Találkoznunk kell a szüleinknek, akiknek ugyanolyan valószínűtlen volt a fogantatása, mint a miénk. És így tovább visszafelé, a négy nagyszülőnkön és a nyolc dédszülnőnkön át, vissza az idő olyan távolába, amit már el sem tudunk képzelni. Desmond Morris ezzel a jellegzetes gondolatmenettel kezdi az önéletrajzát (*Animal Days*, 1979):

Minden Napóleonnal kezdődött. Ha ő nem lett volna, nem ülhethék most itt, és nem írhatnám ezeket a sorokat... mert a spanyolországi hadjáratában elsült az egyik ágyúja, és annak ágyúgolyója vitte el az ükapám, James Morris karját, mely mozzanat a családom történetének egész menetét megváltoztatta.

Morris elbeszéli, milyen hatások érték őse módosításra kényszerült pályafutását, és mindez hogyan eredményezte végül Morris természettudomány iránti érdeklődését. És valóban főleg az erőltetett kapcsolatokat előráncigálni ennek az okoskodásnak az összehozására. Hát persze hogy Napóleonnak köszönheti a létezését. Akárcsak én és önök. Napóleonnak persze nem kellett ellőnie James Morris karját azért, hogy megpecsételje az ifjú Desmond sorsát, illetve az enyémet és az önökét. Nemcsak Napóleonnak, de a legalantasabb sorsú középkori parasztnak is csak tüsszentenie kellett, hogy hasson valamire, ami hatást gyakorolt valami másra, és így tovább, amíg egy hosszú láncreakció folyamánként egyik reménybeli elődünk mégsem lett az elődünk, hanem valaki más lett az. Nem a „káosz-elméletéről”, vagy a hasonlóképp divatba jött „komplexitáselméletéről” beszélek, hanem csak az oksági viszony leghétköznapibb statisztikájáról. Létezésünk a történelmi események megrendítően vékony fonalán függ a létezésünk.

Ó, király, ha összevetjük a magunkéval az ismeretlenségbe vesztő idő terjedelmét, az emberek jelenlegi élete a földön ahhoz hasonlatos, mint amikor egy fecske röppen át a termen, ahol télen üldögélsz a kapitányaiddal és a tanácsadóiddal. Belépve az egyik az ajtón és eltávozva egy másikra, míg odabent van, nem érinti a tél cudar vihara; ám legfeljebb ha egy percig tart a nyugalomnak ez a röpke közjátéka, és máris visszatér a télbe, ahonnan érkezett, eltűnve a

tekinteted elől. Ehhez hasonlatos az emberek élete; és ami követi, vagy ami előtte történt, arról nincs semmiféle tudomásunk.

BEDA VENERABILIS: Az angol egyház és nép története (731)

Ebben a tekintetben is szerencsésnek mondhatjuk magunkat. Az univerzum százmillió évszázadnál is öregebb. Hasonló idő elteltével a Nap vörös óriássá duzzad és elnyeli a Földet. Az évszázmilliók minden évszázada a „jelen évszázad” volt a maga idejében, illetve lesz, amikor eljön az ideje. Érdekes módon egyes fizikusok csöppet sem kedvelik a „mozgó jelen” elképzelését, tekintettel arra, hogy ennek a szubjektív jelenségnek nem találnak helyet az egyenleteikben. Én azonban pontosan ilyen szubjektív kijelentést teszek. Nekem, és feltételezésem szerint önöknek is úgy tűnik, hogy a jelen a múltból halad a jövőbe, parányi pontfényként araszolva az idő gigantikus vonalzója mentén. Minden, ami a pontfény mögött van, sötétbe vész, a halott múlt sötétjébe. Mindent, ami még a pontfény előtt van, az ismeretlen jövő sötétje rejt. Annak esélye, hogy a mi évszázadunk beleessék a pontfénybe, ugyanakkora, mint hogy egy véletlenszerűen elhajított penny pontosan egy bizonyos, valahol a New York és San Francisco közötti úton mászó hangyára fog esni. Más szóval, minden tekintetben annak a legnagyobb az esélye, hogy halottak vagyunk.

Mindezen esélyek ellenére viszont mindannyian tapasztalhatjuk a tényt, hogy élünk. Azok az emberek, akiken már áthaladt a pontfény, és azok, akiket még nem ért el, nincsenek abban a helyzetben, hogy könyvet olvashassanak. Jómagam abban a szerencsében részesültem, hogy írhattam egyet, bár meglehet, amikor ezeket a sorokat olvassák, addigra már elhagyott ez a szerencsém. Bízom benne, hogy halott leszek, amikor engem olvasnak. Ne értsenek félre: szeretem az életet és remélem, még hosszú időn át részem lehet benne, de minden szerző arra vágyik, hogy a lehető legszélesebb olvasóközönséghez jussanak el a művei. Mivel a teljes jövőbeni népesség valószínűleg messze felülmúlja kortársaim számát, kénytelen vagyok bízni abban, hogy már meghaltam, mire eljutnak önökhöz a szavaim. Még a végén kiderül, hogy akkor járok a legjobban, ha egyhamar nem kel el a könyvem... De félretéve a tréfát, én mindenesetre szerencsésnek látom, hogy élek, ahogy önök is.

A bolygó, ahol élünk, tökéletes az életformánk számára: nem túl meleg, nem túl hideg, langyos napfény fürdeti és kellő bőséggben

csobog rajta a víz, az évszakok szelíd körforgásában megterem rajta minden, mi szem-szájnak ingere. Igen, sajnos vannak sivatagok és nyomornegyedek, van éhínség és szenvedés is. De vessünk csak egy pillantást a vetélytársakra. A bolygók túlnyomó többségével összevetve ez maga a paradicsom, és a Föld egyes részei bármely mérce szerint bízvást paradicsomnak tekinthetők. Mekkora az esély arra, hogy ilyen kedvező tulajdonságokat mutasson valamely véletlenszerűen kiválasztott bolygó? A legoptimistább számítás szerint sincs egy az egymillióhoz.

Képzeljünk el egy űrhajót, melynek fedélzetén hibernált állapotban utaznak egy távoli világ leendő telepesei. Talán ez a hajó az utolsó reménysugár fajunk megmentésére, mielőtt becsapódik az anyabolygóba egy feltartóztathatatlanul közeledő üstökös, mint amilyen annak idején elsöpörte a föld színéről a dinoszauruszokat. Az utasokat mélyhűtük, hiszen józanul számolva az esélyeket, másként nem érhetnék meg, hogy életre alkalmas bolygóra bukkanjon az űrhajójuk. Ha egymillió bolygóból a legjobb esetben egy alkalmas a letelepedésre, és évszázadokat vesz igénybe eljutni egyik csillagtól a másikig, megrendítően valószínűtlen, hogy az űrhajó elviselhető, ráadásul biztonságos révbe vigye alvó rakományát.

De képzeljük el, hogy a robotpilóta hihetetlenül szerencsésnek bizonyul. Néhány millió év elteltével a hajó mégis az élet fenntartására alkalmas, kiegyensúlyozott hőmérsékletű, meleg napfényben fürdő, oxigénnel és vízzel ellátott bolygót talál. Az utasok, mint megannyi Rip van Winkle, kábán hunyorogva térnek magukhoz. Évmilliónyi alvás után egy egészen új, termékeny bolygó áll előttük, dús legelőkkel, csillogó vízfolyásokkal és szikrázó vízesésekkel, az idegen növényzetben suhanó teremtményekkel teli világ. Utazóink elbűvölve indulnak a felfedezésére, szinte képtelenek hinni berozsdásodott érzékeiknek.

Mint mondtam, a történet olyan hihetetlen szerencsét igényelne, hogy soha nem eshetne meg. Valóban nem? Hát nem pontosan ez történt mindegyikünkkel? Az ellenünk szóló csillagászati esélyekre rácafolva, száz- és százmillió évnyi alvás után eszméletre tértünk, és nem űrhajón érkeztünk, hanem születéssel, nem egy csapásra ébredtünk tudatra, hanem a csecsemőkortól fokozatosan kibontakozó tudatossággal. Az a tény, hogy lassanként fogjuk fel a világunkat, nem pedig egy csapásra fedezzük fel, semmit nem von le az esemény

csodájából.

Természetesen csak egyfajta gondolati bűvészműtatványt játszom a szerencsével, miközben a ló elé fogom a szekeret. Nem, nem véletlen, hogy a mi életformánk egy olyan bolygón találja magát, melynek pontosan a megfelelő a hőmérséklete és minden egyéb tulajdonsága. Ha a bolygó másfajta élet számára volna alkalmas, akkor olyan típusú fejlődött volna ki rajta. Mindazonáltal mérhetetlen áldásban részesültünk. Kiváltságosak vagyunk, és nem csak abban a tekintetben, hogy örömről leljük a bolygónkban; lehetőséget kaptunk annak megértésére, miért van nyitva a szemünk, és miért látja abban a rövid időszakban, mielőtt örökre lezárulna, éppen azt, ami elé tárul.

Úgy vélem, ebben rejlik a válasz azoknak a korlátozott gondolkodású zsugoriaknak, akik mindegyre azt firtatják, mi a tudomány *haszna*. Az egyik bizonytalan szerzőségű mitikus anekdota szerint, Michael Faraday-nek is feltették ugyanezt a kérdést.

– Uram – kérdezett vissza Faraday –, ugyan mi haszna egy újszülött csecsemőnek?

Faraday (vagy Benjamin Franklin vagy bárki volt is) arra célzott, hogy a csecsemő semmiféle hasznát nem hajt a jelenben, ám a jövőre nézve óriási lehetőségeket rejt magában. És azt kell gondolnom, hogy ennél többet is értett alatta: mi haszna világra hozni egy csecsemőt, ha semmi mást nem kezd az életével, csak tovább éli? Ha mindent a „hasznossága” alapján ítélünk meg – azaz hasznos-e az életben maradásra –, akkor a leghasznontalanabb körforgással kerülünk szembe. Lennie kell valamiféle többletértéknek. Legalább az élet egy részét annak kell szentelnünk, hogy *éljük* is az életet, nem kizárólag azon igyekeznünk, hogy ne szakadjon vége. Pontosan ezen az alapon értékeljük az adófizetőknek a művészetre elköltött pénzét. Ez indokolja a ritka fajok és a szép épületek megőrzését. Ebben a szellemben válaszolunk azoknak a barbároknak, akik szerint a vad elefántokat és a történelmi épületeket csak akkor kellene megőrizni, ha az „kifizetődik”. Ugyanez a helyzet a tudománnyal. A tudomány persze kifizetődik; természetesen hasznos. De ez közel sem *minden*, amit a tudomány jelent.

Százmillió évnyi alvás után végre egy élettől nyüzsgő, pazar bolygóra emeltük a tekintetünk. Néhány évtized múltán ismét be kell hunynunk a szemünket. Hát nem az a legnemesebb,

legfelvilágosultabb módja rövidre szabott időnk eltöltésének a napfényben, ha azon munkálkodunk, hogy megértsük a mindenséget és hogy hogyan ébredtünk benne tudatra? Nos, ez a válaszom, ha megkérdeznék – ami meglepően gyakran előfordul –, hogyan veszem rá magam reggelente a felkelésre. Másként fogalmazva: nem volna szomorú úgy feküdni a sírba, hogy egyetlen pillanatra sem tűnődtünk el rajta, miért is születünk meg? Ki ne pattanna ki az ágyból erre a gondolatra, hogy mielőbb folytathassa a világ felfedezését és az örömeizést, amiért mindennek a részese lehet?

Kathleen Raine költő, aki biológiát tanult Cambridge-ben, szerelmi csalódástól gyöttrődő fiatal nőként hasonló vigaszt talált:

*Szívem tiszta hangján szól az ég,
majd közelebből a szerelem beszél.
Lelkemnek így ők: – Minden mire vágysz, adott!*

*– Tudd hát, hogy e felhőkkel születél,
a csillagok, a tengerek s a szél
testvéred. Ez mind neked adatott.*

*– Tiszta szívből örvendezz hát, ne félj,
légy bár sírban vagy éltesen szenvedély,
e bolygót virággal-tigrissel együtt lakod.*
Szenvedély (1943)

Életünkben jelen van a megszokottságnak egyfajta érzéstelenítője, amely eltompítja az érzékeket és közöny mögé rejti a létezés csodáját. Azoknak, akiknek nem kenyerük a költészet, érdemes olykor erőfeszítést tenniük e közöny legalább átmeneti lerázására. Mi a legjobb módja annak, hogy szembeszálljunk a megszokással? Ténylegesen nem repülhetünk el egy másik bolygóra. De ismét szert tehetünk arra a képességre, hogy szokatlan szempontból tekintsünk a világunkra, mintha most távolognánk életre egy új világon. Csábító lenne olyan kézenfekvő példákhoz folyamodni, mint a rózsáé és a pillangóé, de hatoljunk egyenesen az idegenség mélyére. Emlékszem, évekkel ezelőtt egy polipokkal és rokonaival, a tintahalakkal és szépiákkal foglalkozó biológus előadásaira jártam. Azzal kezdte, hogy elmagyarázta, mi vonzza ezekhez az állatokhoz.

– Tudják – mondta –, ezek a marslakók.

Látták már, hogyan változtatja a színét a tintahal? Televíziós képeket gyakran vetítenek ki hatalmas LED (*Light Emitting Diode*: világító dióda) képernyőkre. A LED-ernyő nem úgy működik, hogy egy elektronnaláb sorról sorra letapogat egy fluoreszkáló képernyőt, hanem apró, függetlenül vezérelhető fénypontok mátrixa. A fények egyenként gyulladnak fel vagy hunynak ki, úgy hogy bizonyos távolságból az egész mátrixon mozgóképek pislákolnak. A tintahal bőre a LED-ernyőhöz hasonlóan viselkedik, fények helyett azonban többezernyi apró, tintával töltött zsákocskát tartalmaz. Ezen festékes zsákocskák mindegyikét miniatűr izomzattal lehet összenyomni. A tintahal idegrendszere az ezen izmokhoz vezető idegekkel külön-külön vezérelheti minden egyes festéktömlő formáját, ilyenformán a látványát.

Elméletileg, ha vezetékekkel leképezzük a különálló festékes pixelekhez vezető idegeket, és ezeket számítógéppel elektromosan stimuláljuk, a tintahal felületén lejátszhatnánk a Charlie Chaplin-filmeket. A tintahal bőre persze nem ezt teszi; az állat agyából érkező pontos és gyors vezérlés hatására látványos bőrváltozásokat mutat. Színhullámok száguldanak át a felszínen, mint felhők a felgyorsított filmen; fodrok és örvények vágatnak át az eleven képernyőn. Az állat gyors egymásutánban jelzi változó érzéseit: egy pillanatig sötétbarna, majd egy másodpercre kísérteties fehérre világosodik, pöttyök, foltok és sávok gyorsan változó, egymásba fonódott mintái iramlanak át rajta. Ha színváltozásról van szó, ebben a tekintetben a kaméleonok legfeljebb amatőrök lehetnek.

William Calvin amerikai neurobiológus azok közé tartozik, akik manapság erősen gondolkodnak azon, mi is valójában maga a gondolkodás. Mint korábban mások is, azt az elképzelést vallja, hogy a gondolatok nem az agy meghatározott részein lakoznak, hanem az aktivitás változó mintái a felszínén, egységek, amelyek besorozzák a szomszédos egységeket a populációkba, és velük együtt válnak egyazon gondolattá, miközben darwini módon versengenek az alternatív gondolatokat gondoló rivális populációkkal. Ezeket a mozgó mintázatokat ugyan nem látjuk, de vélhetőleg láthatnánk, ha mondjuk az aktív neuronok világítanának. Az agykéreg, ahogy elképzelem, olyan látványt nyújtana, mint a tintahal testének felszíne. Gondolkozik a tintahal a bőrével? Amikor hirtelen megváltoztatja a színmintázatát,

feltételezzük, hogy az a hangulatváltozásának a megnyilvánulása, amit egy másik tintahalnak jelez. A szín megváltozása tudatja, hogy a tintahal agresszív hangulata például ijedtségre változott. Kézenfekvő a feltételezés, hogy az agyban is lejátszódik a hangulatváltozás, és a belső gondolatok kommunikációs szándékkal „lefordított” külső megnyilvánulásaként ez eredményezi a szín változásait. Mindehhez azt az elképzelést teszem hozzá, hogy a tintahal gondolatai a bőrében lakozhatnak. Ha a tintahalak a bőrükkel gondolkodnak, akkor sokkal inkább „marslakók”, mint azt kollégám vélte. És ha ez az egész elmélkedés talán túlságosan messzire megy is, a hullámzó színváltozás látványa önmagában is elég idegenszerű ahhoz, hogy kizökkentsen bennünket a megszokás közönyéből.

Nem a tintahalak az egyedüli „marslakók” a szomszédságunkban. Gondoljunk csak a mélytengeri halak groteszk ábrázatára, a poratkákra, melyek igazán riasztóak volnának, ha nem lennének olyan aprók; vagy az óriáscápára, melyek viszont éppen elég félelmetesek a maguk valóságában. Vagy gondoljunk a már említett kaméleonokra, a katapultszerűen kilövellő nyelvükkel, a forgó szemszerkezetükkel, és hideg, lassú járásukkal. De ugyanilyen áthatóan elfoghat minket az idegenség érzete, ha önmagunkba pillantunk, és szemügyre vesszük a testünket felépítő sejteket. A sejt nem csupán amolyan lével teli zsákocska. Szilárd szerkezetek, bonyolultan összehajtogatott membránok zsúfolódnak össze benne. Az emberi test hozzávetőleg 100 millió millió sejtet tartalmaz, és a membrán-szerkezetek teljes területe csaknem egy négyzetkilométert tesz ki, ami már egész tisztességes kis gazdaságnak felel meg.

Mit csinálnak ezek a membránok? Látszólag afféle töltőanyagként tömik ki a sejtet, ám közel sem ez az összes feladatuk. Az összehajtogatott terület legnagyobb részén azok a kémiai szerelőszalagok működnek, mozgó futószalagokkal, egymást követő szakaszok százaival, amelyek pontosan megtervezett sorozatban vezetnek a következőhöz, és az egészet gyorsan forgó kémiai fogaskerekerek hajtják. A Krebs-ciklus, a számunkra hozzáférhető energia előállításáért javarészt felelős kilenc fogú fogaskerék, másodpercenként száz fordulatot végez, és minden sejtben ezerszer és ezerszer lejátszódik ez a művelet, melynek fogaskerekei a mitokondriumokon belül találhatók, ezek pedig úgy szaporodnak sejteinken belül, mint a baktériumok. Mint látni fogjuk, manapság

már széles körben elfogadott álláspont, hogy a mitokondriumok – a sejteinkben található más létfontosságú szerkezetekkel együtt – nem csupán hasonlítanak a baktériumokra, hanem azoknak az ősi baktériumoknak a közvetlen leszármazottai, melyek vagy egymilliárd éve feladták a szabadságukat. Mindegyikünk sejtek városa, és minden egyes sejtünk baktériumok városa. Baktériumok gigantikus megapoliszai vagyunk tehát. Nos, nem alkalmas ez a kábulat fátylának fellebbentésére?

Ahogy a mikroszkóp hozzásegíti az elmét, hogy belessen a sejt-membránok idegen világába, és ahogy a távcső a távoli galaxisokhoz repít, akad másik útja is, hogy kizökkenjünk a kábulatból, ez pedig a földtörténeti időn át vezet: a kőületek lélegzetelállító kora. Vegyünk egy trilobitát – a könyvekből tudhatjuk, hogy 500 millió éves. Ám képtelenek vagyunk felfogni ekkora időtartamot, ami óhatatlanul arra csábít, hogy próbálkozzunk vele. Az agyunk az élettartamunkhoz mérhető időskála megragadására alakult ki. Könnyen felfogjuk a másodperceket, percek, órákat, napokat és éveket. Még az évszázadokkal is megbirkózunk. Amikor aztán az évezredekre kerül sor, végigfut a hátunkon a hideg. Homérosz epikus mítoszai; a görög istenek, Zeusz, Apollón és Artemisz tettei; a zsidó ősatyáké, Ábrahámé, Mózesé és Dávidé és félelmetes istenüké, Jahvéé; az ősi egyiptomiaké és Ré napistené; ezek megihletik a költőket és beleborzongunk az idő mérhetetlenségébe. Mintha kísérteties ködön át kémlelnénk vissza az ókor visszhangzó idegenségébe. Ám a trilobitánk időléptékében legfeljebb ha minapinak számítanak ezek a dicsőséges antikvitások.

Sokféleképp próbálták már érzékeltetni az időt, én most egy újabbra teszek kísérletet. Írjuk le egyetlen év történetét egy papírlapra. Így persze nem jut sok hely a részleteknek. Nagyjából azoknak az éves összefoglalóknak felel meg, amelyekkel az újságok állnak elő december 31-én. Minden hónapnak jut pár mondat. Most egy másik papírlapra írjuk le az előző év történetét. És így folytassuk visszafelé az éveken át, laponként felvázolva, mi történt az egyes években. Kötessük be, és számozzuk meg a lapokat. Gibbon a *Római Birodalom hanyatlása és bukása* (1776-1788) című műve több mint 13 évszázadot ível át hat kötetében, minden egyes kötet hozzávetőleg 500 oldal, így nagyjából a módszerünknek megfelelő arányban fedi le a területet.

„Na, tessék, egy másik nyavalyás, vastag négyszögletes könyv. Csak firkál, firkál, firkál! Az ördögbe, Mr. Gibbon!”

WILLIAM HENRY, Gloucester első hercege (1829)

A *The Oxford Dictionary of Quotations*nak (1992) az a ragyogó kötete, ahonnan a fenti megjegyzést kimásoltam, maga is egy nyavalyás, vastag, négyszögletes könyv, és a vastagsága alapján nagyjából alkalmas rá, hogy visszavigyen minket I. Erzsébet királynő korába. A rendelkezésünkre áll tehát egy hozzávetőleges mérőrúd az idő átszámítására: tíz centiméter vastagságú könyv egy évezred történetét tartalmazza. Miután létrehoztuk a mércénket, induljunk el visszafelé a földtörténeti idő mélységeinek idegen világába. Tegyük a földre a legutóbbi közelmúlt könyvét, aztán rakjuk sorra rá az előző évszázadok könyveit. Most álljunk eleven mérőrúdként a könyvtorony mellé. Ha mondjuk Jézusról akarunk olvasni, akkor a földtől úgy húsz centiméterre, a bokánk fölé eső kötetet kell kiválasztanunk.

Egy híres régész előásott egy bronzkori harcost, és páratlan épségben fennmaradt arcmaszkra pillantva így örvendezett: „Egyenesen Agamemnón arcára tekintek!” Poétikusan megilletődött, hogy sikerült behatolnia a mesés ősidőkbe. A mi könyvoszlopunkban nagyjából a sípcsontunkhoz kell lehajolnunk Agamemnonért. Valahol a közelben megtaláljuk Petrát (a „rózsaszín várost”), Ozymandiást, urak urát („Király légy bár, jöjj és reszketve nézz”) és az ókori világ talányos csodáját, a babiloni függőketeket; a mezopotámiai Ur, és a legendás hős, Gilgames városa, Uruk, alig valamivel korábban élték fénykorukat, és az alapításukról szóló történeteket kicsivel feljebb találhatjuk a lábunk mentén. James Ussher tizenhetedik századi püspök számításai szerint erre a tájéakra esik a legrégebbi dátum, ugyanis Kr. e. 4004-re tette Ádám és Éva teremtésének időpontját.

Döntő fordulatot hozott történelmünkben a tűz munkára fogása, hiszen javarészt innen származtatható a technikai fejlődés. Milyen magasan található a könyvtoronyban az az oldal, amelyik ezt a történelmi felfedezést őrzi? A válasz eléggé meglepő annak fényében, hogy ha az írott történelmet akarjuk böngészni, akkor kényelmesen letelepedhetünk a földre a könyvhalom mellé. A régészeti leletek arra utalnak, hogy a tüzet *Homo erectus* ősünk fedezte fel, bár nem tudni, ők maguk is gyújtottak-e tüzet, vagy csak vitték magukkal és

használták. Mindenesetre volt tüzüik vagy félmillió évvel ezelőtt, vagyis analógiánkban a Szabadság-szobornál is magasabbra kell másznunk, hogy hozzájussunk a felfedezést megörökítő kötethez. Szédítő magasság, különös tekintettel arra, hogy Prométheuszról, a tűz legendás elhozójáról valamivel a térdünk alatt tesznek először említést a könyvtoronyban. Ahhoz, hogy Lucyról és afrikai *Australopithecus* őseinkről olvashassunk, a legmagasabb chicagói épületet is meghaladó magasságba kell kapaszkodnunk. A csimpánzokéval közös ősünk életrajza egy ennél is kétszer magasabban elhelyezkedő könyv egyik mondata lenne.

De még épp csak elkezdjük utazásunkat a trilobitához. Milyen magasra kellene tornyozni a könyveket, hogy köztük legyen az a lap is, amelyen szó esik ennek a trilobitának a sekély kambriumi tengerben töltött életéről és a haláláról? Vagy 50 kilométer magasra! Nem szoktunk hozzá, hogy ekkora magasságokkal foglalkozunk. A Mount Everest csúcsa a tengerszint fölötti 9 kilométert sem éri el. Érzékletesebb képet nyerhetünk a trilobita koráról, ha a földre fektetjük az égbe nyúló könyvtornyot. És most képzeljünk el egy háromszor olyan hosszú könyvespolcot, mint Manhattan szigete, telis-tele Gibbon *Római Birodalma* méretű kötetekkel. Vesződsegebb feladat lenne évenkénti egy oldalas ütemben visszaolvasni magunkat a trilobita koráig, mint hogy átlapozzuk a Kongresszusi Könyvtár mind a 14 millió kötetét. De magának az életnek a korához képest még a trilobita is ifjoncnak számít. Az első élőlények, a trilobiták, a baktériumok és a mi közös őseink egykori kémiai életét sagánk első kötete tartalmazza. Az első kötet a maratoni könyvespolc túlsó végén helyezkedik el. A polc Londontól a skót határig nyúlna, vagy átérné Görögországot az Adriától az Égei-tengerig.

De talán még ezek a távolságok is megfoghatatlanok. A nagy számok esetében nem abban rejlik az analógiákban gondolkodás művészete, hogy emberi léptékben megragadható mozzanatokra bontjuk. Ha így teszünk, azzal semmivel sem jutunk többre az analógiával, mint az érzékeltetendő dologgal. Átrágni magunkat egy történelmi művön, melynek polcon sorakozó kötetei Rómától Velencéig nyúlnak, éppen olyan megfoghatatlan, mint a 4000 millió esztendő kihívó számjegye.

Nézzünk inkább egy „testközeli” analógiát: tárjuk szét a karunkat, mintha egyetlen lelkes mozdulattal felölelnénk az egész evolúciót a

bal kezünk ujjbegyére tett kezdetektől a jobb kezünk ujjbegyénél elhelyezkedő jelenig. Ha így szemléljük, akkor a jobb vállunkon jóval túlnyúló szakaszon csakis baktériumokból áll az élet. Valahol a jobb könyökünk táján találkozhatunk a többsejtű gerinctelen étellel. A dinoszauruszok a jobb tenyerünk közepén jelennek meg és az utolsó ujjpercünknel halnak ki. A *Homo sapiens*nek és elődjének, a *Homo erectus*nak egész története elfér a körünk hegyén. Ami a feljegyzett történelmet: a sumerokat, a babilóniaiakat, a zsidó pátriárkákat, a fáraók dinasztiáit, a római légiókat, a keresztény egyházatyákat, a médek és a perzsák törvényeit; Tróját és a görögöket, Helénát és Akhilleuszt és Agamemnón halálát; ami Napóleont és Hitlert, a Beatlest és Bill Clintont illeti, ezeket és mindazokat, akikről valamilyen formában tudomásunk van, magával ragadja a körömrészelő egyetlen könnyed húzásával keletkező kis por.

*Ki meghal, elfelejtik,
Az élőnél több a holt, a sok-sok csont, de hol?
Egy főre halott jut, nem egy, de millió,
Mind láthatatlan porrá lett ma már vajon?
Ily töményen még a lég sem éltető,
Szél nem fújna, nem esne az eső;
Porgomoly lesz így a föld, e csont-talaj,
Hol hely több csontjainknak sem marad.*

SACHEVERELL SITWELL:
Agamemnón sírja (1933)

Nem túl lényeges ugyan, de Sitwell harmadik sora pontatlan, amennyiben az általa adott becslés alapján a ma élő emberek jelentős hányadát alkotnák a valaha élt összes embernek. De ez csak az exponenciális növekedés erejét tükrözi. Ha testek helyett nemzedékekkel számolunk, és különösen, ha visszamegyünk az emberiségen túl, az élet kezdetéhez, Sacheverell Sitwell nézete új erőt nyer. Tegyük fel, hogy a többsejtű élet első megjelenésétől, úgy egymilliárd évvel ezelőtől, a közvetlen női leszármazási águnkon minden egyed az anyja sírjára fekve halt meg, és végül megkövesedett. Tételezzük fel, hogy – mint Trója eltemetett városának egymást követő rétegeiben – a nyomás hatására a sorozat minden egyes kövülete egy 1 centiméter vékony palacsintává lapult. Milyen mélységű közet fogadhatná magába ezt a folyamatos fosszilis

feljegyzést? A válasz, hogy a kőzetnek nagyjából 1000 kilométeres vastagságúnak kellene lennie – ami hozzávetőleg a földkéreg vastagságának a tízszerese. A Grand Canyon kőzetei, a legmélyebben elhelyezkedőktől a legmagasabban találhatóig, felölelik a szóban forgó időszak nagy részét, csak hozzávetőleg másfél kilométer mélységűek. Ha a Grand Canyon rétegei kizárólag kővületekkel volnának tele minden közbeeső réteg nélkül, csupán az egymást követően meghalt nemzedékek hatszázad részének jutna benne hely. Ez a számítás mindenesetre a helyére teszi a fundamentalista igényt a fokozatos változást mutató kővületek sorozatára, amit feltételként szabnak az evolúció tényének elfogadásához. A föld kőzeteiben egyszerűen nincs elég hely erre a fényűzésre – még hozzá többszörös nagyságrendben. Akárhogy is nézzük, a lények csupán rendkívül csekély hányada részesült a megkövesedés szerencséjében. Mint korábban mondtam, én magam megtiszteltetésnek tekinteném.

A holtak száma messze meghaladja a majdan élők számát. Az idő éjszakája messze felülmúlja a nappalét, és ki tudja, mikoron volt a Napéjegylenlőség? Minden óra hozzáadódik a jelenlegi összességéhez, mely alig egyetlen percet, ha kitesz... Ki tudja, emlékeznek-e majdan a legjobbakra, vagy semmivel sem fognak több jeles személyről megfeledezni, mint amennyit a most ismert időn belül számon tartanak?

SIR THOMAS BROWNE: Kolumbárium (1658)

2. A hercegi szalonban

*Együtt is őrlődhetne a kettő,
Két lelket a szív összezár;
Követni szívárványt jog a költő
Eke nyomában bátyja jár.*
JOHN BOYLE O'REILLY (1814-1890):
A szívárvány kincse

A költők azok, akik a legavatottabban művelik az áttörést a megszokás közönyén. Ez a mesterségük. Ám túlságosan sok költő túlságosan sokáig nem vett tudomást az ihlet azon aranybányájáról, melyet a tudomány kínál. W. H. Auden, költőnemzedékének vezéralakja jólesően rokonszenvezett ugyan a tudósokkal, ám kiválasztotta a praktikus oldalukat, amikor a tudósok előnyeit a politikusokéval vetette össze, de nem fedezte fel magának a tudomány poétikus lehetőségeit.

Korunkban a tettek igazi emberei, akik átalakítják a világot, nem a politikusok és az államférfiak, hanem a tudósok. A költészet sajnos nem dicsőítheti őket, mivel a tetteik dolgokkal, nem pedig személyekkel állnak kapcsolatban, ilyenformán némák. Valahányszor tudósok társaságába keveredem, úgy érzem magam, mint egy kopott kis segédlelkész, aki véletlenül egy hercegekkal teli szalonba tévedt.

A kelmefestő keze (A költő és a város, 1963)

Sajátos módon jómagam és sok más tudós is pontosan így érez a költők társaságában. Voltaképpen – és erre még vissza fogok térni – kultúránkban valószínűleg ez a tudósok és a költők relatív álláspontjának szokásos értékelése, és ez lehetett az oka, amiért Auden egyáltalán szóvá tette az ellenkezőjét. De miért vette olyan biztosra, hogy a költészet nem dicsőítheti a tudósokat és a tetteiket? Igen, a tudósok valóban hatékonyabban alakíthatják át a világot, mint a politikusok és az államférfiak, ennél azonban többet tesznek, és bizonyosan még többet tehetnének. A tudósok átformálják a gondolkodásmódunkat a tágabb univerzumról. Visszavezetik a képzeletet az idő forró méhébe és előre az örök fagyba, vagy Keats szavaival „oda, hol felszikrázott a Galaktika”. Miért ne volna méltó

téma a lélegzetelállító galaxis? Miért csak személyeket magasztalhatna a költő, míg a személyeket létrehozó természeti erők fáradhatatlan munkáját nem? Darwin ugyan derekasan nekiveselkedett, de hát neki nem a költészet volt az erőssége:

Érdekes látvány egy kuszán benőtt part, amelyet sokféle növény borít, a bokrokban éneklő madarakkal, a levegőben szálldosó rovarokkal és a nedves földön mászkáló férgekkel, és érdekes eltűnődni azon, hogy ezeket a művészien szerkesztett formákat, bármennyire különböznek és bármily bonyolult módokon függenek is egymástól, egytől egyig oly törvények hozták létre, melyek ma is érvényesülnek körülöttünk... Ekként a természetben folyó harc: az éhség és a halál közvetlenül az elképzelhető legnagyobb eredményhez vezet; a magasabb rendű állatok kialakulásához. Nagyszerűség van ebben a felfogásban, mely szerint a Teremtő az életet a maga különböző erőivel eredetileg csak néhány vagy csak egyetlen formába lehelte bele; és mialatt bolygónk a nehézkedés megmásíthatatlan törvénye szerint keringett, ebből a nagyszerű kezdetből végtelen sok szépséges és csodálatos forma bontakozott ki, s bontakozik ki még most is.

A fajok eredete (1859)

William Blake vallásos és misztikus irányultsága ellenére azt kell mondanom, bárcsak én írhattam volna a következő híres négysorost, noha nyilvánvaló, hogy egészen eltérő ihletésből és értelmezéssel.

*Egy porszem világot jelent,
S egy szál vadvirág az eget,
Fogd föl tenyeredben a végtelent
S egy percben élj évezredet.*

Az ártatlanság jövődölései
(1803 körül)

Ez a szakasz teljes mértékben értelmezhető úgy is, hogy a tudományról szól, mindarról, ami reflektorfénye körébe kerül, a tér és az idő megzabolázásáról, a legparányibb kvantumszemcsékből felépülő végtelenről, és egy szál virággal megjelenített evolúcióról. Ugyanazok az áhítatra, tiszteletre és bámulatra készítő indíttatások terelték Blake-et a miszticizmus felé (a nálánál jelentéktlenebb alakokat pedig, mint látni fogjuk, a parajelenségek babonáihoz),

amelyek másokat a tudományhoz vezéreltek. Eltérv az értelmezésünk, de ugyanaz izgat bennünket. A misztikus elégedetten sütkeznek a csodában és örömet lel a rejtélyben, amit nem arra „szántak”, hogy megértsük. Ugyanezt a bámulatot érzi a tudós, ez azonban nem elandalítja, hanem nyugtalanítja; felismeri a mély értelmű rejtélyt, majd hozzáteszi: „De már dolgozunk rajta!”

Blake nem kedvelte a tudományt, ellenkezőleg, félelemmel töltötte el és megvetette:

*Bacon Newtonnal talpig vasban jó, uralmuk új
ostora csattog Albion egén: felfalni kész érveik
kígyózva lepnek el...*

Bacon, Newton és Locke
(Jeruzsálem, 1804-1820)

Micsoda tékozlása a költői tehetségnek! És ha – mint azt egyes divatos szövegmagyarázók állítják – politikai motívumok állnak a vers mögött, akkor is tékozlás, olyannyira mulandó, viszonyításban olyannyira jelentéktelen a politika és környéke. Az én tételtem úgy szól, hogy a költők többet meríthetnének a tudomány által nyújtott inspirációból, ugyanakkor a tudósoknak is közelíteniük kell potenciális szövetségeseikhez, akiket jobb szó híján a költőkkel azonosítok.

Természetesen nem arról van szó, hogy versbe kellene szedni a tudományt. Erasmus Darwin, Charles nagyapjának rímes párversei, bár a maguk korában meglepően nagy becsben álltak, nem emelik a tudományt – akkor legalábbis semmiképp, ha a tudós történetesen nem rendelkezik Carl Sagan, Peter Atkins vagy Loren Eiseley tehetségével, akik tudatosan költői stílusú prózában fejtették ki nézeteiket. Az egyszerű, józan, szabatos magyarázat is megteszi, hiszen a tények és az elképzelések önmagukért beszélnek. A költészet hozzátartozik a tudományhoz.

A költők kifejezhetik magukat homályosan, nemegyszer alapos okuk is lehet rá, és joggal követelnek mentességet soraik magyarázatának kötelessége alól. „Mondja csak, Mr. Eliot, egész pontosan hogyan lehet kávéskanálanként kimérni valakinek az életét?” – nos, semmiképpen sem ez a kérdés jelentené a vers megvitatásának legalkalmasabb nyitányát, a tudós azonban nem kerülheti meg az ilyen jellegű kérdéseket. „Milyen értelemben lehet önző egy gén?”;

„Pontosan mit sodor az Édenből eredő folyó?” Kívánságra kifejthetem a Valószínűtlen-hegy, és az oda történő lassú és fokozatos felkapaszkodás jelentését. Megvilágításra és magyarázatra kell törekednie a nyelvezetünknek, és ha az egyik megközelítéssel nem sikerül közvetítenünk a gondolatainkat, akkor egy másikkal kell próbálkoznunk. De egyetlen pillanatra sem csorbíthatjuk az érthetőséget, hanem – az igazi tudományt illetően – a további megvilágítás érdekében kell alkalmaznunk az áhítatos rácsodálkozásnak ugyanazt a stílusát, amely megindította a Blake-hez hasonló misztikusokat. Az igazi tudomány ugyanolyan borzongást kelt, amilyen alacsonyabb szinten olyannyira vonzza az *Űrszekerek* és a *Doctor Who* sci-fi köntösbe öltöztetett tévésorozatok rajongóit, illetve amelyet a lehető legalacsonyabb szinten oly jövedelmezően kiaknáznak az asztrológusok, a spiritiszták és a televíziós parafenomének.

A csoda iránti fogékonyságunkat nem egyedül az a veszély fenyegeti, hogy áltudósok visszaélnek vele. Nem kevésbé veszedelmes a populista „lebutítás” és erre is vissza fogok térni. A harmadik veszélyforrás a divatos tanokban jártas akadémikus körök ellenségessége. Az egyik mostanság felkapott hóbort csak a számtalan kulturális mítosz egyikének tekinti a tudományt, amelyik semmivel sem igazabb vagy érvényesebb bármely más kultúra mítoszánál. Az Egyesült Államokban az amerikai indiánokkal szemben elkövetett történelmi bűnök fölött érzett jogos büntudat táplálja ezt a nézetet. A következmények azonban kifejezetten nevetségesek lehetnek, mint az a „Kennewicki Ember” esetében történt.

A „Kennewicki Ember” elnevezés egy 1996-ban Washington államban felfedezett, a szénizotópos kormeghatározás alapján több mint 9000 éves csontvázat takar. Az antropológusoknak fejtörést okoztak egyes anatómiai sajátosságai, mivel ezek nem mutattak rokonságot az indiánokkal, következésképpen egy önálló, a mai Bering-szoroson át vagy akár Izlandról történt korai migrációt jelezhettek. Megtették az előkészületeket a szükséges DNS-vizsgálatok elvégzésére, amikor a hatóságok lefoglalták a csontvázat, hogy átadják a helyi indián törzsek képviselőinek, akik el kívánták temetni, egyúttal megtiltani minden további tanulmányozását. A tudományos és a régészeti körök természetesen hevesen tiltakoztak. Ha a Kennewicki Ember netán észak-amerikai indián lenne is,

igencsak kevésbé valószínű, hogy bármiféle rokonságban állna egyik vagy másik bizonyos törzssel, amelyik 9000 évvel később történetesen ugyanazon a vidéken él.

Az indiánok jelentős jogi erőt képviselnek, és „az őst” át kellett adni a törzseknek, ám egy bizarr csavarral. Az északi Thor és Odin isten tisztelőinek csoportja, az Asatru Népgyűlés bejelentett jogigénye szerint a Kennewicki Ember valójában viking volt. Ennek az északi szektának – amellyel részletesen foglalkozik a *The Runestone* 1997. nyári kiadása – engedélyezték, hogy vallási szertartást végezzen a csontok fölött, ami viszont felháborította a yakama indián közösséget, akiknek a szóvivője attól tartott, a viking szertartás „megakadályozza a Kennewicki Ember lelkét abban, hogy megtalálja a testét”. A DNS-vizsgálat kellőképp elsimíthatta volna az indiánok és a skandinávok közötti nézeteltérést, és a skandinávok ki is álltak a végrehajtása mellett. A maradványok tudományos vizsgálata bizonyosan fényt deríthetett volna arra a kérdésre, mikor érkeztek először emberek Amerikába. Az indián vezetők azonban rossz néven vették, hogy egyáltalán felmerült a kérdés tanulmányozásának ötlete, mivel hitük szerint őseik a teremtés óta Amerikában éltek. Mint Armand Minthorn, az umatilla törzs vallási vezetője megfogalmazta: „Szóbeli történelmünkben tudjuk, hogy népünk az idők kezdete óta ennek a földnek a része. Nem hisszük, hogy a népünk egy másik kontinensről vándorok volna ide, ahogy a tudósok állítják.”

A régészek számára talán az volna a legalkalmasabb taktika, ha vallássá nyilvánítanák a tudományukat, a DNS-ujjlenyomatokat pedig szent totemükké. Bármilyen viccesen is hangzik, a huszonegyedik század küszöbén olyan a légkör az Egyesült Államokban, hogy ez az egyetlen működőképes megoldás. Ha az ember kijelenti: „Nézzék, itt a döntő bizonyíték a szénizotópos kormeghatározásból, a mitokondriális DNS-ből és az edények régészeti elemzéséből, hogy X a helyzet”, azzal sehová sem jut. De ha azt mondja: „Kultúráim alapvető és megkérdőjelezhetetlen hite szerint a helyzet X”, azzal rögtön sikerül megragadnia egy arra illetékes bíró figyelmét.

Megragadja továbbá mindazok figyelmét az akadémikus közösségben, akik a huszadik század végén felfedezték a tudományellenes retorika egyik új formáját, amelyet olykor a tudomány „posztmodern kritikája”-nak neveznek. Erről a fajta hozzáállásról leginkább Paul Gross és Norman Levitt ragyogó könyve,

a *Higher Superstition: The Academic Left and its Quarrels with Science* (Magasabb szintű babona: Az akadémikus baloldal és vitái a tudománnyal, 1994) rántja le a leplet. Matt Cartmill amerikai antropológus így foglalja össze az alapkrédót:

Bárki, aki azt állítja, hogy objektív ismerete van valamiről, az megpróbál ellenőrzést gyakorolni és dominálni fölöttünk... Nincsenek objektív tények. Minden feltételezett „tényt” elméletek szennyeznek, és minden elméletet morális és politikai doktrínák fertőznek... következésképpen, ha valami fehérköpenyes pasas kijelenti, hogy ez és ez objektív tény..., akkor bizonyosak lehetünk felőle, hogy egyszer csak előrántja a keményített fehér ingujjából a politikai szándékokat.

Evolúciótól elnyomatva (Discover, 1998)

Még magán a tudományon belül is hallatja a hangját néhány lármás diverzáns, akik pontosan ilyen nézeteket vallanak, és arra használják, hogy nekünk, többieknek, vesztegessék velük az időnket.

Cartmill tétele szerint váratlan és kártékony szövetséget kötött a tudatlan fundamentalista vallási jobboldal és a kiművelt tudományos baloldal. A szövetség egyik bizarr megnyilvánulása közös szembenállásuk az evolúció elméletével. A fundamentalisták szembenállása nyilvánvaló. A baloldalé rendszerint a tudomány iránti ellenségeség és a törzsi teremtménymítoszok iránti „tisztelet” (korunk mindenre ráhúzható szava) és különféle politikai elképzelések elegye. Ezek a különös ágyastársak aztán közösen és éberrel ügyelnek az „emberi méltóságra”, és kórusban botránkoznak meg az emberek „állatokként” történő kezelésén. Barbara Ehrenreich és Janet McIntosh hasonló következtetésre jutnak arról, amit ők „szekuláris kreacionizmusnak” neveznek 1997-es cikkükben, a *Nation*ben megjelent „Az új kreacionizmus”-ban.

A kulturális relativizmus és a „magasabb szintű babona” szálláscsinálói mindent elkövetnek, hogy nevetségessé tegyék az igazság keresését. Ez részben abból a meggyőződésből fakad, hogy a különböző kultúrákban az igazságok is különbözőek (ez áll a Kennewicki Ember története mögött), részben pedig a tudományfilozófusok bizonytalanságából, hogy egyáltalán egyetérthetnek-e az igazságot illetően. Kétségkívül merülnek fel valódi filozófiai nehézségek. Valamely igazság nem csupán egy

mindeddig megcáfolatlan hipotézis? Milyen státusa lehet az igazságnak a kvantumelmélet különös, meghatározatlan világában? Tekinthető-e bármi is végső igazságnak? Másfelől viszont egyetlen filozófusban sem merülnek fel aggályok az igazság nyelvezetének használatában, ha hamisan vádolják meg valamilyen bűntény elkövetésével, vagy ha házasságtöréssel gyanúsítja a feleségét. „Ez igaz?” – a kérdés minden szempontból megfelelőnek tűnik, és azok közül, akiknek a szájából elhangzik, a magánéletben roppant kevesen elégednének meg válaszként holmi szófacsaró okoskodással. A kvantumvilág gondolatkísérletezői nem tudhatják, milyen értelemben „igaz”, hogy Schrödinger macskája halott; de mindenki tudja, mennyiben igaz ugyanez a kijelentés gyerekkori macskámra, Jane-re. És számtalan tudományos igazság igazsága ugyanebben a mindennapi vonatkozásban értendő. Amikor azt mondom, hogy az ember és a csimpánz közös őstől származik, akkor lehet kételkedni a kijelentés igazságában és bizonyítékot keresni (mindhiába) hamissága igazolására. De mindannyian tudjuk, mit jelent az igaz, illetve a hamis. Ugyanabba a kategóriába esik, mint mondjuk az „Igaz, hogy ön Oxfordban volt a bűntény éjszakáján?”, és nem abba a kétségkívül nehéz kategóriába, mint az „Igaz, hogy a kvantumnak van pozíciója?” Igen, az igazsággal kapcsolatban kétségkívül merülnek fel filozófiai nehézségek, de jókora utat kell bejárnunk, amíg ténylegesen belépünk ütközőnk. A vélelmezett filozófiai problémák idő előtti felvetése nemegyszer csak a rosszindulat álcázására szolgál.

A „lebutítás” egészen más irányból fenyegeti a tudományos érzékenységet. Az a tudományos mozgalom, melyet annak idején az az esemény indított el, hogy a Szovjetunió diadalmasan kilépett az ürbe, és amelyet manapság, legalábbis Britanniában, a közvélemény azon aggodalma fűti, hogy vészesen csökken a tudományos egyetemi szakokra jelentkezők száma, már-már démoni jelleget öltött. A „Tudomány hetei” és a „Tudományos kéthetek” rendezvények egynémely szeretetre sóvárgó tudós túlbuzgóságáról árulkodnak. Vicces kalapokat csapnak a fejükbe és tréfálkozó hangnemben hirdetik, hogy a tudomány merő szórakozás. Különcködő „személyiségek” ragadtatják magukat észvesztően nagy durranásokra és gyermekes mutatványokra. Nemrégiben elmentem egy tájékoztatóra, ahol a tudósokat arra buzdították, hogy bevásárlóközpontokban tartsanak „eseményeket”, és így ízeltessek

meg az emberekkel a tudomány örömeit. Az előadó a lelkünkre kötötte, hogy semmi olyasmit ne tegyünk, ami mellékvágánynak tűnhetne. Mindig tegyük „lényegessé” a tudományunkat a hétköznapi emberek életében, abban mutassuk meg, ami a fürdőszobájukban vagy a konyhájukban zajlik. Ahol csak lehetséges, válasszunk szemléltető anyagokat, hogy a közönség megemészhesse. Az utolsó, ezúttal az előadó által szervezett alkalommal az igazán figyelemfelkeltő tudományos jelenség egy vizelde volt, amely automatikusan öblített, ha az ember arrébb lépett. A tudomány szót legjobb kerülni, vésték az agyunkba, mert a „hétköznapi emberek” fenyegetőnek tartják.

Nem kétlem, hogy az efféle lebutítás sikert arathat, amennyiben az a célunk, hogy maximalizáljuk az „eseményeinken” részt vevők létszámát. De amikor felemelem a szavam, és azt mondom, hogy amit itt eladnak, az nem igazi tudomány, akkor az „elitizmusomat” vetik a szememre, és azt mondják, hogy az emberek odacsalogatása a szükségszerű első lépés. Nos, ha feltétlenül használnunk kell a szót (én nem tenném), talán nem is olyan szörnyűség az elitizmus. Ráadásul fennáll egy jelentős különbség a kirekesztő sznobizmus és az átfogó, kitüntető elitizmus között, amelyik igyekszik hozzásegíteni az embereket, hogy maguk is csatlakozhassanak az elithez. A tudatos lebutítás a lehető legrosszabb: lekezelő és atyáskodó. Amikor az egyik amerikai előadásomban kifejtettem ezeket a nézeteket, a végén az egyik kérdező, fehér férfiúi szívében kétségkívül a politikai önvállveregetés hevületével, vérforraló arcátlansággal közölte, hogy a lebutítás feltétlenül szükséges, hogy a „kisebbségek és a nők” közelebb kerüljenek a tudományhoz.

Attól tartok, a tudomány olyan találása, mintha csupa dal, móka és kacagás volna, a jövő számára halmozza fel a gondokat. Az igazi tudomány igenis lehet nehéz (no jó, a pozitívabb kicsengés kedvéért mondjuk úgy, hogy tartalmaz kihívásokat), de, akárcsak a klasszikus irodalom vagy a hegedülés, megéri a fáradságot. Ha azzal az ígérettel csábítjuk a gyerekeket a tudományra vagy másmilyen érdemleges elfoglaltságra, hogy könnyű és szórakoztató, mihez fognak kezdeni, amikor végül szembesülnek a valósággal? A hadsereg toborzóplakátjai méltán nem ígérek pikniket: elszánt, nem egykönnyen visszariadó fiatalembereket keresnek. A „szórakozás” hibás jelzéseket küld, és téves okból vonzhat embereket a tudományhoz. Az irodalomtudomány sem mentes a hasonló

veszélytől. Tunya hallgatók arra csábulnak, hogy valamiféle lerontott minőségű „kulturális tanulmányokban” vegyenek részt abban a reményben, hogy majd szappanoperák, bulvárlaphercegnők és tévés ripacsok „dekonstruálásával” töltik az idejüket. A tudomány, akárcsak az igazi irodalmi tanulmányok, nehéz és erőpróbáló lehet, ugyanakkor – akárcsak az igazi irodalmi tanulmányok – csodálatos. A tudomány kifizetődhet, de – akárcsak a nagy művészet esetében – nem feltétlenül kifizetődő. És nincs szükségünk külön személyiségekre és nagy csinnadrattára, hogy meggyőzzön minket az olyan élet értékéről, amelyik annak kitalálásával telik, hogy egyáltalán miért élünk.

Meglehet, talán túlságosan negatívnak bizonyultam a fenti kirohanásban, de időnként elég messzire kilendül az inga, és szükséges egy ellentétes irányú erős lökés az egyensúly helyreállításához. A tudomány *természetesen* szórakoztató, abban az értelemben, hogy éppen az ellentéte az unalomnak. Egy életre rabul ejti a jó elmét. A szemléletes demonstrációk *természetesen* hozzájárulhatnak, hogy életszerűvé és emlékezetessé tegyék az elveket. A gyerekeket megragadják az igazi tudomány látványos kísérletei, Michael Faraday Royal Institution karácsonyi előadásától Richard Gregory *Bristol Exploratory*jáig. Én magam abban a megtiszteltetésben részesültem, hogy a modern, televízióra alkalmazott formájukban tarthattam Karácsonyi előadásokat, és rengeteg gyakorlati demonstrációra támaszkodtam. Faraday soha nem vetemedett silányításra. Én csak azt a fajta populista prostituálást támadom, amely bemocskolja a tudomány csodáját.

Londonban évente nagy díszebéd keretében díjazzák az év legjobb népszerű tudományos könyveit. Az egyik díjat gyermekeknek írt tudományos könyvnek ítélik, és legutóbb egy rovarokról és más „szörnyen ronda férgekről” szóló könyv kapta. Ez a fajta nyelvezet talán nem a legalkalmasabb felébreszteni a csoda költői érzését, de lehetővé teszi, hogy toleránsak legyünk és elismerjük, hogy többféleképp fel lehet kelteni a gyermekek érdeklődését. Annál nehezebben bocsátható meg a zsűri elnökének, egy közismert televíziós személyiségnek (aki a közelmúltban adta el magát a jövedelmező „paranormális” televíziózás műfajának) a bohóckodása. Játékos tévévetélkedőbe illő komolytalansággal visítva arra biztatta a – felnőttekből álló – közönséget, hogy a rettenetes „ronda férgek” szemlélése közben kórusban kényeskedjenek együtt vele: „Pfuuuuj!

Juuuj! Brrrr!” Ez a fajta közönséges mulatság lealázza a tudomány csodáját, és azzal a veszéllyel jár, hogy éppen a legrátermettebbeket fordítja el attól, hogy értékeljék és másokat is erre ösztönözzenek: az igazi költőket és az irodalom igazi tudósait.

Költőkön természetesen mindenféle művészeket értek. Michelangelót és Bachot azért fizették, hogy koruk szentnek számító témáit magasztalják, és az így létrejött művek mindig is fenségesként fogják felkavarni az emberi érzelmeket. De soha nem fogjuk megtudni, hogyan válaszolt volna alternatív megbízásokra egy-egy ilyen lángelme. Ahogy Michelangelo járt a csenden, „mint vízen hosszú lábú légy”, mit meg nem festhetett volna, ha ismeri egy hosszú lábú légy idegrendszere egyetlen sejtjének tartalmát? Gondoljunk csak arra a „Dies irae”-re, ami kiáradhatott volna Verdiből, ha elmereng a dinoszauruszok végzetén, amikor, 65 millió évvel ezelőtt egy hegy nagyságú kődarab süvített elő az űr mélyéből 10 000 mérföldes óránkénti sebességgel, becsapódott a Yucatán-félszigetre, és a világra rászakadt a sötétség. Próbáljuk meg elképzelni Beethoven „Evolúció Szimfóniá”-ját, Haydn oratóriumát a „Táguló Világegyetem”-ről vagy Milton „Tejút”-eposzát. Ami Shakespeare-t illeti... De nem is kell ilyen magasra törnünk. Kiindulásként kisebb formátumú költő is tökéletesen megteszi.

*Elképzelem, abban az ős-dermedt
Világban, mélyén a
Rémes, egyre ziháló-zúgó némaságnak,
Kolibrik hasítják az eget.*

*Mielőtt lett volna lélek,
Az élet meg közönyös anyagként hullámozott,
Ez a kis csöpp villódzva röppent,
S átzúgott húsos-pozsgás hajtások között.*

*Gondolom, virág még nem volt ott
Hol a kolibri elébe vágott a teremtésnek.
Gondolom, hosszú csőrével fúrta át növények erét*

*Meglehet, hogy nagy volt,
Hisz a moha és a kis gyík is nagy volt, mondják.*

Meglehet, döfködő, rettenetes csőrös szörny volt:

*Csak fordítva tartjuk az idő látcsövét, úgy nézzük,
nagy szerencsénkre.*

Rímtelen versek (1928)

D. H. Lawrence költeménye a kolibrikról szinte teljes egészében pontatlan, felületesen tekintve tehát tudománytalan. Ennek ellenére egész jól érzékelteti, hogyan meríthet a költő ihletet a földtörténeti időből. Lawrence-nek néhány előadás hiányzott csupán az evolúcióról és a rendszertanról, hogy verse megfeleljen a szabatosság követelményének, és költeményként akkor sem volna kevésbé megragadó és gondolatébresztő. Egy másik tanfolyam után Lawrence, a bányász fia, friss szemmel fordulhatott volna szűkebb hazája szentüze felé, melynek izzó energiája akkor látta utoljára a Nap fényét – mi több, a nappal fénye volt! –, amikor az még a valahai páfrányfákat melengette, majd hárommillió évszázadra a föld méhének sötétjébe zárták. Nagyobb akadályt jelentett volna Lawrence ellenséges hozzáállása, legalábbis ahhoz, amit tévesen a tudomány és a tudósok költészetellenes szellemének vélt, amikor így zsörtölődött:

A tudás megölte a Napot, mikor egy pettyekkel telehintett gázgömbbé változtatta... a józan ész és a tudomány világa... ebben a száraz és steril világban lakozik az elvonatkoztatott elme.

Már-már resteltem bevallani, hogy a legkedvesebb költőm a homályos ír misztikus, William Butler Yeats. Idős korában Yeats mindhiába hajszolt témát, míg végül kétségbeesésében visszatért ifjúsága századvégi motívumainak elősorolásához. Milyen szomorú is így feladni, megrekedni pogány álmok, modoros ifjúsága tündérmeséi és vizionáló írségben, amikor pedig alig egyórányi autóútra Yeats tornyától Írországból állt a kor legnagyobb csillagászati távcsöve. Ezt a 72 hüvelykes tükrös távcsövet még Yeats születése előtt építtette William Parsons, Rosse harmadik grófja, Birr Castle-ban (ahol mostanság állította helyre a hetedik gróf). Mit művelhetett volna egyetlen pillantás a Tejútra „Parsonstown Leviatánjának” keresőjén át a frusztrált költővel, aki ifjúként írta ezeket a feledhetetlen sorokat:

*Csitt szív, csitt szív, remegő
Az ősi bölcsességre figyelj:
Akit megijeszt az özön meg a láng
Meg a szél, mely a csillagos útra seper,
Sűrű-csillagú szél s az özön meg a láng:
Meneküljön, néki sivár idegen
A magányos, fenséges sokaság.*

W B. YEATS:

A szél a nád között versciklusból (1899)

Kiválóan megtenné egy tudós utolsó szavainak, akárcsak, mint manapság vélekedem, a költő saját sírfelirata: „Életet, halált / nézz hidegen. / Lovas, tovább!” De, akárcsak Blake, Yeats sem volt a tudomány szerelmese, elutasította (abszurd módon), „külvárosi ópiumnak” nevezte, minket pedig felszólított, hogy kotródjunk „Newton városába”. Mindez igen elszomorító, és nem utolsósorban az efféle hozzáállás vezet a könyveim írására.

Keats is felpanaszolta, hogy Newton elpusztította a szivárvány költőiségét, amikor megmagyarázta. Általánosabban, a tudomány a költészet ünneprontója, száraz és hideg, örömtelen, dölyfös és hiányzik belőle minden, amire egy ifjú romantikus áhítozhat. Ennek a könyvek az egyik célja, hogy az ellenkezőjét igazolja, és itt arra a bizonyíthatatlan elméletre fogok szorítkozni, hogy Keats, akárcsak Yeats, még kiválóbb költő lett volna, ha olykor-olykor a tudományhoz fordul ihletért.

Kimutatták, hogy orvosi képzése folytán Keats felismerhette tuberkulózisának halálos tüneteit, amikor észlelte vészjósló artériás vérzését. Számára a tudomány nem is lehetett a jó hír hozója, nem csoda hát, hogy a klasszikus mítoszok antiszeptikus világában lelt vigaszt, és elmerült a pánsipok és najádok, nimfák és drüádok között, éppúgy, ahogy Yeats tette mindezek kelta megfelelőivel. Amilyen lenyűgözőnek találom mindkét költőt, talán megbocsátható, ha el-el-tűnődöm, felismernék-e a görögök a legendáikat Keatsnél, vagy a kelták a magukéit Yeatsnél. Csakugyan olyan magasra szárnyaltak ezek a nagy költők, amilyen magasra ihletük forrása révén szárnyalhattak volna? Nem lehetséges, hogy a józan ésszel szembeni előítélet béklyót rakott a szárnyakra?

Nézetem szerint az áhítatnak ugyanaz a szelleme vezérli a nagy tudósokat, mely Blake-et a miszticizmushoz, Keatset az árkádiai

mítoszvilághoz és Yeatsset a Fenian Szövetséghez és a tündérekhez vezette: az a szellem, amely, ha tudományos álruhában visszatáplálnák a költőkbe, még nagyszerűbb költészetet inspirálna. Igazolásként hadd hivatkozzam a tudományos-fantasztikus irodalom kevésbé emelkedett műfajára. Jules Verne, H. G. Wells, Olaf Stapledon, Robert Heinlein, Isaac Asimov, Arthur C. Clarke, Ray Bradbury és mások prózába öntött költészettel idézték meg a tudományos témák romantikáját, és esetenként nyíltan összekapcsolták az ókor mítoszaival. A sci-fi legjava szerintem igenis jelentékeny irodalmi forma, noha egyes irodalomtudósok sznob módon lebecsülik.

A tudományos-fantasztikum piacának alsó szeletében sötétebb célok érdekében használják ugyanazt a szellemet, de még felismerhető a misztikus és a romantikus költészettől vezető híd. Napjaink egyik új vallását, a szcientológiát egy sci-fi szerző, L. Ron Hubbard alapította (akitől a következő idézet olvasható az *Oxford Dictionary of Quotations*-ban: „A leggyorsabban úgy tehetsz szert egymillió dollárra, hogy megalapítod a saját vallásodat”).

A „Menny Kapuja” kultuszának immár halott hívei valószínűleg soha nem értesültek róla, hogy ez a kifejezés kétszer bukkan fel Shakespeare-nél és Keatsnél, mindent tudtak viszont az *Űrszekerekről*, mely sorozat megszállottjai voltak. Weboldaluk nyelvezete a félreértelmezett tudomány silány romantikus költészettel átítatott nevetséges karikatúrája.

Sokan ártalmatlannak minősítették az *X-akták* kultuszát, mondván, végtére is csak fikció. Az első pillantásra ez tökéletesen helytálló. Ám a rendszeresen visszatérő fikciót – szappanoperák, krimisorozatok és hasonlók – joggal éri bírálat, ha hétről hétre módszeresen valamilyen egyoldalú világnézetet jelenítenek meg. Az *X-akták* televíziós sorozatban hetente két FBI-ügynök kerül szembe valamilyen rejtéllyel. Az egyikük, Scully, a racionális, tudományos magyarázatot részesíti előnyben; míg társa, Mulder ráveti magát a természetfölöttit, vagy legalábbis a megmagyarázhatatlant felmagasztaló magyarázatra. Az *X-akták*kal az a baj, hogy rutinszerűen és kérlelhetetlenül mindig az derül ki, hogy a természetfölötti magyarázatban, de mindenesetre a spektrumnak Mulder felé eső oldalán található a válasz. A legutóbbi epizódokból kitűnik, hogy már a szkeptikus ügynök, Scully meggyőződése is kezd megrendülni, ami ilyen előzmények után igazán nem csoda.

Nos, ennek a fényében is tekinthetjük ártalmatlannak a sorozatot? Nem, úgy vélem, hamisan cseng a felmentés. Képzeljünk el egy tévésorozatot, amelyikben hétről hétre két rendőrtiszt oldja meg az esedékes bűnügyet. Minden héten van egy sötét bőrű gyanúsított és egy fehér bőrű gyanúsított. Az egyik detektív mindig a fekete, a másik pedig a fehér gyanúsított iránt elfogult. És hétről hétre a fekete gyanúsított bizonyul a tettesnek. Nos, mi ezzel a gond? Hiszen csak fikció! És úgy felháborító, ahogy van. Azt hiszem, tökéletesen helytálló az analógia. Nem állítom, hogy a szupernaturalista propaganda ugyanolyan veszélyes avagy visszatetsző, mint a faji propaganda. Ám az *X-akták* módszeresen munícióval látja el az antiracionalista világnézetet, ami rendszeresen ismétlődő megjelenésénél fogva alattomoság.

A sci-fi egy másik fattyúhajtása Tolkien mítoszhamisítványát igyekszik követni. Itt fizikusok és varázslók cserélnek egymással eszmét, kozmikus idegenek kísérnek egyszarvún lovagoló hercegnőket, ezernyi ablakkal ellátott úrállomások derengenek elő gótikus tornyaik körül forogva ugyanabból a ködből, amelyből a középkori várak hollókkal (vagy akár szárnyas gyíkokkal). Az igazi, vagy célzatosan módosított tudományt a legkönnyebb és a legolcsóbb kiútként felváltja a mágia.

A jó tudományos-fantasztikus történet nem foglalkozik a tündérmesék büvigéivel, hanem adott szabályszerűségeket mutató helyként rendezi be a világot. Akad ugyan rejtély, hogy is ne lenne, de változékonyságában az univerzum nem felületes és nem is könnyűkezü. Ha egy téglát teszünk az asztalra, az ott is marad, amíg valami el nem mozdítja, még ha közben meg is feledkezünk róla. Nem lépnek közbe poltergeistek és szellemek, és nem lökik odébb rosszindulatból vagy pusztá szeszélyből. A sci-fi belebarkácsolhat a természet törvényeibe, átgondoltan és lehetőleg egyszerre csak egybe, de nem érvénytelenítheti magát a törvényszerűséget – és akkor jó sci-fi marad. Az ilyen művekben szereplő számítógépek lehetnek tudatosan rosszindulatúak, vagy akár, mondjuk Douglas Adams remek tudományos komédiáiban, paranoiások; az űrhajók elvonszolhatják magukat távoli galaxisokba valamilyen feltételezett jövőbeni műszaki megoldás segítségével, de a tudomány adott körülményekhez illő mivoltát lényegében fenntartják. A tudomány engedélyezi a rejtélyeket, a mágiát azonban nem, a legvadabb képzeletet felülmúló

különösséget, de nem a varázsigéket vagy a boszorkányságot, nem az olcsó és a könnyű csodákat. A rossz sci-fi tökéletesen elveszti a fogást a legmérsékeltebb törvényszerűségeken is és a „minden megteszi” mágikus bőségével helyettesíti. A rossz sci-fi legalja szövetkezik a „paranormalissal”, a csoda igazi tudományhoz méltó érzésének másik henye, mihaszna gyermekével. Az efféle áltudomány népszerűsége legalábbis azt látszik sugallni, hogy az áhítozás a csodára – bár visszaélhetnek vele – általános és szívből jövő. Ezt az egyetlen vigasztaló mozzanatot találom a „paranormalitással” elárasztott ezredfordulós médiumokban, ahol az *X-akták* és olyan alacsony színvonalú tévéshow-k aratnak sikert, melyekben közönséges bűvészmutatványokat tálalnak a természeti törvények megsértéseként.

De térjünk vissza Auden megnyerő bókjához és az általunk alkalmazott megfordításához. Mi az oka, hogy egyes tudósok kopott kis segédlelkésznek érzik magukat az irodalmi nagyságok körében, és miért látják őket így oly sokan a társadalmunkban? A tudományra szakosodott hallgatók alkalmanként megemlítik nekem az egyetemen (szomorúan sóvárogva, mert erős a tömeghatás a csoportjukban), hogy nem tartják „tök jónak” a szaktárgyukat. Ezt illusztrálta számomra egy okos fiatal újságíró, akivel nemrégiben találkoztam a BBC egyik televíziós vitasorozatában. Valósággal felvillanyozta, hogy egy tudóssal találkozik, mert, mint bizalmasan közölte, Oxfordban egyetlenegy sem ismert. Bizonyos távolságból tekintettek rájuk, mint „szürke emberekre”, és különösen azon szánakoztak, hogy fel kell kelniük ebéd előtt. A képtelenség netovábbjaként reggel kilenc órai előadásokat látogattak és az egész délelőttöt átdolgozták a laboratóriumban. Dzsavaharlal Nehru, a nagy humanista és humanitárius államférfi, ahogy az egy olyan ország miniszterelnökéhez illik, amelyik nem engedheti meg magának a tepsedést, realistábban szemlélte a tudományt:

Egyedül a tudomány oldhatja meg az éhezés és a szegénység, a higiénia hiánya és az írástudatlanság, a babona és a kilátástalanságba vezető szokások és tradíciók, a mérhetetlen erőforrások elpocsékolásának problémáit, azt a képtelenséget, hogy egy gazdag országot éhező emberek laknak... Ki engedheti meg magának manapság, hogy ne vegyen tudomást a tudományról? Minden pillanatban a segítségét kell keresnünk... a jövő a tudományé

és azoké, akik barátságot kötnek vele.¹

(1962)

Mindamellett az a magabiztosság, amellyel a tudósok olykor kijelentik, milyen sokat tudunk és milyen hasznos is a tudomány, arroganciába is átszaphat. Lewis Wolpert, a kiváló embriológus egykor elismerte, hogy a tudomány alkalmanként arrogáns, és azzal a megjegyzéssel folytatta, hogy a tudománynak bizonyos mértékig igenis arrogánsnak kell lennie. Peter Medawar, Carl Sagan és Peter Atkins is nyilatkoztak valami hasonlót.

Arrogáns vagy sem, mi legalább igyekszünk tiszteletet tanúsítani azon elképzelés iránt, miszerint a tudomány hasznot húz a hipotézisei *cáfolatából*. Konrad Lorenz, az etológia atyja – a rá jellemző túlzással – nem győzte hangsúlyozni, milyen lelkes izgalommal várja reggeli előtt legalább egy kedvenc hipotézise megdöntését. De tény, hogy a tudósok tekintélyét, sokkal inkább, mint mondjuk a jogászokét, orvosokét vagy politikusokét, határozottan emeli társaik körében, ha nyilvánosan beismerik tévedéseiket. Oxfordi egyetemi hallgatói éveim egyik meghatározó élményére akkor került sor, amikor egy amerikai vendégelőadó bizonyítékokkal alátámasztva meggyőzően cáfolta a zoológiai tanszékünk mélyen tisztelt idős professzorának kedvenc elméletét, mely elméleten mindannyian felnevelődtünk. Az előadás végén az idős ember felállt, odament az amerikaihoz, melegen megrázta a kezét, és érzelmektől átfutott hangon kijelentette: „Kedves kolléga, hadd mondjak köszönetet önnek. Tizenöt éven át tévedésben éltem.” Vörösre tapsoltuk a tenyerünket. Ugyan melyik másik mesterségben tapasztalhatunk ekkora nagylelkűséget a beismert tévedések iránt?

A tudomány a tévedései kiigazításával halad előre, és nem csinál titkot abból, ha valamit még nem ért. Ám széles körben ennek éppen az ellenkezőjét feltételezik. Bernard Levin, még a londoni *Times* cikkírójaként, időnként heves kirohanásokat intézett a tudomány ellen; az egyiket 1996. október 11-én tette közzé „Isten, én és Mr. Dawkins”

¹ Az 1998 augusztusában sorra kerülő korrektúrázás közben nem hagyhatom említés nélkül, hogy Nehru bizonyosan a tudománnyal való felháborító visszaélésnek, valamint az ő és Mahatma Gandhi emléke meggyalázásának érezte volna India egyoldalú és a világ közvéleményével dacoló döntését a nukleáris kísérletek végrehajtásáról.

címmel, az alcím pedig így hangzott: „A tudósok nem tudják, és én sem – de én legalább tudom, hogy nem tudom”. Fölötte a rólam készült karikatúrát lehetett látni, amint Michelangelo Ádámjaként szembekerülök Isten mutatoujjával. Csakhogy minden tudós hevesen tiltakozna, hiszen éppen ez a tudomány lényege: tudni, mit nem tudunk. Pontosan ez indít minket arra, hogy igyekezzünk rájönni. Egy korábbi, 1994. július 29-i cikkében Bernard Levin a kvarkok elképzelésével viccelődött („Jönnek a kvarkok! Jönnek a kvarkok! Futás, különben végünk...”). A mobiltelefonnal, az összecsuksukható esernyővel és a csíkos fogkrémmel megajándékozó „nemes tudományról” folytatott további élcelődések után gúnyos komolysággal folytatta:

Ehetők a kvarkok? Esetleg az ágyunkra teríthetjük, amikor hidegre fordul az idő?

Az ilyesmi voltaképpen választ sem érdemel, ám pár nap múlva Sir Alan Cottrell, cambridge-i anyagtudós két mondatot is szánt rá az Olvasói levelek rovatban:

Tisztelt szerkesztőség, Mr. Bernard Levin azt kérdezi, ehetők-e a kvarkok. Nos, becslésem szerint naponta 500 000 000 000 000 000 000 001 kvarkot fogyaszt el... Tisztelettel...

Elismerni, hogy valamit nem tudunk, erény, ugyanakkor bizonyára egyetlen szerkesztő sem túrná el, ha valaki a művészetek terén hivatkozna ilyen léptékű tudatlanságával. Ám a tudomány szűk látókörű nem ismeretét bizonyos körökben a szellemesség és az intelligencia jelének vélik. Mi más magyarázná a következő kis viccet a londoni *Daily Telegraph* egyik szerkesztőjének tollából? A lap közölte a megdöbbenő tényt, hogy a brit lakosság egyharmada még mindig azt hiszi, hogy a Nap kering a Föld körül. Itt a szerkesztő szögletes zárójelben beillesztett egy megjegyzést: „[Hát nem? Ed.]”. Ha egy felmérés azt mutatná ki, hogy a brit lakosság egyharmada szerint Shakespeare írta az *Iliászt*, egyetlen szerkesztő sem színelné humorosan, hogy nem ismeri Homéroszt. Csakhogy a tudományban való járatlansággal hencegni és büszkén hirdetni a legteljesebb matematikai hozzá nem értést, társadalmilag elfogadható. Minthogy

jómagam már épp elégszer előhozakodtam ezzel, hadd idézzek ezúttal a művészetek méltán megbecsült és tisztelt elemzője, Melvyn Bragg tudósokról szóló könyvéből (*On Giants' Shoulders*, 1998 – Óriások vállán).

Még mindig akadnak, akik elég modorosak ahhoz, hogy kijelentsék, nem tudnak semmit a tudományról, mintha ez a tény valamiként felsőbbrendűvé avatná őket. Valójában persze csak az együgyűségüket mutatja és az intellektuális sznobizmus azon kimerült brit hagyományának maradékához sorolja őket, mely „iparnak” tekint minden tudást, különösen pedig a tudományt.

Sir Peter Medawar, a már idézett éles nyelvű Nobel-díjas mondott valami hasonlót az „iparról”, amikor a britek gyakorlati dolgoktól való irtózását gúnyolta:

A régi Kínában a mandarinok állítólag olyan rendkívül hosszúra növesztették a körmüket – vagy legalábbis az egyik körmüket –, hogy az nyilvánvalóan alkalmatlanná tette őket bármilyen kézzel végzendő tevékenységre, ilyenformán mindenki számára tökéletesen világossá téve, hogy túlságosan kifinomult és emelkedett lények ahhoz, hogy efféle foglalatosságokba ártsák magukat. Ez a gesztus minden jel szerint csak az angolokra tett mély benyomást, akik minden más népet felülmúlnak sznobizmusban; finnyás viszolygásunk az alkalmazott tudományoktól és az ipartól jelentős szerepet játszott abban, hogy Anglia a ma elfoglalt pozíciójába került a világban.

The Limits of Science (A tudomány határai, 1984)

A tudomány iránti ellenszenv esetenként igencsak ingerültté válhat. Nézzük csak Fay Weldon regényíró és feminista „a tudósok” ellen szóló gyűlölethimnuszát, ugyancsak a *Daily Telegraph* 1991. december 2-i számából (ezzel az egybeeséssel semmire sem kívánok célozni, a lapnak ugyanis jó érzékű tudományos rovatvezetője van és sokoldalú tudományos hírányagot tesz közzé):

Ne várjátok, hogy szeressünk titeket. Túl sokat ígértetek és nem teljesítettétek. Soha meg sem próbáltatok válaszolni mindazokra a kérdésekre, amelyeket hatéves korunkban mindannyian feltettünk.

Hová ment Maud néni, amikor meghalt? Hol volt, mielőtt megszületett volna?

Érdemes megfigyelni, hogy ez a vádaskodás pont az ellentéte Bernard Levinének (vagyis hogy a tudósok nem tudják, amikor nem tudják). Ha azon volnék, hogy egyszerű és közvetlen választ adjak a Maud nénihez tartozó kérdésekre, akkor bizonyosan arrogánsnak és önteltnek bélyegeznének, mivel túllépek azon, amiről valószínűleg tudomásom lehet, átlépek a tudomány határain. Miss Weldon így folytatja:

Túlságosan leegyszerűsítettnek és kényelmetlennek találjátok ezeket a kérdéseket, de minket pontosan ezek foglalkoztatnak. És kit érdekel, mi történt fél másodperccel a Nagy Bumm után vagy fél másodperccel előtte? Hát a gabonakörök?... a tudósok egyszerűen nem tudnak szembenézni a változó világegyetem fogalmával. Mi igen.

Azt nem kötötte az orrunkra, kiket is takar ez a mindenkit felölelő tudományellenes „mi”, és mára valószínűleg már bánja az írása hangvételét. De van miért aggódni ott, ahonnan ilyen nyílt gyűlölködés fakad.

A tudományellenesség egy másik, bár ez esetben vélhetőleg tudatosan tréfásnak szánt példája, A. A. Gill írása amolyan humoros „nehéz kö”, melyet a londoni *Sunday Times*-ben dobott el (1996. szeptember 8). Úgy hivatkozik a tudományra, mintha az azonos lenne a kísérletezés és az empirizmus unalmas, fárasztó lépcsőfokain vergődéssel, miközben szembeállítja a művészettel és a színházzal, a fények varázsával, a csillámporral, a zenével és a tapssal.

Vannak ilyen és olyan csillagok, drágám. Egyesek papírra rótt unalmas, ismétlődő kacskaringók, mások fantasztikusak, szellemesek, gondolatébresztők, hihetetlenül népszerűek...

Az „unalmas ismétlődő kacskaringók” utalás arra az eseményre, amikor Bell és Hewish 1967-ben felfedezte a pulzárokat. Gill egy televíziós műsorról írt kritikát, amelyben Jocelyn Bell Burnell csillagász felidézte azt a hátborzongató pillanatot, amikor Anthony Hewish rádióteleszkópjának kinyomtatott adatait áttekintve először döbönt rá, hogy olyasmit lát maga előtt, ami mindaddig ismeretlen

volt előttünk az univerzumban. Ott állt ez a fiatal nő a pályája elején, és azok az „unalmas, ismétlődő kacskaringók” a papírtekercsen forradalmi hangon szóltak hozzá. Nem arról volt szó, hogy lám, van új a Nap alatt: hanem egy teljességgel *újfajta* Napról, egy pulzárról. A pulzárok olyan gyorsan forognak, hogy míg a mi bolygónk 24 óra alatt tesz meg egy teljes fordulatot a tengelye körül, addig a pulzárnak erre elég a másodperc töredéke. Ugyanakkor annak az energianyalábnak, amelyik döbbenetes sebességű világítótoronyként körbeforogva és minden kvarckristálynál pontosabban tárva a másodperceket elhozza a hírt, évmilliókat vesz igénybe, amíg eljut hozzánk. Ó, milyen borzasztóan unalmas, milyen iszonyúan *empirikus*! Ide nekem azt csillámport, ebben a szent pillanatban!

Nem hiszem, hogy az ilyen nyügösködő, sekélyes megalapozottságú ellenszenv a hírnök megölésének vagy a hidrogénbombához hasonló politikai visszaélések tudományra hátrításának általános tendenciájából fakadna. Nem, az általam idézett ellenségesség nekem inkább a személyes szorongás, fenyegetettség, megaláztatástól való félelem megnyilvánulásaként hangzik, amiért olyan nehéznek tűnik a tudomány elsajátítása. Érdekes módon mégsem mernék olyan súlyos következtetésre jutni, mint John Carey, az angol irodalom oxfordi professzora, amikor így ír nagyszerű könyvében, a *Faber Book of Science*-ben (1995):

Az évenként megismétlődő roham a brit egyetemek bölcsészeti helyeiért és a gyér jelentkezés a természettudományos helyekre a tudomány elhanyagolásáról tanúskodik az ifjúság körében. Bár a legtöbb akadémikus óvakodik kimondani, ebből az a hallgatólagos megegyezés bontakozik ki, hogy a bölcsészeti kurzusok azért népszerűek, mert könnyebbek, és mert a legtöbb bölcsészhallgató egyszerűen nem felel meg egy természettudományos kurzus intellektuális követelményeinek.

Nos, egy némely matematikatudományi kurzus igencsak nehéz lehet, de nem hiszem, hogy bárkinek is gondot okozna a vérkeringés megértése és hogy mi a szív szerepe a keringés működtetésében. Carey elbeszéli, hogyan idézte egy nagynevű egyetemen a 30 hallgatóból álló osztálynak szövegértéssel foglalkozó utolsó évükben Donne sorait: „Tudod-e, a vér, midőn a szívbe fut, / Egy kamrából a

másikba hogyan jut?” Carey feltette a kérdést a hallgatóknak, hogyan is kering a vér. A 30 fő közül senki nem tudta a választ; egyikük próbaképpen úgy találgatott, hogy talán „ozmózissal”. Ez nem egyszerűen téves. Ráadásul még unalmas is. Unalmas, összevetve az igazsággal, miszerint a hajszálerek teljes hossza, amelyekben a szív körbepumpálja a vért, több mint 80 kilométert tesz ki. Nem nehéz elképzelni, milyen kifinomultan és bonyolultan kell szerteágaznia ennek a csővezetéknek, hogy sikerüljön 80 kilométernyit bezsúfolni az emberi testbe. Szerintem nincs az az igazi tudós, aki ne találná lenyűgözőnek. És mondjuk a kvantumelméletet vagy a relativitást bizonyosan nem nehéz megérteni, bár nehézségbe ütközhet, hogy hitelt is adjunk nekik. Így az én szemléletem jóindulatúbb Carey professzorénál, és azon tűnődöm, nem lehetséges-e, hogy ezeket az ifjú embereket egyszerűen cserben hagyták és nem inspirálták eléggé a tudósok. Talán az iskolában a gyakorlati kísérletezésre fektetett hangsúly nagyszerűen megfelellhet némelyik gyermeknek, ám túlzottnak, netán egyenesen elrettentőnek találják azok, akik hasonlóképp okosak, csak más rugóra jár az eszük.

Nemrégiben televíziós műsort készítettem a tudomány kultúránkban elfoglalt helyéről (ami azt illeti, épp erről írta a kritikáját A. A. Gill). Az adás után kapott számos elismerő levél egyike meglehetősen csípősen kezdődött: „Klarinétoktató vagyok, és az egyetlen emlékem a tudományról a Bunsen-égő tanulmányozásának hosszú időszaka az iskolában.” Ez a levél indított arra a gondolatra, hogy akkor is maradéktalanul örömmel lelhetjük Mozart versenyművében, ha mi magunk nem tudjuk eljátszani. Mi több, anélkül is igazi műértővé képezhetjük magunkat, hogy akár egyetlen hangot meg tudnánk szólaltatni bármilyen hangszeren. A zene persze elhalna, ha senki nem tanulná meg eljátszani; de ha mindenki azzal a gondolattal nőne fel, hogy a zene *azonos* az eljátszásával, akkor képzelhetjük, mennyivel sivárabb lenne sokak élete.

Miért ne tanulhatnánk meg így gondolkodni a tudományról is? Kétségkívül fontos, hogy főként a legkiválóbb elmék közül egyesek megtanulják gyakorlati tárgyként művelni a tudományt. De úgy is taníthatnánk a tudományt, mint amit olvashatunk és örömmel lelhetjük benne, ahogy a zenét is megtanuljuk hallgatni, és nem szükségszerűen kell hozzá napi ujjgyakorlatokat végezni. Keats visszariadt a boncteremtől, és ugyan ki hibáztathatná érte? Darwinnal

is ugyanez történt. Ha Keats kevésbé gyakorlati jellegű oktatásban részesül, talán több megértéssel viseltetik a tudomány és Newton iránt.

És itt megragadom az alkalmat, hogy békejobbot nyújtsak Britannia legismertebb tudományos újságíró kritikusának, Simon Jenkinsnek, a *Times* korábbi szerkesztőjének. Simon Jenkins félelmetesebb ellenfél az eddig idézettekénél, mivel pontosan tudja, miről beszél. Készséggel elismeri, hogy a tudományos könyvek lehetnek inspiratívak, de rossz néven veszi azt a kiemelt szerepet, amit a modern kötelező oktatás tanmenetében kap a tudomány. A velem folytatott, 1996-ban rögzített beszélgetésben így nyilatkozott:

Az általam olvasott tudományos művek közül nagyon keveset nevezhetek hasznosnak. Inkább szépeknek mondhatnám őket. Ténylegesen azt az érzést keltették bennem, hogy az engem körülvevő világ sokkal teljesebb, sokkal csodálatosabb, sokkal fenségesebb hely, mint gondoltam volna. Számomra ez jelentette a tudomány csodáját. Ezért olyan változatlanul vonzó a tudományos-fantasztikum. Ezért olyan izgalmas a sci-fi behatolása a biológiába. Úgy gondolom, a tudománynak van egy csodálatos története, amit el kell mondani. De hogy hasznos lenne? Nem, nem hasznos úgy, mint mondjuk az üzleti vagy jogi, vagy akár a politikai és közgazdasági tanulmányok.

Jenkins álláspontja, miszerint a tudomány nem hasznos, annyira egyedi, hogy át fogok siklani fölötte. Többnyire a tudomány legkérlelhetlenebb kritikusai is elismerik, hogy a tudomány hasznos, talán túlságosan is hasznos, ugyanakkor hiányzik a gondolatmenetükből Jenkins leglényegesebb meglátása, hogy csodálatos lehet. Számukra a tudomány a maga hasznosságában aláássa emberi mivoltunkat vagy elpusztítja a misztériumot, amelyből, mint olykor vélik, a költészet táplálkozik. Egy másik aggódó brit újságíró, Bryan Appleyard 1992-ben azt vetette papírra, hogy a tudomány „rettenetes szellemi károkat” okoz: „Arra kényszerít minket, hogy mondjunk le magunkról, az igazi énünkről”. Ezzel visszajutottunk Keatshez és a szívárványához, és továbbléphetünk a következő fejezethez.

3. Kód a csillagokban

*Nem láttam én
Tavaszh-festette színekből rakott
Szivárványhidat, szebben olvadt,
Ám újat mutatott a tudomány,
S láttam, nyugatról jó a fénysugár
Felhő hátán, sötét fátylát Kelet
Főlé veté; és láttam, hogy a fény
Mint szűrja át meg át domborodó
Kristályát minden pára-halmaznak,
Mi röptének ellenáll; fennakad
A fény, hol a vízcsepp konkáv belül,
Így állja útját; láttam, ahogy így
Halad, állítja forrását a fény.
Az ámuló szemébe hatol és
Menten csodává lesz a napsugár:
Színeknek fátylán át tünemény
Vörösből a halványabb ibolya
Szomorkás-bús árnyán száll majd tovább.
MARK AKENSIDE: A képzelet hatalma (1744)*

1817 decemberében Benjamin Haydon angol festő és kritikus bemutatta William Wordsworth-nek John Keatsset. A találkozásra a festő londoni műtermében került sor, ahol Charles Lamb és az angol irodalmi élet több tagja is jelen volt. Megszemlélték Haydon Krisztus jeruzsálemi bevonulását ábrázoló új festményét; ezen Krisztus kíséretében feltűnt Newton mint hívő, és Voltaire mint szkeptikus alakja. A kapatos Lamb nehezményezte, hogy Haydon megfestette Newtont, azt „a fickót, aki nem hitt a világon semmiben, ami nem olyan világos, mint a háromszög három oldala”. Newton, csatlakozott Lambhez Keats, a szivárvány minden költészetét összetörte azzal, hogy a prizma színeire egyszerűsítette. „Képtelenség volt ellenállni neki – mondta Haydon –, és mindannyian ittunk »Newton egészségére és a matematika romlására«.” Évek múltán Wordsworth-höz írott levelében felidézte a „halhatatlanok vacsoráját”:

És emlékszel Keats indítványára: „Átok Newton emlékére”, és arra, hogy amikor magyarázatot követeltél, mielőtt hajlandó lettél volna erre üríteni poharad, kijelentette: „Mert összetörte a szivárvány

költészetét, mikor a prizma színeire egyszerűsítette”? Ó, kedves öreg barátom, soha többé nem lesz részünk ilyen napokban!

HAYDON: Önéletrajz és emlékek

Három évvel a Haydon-féle vacsora után Keats így írt a *Lamia* című elbeszélő költeményében (1820):

*Nem száll-e varázs,
Ha hozzáér hideg gondolkodás?
Roppant szivárvány volt egyszer az égen:
Szövetét tudjuk – számontartja régen
A mindennapi dolgok lajstroma.
Angyal-szárnyat lenyír a filozófia,
Rejtélyt szabályba tör, s szellem-lakott
Eget kifoszt és kincses gnóm-lakot –
Szivárványt bont...*

Wordsworth több tiszteletet tanúsított a tudomány és Newton iránt („...a Gondolat furcsa tengerén át”). A *Lírai balladákhöz* (1802) írott előszavában egy olyan kort vetít előre, amikor „a kémikus, a botanikus vagy az ásványtudós legmerészebb felfedezései a költő művészetének ugyanolyan alkalmas tárgyai lesznek, mint a többi.” Munkatársa és barátja, Coleridge, kijelentette, hogy „Sir Isaac Newton lelkéből ötszáz tenne ki egy Shakespeare-t vagy egy Miltont”. Ez úgy értelmezhető, mint egy vezető romantikus leplezetlen acsarkodása általában a tudomány ellen, Coleridge esete azonban ennél összetettebb. Nem kevés tudományt olvasott és tudományos gondolkodónak tekintette magát, leginkább a fény és a színek területén, ahol állítása szerint megelőzte Goethét. Coleridge némely tudományos elmélkedése utóbb plagizálásnak bizonyult; meglehetősen csekély véleménynel volt a kisajátított gondolatok szerzőiről. Kifakadása tehát nem általánosságban a tudósok, hanem kifejezetten Newton ellen szólt. Mélységesen tisztelte Sir Humphry Davyt, akinek előadásait buzgón látogatta a Royal Institute-ban, mint mondta: „hogyan felfrissítem metaforáim készletét”. Úgy vélte, Davy felfedezései, Newtonéival összevetve „intellektuálisabbak, felemelőbbek és nagyobb dolgok véghezvitelére serkentik az emberi természetet”. Szóhasználatából kiderül, hogy nem a tudomány, hanem csak Newton

tiszteletére nem volt hajlandó. Ám a saját elvárásainak sem sikerült megfelelnie, ami az eszméi „pontos, világos és átadható fogalmakban” történő kibontakoztatását és elrendezését illeti. Egy 1817-es levelében például valósággal magánkívül volt zavarában, miközben a spektrum és a szivárványbontás kérdéséről tündődött:

Be kell vallanom, számomra Newton álláspontja, elsősorban is a fénysugárról, mint fizikai szinodikus Individuum, másodsor, hogy 7 specifikus individuum létezik együtt (miféle kapcsolat révén?) ebben a komplex, ám felosztható Sugárban; harmadszor, hogy a Prizma egy pusztán mechanikus bonckése ennek a Sugárnak; és végezetül a Fény, mint mindezek közös eredménye – zavarba ejtő.

Egy másik 1817-es levelében visszatér erre a témára:

Tehát a Szín megint Gravitáció a Fény uralma alatt. A sárga volna a pozitív, a kék a negatív Pólus, és a Vörös a kulmináció vagy Egyenlítő; míg a Hang másfelől Fény a Gravitáció uralma vagy felsőbbisége alatt.

Meglehet, Coleridge egyszerűen túl korán született ahhoz, hogy posztmodern lehessen:

Az alakzat/alap közötti különbség, amely a Gravity's Rainbow-ban oly meghatározó, a Vinelandben is éppoly nyilvánvaló, bár ez utóbbiban sokkal indokoltabb formában jelenik meg. Derrida tehát, a „szubszemiotikai kultúraelmélet” kifejezést használja az olvasó költő szerepét jelölendő. Tehát a szubjektum a nyelvet, mint paradoxont magában foglaló posztkulturális kapitalista teóriában kontextualizálódik.

Ez a részlet <http://www.cs.monash.edu.au/links/postmodern.html> című weboldalról származik, ahol végtelen mennyiségben sorjáznak a hasonló képtelenségek. A divatos frankofon savantok értelmetlen szójátékainak, mint az fényesen kiderül Alan Sokai és Jean Bricmont *Intellectual Impostures* (Intellektuális impostorságok, 1998) című könyvéből, nyilvánvalóan az az egyetlen céljuk, hogy mély hatást gyakoroljanak a könnyen hívó lelkekre. Ezeket még csak nem is arra

szánták, hogy megértsék őket. Egy kolléga bevallotta a posztmodernizmus egyik amerikai szószólójának, hogy módfelett nehéznek találta és őszintén szólva nem érti a könyvét. „Ó, nagyon szépen köszönöm” – mosolygott illető láthatóan olvadozva a bóktól. Coleridge tudományos kalandozásai ezzel szemben mutatnak némi őszinte – bár inkoherens – vágyat a minket övező világ megértésére. Helyezzük hát el egyedülálló anomáliaként az egyik oldalon, és haladjunk tovább.

Miért „hideg” Keats *Lamiájában* a gondolkodás, miért „tör” a filozófia szabálya, és miért száll el előle minden varázs? Mi olyan fenyegető a józan észben? A rejtélyek megoldásával nem vész el a költészetük. Épp ellenkezőleg: a megoldás gyakorta szebbnek bizonyul a rejtélynél, és valahányszor megoldjuk az egyik rejtélyt, újabbak kerülnek elő, talán még nagyszerűbb költészet ihletésére. Richard Feynmannak, a kitűnő elméleti fizikusnak felvetette egy barátja, hogy a tudós tanulmányozhatja a virágot, de akkor soha nem fedezi fel a szépségét. Feynman így válaszolt:

A számodra ott rejlő szépség nekem is elérhető. Elém azonban egy olyan mélyebb szépség tárul, amelyhez mások nem könnyen jutnak hozzá. Én látom a virág bonyolult kölcsönhatásait. A virág színe piros. Ha a virágnak van színe, az azt jelenti, hogy úgy fejlődött ki, hogy magához vonzza a rovarokat? Ez felvet egy további kérdést. Látják-e a rovarok a színeket? Van-e esztétikai érzékük? És így tovább. Nem értem, a virág tanulmányozása miért csorbítaná a szépségét. Csak hozzátesz.

Emlékezés Richard Feynmanra, részlet (The Skeptical Inquirer, 1988)

Hogy Newton különböző hullámhosszú fényre bontotta a szivárványt, az vezetett Maxwell elektromágnesesség-elméletéhez, és így Einstein speciális relativitáselméletéhez. Aki úgy véli, hogy a szivárvány tobzódik a költői rejtélyben, annak érdemes megpróbálkoznia a relativitással. Maga Einstein nyíltan alkotott esztétikai ítéleteket a tudományban, és talán túl messzire is ment. „A legszebb dolog, amit megtapasztalhatunk – mondta – a rejtélyes. Minden igaz művészetnek és tudománynak ez a forrása.” Sir Arthur Eddington, akinek tudományos írásai költőiségükről is nevezeteseek voltak, az 1919-es napfogyatkozást használta fel az általános relativitáselmélet

ellenőrzésére, és amikor visszatért Principle Islandről, bejelentette – mint Banesh Hoffmann fogalmaz –, hogy Németország ad otthont a kor legnagyobb tudósának. Elszoruló torokkal olvastam ezeket a szavakat, maga Einstein azonban könnyedén diadalt aratott. Minden más eredmény esetén „csak Isten irgalmazott volna neki. Az elmélet helyes.”

Isaac Newton egy elsötétített szobában hozta létre a maga szivárványát. A zsalun egy kis rés bebocsátott egy fénysugarat. Newton a sugár útjába helyezte híres prizmáját, amely szögben megtörte (elhajlította) a napsugarat, amikor belépett az üvegbe, aztán újból, amikor a túloldalon kilépett belőle. Amikor aztán a fény Newton szobájának szemközti falára esett, ott a spektrum színei rajzolódtak ki. Nem Newton hozott létre elsőként mesterséges szivárványt prizmával, de ő használta elsőként annak kimutatására, hogy a fehér fény különböző színek keveréke. A prizma úgy válogatja szét ezeket a színeket, hogy különböző szögben töri meg őket, a kéket meredekebb szögben, mint a vöröset; a zöldet, sárgát és a narancssárgát pedig közbeeső szögekben. Mások, amúgy érthetően, úgy vélték, hogy a prizma megváltoztatja a fény minőségét, vélhetőleg megszínezi, semmint hogy egy létező keverékből különítené el a színeket. Newton két kísérletben döntötte el a kérdést, melyek során a fény egy második prizmán is áthaladt. Ebben az *experimentum crucis*ban az első prizmán túl elhelyezett rés csak a spektrum kis részét eresztette át, mondjuk a vörös tartományt. Amikor ezt a vörös fényt egy második prizma ismét felbontotta, akkor is csak vörös fény jelent meg. Ebből kiderült, hogy a prizma nem minőségileg változtat a fényen, csupán felbontja azokra az alkotóelemekre, melyek egyébként összekeveredve vannak benne jelen. A második döntő kísérletben Newton megfordította a második prizmát. A spektrum színeit, amelyeket az első prizma szétterített, a második ismét összegyűjtötte: feltűnt a helyreállított fehér fény.

A spektrum a fény hullámelméletéből érthető meg a legkönnyebben. A hullámokkal az a helyzet, hogy valójában semmi nem halad végig a forrástól a célig. A tényleges mozgás helyi jellegű és kis léptékű. A lokális mozgás mozgást indít el a szomszédos helyi övezetben, és így tovább véges-végig, valahogy úgy, ahogy a futball-stadionokban a szurkolók közismert hullámozása esetében történik. A fény eredeti hullámelméletét viszont kiszorította a kvantumelmélet,

mely szerint a fény diszkrét fotonok áramlataként terjed. Egyes fizikusokból kicsikartam a vallomást, hogy a Napból a fenti futballszurkolói viselkedést imitáló fotonok nem haladnak a stadion egyik végétől a másikig. Mindazonáltal a huszadik században szellemes kísérletekkel igazolták, hogy a fotonok még a kvantumelméletben is hullámként is viselkednek. Számos, köztük az e fejezetben minket érdeklő cél esetében megtehetjük, hogy figyelmen kívül hagyjuk a kvantumelméletet, és a fényt egyszerűen valamely fényforrásból kifelé terjedő olyasféle hullámokként kezeljük, amilyenek a pocsolyában keletkeznek, ha kavicsot dobunk bele. A fényhullámok azonban összehasonlíthatatlanul gyorsabban és három dimenzióban terjednek. A szivárványbontás abból áll, hogy szétválogatjuk a különböző hullámhosszú összetevőire. A fehér fény a hullámhosszok zavaros keveréke, afféle vizuális kakofónia. A fehér objektumok mindenféle hullámhosszú fényt visszavernek, ám a tükörrel ellentétben, inkohereus módon. Ezért látjuk például a fehér falról visszaverődni a fényt, az arcunkat azonban nem. A fekete tárgyak mindenféle hullámhosszú fényt elnyelnek. A pigmentjeik vagy felületi rétegeik atomszerkezete okán színes tárgyak bizonyos hullámhosszú fényt elnyelnek, másokat pedig visszavernek. Az ablaküveg mindenféle hullámhosszú fényt átbocsát. A színes üveg bizonyos hullámhosszú fényeket átereszt, míg más hullámhosszúakat elnyel.

Miről is van szó az üvegprizma, vagy egy esőcsepp fénytörése esetében, ami megfelelő körülmények között különálló színeire hasítja a fehér fényt? És egyáltalán, miért töri a fénysugarakat az üveg és a víz? A fénytörés annak a lelassulásnak az eredménye, amikor a fénysugár a levegőből belép az üvegbe (vagy a vízbe). Ismét felgyorsul, amikor kilép az üvegből. Miként lehetséges ez, tekintettel Einstein tételére, mely szerint a fény sebessége az univerzum egyik legjelentősebb fizikai állandója, és semmi sem haladhat nála gyorsabban? A válasz, hogy a fény csak légüres térben éri el a nevezetes, c -vel jelölt teljes sebességét. Amikor a fény olyan átlátszó anyagon halad át, amilyen az üveg vagy a víz, akkor lefékezi az anyag „törésmutató” néven ismert tulajdonsága. A levegő is lelassítja, csak kevésbé.

De miért jelentkezik a lassulás a szög megváltozásában? Ha a fénysugár egyenesen hatol be egy üvegtéglába, ugyanazon szögben –

nyílegyenesen – folytatja az útját, de lelassul. Ha azonban ferde szögben éri el a felszínt, akkor elhajlik egy laposabb szögben, ahogy elkezd lassabban haladni. Miért? A fizikusok összeeszkábálták a „legkisebb befektetés elvét”, amely, ha végső magyarázatként nem is teljesen kielégítő, legalább tudunk mit kezdeni vele. Szemléletesen magyarázza Peter Atkins *Creation Revisited*-je (1992): néhány fizikai entitás, esetünkben a fénysugár, úgy viselkedik, mintha gazdaságosságra törekedne, megpróbálja a lehető legkisebbre csökkenteni a szükséges energia-befektetését. Képzeli el magunkat egy tengerparti strandon, amint rohanunk, hogy kimentünk a vízből egy fuldokló gyereket. Minden másodperc számít, és a lehető legkevesebb idő alatt kell a gyerekhez érni. Gyorsabban futunk, mint amilyen gyorsan úszunk; a gyerek felé vezető útvonalunk kezdetben a szárazföldön vezet, vagyis gyorsabban haladunk, majd vízben, ahol lassabban. Feltételezve, hogy a gyerek nem pontosan velünk szemben haldoklik, hogyan csökkenthetjük a legrövidebbre az út megtételéhez szükséges időt? Követhetjük légvonalban, amivel csökkentjük a távolságot, ezzel azonban az időt nem minimalizáljuk, mivel így hosszabb utat kell vízben megtennünk. Futhatunk egyenesen a víz szélének a gyerekekkel szemközi pontjához, aztán egyenesen érte úszhatunk. Ez maximalizálja a futva megteendő távot az úzás rovására, ám ez sem feltétlenül a leggyorsabb útvonal, hiszen összességében hosszabb távot kell megtennünk. Nyilvánvaló, hogy akkor követjük a leggyorsabban megtehető útvonalat, ha elfutunk a parthoz bizonyos szögben, melyet a futási és az úzási sebességünk aránya határoz meg, majd megváltozott szögben kezdünk úszni. Az analógia értelmében az úzási és a futási sebesség a víz illetve a levegő törésmutatójának felel meg. A fénysugarak természetesen nem tudatosan „próbálják” minimalizálni az út megtételéhez szükséges idejüket, de azonnal érthetővé válik a viselkedésük, ha feltételezzük a tudatosságot. Az analógia kvantummechanikai értelemben is elfogadható, ám túlmutat az illetékességemen, e tekintetben inkább Atkins könyvét ajánlom a figyelmükbe.

A spektrumot a különböző mértékben lelassuló, különböző színű fények határozzák meg: az adott anyag, mondjuk üveg vagy víz törésmutatója nagyobb a kék, mint a vörös fény esetében. Úgy is elképzelhetjük, hogy a kék fény lassúbb úszó a vörösnél, rövidebb hullámhossza miatt jobban belegabalyodik az atomok „hínárosába” az

üvegben vagy a vízben. Bármilyen színű fényre érvényes, hogy kevesebb akadályba ütközik a levegő ritkább atomjai között, a kék azonban mindig lassabban halad a vörösnél. Vákuumban, ahol egyáltalán nincs „hínáros”, mindenféle színű fénynek azonos a sebessége, nevezetesen az egyetemes c határérték.

Az esőcseppeknek a hatása Newton prizmájánál bonyolultabb. Mivel hozzávetőleg gömb alakúak, a felületük belseje homorú tükörként működik. Így, miután megtörték, visszaverik napfényt, ezért látjuk a szivárványt az égnek a Nappal szemközti régiójában, nem pedig olyankor, ha az esőn át a Nap felé nézünk. Képzeljük el, hogy háttal állunk a Napnak, és egy zápor felé tekintünk, lehetőleg ólomszürke háttérrel. Amennyiben a Nap 42 foknál magasabban jár az égen a horizont fölött, nem fogunk szivárványt látni. Minél alacsonyabban áll a Nap, annál magasabb a szivárvány. Mikor reggel felkel a Nap, a szivárvány – ha látható – lenyugszik. Ahogy este lenyugszik a Nap, a szivárvány felkel. Tételezzük fel tehát, hogy kora reggel vagy késő délután van. Képzeljünk el egy bizonyos esőcseppet, mint egy gömböt. A hátunk mögött lassan fölének emelkedő Nap fénye behatol az esőcseppbe. A víz és a levegő találkozási pontján a fény megtörik, és a napfényt alkotó különböző hullámhosszok különböző szögben törnek meg, akárcsak Newton prizmájában. A szétterülő színek áthaladnak az esőcsepp belsején, amíg el nem érik a homorú belső felületet, ahonnan visszaverődnek. Majd ismét kilépnek az esőcseppből, és némelyikük eljut a szemünkbe. Amikor ismét kilépnek a levegőbe, a különböző színek másodszor is megtörnek, természetesen eltérő szögben.

Tehát a teljes spektrum – vörös, narancs, sárga, zöld, kék, ibolya – kilép a mi árva esőcseppünkéből, de a szomszédos esőcseppekből is hasonló lép ki. Ám minden esőcseppből csak a spektrum egy kis része jut el a szemünkbe. Ha egy bizonyos esőcseppből zöld fénysugár érkezik a szemünkbe, ugyanabból az esőcseppből a kék fény a szemünk fölött, a vörös pedig a szemünk alatt halad el. Akkor viszont miért látjuk a teljes szivárványt? Azért, mert számtalan esőcsepp van. Esőcseppek ezreiből jut el hozzánk a zöld fény (és egyidejűleg a kék fény a megfelelő mértékben fölöttük, és a vörös az alattuk elhelyezkedőkből). Ezernyi esőcsepp másik csoportjából kapjuk a vörös fényt (ugyanakkor egy másik csoporttól a kéket stb. stb.), más esőcseppek ezreiből a kéket és így tovább. A vörös fényt közvetítő

esőcseppek meghatározott távolságra helyezkednek el tőlünk – ezért körív alakú a vörös sáv (a kör közepén mi magunk állunk). Ugyancsak meghatározott távolságra helyezkednek el a zöld fényt közvetítő esőcseppek, ez a távolság azonban valamivel rövidebb, ezért az általuk leírt körív kisebb sugarú, és a vörös köríven belül foglal helyet. Majd a kék körív következik, és így épül fel a szivárvány egésze egy sor koncentrikus körből, velünk a középpontban. Más megfigyelők más szivárványokat fognak észlelni, amelyeknek ők állnak a középpontjában.

A szivárvány tehát nincs egy adott helyen rögzítve, ahol a tündérek egy korsó aranyat rejthettek el, hanem annyi a szivárvány, ahány szem fürkészi a vihart. Az ugyanazt a záport különböző helyekről szemlélő különböző megfigyelők a maguk önálló szivárványát rakják össze az esőcseppek más és más csoportjaitól származó fény felhasználásával. Szigorúan véve még a két szemünk is két különböző szivárványt lát. És ha gépkocsival haladunk az országúton, valójában nem egy, hanem gyors egymásutánban egy sorozat szivárványt látunk. Azt hiszem, ha erre Wordsworth rájött volna, sürgősen helyesbítette volna ezeket a sorait: „Ha fenn a szivárvány ragyog, / megdobbán a szívem” (bár meg kell mondanom, az ezt követő sorokat nehéz lenne tovább tökéletesíteni).

További bonyodalmat jelent, hogy maguk az esőcseppek hullanak vagy szétszóródnak. Így bármely adott esőcsepp áthaladhat a sávon, amit közvetíti, mondjuk a vörös fényt, azután belép a sárga övezetbe. Mi azonban továbbra is látjuk a vörös sávot, mivel újabb esőcseppek lépnek az eltávozottak helyére. Richard Whelan, elbűvölő könyvében, a *Book of Rainbows*-ban (Szivárványok könyve, 1997) – ahonnan szivárványos idézeteim egy részét merítem – Leonardo da Vincit idézi:

Figyeljük meg a Nap sugarait a szivárvány összeállításában; a színeket, amelyekből létrehozza az eső, amikor aláhullása során minden egyes csepp sorra felveszi az ív minden színét.

Értekezés a festészetről (1490-es évek)

Magának a szivárványnak az illúziója sziklaszilárd marad, noha az azt közvetítő cseppek egyfolytában hullanak és kavarognak a szélben. Coleridge így írt:

A moccanatlan szivárvány a gyors sodrású, tovasiető zápor párájában. Micsoda találkozása a képeknek és az érzéseknek, különös állandóság az égháború közepette – csend, a vihar lánya.

Az Anima Poetae-ből (megjelent 1895-ben)

Barátját, Wordsworth-t is lenyűgözte a szivárványnak a zápor kavargásával dacoló mozdulatlansága:

*Közben, talán véletlen-szülte kép
mit csak felhőkről gyárthat képzelet,
nagy, sértetlen szivárvány feszült
mozdulatlan odafenn.*

Az előszó (1815)

A szivárvány romantikája részben abból az illúzióból fakad, hogy hiába közeledünk felé, mindig ott ül horizont elérhetetlen távolában. Keats „sós szivárványa” viszont közeli volt. És időnként valóban láthatunk teljes körként megmutatkozó, egy-két méter átmérőjű szivárványt végighaladni egy sövény felénk eső oldalán, amikor elhajtunk mellette. (A szivárvány csak azért látszik félkör alakúnak, mert a kör alsó része a horizont alá esik.) a szivárvány részben a távolság illúziója miatt látszik olyan nagynak. Az agy kivetíti a képet az égre, és ezzel megnöveli. Ugyanezt a hatást érzük el, ha egy fényes lámpára meredünk, majd a távolba tekintve az égre „vetítjük” a retinára „nyomott” utóképet.

További káprázatos bonyodalmak is felmerülnek. Mint mondtam, a napsugár az esőcsepp Nappal szemközti oldalának felső részén lép be az esőcseppbe és az alsón hagyja el. De természetesen abban sem akadályozza meg semmi a napfényt, hogy az alsó negyedben lépjen be. Megfelelő körülmények között kétszer is visszaverődhet a gömb belsejében, és olyan módon hagyja el a csepp alsó régióját, hogy aztán újabb töréssel lép a megfigyelő szemébe, mely jelenség egy második, az elsőnél 8 fokkal magasabban elhelyezkedő és fordított színsorrendű szivárványt eredményez. A megfigyelő számára a két szivárványt természetesen az esőcseppek különböző csoportjai közvetítik. Kettős szivárványt ritkán látni, Wordsworth-nek azonban olykor része lehetett ebben az élményben, és ilyenkor bizonyosan még nagyobbat dobbant a szíve. Elméletileg feltűnhetnek koncentrikus elrendezésben

további, egyre halványabb szivárványok, noha nagyon ritkán láthatók. Gondolhatja-e bárki is komolyan, hogy *beszenyyezi a szivárványt*, ha elmondjuk, mi zajlik az esőcseppek ezen hulló, szikrázó, tükröződő és fénytörő csoportjaiban? Ruskin szerint:

A legtöbb ember számára a tudatlan öröm jobb, mint a tudásra alapozott, jobb az eget kék kupolaként felfogni, mint sötét űrnek, és a felhőt arany trónusnak, nem pedig szitáló ködnek. Igencsak kérdéses, hogy az optikában járatos ember, legyen bármily vallásos, ugyanolyan örömet vagy áhítatot érez a szivárvány láttán, mint a tanulatlan paraszt... Egyetlen szál virág titokzatossága sem mérhető és nem is ez a dolgunk; ám a tudományos törekvéseket mindig is a szépség szeretete kell, hogy irányítsa, a tudásbeli pontosságot pedig az érzelmek melegsége.

Modern festők III. (1856)

Az elméletet valamelyest valószínűsíti a szóbeszéd, mely szerint szegény Ruskin nászéjszakáját egy csapásra romba döntötte a szörnyű felfedezés, hogy a nőknek van szeméremszőrzetük.

1802-ben, tizenöt évvel Haydon „halhatatlan vacsorája” előtt, William Wollaston angol fizikus Newtonéhoz hasonló kísérletet végzett, ezúttal azonban a napsugárnak egy keskeny résen kellett áthaladnia, mielőtt elérte volna a prizmat. A prizmából kilépő színek különböző hullámhosszok keskeny csíkjainak sorozatából állt össze. A csíkok egymásba mosódtak ugyan, de keskeny sötét vonalak rajzolódtak ki a spektrum bizonyos szakaszain. Később ezeket a vonalakat mérte és katalogizálta szisztematikusan Joseph von Fraunhofer német fizikus, akinek e vonalak ma a nevét viselik. A Fraunhofer-vonalak sajátos elrendezése, egyfajta ujjlenyomata – a vonalkód talán még találóbb analógia – azon anyag kémiai tulajdonságától függ, amelyen áthaladtak a sugarak. Például a hidrogén is létrehozza a maga vonalából és közökből álló jellegzetes kódmintázatát, a nátriumnak megint másféle a mintája és így tovább. Wollaston csak hét vonalat látott, Fraunhofer fejlettebb eszközei 576-ot különböztettek meg, a modern spektroszkópok pedig már nagyjából tízezret.

Egy-egy elem sajátos kódját nemcsak a vonalak térköze határozza meg, hanem az elhelyezkedésük a szivárvány háttéren. A hidrogén és

a többi elem pontos vonalkódjait manapság pontosan megmagyarázza a kvantumelmélet, ezen a ponton azonban sűrű szabadkozások közepette kénytelen vagyok elbúcsúzni. Olykor az az érzésem támad, hogy van némi érzékem a kvantumelmélet költészete iránt, a tudásom azonban még nem elég elmélyült ahhoz, hogy másoknak elmagyarázhassam. Nem kizárt, hogy senki nem érti igazán a kvantumelméletet, talán mert a természetes szelekció olyanra formálta az agyunkat, hogy a nagy, lassú dolgok világában maradjon fenn, ahol nem észlelhetőek a kvantumhatások. Mint állítólag Richard Feynman mondta: „Ha azt gondolod, hogy érted a kvantumelméletet – akkor nem érted a kvantumelméletet!” Azt hiszem, Feynman kötetbe gyűjtött előadásai és David Deutsch meglepő és zavarba ejtő könyve, a *The Fabric of Reality* (1997) révén sikerült közelebb kerülnöm a megértéshez. (Deutsch könyvében még zavarba ejtőbbnek találom, hogy nem tudom, mikor olvasok általánosan elfogadott fizikát, és mikor a szerző merész spekulációit.) De bármiféle kétségek merülnek is fel a fizikusokban a kvantumelmélet értelmezésében, tünetesen sikeresek a kísérleti eredmények megjósolásában. És e fejezet szempontjából szerencsére bőven elég annyit tudni, amit Fraunhofer kora óta tudunk, vagyis hogy minden kémiai elem megbízhatóan mutatja a vonalak egy-egy egyedülálló kódját a spektrum mentén.

Kétféle módon láthatóak a Fraunhofer-vonalak. Eddig a szivárványhátterben megjelenő sötét vonalakról beszéltem. Ezek úgy jönnek létre, hogy a fény útjába kerülő elem elnyel bizonyos hullámhosszokat, tehát eltávolítja a látható szivárványból. De ha ugyanaz az adott elem izzásban van, mint amikor egy csillag anyagának része, akkor sötét háttéren a színes vonalak egyenértékű mintája is létrejön. Newton szivárványbontásának Fraunhofer-féle tökéletesítése már azelőtt ismert volt, hogy August Comte francia filozófus elhamarkodottan így írt a csillagokról:

Soha, semmiféle módszerrel nem leszünk képesek tanulmányozni a vegyi összetételüket vagy az ásványi szerkezetüket... Pozitív ismeretünk a csillagokról szükségszerűen a geometriai és mechanikai jelenségeikre korlátozódik.

Cours de philosophie positive (1835)

Manapság a csillagfényben mutatkozó Fraunhofer-vonalak aprólékos elemzésével nagy részletességgel tudjuk, miből épülnek fel a csillagok, noha semmivel sem kecsgetőbbek a kilátásaink az odautazásra, mint Comte korában. Néhány esztendeje Charles Simonyi barátom vitába keveredett a US Szövetségi Jegybankjának korábbi elnökével. Ez az úriember csodálkozva értesült róla, hogy a tudósokat meglepte, amikor a NASA révén részletesebb ismereteket szereztek a Hold anyagairól. Minthogy a Hold sokkal közelebb van a csillagoknál, okoskodott az úr, a csillagokkal kapcsolatos becsléseink nyilván még tévesebbek. Hihetően hangzik ugyan a gondolatmenet, de, ahogy dr. Simonyinak sikerült megértetnie vele, az igazság éppen az ellenkezője. Akármilyen messze is vannak a csillagok, kisugározzák a fényüket, és ez döntő különbséget jelent. A holdfény visszavert napfény (D. H. Lawrence állítólag konokul nem volt hajlandó tudomásul venni ezt a tényt; sértette a költői érzékenységet), így a színeképe alapján nem elemezhetjük a Hold kémiai tulajdonságait. A mai eszközök ugyan látványosan felülmúlják Newton prizmáját, ám a spektroszkópia tudománya az ő szivárványbontásának egyenes ági leszármazottja. A csillagok kisugárzott fényének színeképe, mindenekelőtt a Fraunhofer-vonalak, nagy részletességgel tudósítanak arról, milyen kémiai anyagokat tartalmaznak a csillagok. Elárulják továbbá a csillag hőmérsékletét, nyomását és méretét. Erre épül a csillagok osztályozási rendszere; ez teszi a maga helyére a mi Napunkat a csillagok nagy lajstromában: G2V osztályú sárga törpe. Egy népszerű csillagászati folyóiratot, a *Sky and Telescope*-ot idézek 1996-ból:

Akik értik a jelentését, azoknak a színekép az első pillantásra megmondja, miféle objektum az adott csillag: a színét, a méretét és a fényerejét, a történetét és a jövőjét, a sajátosságait és hogy miként viszonyítható a Naphoz és a más típusú csillagokhoz.

A csillagfény spektroszkópos felbontásából tudjuk, hogy a csillagok nukleáris kemencék, ahol a tömegüket túlnyomórészt alkotó hidrogén héliummá ég; majd a héliummagok sorra egyre nehezebb anyagokká sajtolódnak össze, és így jönnek létre azok a közepes méretű atomok, amelyek végső soron minket alkotnak.

Newton szivárványbontása kövezte ki az utat azon tizenkilencedik

századi felfedezés számára, hogy a látható szivárvány, azaz az általunk ténylegesen látott tartomány csupán keskeny szakasz az elektromágneses hullámok teljes spektrumában. A látható fény hullámhossza a méter 0,4 milliomod részétől (ibolya) a 0,7 milliomod részéig (sötétvörös) terjed. A vörösnél kicsit hosszabbak az infravörös sugarak, melyeket láthatatlan hőszugárzásként érzékelünk és amelyeket egyes kígyók és irányított rakéták használnak célpontjuk megtalálására. Az ibolyánál kicsit rövidebbek az ultraibolya sugarak, amelyek égetik a bőrünket és rákot okoznak. A rádióhullámok sokkal hosszabbak a vörös féynél. A hullámhosszukat centiméterben, méterben, vagy akár kilométerekben mérik. Közöttük és az infravörös hullámok között helyezkednek el a spektrumon a mikrohullámok, amelyeket a radarok és a mikrohullámú gyorsítók használnak. Az ultraibolyánál rövidebbek a röntgensugarak: ezek segítségével átláthatunk a testen. Valamennyinél rövidebbek a kozmikus sugarak, melyek hullámhosszát a méter trilliomod részével mérik. Nincs semmi rendkívüli a hullámhosszok általunk fénynek nevezett keskeny sávjában, attól eltekintve, hogy történetesen látjuk őket. A rovarok számára látható fény tartománya valamelyest arrébb helyezkedik a spektrum mentén. Esetükben látható szín az ultraviola és vakok a vörösre (ezért „infrászágának” nevezhetnék). A tágabb spektrum teljes hosszában ugyanúgy fel lehet bontani a sugárzást, mint a szivárványt, bár a felbontásra használt eszköz – prizma helyett például rádióhangoló – más és más a spektrum különböző részein.

Az általunk megfigyelt színek a vörösség és a kékség szubjektív érzetei, önkényesen kijelölt címkék, amelyeket az agyunk köt a különböző hullámhosszú fényekhez. A vörösséggel valójában semmiféle „hosszúságot” nem tudunk kapcsolatba hozni; hiába tudjuk, milyen a vörös és a kék, az mit sem segít annak felidézésében, melyiknek hosszabb a hullámhossza. Nekem rendszeresen utána kell néznem, noha arra például mindig emlékszem, hogy a szoprán hang rövidebb hullámhosszú a basszusnál. Az agy megfelelő belső címkéket ragaszt a fizikai szivárvány különböző részeire. Senki nem tudja, az ő „vörös-érzete” megegyezik-e másokéval, de könnyen megállapodásra juthatunk abban, hogy az a fény, amit én vörösnek nevezek, ugyanaz a fény, amit te vörösnek nevezel, és hogy ha fizikusok megméri, kiderül, hogy hosszú a hullámhossza. Az én szubjektív ítéletem szerint az ibolya vörösebbnek látszik a kéknél,

még ha a vörösnél távolabb helyezkedik is el a spektrumon. Ebben minden bizonnyal az olvasó is egyetért velem. A látszólag vörös árnyalat az ibolyában az idegrendszerhez, nem pedig a spektrum fizikájához kapcsolódó tény.

Hugh Lofting halhatatlan doktor Dolittle-ja elrepült a Holdra, és új színek meghökkentő vonulata tárult a szeme elé; ezek annyira különböztek a megszokott színeinktől, mint a vörös a kéktől. Bár fikcióról van szó, bizonyosra vehetjük, hogy ilyesmi sohasem eshet meg. Egy másik bolygón az utazót fogadó színeket az agy működése szabja meg, márpedig azt az anyabolygójáról viszi magával.²

Manapság már számos részletét ismerjük, hogyan tájékoztatja a szem az agyat a fény hullámhosszairól. Olyan jellegű háromszínű kódról van szó, mint amilyent a színes televízió esetében használnak. Az emberi retina négyfajta fényérzékelő sejtrel rendelkezik: háromféle „csappal” és a „pálcikákkal”. Mind a négy hasonló és bizonyosan közös őstől ágazott el. Hajlamosak vagyunk megelégedezni arról, hogy egyetlen sejt is milyen mérhetetlenül bonyolult: komplexitása nagy része a finoman hajtogatott belső membránokból adódik. Minden egyes apró pálcika vagy csap sűrű membránszerkezetet tartalmaz, ezek úgy halmozódnak egymásra, mint valami magas könyvtorony. Minden egyes könyvön átfűződik egy hosszú, vékony molekula, a retinálnak nevezett fehérje. Mint sok fehérje, a retinál is enzimeként viselkedik, azaz meghatározott kémiai reakciót katalizál azzal, hogy alkalmas formájú helyet kínál bizonyos beleillő molekuláknak.

Az enzimmolekulának a háromdimenziós formája ad katalitikus tulajdonságot, ugyanis ennél fogva szolgálhat gondosan megformált,

² A színek kérdése nemegyszer tudományosan alulinformált filozófiai spekuláció gazdag forrása. Egy dicséretes kísérlet ennek kiigazítására C. L. Hardin 1988-as könyve, a *Color for Philosophers: Unweaving the Rainbow* (Szín filozófusoknak: Szivárványbontás). Kénytelen vagyok bevallani, hogy csak azután fedeztem fel ezt a könyvet, különösen pedig kitűnő alcímét, hogy az enyémet már leadtam a kiadónak. Mellesleg doktor Dolittle-t manapság nem is olyan könnyű megtalálni, minthogy egyes fontoskodó könyvtárosok gyakorta zárolják. A *Doktor Dolittle*-történetekben tetten érhető rasszizmus aggasztja őket, de hát az 1920-as években ez csaknem általános volt. Mindenestre ezt a csorbát alaposan kiköszöröli a doktor nemes harca a rabszolga-kereskedelem ellen a *Doktor Dolittle postájában*, nem is szólva arról, hogy valamennyi *Doktor Dolittle*-könyv a faji megkülönböztetés bűne ellen készült, mely hozzáállás manapság ugyanolyan megkérdőjelezhetetlen, amilyen annak idején a rasszizmus volt.

enyhén rugalmas sablonként más molekulák számára, mely sablonba beleillenek és ahol találkozhatnak egymással – máskülönben csak arra hagyatkozhatnának, hogy véletlenszerűen sikerül összeütközniük (ezért gyorsítják az enzimek olyan módfelett hatékonyan a kémiai reakciókat). Ennek a rendszernek az eleganciája az egyik olyan lényeges tényező, amelyik lehetségessé teszi az életet, ugyanakkor felvet egy problémát. Az enzim-molekulák gyakran egynél többféle formát is felvehetnek, ezek közül azonban többnyire csak az egyik kívánatos. A természetes kiválasztódás évmilliókon át tartó munkájának nagy része abból állt, hogy olyan „határozott” vagy „célratörő” molekulákat találjon, amelyek kedvenc alakzata sokkal inkább „részrehaljló” bizonyos formák felvétele iránt. A két lehetséges formával rendelkező molekulák végzetes veszélyt jelenthetnek. A „kergemarha-kórt”, a birka surlókórt (scrapie) és az emberi megfélelőiket, a kurut és a Creutzfeldt-Jakob-kórt olyan prionnak nevezett fehérjék okozzák, melyek két lehetséges formát ölthetnek. Szokásosan a két forma egyikébe hajtogatódnak, és ebben a konfigurációban látják el a hasznos feladatukat. Alkalmanként azonban az alternatív alakot választják. És akkor rettenetes dolog történik. Az alternatív alakú fehérje jelenléte más fehérjéket is arra késztet, hogy álljanak át az elfajzó meggyőződésre. A torz alakú fehérjék járványa úgy söpör végig a testen, ahogy a felboruló dominók döntik fel egymást. Egyetlen torz alakú fehérje megfertőzhet egy új testet és új dominóeffektust indíthat el. A következmény az agyban keletkező szivacszerű lyukak miatt bekövetkező halál, mivel a fehérje az alternatív alakjában nem tudja ellátni a szokásos feladatát.

A prionok okoztak némi zavart, mivel az önreplikáló vírusokhoz hasonlóan terjednek, noha fehérjék, márpedig a fehérjékről feltételezik, hogy nem képesek önreplikálásra. A biológia-tankönyvek szerint az önreplikálás a nukleinsavak (DNS és RNS) kiváltsága. A prionok azonban csak abban a sajátos értelemben önreplikálóak, hogy egyetlen torz alakú, elütő molekula „meggyőzi” már létező szomszédait, hogy vegyék fel ugyanazt az alakot.

Más esetekben a két lehetséges alakot mutató enzimek üdvös célra fordíthatják „átállíthatóságukat”. Az átállíthatóság végtére is a tranzistorok, diódák és más nagy sebességű elektronikus kapuk alapvető tulajdonsága, mely lehetővé teszi, hogy a számítógépek logikai műveleteket (HA, NEM, ÉS, VAGY és társaik) hajtsanak

vége. Ezek az „alloszterikus” fehérjék nem a prionokhoz hasonlóan, valamelyik szomszédjuk fertőző „meggyőzése” révén, hanem tranzisztorszerűen, csak akkor kapcsolnak át egyik állapotról a másikra, HA fennállnak bizonyos biológiaiailag hasznos feltételek, ÉS NEM bizonyos más feltételek között. A retinál a kétféle alak felöltésének képességét hasznos célra fordító „tranzisztor”-fehérjék közé tartozik. Fény hatására, a fotocellához hasonlóan, átbillen egyik állapotból a másikba és rövid visszaállási idő elteltével automatikusan visszakapcsol az előző állapotába. Az egyik alakjában erőteljes katalizátor, míg a másikban nem. Amikor fény hatására az aktív alakjába kapcsol, elindít egy bizonyos láncreakciót és a molekulák sebes átalakulását. Mintha a fény egy nagy nyomású csapot nyitna meg.

A kémiai sorozat végeredménye az idegi impulzusok áramlata, amely hosszú, vékony cső alakú idegsejtek során át eljut az agyba. Az idegi impulzusok is gyorsan katalizált kémiai változások. Úgy száguldanak végig a hosszú vékony csöveken, mint a meggyújtott puskaporcsíkokon a parázs. Minden egyes sistergő vonal önálló és a többiektől elszigetelt, így rövid, gyors jelentések sorozataként, idegimpulzusként érkeznek meg a cső túlsó végébe. Az idegimpulzusok sűrűsége – mely másodpercenként több száz is lehet – (ebben az esetben) a pálcikára vagy a csapra eső fény intenzitásának kódolt megjelenítése. Ami egyetlen idegsejtet illet, a különbség az erős és a gyenge stimuláció között egy nagy tűzsebességű gépfegyver és a szórványos puskalövések közötti különbségnek felel meg.

Amit ez idáig elmondtam, az egyaránt alkalmazható a pálcikákra és a háromféle csapra. Most nézzük, miben különböznek. A csapok csak a fényes fényre reagálnak. A pálcikák érzékenyek a halvány fényre, és az éjszakai látáshoz szükségesek. Mindenhol megtalálhatóak a retinán, és mivel sehol nem csoportosulnak jellemzően, nem alkalmasak a kis részletek felbontására. Nem lehet velük például olvasni. A csapokkal olvasunk, amelyek nagy sűrűségben találhatóak meg a retina egy bizonyos helyén, a foveán. Természetesen minél nagyobb a sűrűségük, annál finomabb részletek felbontására képesek.

A pálcikák nem játszanak szerepet a színlátásban, mivel mindegyikük ugyanazzal a hullámhossz-érzékenységgel rendelkezik. A legérzékenyebbek a látható spektrum közepén elhelyezkedő sárga fényre, és a spektrum két vége felé haladva egyre kevésbé érzékenyek.

Ez nem jelenti azt, hogy minden fényt sárgaként jelentenek az agynak. Egyszerűen értelmetlenség ilyesmit állítani. Minden idegsejt idegimpulzusokként jelentkezik be az agyba, annyi az egész. Ha egy pálcika gyorsan „tüzel”, az jelentheti azt, hogy sok vörös és kék fény van jelen, vagy hogy bizonyos mennyiségű sárga fény. Az agy számára egyetlen módon oldhatja meg ezt a kétértelműséget, nevezetesen, hogy a különböző színekre eltérően érzékeny többféle sejtből kap egyidejűleg jelentéseket.

Itt kerül a képbe a háromféle csap. A háromféle csap a retinál három különböző tulajdonságával rendelkezik. Valamennyien reagálnak mindenféle hullámhosszú fényre. De az egyik fajta a kék fényre, a másik a zöld fényre, a harmadik pedig a vörös fényre a legérzékenyebb. A háromféle csap „tűzsebességének” összevetésével – voltaképpen az egymásból való kivonásával – az idegrendszer képes rekonstruálni a retina megfelelő részeit érő fény hullámhosszait. A kizárólag pálcikákkal történő látás esetével ellentétben az agy nem téveszti össze az egyik szín gyenge fényét egy másik erős fényével. Az agy, mivel egynél többféle csaptól kap jelentéseket, ki tudja számítani a fény igazi színét.

Mint azt doktor Dolittle holdbéli kalandját idézve mondtam, a színek, amelyeket végül látni vélünk, az agy által a kényelem kedvéért használt címkék. Korábban csalódott voltam, amikor „hamis színű” képeket láttam, mondjuk műholdas felvételeket a Földről vagy számítógéppel szerkesztett képeket a világűrről. A képaláírás arról tájékoztat, hogy a színek önkényes kódok, mondjuk Afrika műholdas fényképén a különféle típusú vegetációra. A hamis színezésű képeket annak idején egyfajta csalásnak tekintettem. Arra voltam kíváncsi, milyen is „valójában” az adott helyszín. Most már tudom, hogy minden, amit látni vélek, például a kertem színei, ha kinézek az ablakon, egyazon értelemben „hamisak”: önkényes egyezményes jelek, amelyeket ez esetben az agyam alkalmaz kényelmes címkékként a fény hullámhosszaira. A 11. fejezetből kiderül, hogy valamennyi észlelésünk az agyban létrejövő egyfajta „mesterséges virtuális valóság”. (Mindamellet be kell vallanom, hogy mindmáig csalódást keltenek bennem a hamis színezésű képek!)

Soha nem győződhetünk meg arról, azonosak-e azok a szubjektív érzetek, amelyeket különböző emberek bizonyos hullámhosszokkal asszociálnak. Összevethetünk különböző véleményeket arról, melyik

szín melyek keverékének tűnik. Nagy többségünk hihetőnek találja, hogy a narancs a vörös és a sárga keveréke. A kékeszöld státusát, mint keverékét, maga az elnevezése is közvetíti (a türkiz szó már kevésbé). Vitatott, hogy a különböző nyelvek megegyeznek-e a spektrum felosztásában. Egyes nyelvészek kijelentik, hogy a walesi nyelv nem úgy osztja fel a spektrum zöld és a kék övezetét, mint az angol. Ehelyett a walesi állítólag külön szót használ a zöld bizonyos részére egy másik szót pedig a zöld egy másik részére a kék bizonyos részével együtt. Más nyelvészek és antropológusok kijelentik, hogy ez a mítosz semmivel sem igazabb, mint az ugyanilyen délibábos állítás, miszerint az eszkimó inuit nyelv 50 különböző szót használ a hóra. Ezek a szkeptikusok kísérleti bizonyítékot követelnek annak alátámasztására, hogy a spektrum emberi felosztásában erős univerzálisak működnek. A kísérletet úgy végeznék el, hogy színes lapocskák széles vonulatát adnák a minél több különböző anyanyelvű kísérleti alanynak. Kétségtől csak kísérleti bizonyíték döntheti el a kérdést. Mit sem számít, hogy legalábbis az angol anyanyelvűeknek, hihetetlennek tűnik a zöld és a kék walesi felosztása. A fizikában nincs semmi, ami cáfolná. Az efféle tények, bárhogy álljon is a dolog, a pszichológia tényei.

A kitűnő színlátású madarakkal ellentétben számos emlősnek nincs valódi színlátása. Mások, köztük egyes részben színvak emberek, kétféle csapra épülő kétszínű rendszert használnak. A háromszínű rendszeren alapuló magas szintű színlátás főemlős őseinknél segítségképpen fejlődhetett ki a gyümölcsök megtalálásához az erdő zöldjében. John Mollon cambridge-i pszichológus szerint a háromszínű rendszer „a gyümölcsfák által feltalált eszköz önmaguk elterjesztéséhez”: a fák ezen a leleményes módon keltették fel az emlősök érdeklődését, hogy azok, a gyümölcsök megevése révén, széthordják a magvaikat. Egyes újvilági majmok előszeretettel alkotnak csoportokat az adott fajon belül, amelynek tagjai a kétszínű rendszer különböző kombinációit képviselő, következtetésképp különböző dolgok látására specializálódott egyedek. Nem könnyű megfejteti, miféle előnnyel jár ez számukra, de sokatmondó, hogy bombázók legénységei a második világháborúban szívesen fogadtak a soraikba legalább egy színvak tagot, aki a szó szoros értelmében átlátott bizonyos fajta földi álcázáson.

A tágabb értelemben vett szívárvány – az elektromágneses

spektrum – más részei felé haladva a rádió keresőlapján elkülönítjük egymástól az adóállomásokat, a mobiltelefonok hálózatán pedig a beszélgetéseket. Az elektromágneses szivárvány érzékeny felbontása nélkül egyidejűleg hallanánk a fehér zaj Bábelében mindenkinek a beszélgetését és valamennyi frekvenciát a rádió állomásskáláján. Másféleképpen, és célszámítógépek segítségével épül fel a mágnesesrezonancia-leképezés mögött húzódó szivárvány lebontására az az eljárás, amellyel manapság az orvosok vizsgálhatják belső szerveink háromdimenziós szerkezetét.

Különös jelenség érzékelhető, amikor egy hullámforrás mozgásban van a „jelfogóhoz” képest: a hullámhosszok „Doppler-effektusa”. Könnyű megfigyelni a lassan haladó hanghullámok esetében: észlelhetően emelkedik az autó motorjának hangja, amikor közeledik, majd mélyül, amikor távolodik. Doppler jóslatát először 1845-ben Buys Ballott holland tudós igazolta egy rezesbanda felbéréseivel, akik a hallgatóság mellett elhaladó nyitott vasúti kocsiban játszottak. A fényhullámok nagy sebessége miatt csak olyankor észlelhetjük a Doppler-eltolódást, ha nagyon gyorsan haladunk a fényforrás felé (mely esetben a fény eltolódik a spektrum kék vége felé), illetve ha nagyon gyorsan távolodunk tőle (mely esetben a fény vöröseltolódást mutat). Ez érvényes a távoli galaxisokra: először a fényükben mutatkozó Doppler-eltolódás révén fedezték fel, hogy gyorsan távolodnak tőlünk. Vörösebbek, mint amilyennek lenniük kellene, folyamatosan a hosszú hullámok, a spektrum vörös vége felé tolódnak el.

Honnan tudjuk, hogy egy távoli galaxisból érkező fény vöröseltolódást szenved? Honnan tudjuk, hogy nem vörös már akkor is, amikor elindul? Nos, ez a Fraunhofer-vonalakból derül ki. Idézzük csak fel: minden elem vonalak egyedi kódjával jelöli a nevét. A vonalak közötti térköz olyan jellegzetes, mint az ujjlenyomat, de ugyanígy az egyes vonalak elhelyezkedése is a spektrumon. A távoli galaxisból érkező fény ismerős elrendeződésű vonalkódokat mutat. Pontosan ez árulja el, hogy más galaxisok is ugyanolyan anyagokból állnak, mint a miénk. Csakhogy a vonalmintázat egésze a spektrum hosszúhullámú vége felé tolódik el: vörösebb, mint amilyennek lennie kellene. Az 1920-as években Edwin Hubble amerikai csillagász (akiről a Hubble-űrteleszkópot elnevezték) fedezte fel, hogy a távoli galaxisok vöröseltolódású spektrumot mutatnak. A leginkább

vöröseltolódású galaxisok egyúttal a legtávolibbak is – ahogy az a fényük halványaságából megbecsülhető. Hubble híres következtetése (bár előtte már mások is felvetették) szerint az univerzum tágul, és bármely adott megfigyelési pontból a galaxisok egyre növekvő sebességgel távolodnak.

Amikor egy távoli galaxist nézünk, a messzi múltba tekintünk vissza, mivel a fénye évmilliárdok alatt jutott el hozzánk. Ezalatt elhalványult, innen tudjuk, hogy nagy távolságból érkezett. Az a sebesség okozza a spektrum eltolódását a vörös felé, amellyel a mi galaxisunk és a másik galaxis száguld el egymástól. A távolság és a távolodási sebesség között kapcsolat törvényszerű (a „Hubble-törvénynek” engedelmesskedik). Ebből a kvantitatív kapcsolatból visszakövetkeztetve megbecsülhetjük, mikor kezdett tágulni az univerzum. A jelenleg uralkodó Big Bang-elmélet szerint az univerzum úgy tíz-húszmilliárd évvel ezelőtt kezdődött egy gigantikus robbanással. És mindegyikre a szivárványbontásból következtetünk. Az elmélet további, a rendelkezésre álló bizonyítékok által alátámasztott következtetései arra utalnak, hogy maga az idő is minden kataklizmáknak ebben az ősanyjában kezdődött. Meglehet, az olvasó nem érti – én egészen bizonyosan nem –, mit is jelenthet az az állítás, hogy maga az idő egy bizonyos pillanatban kezdődött. De ezúttal is az elménk korlátaiba ütközünk, hiszen az arra készült, hogy lassú, viszonylag nagy dolgokkal birkózzon meg az afrikai szavannákon, ahol annak rendje és módja szerint szépen egymás után következtek be az események, és mindegyiknek volt egy előzménye. Az olyan esemény, amelyiknek nincs előzménye, elborzasztja szegény értelmünket. Talán csak a költészet révén foghatjuk fel valamelyest. Ebben az órában kellene élned, ó, Keats!

És vannak-e reánk visszatekintő szemek a galaxisokban? A „vissza” abban az értelemben is helytálló, hogy csak a múltunkban láthatnak minket. Egy százmillió fényévvel távolabbi világ lakói, akik esetleg ebben a pillanatban szemlélnek minket, ha egyáltalán látnak valamit a bolygónkon, akkor a rózsaszínű síkságokon lődörgő vöröseltolódású dinoszauruszokat látják. Sajna, ha lennének is más teremtmények az univerzumban, és ha történetesen lenne szemük is, nem valószínű – legyenek bármilyen nagy teljesítményűek is a teleszkópjaik –, hogy olyan felbontással rendelkeznek, ami alkalmas a bolygónk megpillantására, az egyes lakóiról nem is beszélve. Mi

magunk soha nem láttunk még bolygót a naprendszerünkön kívül. A legutóbbi évszázadokig még a saját naprendszerünk minden bolygójáról sem volt tudomásunk. A Neptunusz és a Plútó túlságosan halványak ahhoz, hogy szabad szemmel észrevegyük. Csakis azért tudjuk, merre kell fordítanunk a távcsövünket, mert a közelebbi bolygók keringésének apró perturbációiból kiszámítottuk. 1846-ban két matematikus csillagászt, J. C. Adamst Angliában és U. J. J. Leverrier-t Franciaországban egymástól függetlenül elgondolkoztatta az Uránusz bolygó valóságos helyzete és azon pozíció közötti eltérés, ahol elméletileg lennie kellene. Mindketten kiszámították, hogy az eltérést egy bizonyos tömegű, bizonyos helyen lévő láthatatlan bolygó gravitációja okozza. J. G. Galle német csillagász a kellő időben a megfelelő irányba fordítva a távcsövét felfedezte a Neptunuszt. A Plútót ugyanígy fedezte fel, immár 1930-ban C. W. Tombaugh amerikai csillagász, aki a Neptunusz pályájára gyakorolt (jóval kisebb) gravitációs hatásra figyelt fel. John Keats nagyra értékelte volna a felsorolt csillagászokat pezsdítő izgalmat:

*s akkor úgy voltam, mint a csillagász,
kinek új bolygót gyújt az éjszaka;
vagy mint sas Cortez, mikor a csodás
Új Óceánt bámulta, míg hada
összenézett – iszonyú ámulás –
szótlanul egy szirteden, Dária.*

Amikor először pillantottam
Chapman Homerosába (1816)

Különösen vonzódok ezekhez a sorokhoz, mióta egy kiadó a *vak órásmester* c. könyvem kéziratának első olvasata után idézte nekem.

De vannak-e más csillagok körül keringő bolygók? Az erre a lényegbevágó kérdésre adott válasz jelentősen befolyásolja nézetünket az élet általános jelenvalóságáról az univerzumban. Ha csupán egyetlen olyan csillag akad az univerzumban, amelynek vannak bolygói, akkor az a csillag a miénk, és ebben az esetben egy szál egyedül vagyunk. A másik véglet, ha minden csillag egy-egy naprendszer közepén helyezkedik el, akkor minden számítást felülmúl az élet számára alkalmas bolygók sokasága. Bármekkorák legyenek is egy másik bolygón az esélyek arra, hogy megszülessen rajta az élet, ha rábukkanunk a Naphoz hasonlóan tipikus csillag körül keringő más

bolygókra, minden okunk megvan arra, hogy kevésbé érezzük magunkat egyedül.

A bolygók túlságosan közel vannak a napjukhoz, azaz annyira belevesznek a fényébe, hogy szokásos körülmények között nem pillanthatjuk meg őket távcsővel. Más csillagok bolygóiról mindenekelőtt a keringési rendellenességekből értesülünk, melyeket ezúttal a Doppler-eltolódás révén észleltek a színes fényben (és a felfedezés az 1990-es évekig váratott magára). Nézzük, miről is van szó. Többnyire úgy gondolunk a Napra, mint a középpontra, amely körül bolygók keringenek. Newton azonban kimondja, hogy két test mindig egymás körül kering. Ha két csillag hasonló tömegű – ezeket hívják bináris pároknak –, afféle súlyzóformában keringenek egymás körül. Minél nagyobb a különbség a tömegük között, annál inkább az a benyomásunk, hogy a kisebb tömegű kering a nagyobb tömegű körül, mely utóbbi szinte mozdulatlanak látszik. Amennyiben az egyik test sokkal nagyobb a másiknál, mint például a Nap a Jupiterhez képest, a nehezebb csak imbolyog egy kicsit, míg a könnyebb körbesüvít, ahogy az izgága foxterrier köröz séta közben a gazdája körül.

A csillagok helyzetében mutatkozó ilyen imbolygások árulkodnak a körülöttük keringő, máskülönben láthatatlan bolygók jelenlétéről. Ezek az imbolygások azonban túlságosan kicsik ahhoz, hogy közvetlenül észlelhetők legyenek. Ezúttal is a szívrágybontás vezet a megoldáshoz. Ahogy egy csillag ide-oda imbolyog egy keringő bolygó hatására, vöröseltolódással ér el minket a fénye, ha a csillag távolodik, és kékeltozódással, ha közeledik hozzánk. A bolygók azzal árulják el magukat, hogy parányi, de mérhető vörös-kék oszcillációt okoznak a csillagjuk minket elérő fényében. A távoli bolygók lakói ugyanígy észlelhetik a Jupiter jelenlétét, a Nap színárnyalatának ritmikus változásaiból. A Jupiter valószínűleg Napunk egyetlen bolygója, amelyik elég nagy ahhoz, hogy észlelhető legyen ezen a módon. A mi szerény kis bolygónk nemigen kelthet az idegenek számára megfigyelhető gravitációs hullámzásokat.

Mégis rájöhetnének a létünkre a rádió- és televíziójelek szívrágyának felbontásával, amelyet az elmúlt néhány évtizedben mi magunk árasztunk. A rezgések egyre táguló gömb alakú buborékja ma már több mint egy fényévszázad átmérőjű, és jó néhány csillagot magában foglal, noha ez persze csupán elenyésző része az

univerzumot benépesítő sokaságnak. Carl Sagan sötéten jegyezte meg a *kapcsolat* című regényében, hogy az univerzumot az 1936-os olimpiai játékokat megnyitó Hitler képe tudósítja majd először a Földről. Eddig semmiféle, más világból származó üzenetet sem sikerült elcsípni.

Soha semmi nem támasztotta alá közvetlenül a feltételezést, hogy van társaságunk. Ugyanúgy fennáll a lehetőség, hogy az univerzum nyüzsg az élettől, mint az ellenkező véglet, hogy teljesen egyedül vagyunk. Számomra mindenesetre ellenállhatatlannak tűnik a késztetés, hogy többet tudjunk meg az univerzumból, és el sem tudom képzelni, hogy ne értene egyet velem mindenki, akit igazi költői érzékenység hevít. Hát nem lenyűgöző, egyszersmind ironikus, hogy abból, amit ez idáig felfedeztünk a mindenségről, mennyi minden fakadt közvetlenül a szivárvány bontásából? És mindennek a költői szépsége, a csillagok természetétől az univerzum tágulásáig, bizonyosan nem hagyná hidegen Keatset; féktelen képzelődésre sarkallná Coleridge-t; és úgy megdobogtatná Wordsworth szívét, mint semmi más.

Subrahmanyam Chandrasekhar, a nagy indiai asztrofizikus mondta egy 1975-ös előadásában:

Ez a „remegés a szépség előtt”, a hihetetlen tény, hogy a matematikában keresendő szépségtől hajtva elért felfedezés szakasztott mására lel a Természetben, annak kijelentésére ösztönöz, hogy az emberi elme a legmélyén és a legőszintebben a szépségre válaszol.

Mennyivel inkább lélekből fakadóbban hangzik ez, mint a meghökkentően hasonló érzés kifejezése Keats tollából:

*„A Szép: Igaz s az Igaz: Szép!” – sohse
állítatok mást, nincs főbb bölcsesség!
Óda egy görög vázához (1820)*

Keats és Lamb emelhették volna poharukat a költészetre és a matematikára és a matematika költészetére. Wordsworth-nek nem lett volna szüksége ilyen buzdításra; őt (és Coleridge-t) James Thomson skót költő inspirálta, és Thomson „Sir Isaac Newton emlékére” című

versét (1727) idézhette volna:

*Még a Fény is, mitől minden látható,
Ragyog észrevétlen, majd játszva
Kioldja a nap csillámfátyolát;
A jellegtelen fehér sugárból
Begyűjtve minden sugarat a pászma
Előhívja csodás zuhatagát
A fő színeknek. Lobogó vörös
Pattan elő, majd sötét narancs jó,
Ízfakasztó sárga követi, nyomán
Friss üdezöld meleg sugara száll.
Aztán kék, eget dúló őszi szín,
Légiesen pajkos még; szomorú
Mély indigókék jön most, mint mikor
Dércsipkés dús palástban jó az est.
A megtörő fény egy végsőt villan
Elhaló ibolyában sugára kihuny.
E zuhatagot, ha felhő szűri,
E színek ragyognak nedvesen az ívről;
Odafent e harmatos látomás
Hídja, lába a földekbe olvadó.
Színeknek ezreit fakasztja e csoda,
Így marad több ezer – végtelen forrása
A szépnek, mindig csillog, mindig új.
Ennél szebbet képzelhet-e költő,
Kinek susog a liget, sír a patak,
Vagy próféta, kinek való a menny?
A lemenő nap előtt úszó felhő
Innen, Greenwich a magasból, mutatják
Mily igaz, mily szép törvény a fénytörés.*

4. Kód a levegőben

*A szivárványkockára rálelünk,
Tudom ma biztosan,
De ha a szerelmes találgat, íve
Csak távolabb suhan.*

EMILY DICKINSON: 1484 (1894)

A levegőben másfajta kódolással találkozunk, mint a csillagokban; míg az utóbbiak a különböző hullámhosszú elektromágneses hullámok, mondhatjuk úgy is, hogy látható és láthatatlan fényhullámok, addig a levegő hullámai egyetlen dolgot határoznak meg érzéketesen, nevezetesen a hangot. Ez a fejezet a hangról és más lassú hullámokról szól, és hogy hogyan lehet a szivárványhoz hasonlóan ezeket is felbontani. A hanghullámok félmilliószer lassabban haladnak a fény- (vagy rádió-) hullámoknál, nem sokkal gyorsabban, mint egy Boeing-747-es, és lassabban a Concorde-nál. A fénnel és más elektromágneses sugárzással ellentétben, amely vákuumban terjed a legjobban, a hanghullámok csakis anyagi közegen, például levegőn vagy vízben át terjednek. Ezek a közeg sűrűsödési és ritkulási (vastagodási és vékonyodási) hullámai, ami a levegő esetében a helyi nyomás növekedését majd csökkenését jelenti. A fülünk afféle kicsiny barométerként képes követni a nyomás nagysebességű ritmikus változásait. A rovarfül egészen másképpen működik. A különbség megértéséhez kicsit alaposabban meg kell vizsgálnunk, mi is valójában a nyomás.

Nyomást érzünk a bőrünkön egyfajta tolóerőként, amikor például a biciklipumpa csövére helyezzük a kezünket. A nyomás voltaképpen a véletlenszerű irányokból száguldó levegőmolekulák ezreinek összesített bombázása (ellentétben a széllal, ahol a molekulák túlnyomórészt egy bizonyos irányba áramlanak). Ha erős széllal szembe fordítjuk a tenyerünket, ugyanilyen nyomást érzünk: a molekulák bombázását. A molekulák zárt térben, mondjuk egy keményre pumpált bicikligumi belsejében, kifelé nyomják a gumi falát, a gumiban található molekulák számával és a hőmérséklettel arányos erővel. Minden $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál (a legalacsonyabb lehetséges hőmérséklet, a molekulák teljes mozdulatlanságának felel meg)

magasabb hőmérsékleten a molekulák folyamatos véletlenszerű mozgással ütköznek egymásnak, akár a biliárdgolyók. Nemcsak egymásnak ütköznek, hanem a gumi belső falának is – és a gumi fala ezt „érzi” nyomásnak. További hatást jelent, hogy minél melegebb a levegő, annál gyorsabban száguldoznak a molekulák (ezt jelenti a hőmérséklet), hevítés hatására tehát megnövekszik az adott térfogatú levegő nyomása. Ugyanilyen okból egy adott mennyiségű levegő hőmérséklete összenyomás hatására felemelkedik, például ha a térfogata csökkentésével növeljük a nyomást.

A hanghullámok az oszcilláló helyi nyomásváltozások hullámai. A teljes nyomást, mondjuk egy zárt helyiségben, meghatározza a helyiségben lévő molekulák száma és a hőmérséklet, és ezek a számok nem változnak meg rövid idő leforgása alatt. A helyiségben átlagosan minden egyes köbcentiméter azonos számú molekulát fog tartalmazni, közvetkezésképp a nyomásuk azonos lesz. Ez azonban nem jelenti azt, hogy nem lehetnének helyi eltérések a nyomásban. Az A köbcentiméterben pillanatnyilag megnövekedhet a nyomás a B köbcentiméter rovására, mely utóbbi átmenetileg néhány molekulát juttatott A -nak. A megnövekedett nyomás A -t hajlamossá teszi, hogy molekulákat lökjön vissza B -nek és ezzel helyreállítsa az egyensúlyt. Jóval nagyobb földrajzi léptékben ugyanezt képviseli a szél: a levegő áramlása a nagyobb nyomású területekről az alacsonyabb nyomású területekre. Kisebb léptékben ugyanígy értelmezhetők a hangok, ami azonban nem szél, mivel nagyon gyorsan oszcillálnak ide-oda.

Ha egy helyiség közepén megütünk egy hangvillát, a rezgés megbolygatja a levegő helyi molekuláit, amelyek ennek hatására a levegő szomszédos molekuláinak ütköznek. A hangvilla ide-oda rezeg egy bizonyos frekvencián, ami azt eredményezi, hogy a felbolydulás, táguló gömbhéjak sorozataként, minden irányban kifelé hullámoz, minden egyes hullámfront a megnövekedett nyomás egy-egy zónája, a nyomában a lecsökkent nyomás egy-egy zónájával. Majd a hangvilla rezgési sebessége által meghatározott időköz után érkezik a következő hullámfront. Ha beállítunk valahová a szobába egy apró, nagyon gyorsan reagáló barométert, a barométer tűje úgy lengene ide-oda, ahogy az egyes hullámfrontok áthaladnak fölötte. A barométer tűjének rezgési sebessége a hang frekvenciája. Ez a gyorsan reagáló barométer megfelel a gerincesek fülének. A változó nyomás hatására ki-be mozog a dobhártya. A dobhártya három aprócska csonttal (a nevezetes

kalapáccsal, üllővel és kengyellel, amelyek a gerincesek állkapocsizületéből különültek el az evolúció során) a belső fülnek nevezett afféle lefelé fordított miniatűr hárfával kapcsolódik össze. Ahogy a hárfa húrjai, úgy a belső fül „húrjai” is egy elkeskenyedő kereten feszülnek. A keret keskeny végén a húrok a magas hangokkal, a szélesebb végén pedig a mély hangokkal rezegnek összhangban. A belső fülből szabályos rendet követve idegek vezetnek az agyba, így az agy meg tudja állapítani, magas vagy mély hang rezegteti-e a dobhártyát.

A rovarfül ezzel szemben nem kis barométer, hanem apró szélkakas. Valójában szélként méri a molekulák áramlását, noha olyan szokatlan fajta szélként, amely csak nagyon rövid távolságot „fúj be”, mielőtt megváltoztatná az irányát. Az a terjedő hullámfront, amelyet a nyomás változásaként érzelünk, ugyanakkor a molekulák mozgásának mozgáshulláma is egy adott helyi területre, amikor megnövekszik a nyomás, majd a nyomás újbóli lecsökkenésével a mozgás visszafelé irányul erről a területről. Míg a mi barométer-fülünket egy zárt tér fölött kifeszített membrán működteti, a rovarok szélkakas-füle vagy szőröcskék, vagy egy nyitott kamra fölött kifeszülő membrán jóvoltából képes észlelni a nyomáshullámokat; mindkét esetben szó szerint ide-oda tolja a molekulák előre- és hátrafelé haladó ritmikus mozgása.

A hang irányának érzékelése tehát a rovarok második természete. Nincs az a hülye, aki egy szélkakas segítségével ne tudná megkülönböztetni az északi szelet a keletitől, és a rovarfül könnyedén különbséget tesz az észak-déli illetve a kelet-nyugati irányú oszcilláció között. Az irányjelzés alapvetően hozzátartozik a rovarok hangérzékelési módszeréhez. A barométer másmilyen. A nyomás növekedését jelenti – és teljesen mindegy, milyen irányból érkeznek a többletmolekulák. Vagyis mi, gerincesek, a barométer-fülünkkel kénytelenek vagyunk a két fül jelentéseinek összehasonlításával kiszámítani a hang irányát, valahogy úgy, ahogy a különböző típusú csapokból érkező jelentések összevetésével kiszámítjuk a színeket. Az agy összeveti a két fül által érzékelt hangosságot, és külön-külön összeveti a hangoknak a fülekhez érkezési idejét (különösen a szaggatott hangokét). Bizonyosfajta hangok másoknál kevésbé alkalmasak az ilyen egyeztetésre. A tücsök dalolása olyan fortélyos hangnemű és ütemű, hogy a mi gerinces fülünknek nehéz betájolnia,

annál könnyebb viszont a nőstény tücsöknek a szélkakas-fülével rátalálnia a hang forrására. Egyes tücsökciripelések még azt az illúziót is keltik, legalábbis a gerinces agyunk számára, mintha a (valójában egy helyben lévő) tücsök hol innen, hol onnan szólalna meg.

A hanghullámok is spektrumot alkotnak, a hullámhosszoknak a szivárványhoz hasonló spektrumát. A hang szivárványát ugyancsak fel lehet bontani, ezért érzékelhető egyáltalán bármiféle hang is. Ahogy a színérzékelésünk azokat a címkéket jelenti, amelyeket az agy ragaszt a különféle hullámhosszú fényre, ugyanilyen jellegű belső címkéket alkalmazunk a különféle magasságú hangokra. A hangnak azonban sokkal több járuléka van, mint egyszerűen a magassága, és itt lép a felbontás az öt megillető helyre.

Egy hangvilla vagy egy üvegharmonika (ezt a hangszert, amelyet Mozart különösen kedvelt, finom üvegedényből készítették, a beletöltött víz mennyiségével hangolták, és úgy szólaltatták meg, hogy nedves ujjat húztak végig a peremén) kristálytisza hangot bocsát ki. A fizikusok az ilyen hangokat nevezik szinuszhullámnak. A szinuszhullámok a legegyszerűbb fajta hullámok, az elméletileg ideális hullámok közé tartoznak. Az egyik végénél fogva fel-le lendített kötélén végiggördülő egyenletes ívek többé-kevésbé szinuszhullámok, bár természetesen jóval alacsonyabb frekvenciájúak. A hangok többsége nem egyszerű szinuszhullám, hanem, mint látni fogjuk, szabálytalanabb és bonyolultabb. Egyelőre képzeljünk egy hangvillát vagy egy üvegharmonikát, amint egyenletes, kerekded nyomásváltozás-hullámaikat zengik, melyek a forrástól koncentrikusan terjedő gömbhéjakban száguldanak kifelé. Az egyik helyre elhelyezett barométer-fül egyenletes növekedést észlel a nyomásban, amelyet egyenletes csökkenés követ, és semmiféle hurok vagy rángások nem módosítják a görbe szabályosságát. A frekvencia minden megduplázásával (vagy a hullámhossz megfelezésével, ami ugyanaz) egyoktávós ugrást hallunk. A nagyon alacsony frekvenciák – mint az orgona legmélyebb hangjai – végigrengenek a testünkön, és füllel alig hallhatók. A nagyon magas frekvenciák nem hallhatóak az ember (különösen az idősek) számára, annál inkább hallják a denevérek akik a visszhangok formájában alkalmazzák is a tájékozódásukhoz. Ez a természettudomány egyik leglenyűgözőbb epizódja, de ennek már egy egész fejezetet szenteltem a *vak órásmesterben*, így aztán inkább ellenállok a kísértésnek, hogy

kifejtsem.

A hangvillától és az üvegharmonikától eltekintve a tiszta szinuszhullámok nagyrészt matematikai elvonatkoztatások. Az igazi hangok jobbra bonyolultabb keverékek, és bőségesen megtérül a felbontásuk, amit az agyunk minden erőfeszítés nélkül és megdöbbentő eredményességgel hajt végre. A folyamat matematikai ismerete alapján is csak sok munkával, durván és tökéletlenül ismételhető meg a hangok azon felbontása, amit a fülünk a kisgyermekkortól kezdve oly könnyedén megold (és amit az agyunk ismét összesző).

Tegyük fel, hogy másodpercenként 440 ciklussal rezgő frekvencián, vagyis 440 hertzen (Hz) szólaltatunk meg egy hangvillát. Tiszta hangot fogunk hallani, a normál A-t. Mi a különbség ezen hang és az ugyanezt az A-t játszó hegedű, klarinét, oboa vagy fuvola hangja között? Mindegyik hangszer további olyan hullámokat vegyít hozzá, amelyek frekvenciája az alapfrekvencia különböző többszöröse. Bármely normál A-t játszó hangszer a 440 Hz-es alapfrekvencián közvetíti a hangenergia javát, de nyomokban 880 Hz-es, 1320 Hz-es stb. rezgéseket helyez rá. Ezeket nevezzük harmonikus felhangoknak. Az „egyetlen” trombitahang valójában a harmonikus felhangok keveréke, és ez a bizonyos keverék a trombita amolyan „védjegye”, amely megkülönbözteti, mondjuk az „ugyanazt” a hangot (a hegedűre jellemző eltérő „védjegy” felhangokkal) játszó hegedűtől. Adódnak további bonyodalmak – ezek részletesebb taglalását most mellőzöm – a hangok kibocsátásakor, amilyen például a trombitaharsogás erőteljes kezdőlökete, vagy az a pendülés, ahogy a vonó megüti a hegedűhúrt.

Mindezekről függetlenül létezik a hosszasan kitarított hangra egy trombitára (vagy hegedűre, vagy más hangszerre) jellemző minőség. Bemutatható, hogy egy adott hangszer egyetlennek vélt hangja az agy által újraszótt konstrukció a szinuszhullámok összefoglalásával. Döntsük el, mely szinuszhullámokkal foglalkozunk, mondjuk trombitahanggal, majd válasszuk ki a megfelelő „hangvilla” tisztaságú hangokat és egyszerre szólaltassuk meg azokat. Rövid ideig hangvillák „kórusaként” fogjuk hallani a különálló hangokat; azután egészen kísértetiesen egymásba csúsznak, eltűnnek a „hangvillák”, és csak a Keats által „ezüst trombitáknak” nevezett hangminőséget halljuk, ahogy az alapfrekvencia hangmagasságát zengi. A frekvenciák másféle kódkombinációja keveri ki a klarinét hangját, és futólag ismét különálló „hangvillákként” különböztethetjük meg őket,

mielőtt az agy visszaváltana a „fa” klarinét magányosan szóló hangjának illúziójához. A hegedűnek is megvan a maga vonalkódja, és így tovább.

Nos, ha megfigyeljük egy nyomáshullám leképezett ábráját, amikor egy hegedű megszólaltat egy bizonyos hangot, az alaphérfvencián ismétlődő bonyolult, tekergőző vonalat láthatunk, ám a magasabb hérfvenciák kisebb tekervényeivel. Ugyanis a hegedűhangot alkotó különböző szinuszhullámok egyetlen bonyolult vonalban egyesültek. Beprogramozhatunk arra egy számítógépet, hogy elemezzen és fejtsen vissza bármilyen efféle bonyolult mintát az azt alkotó tiszta hullámokra, azokra az önálló szinuszhullámokra, amelyek összegzésével a bonyolult minta létrejött. Amikor egy hangszert hallgatunk, feltehetőleg valami ehhez a számításához hasonló hajtunk végre: a fül először alkotó szinuszhullámaira bontja, majd az agy ismét összeszövi és a megfelelő címkét aggatja rájuk: ez „trombita”, vagy „oboa” és így tovább.

Ám a lebontásnak és a szövésnek ezek az öntudatlan hőstettei még káprázatosabbak. Gondoljuk csak el, mi történik, amikor egy egész zenekart hallgatunk. Képzeld el, hogy a koncerten a száz hangszer hangján kívül a szomszédunk avatott zenekritikát suttog a fülünkbe, míg mások köhécselnek, valaki más pedig cukorkás zacskóval zörög a hátunk mögött. Mindezek a hangok egyidejűleg rezgetetik a dobhártyánkat és összegződnek egyetlen, nagyon összetett, ágas-bogas nyomásváltozás-hullámmá. Tudjuk, hogy egyetlen hullám, mivel egy egész zenekar, és az összes többi zaj egyetlen barázdává fordítható le a hanglemezen, illetve egyetlen mágneses nyomsorrá a hangszalagon. A rezgések egész készlete összegződik egyetlen vonalba a légnyomásgráfon, ahogy a dobhártyánk rögzítette. És csodák csodája, az agynak sikerül különválasztania a zörgést a suttogástól, a köhögést az ajtócsapódástól, a zenekar hangszereit egymástól. Szinte hihetetlen a lebontásnak és az összeállításnak, vagy az analízisnek és a szintézisnek ez a varázslata, mégis mindannyian könnyedén és gondolkodás nélkül végrehajtjuk. A denevérek még lenyűgözőbbek, ugyanis repülés közben a visszhangok szaggatott özönének kielemezésével építik fel az agyukban a környezetük részletes és gyorsan változó háromdimenziós képeit, benne a rovarokkal, amelyeket röptükben elkapnak, és még a saját visszhangjaikat is kiválogatják a többi denevér visszhangjai közül.

Azt a matematikai eljárást, amellyel az ágas-bogas hullámformákat szinuszhullámokká bontják le, amelyeket azután az eredeti összetett vonallá lehet egyesíteni, Joseph Fourier tizenkilencedik századi francia matematikus után Fourier-analízisnek hívják. Ez nemcsak a hanghullámok esetében működik (maga Fourier valójában egészen más célra fejlesztette ki), hanem minden periodikusan változó folyamatra, és nem is kell olyan nagy sebességű hullámoknak lenniük, mint a hang, vagy olyan ultranagy sebességű hullámoknak, mint a fény. A Fourier-analízist úgy képzelhetjük el, mint a különféle „szivárványok” lebontására alkalmas matematikai eljárást, ahol a fényével összevetve lassú a spektrumot felépítő rezgés.

Hogy egy csakugyan lassú rezgést említsünk, nemrégiben, a dél-afrikai Kruger Nemzeti Parkba tett utam során egy tekerőző nedves vonalat láttam, amely az út vonalát követte, és hozzávetőleg egyfajta bonyolult ismétlődő mintát rajzolt ki. Vendéglátóm és avatott vezetőm szerint egy megvadult elefántbika vizeletének a nyoma. Amikor egy elefántbika ebbe a szokatlan állapotba kerül, többé-kevésbé folyamatosan csepegtet vizeletet, valószínűleg szagjelzési célból. Az ide-oda kanyargó vizeletnyomot az úton feltételezhetően egy ingaként viselkedő hosszú pénisz produkálta (és ha a pénisz tökéletes Newton-inga lenne, ahogy erről szó sincs, szinuszhullám lett volna), és az egész állat zötykölődő járásának bonyolultabb periodicitása bonyolította. Fényképeket készítettem azzal a bizonytalan elhatározással, hogy később elvégzek rajta egy Fourier-elemzést. Sajnálattal kell közölnöm, hogy végül egyszer sem szakítottam rá időt. Elméletileg azonban elvégezhető. A lefényképezett vizeletvonal kockás papírra helyezhető, koordinátái digitalizálhatók és számítógépbe táplálhatók. A számítógép ezután végrehajthatná Fourier számításainak modern változatát és megjelenítené a komponens szinuszhullámokat. Vannak persze könnyebb (bár nem feltétlenül biztonságosabb) módok egy elefántpénisz hosszának megmérésére, de ez igazán jópofa megoldás lenne, és maga Fourier báró bizonyára nagy örömet lelné matematikájának ilyen meglepő alkalmazásában. Nem látom okát, miért ne fosszilizálódhatna a lábnyomokhoz és a gilisztatúrásokhoz hasonlóan egy vizeletnyom, mely esetben elvben egy kihalt masztodon vagy gyapjas mamut vizeletnyomából kiindulva Fourier-analízissel következtethetnénk a péniszére hosszára.

Az elefánt péniszze a hangnál sokkal lassúbb frekvencián leng (bár a fény ultramagas frekvenciáihoz képest a hangéval azonos tartományban). A természet sokkal lassúbb frekvenciákból is kínál periodikus hullámformákat, melyek hullámhosszát években vagy akár évmilliókban mérhetjük. Ezek némelyikét alávetették Fourier-analízisnek, köztük az állati populációk ciklusait. A Hudson-öböl Társaság 1736 óta feljegyzi a kanadai prémvadászok által szállított nyersbőrök mennyiségét. Charles Elton kitűnő oxfordi ökológus (1900-1991), akit a társaság tanácsadóként foglalkoztatott, rájött, hogy a feljegyzések adatot szolgáltathatnak a nyulak, hiúzok és a prémkereskedelem által üldözött más emlősök populációinak ingadozásáról. A számjegyek a ritmusok bonyolult keverékét követve nőnek és csökkennek, és ezeket a ritmusokat mélyrehatóan elemezték. Az elemzések során kimutatott hullámhosszok között szembetűnik egy hozzávetőleg négy- és tizenegy éves periodicitás. A négyéves ritmusokra javasolt egyik hipotézis szerint fáziseltolódás áll fenn a ragadozók és a zsákmányállatok között (a zsákmány bősége a ragadozók elszaporodásához vezet, amelyek azután valósággal kiirtják a zsákmányállatot; ez viszont éhhalálra ítéli a ragadozókat, majd a ragadozóállománynak ez a csökkenése lehetővé teszi a zsákmányállat-populáció elszaporodását, és így tovább). Ami a tizenegy éves, hosszabb ritmust illeti, talán az a legizgalmasabb elmélet, amelyik az ugyancsak nagyjából tizenegy éves ciklust követő napfolttevékenységgel köti össze. Az még vitatott, miként hatnak a napfoltok az állatállományokra. Talán a napfolttevékenység hatására változó földi időjárás befolyásolja a növényi táplálék bőségét.

Bárhol találjuk is a nagyon hosszú hullámhosszok szabályos ciklusait, azok valószínűleg csillagászati eredetűek. Abból a tényből fakadnak, hogy az égitestek rendszerint forognak a tengelyük körül, illetve más égitestek körül keringenek. A mi bolygónkon az élőlények testének szinte a legapróbb részleteit is áthatja az aktivitás huszonnégy órás ritmusa. Ennek természetesen a Föld tengely körüli forgása az alapvető oka, de sok állatfaj, köztük az ember is, ha elszigetelik a nappal és az éjszaka váltakozásának közvetlen átélésétől, továbbra is tartja a hozzávetőleg 24 órás ritmust, ami azt mutatja, hogy a ritmus integrálódott és a külső igazodási pont hiányában is működik. A 28 napos holdritmus a hullámok egyvelegének egy másik szembetűnő alkotóeleme sok lény, különösen a tengeri élőlények testi

működésében. A Hold a dagály és az árapály ritmikus váltakozásával fejt ki hatását. A Föld 365 napnál valamelyest hosszabb keringési ritmusa a maga lassúbb ingájával járul a Fourier-eredőhöz, és a szaporodási időszakok, a vándorlási időszakok, a téli bundák vedlési és növesztési mintáiban nyilvánul meg.

A biológiai ritmusok lebontásával felfedezett talán leghosszabb hullámhossz a tömeges kihalások 26 millió éves ciklusa. A kőületek szakértői úgy becsülik, hogy a valaha élt fajok több mint 99 százaléka kihalt. Szerencsére a kihalások számát hosszú időtartamon át nagyjából ellensúlyozza az új fajok keletkezése a létező fajok szétválásával. Ez azonban nem jelenti azt, hogy rövidebb távon állandók maradnának. Távolról sem. A kihalási mérték mindenütt ingadozik, és ugyanígy az új fajok kialakulásának mértéke is. Vannak rossz idők, amikor fajok tűnnek el, és jó idők, amikor zsendülnek. A legrosszabb időkre valószínűleg úgy negyedmilliárd évvel ezelőtt, a perm korszak végén került sor, amikor a fajok 90 százaléka kihalt, köztük sok emlősszerű hüllő a szárazföldön. A Föld faunája végül ismét elérte a korábbi szintet, ám egészen eltérő szereplőgárdával: a szárazföldön a dinoszauruszok léptek az emlősszerű hüllők szerepébe. A következő legnagyobb – egyúttal a legtöbbet emlegetett – tömeges kihalás a 65 millió évvel ezelőtti nevezetes krétakori kihalás, melynek során valamennyi dinoszaurusz és velük együtt sok más szárazföldi és tengeri faj tűnt el, a fosszilis emlékek tanúsága szerint szinte egy csapásra. A krétakori eseményben nagyjából az összes faj fele halt ki, nem annyi, mint a perm időszakban, ám így is félelmetes globális tragédia volt. Bolygónk elszegényedett faunája ismét elérte a korábbi szintet, és most itt vagyunk mi, emlősök, az egykor oly bőséges emlősszerű hüllőfauna néhány szerencsés túlélőjének leszármazottjai. A madarak társaságában mi töltjük ki a halott dinoszauruszok után maradt hézagokat. Feltehetőleg a következő nagy kihalásig.

A tömeges kihalásoknak sok, a perm és a krétai időszakban bekövetkezetteknél kevésbé súlyos epizódja is volt, amelyek azért elég jelentősnek számítottak ahhoz, hogy nyomon lehessen követni a kőületek krónikájában. Statisztikai paleontológusok számos fosszilis fajt gyűjtöttek össze, ezeket számítógépekbe táplálták, és a Fourier-analízis végrehajtásával olyan ritmusokhoz jutottak, melyek úgy csengenek a fülüknek, mintha mi képtelenül mély orgonahangok dübörgését hallgatnánk. Az így kimutatott domináns ritmus (bár

vitatottan) egy hozzávetőleg 26 millió éves periodicitás. Mi okozhatja a kihalás ilyen megrendítően hosszú hullámhosszú ritmusát? Nemigen lehet más, mint valamely égi ciklus.

Egyre több bizonyíték támasztja alá, hogy a kréta időszakban bekövetkezett katasztrófát egy hegy méretű aszteroida vagy üstökös okozta, mely több tízezer mérföldes óránkénti sebességgel csapódott a bolygónkba, valószínűleg valahol a manapság Yucatan-félszigetnek nevezett vidéken, a Mexikói-öbölben. Aszteroidák a Jupiter keringési síkján belül található övben keringenek a Nap körül. Temérdek aszteroida van arra – az aprók folyamatosan záporoznak ránk – és némelyik elég nagy ahhoz, hogy kataklizmatikus kihalást okozzon, ha nekünk ütközik. Az üstökösök nagyobb, excentrikus pályát írnak le a Nap körül nagyrészt jóval kívül az egyezményesen Naprendszernek tekintett régió, esetenként azonban beljebb hatolnak, ahogy 76 évente a Halley-üstökös és úgy 4000 évente a Hale-Bopp-üstökös. A perm időszakban bekövetkezett eseményt esetleg egy még nagyobb üstökös becsapódása okozta, mint a krétabelit. A tömeges kihalások 26 millió éves vélt ciklusát talán az üstökösbeccsapódások mértékének ritmikus hullámozása okozza.

De miért nagyobb a valószínűsége 26 millió évente az üstökösök becsapódásának? Itt tág teret kap az elmélkedés. Felvetették, hogy a Napnak van egy testvércsillaga, amellyel nagyjából 26 millió éves periodicitással keringenek egymás körül. Ez a hipotetikus partner, amelyet soha nem láttak, de amelyiknek mindazonáltal a drámai Nemesis nevet adták, minden keringés során egyszer áthalad az úgynevezett Oort-felhőn, azon a vagy egymilliárdnyi üstökösből álló felhőn, amely a bolygókon túl kering a Nap körül. Amennyiben létezik ez a bizonyos Nemesis, amelyik elhalad az Oort-felhő közelében vagy éppen áthalad rajta, nyilván megkavarná az üstökösöket, ami növelné a valószínűségét, hogy valamelyikük eltalálja a Földet. Ha mindez megtörténik – és az oksági fonal kétségkívül meglehetősen vékony –, akkor ez okozhatja a tömeges kihalás 26 millió éves periodicitását, amelyet egyesek szerint a fosszilis emlékek mutatnak. Megnyerő gondolat, hogy a fajok kihalásának számtalan tényezőtől nyüzsgő spektrumának matematikai lebontása lehet az egyetlen eszköz, melynek révén észlelhetnénk egy egyébként láthatatlan csillagot.

A fény és más elektromágneses hullámok ultramagas

frekvenciájából kiindulva, a hangok és a lengedező elefántpénisz közbeeső frekvenciatartományán át eljutottunk az ultraalacsony frekvenciákig és a tömeges kihalások feltételezett 26 millió éves hullámhosszáig. Térjünk vissza a hanghoz, különösen az emberi agynak a beszédhangok lebontásában és újrászövésében nyújtott parádés teljesítményéhez. A „hangszálak” valójában nem szálak, hanem egy membránpár, amelyik együtt rezeg a légcsőben, mint egy pár fúvóka. A mássalhangzók az ajak, a fogak, a nyelv és a hátsó garat zárása és kapcsolata révén a légáramlat többé-kevésbé hirtelen megszakításával jönnek létre. A magánhangzók úgy különböznek egymástól, mint a trombita az oboától. Valahogy úgy hozzuk létre a különböző magánhangzókat, ahogy a trombitás mozgatja a hangfogót, és változtatja meg vele az eredő hangot meghatározó szinuszhullámokat. A különböző magánhangzók a felhangok különféle kombinációi az alapfrekvencia fölött. Maga az alapfrekvencia természetesen alacsonyabb férfi esetben, mint nő vagy gyerek esetében, ám a harmonikus felhangok mintája miatt a férfi magánhangzói hasonlóképp hangzanak, mint a nő megfelelő magánhangzói. Minden egyes magánhangzónak megvan a maga jellegzetes, ugyancsak vonalkódokat idéző frekvenciamintája. A beszéd tanulmányozásának tudományában a vonalkódsávokat nevezik „formánsoknak”.

Bármelyik nyelvben vagy egy nyelven belül bármelyik dialektusban adott a magánhangzók egy véges készlete, és ezen magánhangzók mindegyike a maga formáns vonalkódját mutatja. Más és más nyelveknek és a nyelveken belül az eltérő akcentusoknak másmilyenek a magánhangzóik, amelyek a száj és a nyelv közbeeső helyzetben tartásával jönnek létre, megint csak úgy, ahogy a trombitás elmozdítja a hangfogót a hangszer tölcserében. A magánhangzónak elméletileg létezik egy folyamatos spektruma; ám minden nyelv kiválogatja a rendelkezésre álló magánhangzókból a maga nem folytonosan alkalmazott készletét. A különböző nyelvek különböző pontokat választanak ki a spektrumon. A francia *tu* és a német *über* szó az (általam használt) angolban nem szereplő *ü* magánhangzója nagyjából az „ú” és az „í” között áll. Voltaképpen semmiféle jelentősége nincs, milyen jellemző pontokat emel ki egy nyelv a magánhangzók teljes spektrumából, amíg elég távol esnek egymástól ahhoz, hogy ne okozzanak félreértést az adott nyelvben.

A mássalhangzók esetében valamelyest bonyolultabb a történet, de a mássalhangzó-vonalkódoknak is létezik egy hasonló folyamatos készlete, melyből a tényleges nyelvek csak egy korlátozott halmazt használnak. Némely nyelvek egyes hangjai távol esnek a nyelvek nagy többségének hangzó-spektrumától, ilyenek például egyes dél-afrikai nyelvek csettintései. Akárcsak a magánhangzók esetében, a különböző nyelvek különbözőképp osztják fel a rendelkezésre álló mássalhangzó repertoárt is. Az indiai szubkontinens számos nyelvében ismert egy, az angol „d” és „t” között álló dentális hang. A francia kemény „k”, például a *comme*-ban, az angol kemény „k” és kemény „g” közé esik (az „o” pedig az angol *cod* és *cud* magánhangzóinak közé). A hangképző szervek mással- és magánhangzók csaknem végtelen sokféleségét képezhetik. Amikor időbeni mintákat hozunk létre a vonalkódokból, hogy fonémákat, szótagokat, szavakat és mondatokat alkossanak, korlátlanul bővül a közölhető eszmék tartománya.

Még különösebb, hogy a közölhető dolgok tartalmazhatnak képeket, eszméket, érzéseket, szeretetet és ujjongást – és Keats éppen ezt művelte oly nagyszerűen:

*Szívem fáj s minden ízem zibbata,
mint kinek torkát bús bürök telé,
vagy tompa kéjű ópium-patak,
s már lelke lankad Léthe-part felé;
nem boldogságod telje fáj nekem,
de önnön szívem csordult terhe fáj
dalodtól, könnyű szárnyú kis dryád,
ki bükkös berkeken
lengsz s visszazengi a hűs, zöld homály
telt kortyú, lenge, bő melódiád!*

Óda egy csalogányhoz (1820)

Olvassák el fennhangon, és egyenesen az agyukba zúdulnak a képek, mintha valóban egy dús lombú nyári bükkerdőben daloló csalogány éneke vonzaná őket. Az egyik szinten mindent elvégez a levegő nyomáshullámjainak mintája, mely minta gazdagsága előbb szinuszhullámokká bomlott le a fülben, majd újrászövődött az agyban, hogy rekonstruálja a képeket és az érzelmeket. Még elképesztőbb, hogy a minta matematikailag számok áradatává bontható le, és akkor

is megőrzi az erejét, mellyel hatalmába keríti és kísérti a képzeletet. Amikor lézerlemez (CD) készül, mondjuk a *Szent Máté Passió*ról, sűrű időközökben mintát vesznek a nyomáshullámok emelkedéséből és eséséből minden kacsaringójukkal és hurokjukkal együtt, és lefordítják digitális adatokká. A kódelemek elvileg ki is nyomtathatók, hosszan és unalmasan sorjázó nullák és egyesek formájában. És lám, a számok mégis ott őrzik magukban az erőt, és ha visszaalakítjuk nyomáshullámokká, könnyekre fakasztják a hallgatót.

Keats ugyan nyilván nem szó szerint értette, de elképzelése cseppet sem túlzott a csalogány kábítószerként ható daláról. Gondoljunk csak bele, mit tesz a természetben, és miféle természetes kiválasztódás formálta.

A hím csalogányoknak befolyásolniuk kell a nőstény csalogányok és a többi hím csalogány viselkedését. Egyes ornitológusok szerint a dal a következő információt közvetíti: „A *Luscinia megarhynchos* faj hímje vagyok, nemzésre kész állapotban, van saját territóriumom, hormonálisan pedig telítve a párosodásra és fészeképítésre.” Igen, a dal ezt az információt tartalmazza, és ha egy nőstény meghallja, az igazi előnyt jelenthet. De másként is szemlélhető, és ezt a másik nézetet mindig is életszerűbbnek találtam. A dal nem tájékoztatja, hanem *manipulálja* a tojót. Nem annyira azon változtat, amit a tojó tud, hanem közvetlenül befolyásolja az agya belső fiziológiai állapotát. Úgy működik, mint a kábítószer.

A nőstény galambok és kanárik hormonszintjének méréséből, valamint a viselkedésükből származó kísérleti bizonyíték támasztja alá, hogy a tojók szexuális állapotát közvetlenül befolyásolja a hímek vokalizálása. A hím kanári hangjai a tojó fülén át az agyába áramlanak, ahol pontosan olyan hatást fejtenek ki, amilyent injekciós tűvel érhet el a kísérletező. A hím „drogja” injekció helyett a fülön átjut a nősténybe, a hatás tekintetében azonban jelentéktelen a különbség.

Ha megnézzük, hogyan fejlődik az éneklés az egyed élettartama alatt, akkor még valószínűbbnek látszik, hogy a madárdal hallás útján ható drog. A fiatal hím énekesmadár általában gyakorlással tanítja meg magát énekelni: a próbadal töredékeit szembeállítja egy „sablonnal” az agyában, azzal az előre programozott képzettel, hogy hogyan is „kellene” hangoznia faja énekének. Egyes fajok, például az amerikai énekes veréb esetében a sablont a gének építik be; más

fajoknál – például a fehérbóbitás verébnél vagy az erdei pintynél – a sablon egy másik hím dalának „felvételéből” ered, melyet a fiatal hím igen korán, egy felnőttől ellesve készített el. Akárhonnan ered is a minta, a fiatal addig csiszolgatja dalát, amíg tökéletes nem lesz.

Legalábbis így felfogható, hogy mi történik olyankor, amikor egy fiatal madár a dalát tökéletesíti. De gondoljuk végig másképp. A dal végső soron arra szolgál, hogy elijesztő hatással legyen a faj egy másik tagjának – egy reménybeli párnak vagy egy lehetséges, territoriális riválisnak – az idegrendszerére. De hát a fiatal madár is fájának a tagja. Az agya a fájára jellemző agy. Az olyan hang, amelyik hatékonyan korbácsolja fel a saját emócióit, nagy valószínűséggel ugyanolyan hatékonyan izgatja fel a fajhoz tartozó nőtényt is. Ha tehát nem arról beszélünk, hogy a fiatal hím hogyan próbálja egyeztetni a maga próbadalát a beépített „sablonnal”, gondolkodhatnánk róla úgy, hogy önmagán, mint a faj tipikus tagján gyakorol, azt próbálgatja, felkorbácsolják-e a daltöredékek a saját szenvedélyeit, azaz, kikísérletezi magán az általa bevetendő drogokat.

És hogy bezáruljon a kör, talán nem túl meglepő, hogy a csalogány dalának John Keats idegrendszerére is úgy kellett hatnia, mint a drognak. Igaz, Keats nem tartozott a csalogányok fájához, ám gerinces volt, és az emberre ható drogok többsége a többi gerincesre is hasonló hatást gyakorol. A mesterséges drogokat a viszonylag durva próbálkozással hibajavító módszerrel vegyészek állítják elő laboratóriumban. A természetes kiválasztódásnak nemzedékek tízezrei álltak a rendelkezésére, melyekben finomra hangolhatta a kábítószergyártást.

Háborodjunk fel Keats nevében az efféle összehasonlítás miatt? Nem hiszem, hogy maga Keats így tenne – Coleridge még kevésbé. Az *Óda egy csalogányhoz* elfogadja és csodálatosan reálissá teszi a drog-párhuzamot. A pártatlan ítéskor színe előtt nem jelenti az emberi érzelmek lealacsonyítását, ha megpróbáljuk elemezni és megmagyarázni, ahogy a szivárvány sem enyészik el, ha a prizma az elemeire lebontja.

Ebben és az előző fejezetben a vonalkóddal jelképeztem a pontos elemzést a maga teljes szépségében. A kevert fény alkotó színei szivárványába rendeződik, és mindenki láthatja szépségét. Ez az első elemzés. Az alaposabb vizsgálat finom vonalakat tár fel és egy újfajta eleganciát, az észlelés, a rend és a tudás eleganciáját. A Fraunhofer-

vonalak beszámolnak a távoli csillagok anyagi természetéről. A sávok pontosan mért mintája kódolt üzenet a parszekek távolából. Micsoda elragadó báj tárul elénk abban az *ökonómiában*, ahogy felfejtjük egy-egy csillag belső részleteit, noha egykor úgy vélték, ezeket csak közeli vizsgálat során tudhatjuk meg egy 2000 emberöltőt átívelő utazás végén. Hasonló történettel ismerkedünk meg egy másik skálán, amikor a beszédben mutatkozó formáns sávokat, a zene harmonikus vonalkódjait vizsgáljuk. A dendrokronológia vonalkódjainak is megvan a maguk eleganciája: ezek a kódok, például az ősi *Sequoia* fa körkörös gyűrűi pontosan elárulják, melyik időszámításunk előtti évben sarjadt ki a fa, és azt követően milyen időjárás uralkodott az egyes években (minthogy az időjárási viszonyok szabják meg a fa évgűrűinek jellemző szélességét). Ahogy a Fraunhofer-vonalak a téren át, úgy az évgűrűk az időn át közvetítenek számunkra üzeneteket, amiben megint csak felcsillan a káprázatos ökonómia. Ez az erő – az a tény, hogy oly sokat tudhatunk meg az oly csekélynek látszó információ alapos elemzésével – adja meg ezeknek a lebontásoknak a szépségét. Ugyanez talán még megrendítőbben érvényes a beszédet és a zenét kódoló hanghullámokra: a kódra a levegőben.

Újabbán sokat hallani egy másfajta kódról: a DNS „ujjlenyomatokról”, a kódokról a vérben. A DNS-kódok olyan részleteket tárnak fel és rekonstruálnak, amelyekről azt gondolhatnánk, hogy a legendás detektívek számára is mindörökre megközelíthetetlenek. Ennek a kódnak eddig elsősorban a bíróságokon látták gyakorlati hasznát – minderről, és a tudományos hozzáállásból fakadó további előnyökről a következő fejezetben lesz szó.

5. Kód a tanúk padján

De ő így válaszolt: „Jaj nektek, törvénytudók, mert az emberekre elviselhetetlenül nehéz terheket raktok, de magatok egy ujjal sem mozdítjátok a terhet... Jaj nektek, törvénytudók! Elvettétek a tudás kulcsát, de magatok nem mentek be, akik meg bemennének, azokat akadályozzátok.”

LUKÁCS 11

Az első pillantásra a jognál és vidékénél kevés dolog állhat távolabb a költészettől vagy a tudomány csodájától. Talán akad valamiféle költői szépség az igazság vagy a pártatlanság elvont eszméiben, de kétlem, hogy akár egyetlen ügyvédet is különösebben megindítana. De nem is erről szól ez a fejezet. Egy példával fogom bemutatni a tudomány szerepét a jogban: a tudomány másféle megnyilvánulását és jelentőségét a társadalomban; egy olyan vetületét, amelyben a tudomány a társadalmi lét értékes része. A bírósági esküdtszékek egyre inkább rászorulnak, hogy megértsék azokat a bizonyítékokat, amelyeket maguk az ügyvédek nem fognak fel teljes mértékben. Kitűnő példa erre a DNS – melyet a vér vonalkódjának fogunk tekinteni – lebontásából származó bizonyíték, ennek a fejezetnek a fő tárgya. De a tudósok nem csak a DNS-hez fűződő tényekkel járulhatnak hozzá: lényegesebb, hogy a valószínűség és a statisztika mögött húzódó elméletével, a következtetések megfogalmazásának tanúként felvonultatható tudományos módjaival. Mindez pedig túlmutat a DNS-bizonyíték szűk területén.

Illetékes forrásból elárulták nekem, hogy az Egyesült Államokban a védőügyvédek esetenként azon az alapon kifogásolják az esküdtszéki jelölteket, hogy azok tudományos képzésben részesültek. Mit jelenthet ez? Nem kérdőjelezem meg a védőügyvédek jogát bizonyos esküdtek elutasítására. Az esküdtnek lehetnek előítéletei azon faj vagy osztály ellen, amelyikhez a vádlott tartozik. Nyilvánvalóan nem kívánatos, hogy egy megszállott homofób dönthessen homoszexuálisok elleni erőszak ügyében. Erre az érvelésre épül az a gyakorlat, hogy egyes országokban a védőügyvédek keresztkérdéseket tehetnek fel a potenciális esküdteknek és alkalmanként törölthetik őket a listáról. Az USA-ban az ügyvédek egészen kirívó követelményekkel állhatnak

elő az esküdtek kiválogatásakor. Egy kolléga mesélte nekem, hogy amikor egy rágalmozási ügyben felkerült a jelöltek listájára, az ügyvéd megkérdezte: „Okozna valakinek önök közül nehézséget egy *szubsztanciális* összeget, mondjuk, milliókat megítélni az ügyfelemnek?”

Az ügyvéd minden indoklás nélkül kizárhat egy esküdtet. Ennek csak egyszer voltam tanúja, akkor öngólnak bizonyult. Egy 24 tagú jegyzékben szerepeltem, melyből 12 esküdtet válogattak ki. Két korábbi esküdtszéki részvételem kapcsán többeket ismertem a jegyzékről, és tisztában voltam a gyengéikkel. Az egyik férfiról bízást építhetett a vádhatóság: mindig a kemény vonalat képviselte, szinte tekintet nélkül az adott ügyre. A védőügyvéd hanyagul bólintott, hogy rendben. A következő, egy terebélyes, középkorú asszonyság viszont vajszívével valószínűleg ajándékot jelentett volna a vádlottnak. A megjelenése azonban talán az ellenkezőjét sugallta, ezért a védőügyvéd úgy döntött, most fog élni a vétőjogával. Soha nem felejttem el a nő arcára kiülő sebzett kifejezést, a kéz kérelhetetlen mozdulatát, ahogy a nagytudományú ügyvéd kihúzta az esküdtszék padjáról saját lehetséges titkos fegyverét.

De térjünk vissza a meglepő tényhez, miszerint az Egyesült Államokban az ügyvédek esetenként a következő érvet hozzák fel az esküdtjelöltek eltávolítására: a reménybeli esküdt tudományosan jól képzett vagy vannak bizonyos ismeretei a genetikáról, illetve a valószínűség-elméletéről. Hát ezzel meg mi a baj? Arról ismerszenek meg a genetikusok, hogy mélyen gyökerező előítéllettel viseltetnek a társadalom bizonyos szeleteivel szemben? Netán a matematikusok nagy valószínűséggel a „törvény és a rend” olyan megszállottjai, akik csak a „megkorbácsolni”, „kerékbe törni”, „felakasztani” kijelentéseket ismerik? Természetesen szó sincs róla. Nem is állít ilyesmit senki.

Az ügyvédek ellenvetését ennél sokkal alantasabb indíték mozgatja. Létezik egy újfajta bizonyíték, mely egyre nagyobb szerepet játszik a büntető törvényszékeken: a DNS-ujjlenyomatból származó és rendkívül hatékony bizonyíték. Amennyiben a gyanúsított ártatlan, a DNS-bizonyíték meggyőzően fogja bizonyítani az ártatlanságát. Ellenben ha bűnös, a DNS-bizonyíték jó eséllyel igazolja a bűnösséget olyan esetekben, amikor nincs más bizonyíték. A DNS-bizonyítékot a legegyszerűbb esetekben is elég nehéz megérteni. A vitatott

aspektusait még nehezebb. Ilyen körülmények között azt gondolná az ember, hogy egy becsületes ügyvéd, aki az igazságot szeretné kideríteni, boldogan fogadja az érveket követni tudó esküdtet. Hát nem nyilvánvalóan hasznos, ha akad legalább egy-két esküdt, aki ellensúlyozhatja zavarba esett kollégáik ez irányú tudatlanságát? Miféle ügyvéd részesítené előnyben azt az esküdszéket, amelyik nem képes követni az ügyész érvelését?

A válasz az, hogy az ügyvéd a győzelemben érdekelt, nem pedig az igazság kiderítésében. És a vád és a védelem szószólói minden jel szerint egyforma gyakorisággal nem fogadnak el egyes esküdteket a tudományos képzettségüket kifogásolva.

A bíróságoknak mindig is fontos a személyazonosság igazolása. A helyszínről sietve távozó személy Richard Dawkins volt? A bűncselekmény helyszínén elejtett kalap az ő kalapja? Az ő ujjlenyomatait találták a fegyveren? Az igenlő válasz ezen kérdések valamelyikére önmagában nem bizonyítja a bűnösségét, de bizonyosan lényeges tényező, amit figyelembe kell venni. A nagy többségünknek, így a legtöbb esküdtnek és ügyvédnek is, az az intuitív érzése, hogy a szemtanú tanúbizonysága különösen megbízható. Ebben szinte bizonyosan tévedünk, de ez a hiba a bocsánatosak közé tartozik. Mélyen belénk építhették evolúciós történetünk évezredei, amikor valóban a szemtanú bizonysága volt a legmegbízhatóbb. Ha látok egy embert, aki piros gypjúkalapban mászik az esőcsatornán, később nehéz lesz meggyőzni, hogy kék svájccsapkát viselt. Olyan mértékű ez az intuitív elfogultságunk, hogy a szemtanú vallomását hajlamosak vagyunk minden másfajta bizonyíték fölé helyezni. Ám számos tanulmány kimutatta, hogy a szemtanúk, legyenek bármilyen magabiztosak, bármilyen becsületesek és jóhiszeműek, sokszor még az olyan szembetűnő részletekre is rosszul emlékeznek, amilyen a ruha színe és a támadók száma.

Amikor a személyazonosság megállapítása fontos, mondjuk egy nemi erőszak esetében, a bíróság az azonosítás elemi statisztikai vizsgálatát hajtja végre. Az áldozatnak megmutatnak egy sor férfit, akik egyikét a rendőrség más alapon már gyanúsítja. A többiek az utcáról hívják be, elfoglaltság nélküli színészeket vagy polgári ruhába öltözött rendőrségi alkalmazottakat. Ha a nő a „beépített” szereplők valamelyikét választja ki, akkor nem veszik tekintetbe a tanúbizonyságát. Annál komolyabban veszik, ha a gyanúsítottra esik a

választása.

Joggal. Különösen, ha elég nagy az azonosítási eljárásban résztvevők száma. Mindannyiunkban él annyi a statisztikusból ahhoz, hogy lássuk, miért. A rendőrség előzetes gyanúja még helyt ad a kétkedésnek – máskülönben egyáltalán nem volna szükség az áldozat tanúskodására. Ha az azonosításkor mindössze két személy van jelen, a tanú ötven százalék eséllyel választhatja ki a rendőrség gyanúsítottját akár véletlenül, akár tévedésből. Mivel a rendőrség is tévedhet, ez elfogadhatatlanul magas melléfogási kockázatot jelentene. De ha 20 férfi áll a sorban, a nőnek csak egy a húszhoz esélye van találmra kiválasztani a rendőrség által gyanúsított személyt. Ha az ő azonosítása és a rendőrség előzetes gyanúja egybeesik, az valószínűleg tényleg jelent valamit. Itt tulajdonképpen azt az egybeesést vagy esélyt értékeljük, hogy valami teljesen véletlenül megtörténhet. Az értelmetlen egybeesés valószínűsége még kisebb, ha az azonosításban százan vesznek részt, mert egy a százhoz hibázási esély jelentősen kevesebb, mint az egy a húszhoz. Minél hosszabb a sor, annál megbízhatóbb a bizonyítás.

Továbbá ösztönösen is belátjuk, hogy a kiválasztott férfiaknak nem szabad túlságosan szembetűnően különbözniük a gyanúsítottól. Ha a nő eredetileg azt mondta a rendőröknek, hogy szakállas embert keressenek, és a rendőrség letartóztatott egy szakállas gyanúsítottat, nyilvánvalóan igazságtalanság beállítani egy 19 simára borotvált képű férfiből álló sorba. Ezzel az erővel akár egyedül is állhatna ott. Még ha a nő nem is mondott semmit a támadója külsejéről, és a rendőrség egy bőrzakós punkot tartóztatott le, hiba lenne öltönyös, összecsukott esernyőt tartó könyvelők sorába állítani. Olyan országban, ahol többféle bőrszínű a lakosság, különös jelentősek az ilyen megfontolások. Teljesen világos, hogy egy fekete gyanúsítottat ugyanígy nem állíthatnak egy fehérekéből álló sorba, és fordítva.

Amikor azon töprengünk, hogyan azonosítsunk valakit, először az arc ötlük az eszünkbe. Az embernek rendkívüli képessége van az arcok megkülönböztetésére. Mint azt egy másik összefüggésben látni fogjuk, minden jel szerint külön erre a célra kifejlesztettünk az agyunkban egy részt, és bizonyos típusú agykárosodás megbénítja az arcfelismerő képességünket, ugyanakkor épen hagyja a látás többi részét. Mindenesetre az arcok, a változatosságuk révén, alkalmasak a felismerésre. Az egyiptetűjű ikrek jól ismert kivételével ritkán

találkozunk két, megkülönböztethetetlen arcú emberrel. Az összetévesztés jelensége azonban nem teljesen ismeretlen, például egy színész ki tudja magát sminkelni úgy, hogy nagyon hasonlítson valaki máshoz. A diktátorok gyakran alkalmaznak dublőröket, hogy helyettesítsék őket, amikor túlságosan elfoglaltak, vagy hogy megtévezzék a merénylőket. Felmerült, hogy egyes karizmatikus vezérek azért viselnek gyakran bajuszt (Hitler, Sztálin, Franco, Szaddam Husszein, Oswald Mosley), mert így a dublőrök könnyebben megszemélyesíthetik őket. Talán ugyanezt a célt szolgálta Mussolini tarra borotvált koponyája.

Az egyiptetűjű ikrektől eltekintve, néha a közeli rokonok is eléggé hasonlóak ahhoz, hogy bolonddá tegyék az őket csak felületesen vagy még úgy sem ismerő embereket. (Sajnos az a történet, miszerint az egyetemi igazgatóm, doktor Spooner, egyszer megállított egy hallgatót, mondván: „Mindig elfelejtem, maga vagy a bátyja halt meg a háborúban?“, valószínűleg nem igaz, akárcsak az állítólagos spooneriádák többsége.) a fivérek és nővérek, apák és fiúk, nagyszülők és unokák hasonlósága annál inkább emlékeztethet az arcok változatosságának kimeríthetetlenségére a nem rokonok általános populációjában.

Az arcok azonban csak egy meghatározott esetet képviselnek. Rengeteg egyéni sajátosságunk használható fel, megfelelő gyakorlattal, a személyek azonosítására. Volt egy iskolatársam, aki azt állította (és többszöri ellenőrzéseim megerősítették), hogy 80 fős kollégiumunk bármely tagját felismeri kizárólag a lépteik zaja alapján. Egy svájci barátnőm szerint, ha bemegy egy helyiségbe, szag alapján meg tudja mondani, az ismeretségi körének melyik tagja távozott onnan legutóbb. Nem mintha nem mosakodtak volna a kollégái, hanem mert szokatlanul érzékeny volt ezen a téren. Hogy ez a lehetőség fennáll, azt megerősíti a tény, miszerint a kutya különbséget tudnak tenni két ember között kizárólag szimatolással, persze megint csak az egyiptetűjű ikrek kivételével. Amennyire tudom, a rendőrség még nem alkalmazta a következő módszert, de úgy vélem, be lehetne tanítani vérebeket elrabolt gyerekek nyomon követésére, ha szagmintát kapnak a testvérüktől. Ezen a módon akár még vérebekből álló esküdtszéket is alkalmazhatnánk apasági perek eldöntésére.

A hangok ugyanolyan jellegzetesek, mint az arcok, és nem egy kutatócsoport dolgozik számítógépes hangfelismerő rendszereken a

személyazonosság igazolására. Nagyszerű adomány lenne, ha a jövőben lemondhatnánk a bejáratí ajtó kulcsáról, és egy hanggal működtetett számítógépre bízánk, hogy engedelmeskedjen a saját „Szezám tárulj!” parancsunknak. A kézírás is kellőképp egyedi ahhoz, hogy az aláírással szavatoljuk a személyazonosságunkat a bankcsekkek és fontos jogi dokumentumok esetében. Az aláírások jelenleg nem különösebben biztonságosak, mert túl könnyű őket hamisítani, mégis lenyűgöző, mennyire felismerhető lehet a kézírás. Az egyedi „aláírások” listájának egyik ígéretes újonca a szem szivárványhártyája. Legalább egy bank kísérletezik az automatizált íriszletapogató gépekkel a személyazonosság megállapítására. Az ügyfél egy kamera elé áll, amely lefényképezi a szemét és, mint egy újság írta, „256 bájtos emberi vonalkódba” digitalizálja a képet. De a személyazonosság ezen eljárásainak némelyike legfeljebb ha a közelében jár a megfelelően alkalmazott DNS-ujjlenyomatvétel hatékonyságának.

Cseppet sem meglepő, hogy a kutyák megszimatolják a különbséget két ember között (az egyiptetűjű ikrek kivételével). A verítékünk a fehérjék bonyolult koktéllját tartalmazza, és valamennyi fehérje pontos részleteit aprólékosan meghatározták a kódolt DNS-utasítások, vagyis a génjeink. Az idő során folyamatosan változó kézírással és arccal ellentétben a gének digitális kódok, olyasfélék, amilyeneket a számítógép használ. Megint csak az egyiptetűjű ikrek kivételével, genetikailag diszkrét, nem folyamatos módon különbözünk minden más embertől: akár össze is számolhatnánk, hányféle módon, ha lenne hozzá türelmünk. A DNS minden egyes sejtben (adjunk egy elenyésző kisebbséget a hibáknak, és ne számítsuk ide a vörös vértesteket, amelyek minden DNS-üket elvesztették, se az ivarsejteket, amelyek a génjeim véletlenszerű felét tartalmazzák) azonos a többi sejtben található DNS-sel. Különbözik az olvasó minden egyes sejtjében található DNS-étől, nem valamiféle homályos, impresszionista módon, hanem a mindkettőnkben egyaránt fellelhető milliárdnyi DNS-betű lokációinak pontos számában.

Lehetetlen eltúlozni a molekuláris genetikában lezajlott digitális forradalom jelentőségét. Watson és Crick 1953-as, a DNS szerkezetét ismertető korszakalkotó bejelentése előtt még egyet lehetett érteni Charles Singer 1951-ben megjelent a *Short History of Biology* (A biológia rövid története) című könyvének záró soraival:

...az ellenkezőjét bizonygató értelmezésekkel szemben a génelmélet nem „mechanisztikus” elmélet. Kémiai és fizikai entitásként a gén semmivel sem érthetőbb a sejtnél, vagy ami azt illeti, magánál a szervezetnél. Továbbá, bár az elmélet úgy beszél a génekről, ahogy az atomelmélet az atomokról, nem feledkezhetünk meg arról, hogy van egy lényegi különbség a két elmélet között. Az atomok független létezők, és mint ilyeneknek, vizsgálhatók a tulajdonságaik. Akár izolálhatók is. Bár nem látjuk őket, foglalkozhatunk velük különböző körülmények között és különböző kombinációkban. Foglalkozhatunk velük egyedileg. Nem így a génekkel. A gén csak a kromoszóma részeként, a kromoszóma pedig csak a sejt részeként létezik. Ha egy élő kromoszómát keresek, azaz, a kromoszóma egyetlen tényleges fajtáját, az élő környezetén kívül senki nem adhatja csak úgy oda nekem, ahogy egy eleven kart vagy lábat sem. A funkciók relativitásának a tétele ugyanolyan igaz a génekre, mint az élő test bármely szervére. Csak más szervek összefüggésében léteznek és működnek. Így tehát az utolsó biológiai elmélet pontosan ott hagy minket, ahonnan kiindultunk, az életnek vagy pszichének nevezett erő jelenlétében, amely nemcsak egy a hasonlók közül, hanem minden szempontból egyedülálló.

Nos, mindez megrendítően, mélységesen és mérhetetlenül téves. És ez tényleg fontos. Watsont és Cricket, és az általuk fellobbantott forradalmat követően igenis lehet izolálni a gént. Le lehet szűrni, tárolni, kristályosítani, digitálisan kódolt információként olvasni, papírra nyomtatni, számítógépbe táplálni, ismét kiolvasni, ezúttal kémcsőbe és visszailleszteni a szervezetbe, ahol pontosan úgy működik, mint azelőtt. Amikor – talán 2003-ra – befejeződik a Human Genome Project, amely arra a célra létesült, hogy feltérképezze az ember teljes génállományát, az eredmény kényelmesen elfér két szabványos lézerlemezen, és még a molekuláris embriológia kézikönyvének is marad hely. Akkor ezt a két lemezt ki lehet küldeni a világűrbe, és az emberi faj abban a biztos tudatban halhat ki, hogy valamikor a jövőben, valamilyen távoli helyen egy megfelelően fejlett civilizáció képes lesz újraalkotni egy emberi lényt. Addig pedig itt a Földön, a DNS alapvetően digitális természete – digitális, mivel az egyedek és fajok közötti különbségeket pontosan ki lehet számolni,

nem bizonytalanul és impresszionista módon mérni – potenciálisan félelmetesen hatékonyra teszi a DNS-ujjlenyomat készítését. Bár nagy biztonsággal kardoskodom az egyes egyedek DNS-ének egyedisége mellett, még ez is csak egy statisztikai ítélet. A szexuális lottón elméletileg kijöhet kétszer ugyanaz a genetikai szekvencia. Megszülethet mostanában Isaac Newton „egypetéjű ikertestvére”. De hogy egyáltalán valószínűsítsék valamelyest ezt az eseményt, több embernek kellene megszületnie, mint ahány atom van az univerzumban.

Az arcunkkal, a hangunkkal vagy a kézírásunkkal ellentétben a DNS a sejtjeink nagy többségében ugyanolyan marad a csecsemőkortól az aggkorig, és sem gyakorlással, sem plasztikai sebészettel nem módosítható. DNS-szövegünk olyan nagy számú betűt tartalmaz, hogy pontosan számszerűsíthetjük azokat a „szövegeket”, amelyeken, mondjuk, a fivérünkkel vagy az első unokatestvérünkkel osztozunk, szemben például a második unokatestvérünkkel vagy a népesség egészéből véletlenszerűen kiválasztott párokkal. Ez teszi alkalmassá nemcsak a személyek egyedi kijelölésére és összevetésére többek között vér- vagy spermaminták esetében, hanem az apaság és más genetikai kapcsolatok igazolására is. A brit törvény lehetővé teszi azoknak a bevándorlását, akik bizonyítani tudják, hogy a szüleik brit állampolgárok. Az indiai szubkontinensről származó számos gyermeket tartóztattak fel a kétkedő bevándorlási hivatalnokok. A DNS-ujjlenyomat-készítés beköszönte előtt ezeknek a boldogtalan sorsú embereknek semmilyen lehetőségük nem nyílt az eredetük bizonyítására. Manapság viszont könnyen megy. Csak vérmintát kell venni a vélelmezett szülőktől és összevetni a gének bizonyos készletét a gyermek génjeinek megfelelő készletével. A döntés világos és kétségbevonhatatlan, mindazon kétely vagy homályosság nélkül, amely szükségessé teszi a kvalitatív ítéleteket. Britanniában mostanság sok ifjú ember köszönheti a DNS-technikának az állampolgárságát.

Hasonló módszert alkalmaztak a Jekatyerinburgban felfedezett, a kivégzett orosz uralkodócsalád maradványainak gyanított csontvázak azonosítására. Fülöp, edinburghi herceg, akinek a Romanovokhoz fűződő rokoni foka pontosan ismert, készségesen adott vért, amiből

sikerült megállapítani, hogy valóban a cári család tagjainak maradványai kerültek elő. Hátborzongatóbb eset volt, amikor egy Dél-Amerikában exhumált csontváz a náci háborús bűnös, a Halál angyalaként emlegetett Jozef Mengele doktorénak bizonyult. A csontokból vett DNS-t összehasonlították a Mengele még életben lévő fiától származó vérrel, és bebizonyosodott a csontváz azonossága. Újabban egy Berlinben előásott holttestről derült ki ugyanezen eljárás révén, hogy Martin Bormané, Hitler helyettese, akinek az eltűnése végeérhetetlen legendákhoz és híresztelésekhez vezetett, nem utolsósorban pedig ahhoz, hogy szerte a világban több mint hatezerszer „látták”.

Az „ujjlenyomat-készítés” elnevezés ellenére a DNS-ünk, lévén digitális, még sajtóságosabban jellegzetes, mint a barázdák mintázata az ujjaink végén. A név azért megfelelő, mert akárcsak az igazi ujjlenyomatok esetében, a DNS-bizonyíték is gyakran véletlenül marad a helyszínről eltávozott személy után. A DNS kivonható a szőnyegen maradt vényomból, a spermából a megerőszkolt áldozatban, száraz orrváladék-maradványból egy zsebkendőn, könnyből vagy elhullatott szőrszálból. A minta DNS-ét aztán összehasonlítják a gyanúsítottól vett vér DNS-ével. Ezzel a módszerrel a valószínűség csaknem minden kívánt szintjén megállapítható, hogy a minta egy bizonyos személyé vagy sem.

Mi hát akkor a bökkenő? Miért vitatják a DNS-bizonyítékot? Mi ebben a fontos bizonyítéktípusban az, ami lehetővé teszi az ügyvédek számára, hogy a félremagyarázásával kábítsák az esküdteket, vagy hogy elérjék a figyelmen kívül hagyását? Miért hajlott arra némelyik bíróság, hogy elkésérítő végletességgel teljes egészében elutasítsa az ilyen bizonyítékot?

A potenciális probléma három nagy kategóriába sorolható: az egyik egyszerű, a másik bonyolultabb, a harmadik ostoba. Az ostoba problémára is rá fogok térni, majd az összetettebb nehézségekre, de először, mint minden bizonyíték esetében, ott az emberi hiba egyszerű – és nagyon fontos – lehetősége. Pontosabban lehetőségei, mert rengeteg lehetőség adódik a tévedésre, vagy akár a szabotázsra is. Egy kémcsőnyi vér megcímkézhető tévesen véletlenül vagy szándékosan, valakinek a meggyanúsítására. A büntett helyszínéről származó mintát a labortechnikus vagy a nyomozó izzadsága szennyezhetette. Különösen a PCR-nek (polimeráz láncreakciónak) nevezett ötletes sokszorozási

eljárás alkalmazása esetében számottevő a szennyeződés veszélye.

Könnyen belátható, miért szükséges a sokszorosítás. Az apró izzadságfolt egy fegyvermarkolaton tartalmaz egy kevés DNS-t, de bármilyen érzékeny legyen is a DNS-analízis, bizonyos minimális anyagmennyiséget igényel. A káprázatosan sikeres megoldás a PCR eljárás, amelyet 1983-ban talált fel Kary B. Mullis amerikai biokémikus. A PCR milliónyi másolatot hoz létre a rendelkezésre álló kevés DNS-ből, újra és újra megsokszorozza az ott található kódszekvenciákat. De, ahogy a sokszorosítás esetében az elkerülhetetlen, az igazi jellel együtt a hibák is sokszorozódnak. A technikus izzadságának szórványos „DNS-törmelékei” ugyanolyan mértékben sokszorozódnak, mint a bűncselekmény helyszínéről származó minta, ami kétségkívül magában hordozza a tévedés lehetőségét.

Az emberi hiba azonban nem kifejezetten a DNS-bizonyíték velejárója. Bármely típusú bizonyítékot kezelhetnek ügyetlenül vagy manipulálhatnak rosszindulattal, és mindegyiket kínos gondossággal kell kezelni. A hagyományos ujjlenyomatokat is félrecímkezhetik. A gyilkos fegyvert ugyanúgy megfoghatták ártatlan emberek is, mint a gyilkos, és hogy a tévedést kiküszöbölhessék, a gyanúsítottával együtt le kell venni az ujjlenyomataikat. A törvényszékek ugyan rutinszerűen minden szükséges óvintézkedést megtesznek a hibák elkerülése érdekében, ezek azonban, tragikus módon, valahogy mégis be-bekövetkeznek. A DNS-bizonyíték sem védett az emberi kétbalkezesség ellen, de a PCR sokszorosítási hibáitól eltekintve nem is különösebben érzékeny rá. Ha az esetenkénti hibák miatt minden DNS-bizonyítékot elvetnének, az szükségképpen azzal a következménnyel járna, hogy *minden* más típusú bizonyítékot is el kellene vetni. Abból kell kiindulnunk, és annak szellemében kell eljárunk, hogy minden típusú jogi bizonyíték esetében ki lehet alakítani és be kell tartani a gyakorlati alkalmazás szabályait és a szükséges szigorú óvintézkedéseket.

A DNS-bizonyítékot kikezdő körmönfontabb nehézségek hosszabb magyarázatot igényelnek. Ezeknek is megvan a maguk előzménye a hagyományos típusú bizonyítékok kategóriájában, bár mintha ezt nem mindig fognák fel a bíróságokon.

Bárminemű azonosítás során kétféle hiba jelentkezhethet, ezek a statisztikai jellegű bizonyítások kétféle típusának felelnek meg. Ezeket

egy másik fejezetben 1. és 2. típusú hibáknak fogjuk nevezni, de kezelhetőbbek, ha pozitív illetve negatív típusú tévedésként utalunk rájuk. Egy bűnös gyanúsított megmenekülhet, ha nem ismerik fel – ez negatív tévedés. A pozitív tévedés (amelyet az emberek többsége veszélyesebbnek tart), ha elítélnék egy ártatlan gyanúsítottat, mert balszerencséjére hasonlít a tényleges bűnösre. A szokásos szemtanúvallomás alapján letartóztatnak egy ártatlan szemlélőt, aki némileg emlékeztet az igazi bűnelkövetőre – pozitív tévedés. Az azonosítási felsorakoztatást azért találták ki, hogy csökkentsék ennek a valószínűségét. Az igazságszolgáltatás tévedésére a sorba állított emberek számával fordítottan arányos az esély. A veszély a már említett módokon növekedhet: ha például a sort tisztességtelenül telerakják simára borotvált emberekkel az egy árva szakállas gyanúsított mellé.

A DNS-bizonyíték esetében elméletileg roppant alacsony a pozitív tévedésből fakadó elítélés veszélye. Adott egy vérmintánk a gyanúsítottól, és adott egy mintánk a bűncselekmény helyszínéről. Ha mindkét mintában megvizsgáljuk a génkészletet, a téves elítélés valószínűsége egy a milliárdszor milliárdhoz. Annak esélye, hogy két ember teljes DNS-e megegyezzen (eltekintve az egypetűjű ikrektől), azonos a nullával. Csakhogy gyakorlatilag nem dolgozható fel az ember egész génszekvenciája. Még az emberi genom teljes megfejtése után sem reális minden egyes bűneset megoldásában ezzel próbálkozni. A gyakorlatban a törvényszéki detektívek a genom kis szekcióira fordítják figyelmüket, leginkább azokra, amelyek tudottan változnak a populációban. És bár az egész genom figyelembevételével biztonságosan ki tudjuk zárni a téves azonosítást, a DNS ésszerűen rövid idő alatt elemezhető kis részlete kapcsán megint csak felmerül ez a veszély.

Azt kell tehát eldöntenünk, hogy a genom bármely meghatározott szekciója esetén elfogadható mértékű-e ez a kockázat. Minél nagyobb a DNS-szakasz, annál kisebb a hiba valószínűsége, ugyanúgy, mint ahogy az azonosítási felsorakoztatás esetén minél hosszabb a sor, annál megalapozottabb a bizonyítás. Ám hogy egy azonosítási felsorakoztatás e tekintetben felvehesse a versenyt a DNS-analízissel, ahhoz nem pár tucat, hanem több ezer, millió vagy akár milliárd embert kellene tartalmaznia a sornak. Ettől a mennyiségi különbségtől eltekintve azonban tartható az analógia az azonosítási

felsorakoztatással. Látni fogjuk, hogy annak is megvan DNS megfelelője, amikor simára borotvált férfiakat állítanak sorba egy szakállas gyanúsítottal. De előbb nézzük, mit kell tudni az ujjlenyomat-készítésről.

Nyilvánvaló, hogy a gyanúsított és a minta genomjának azonos részeit vizsgáljuk. A genom ezen részeit annak alapján választják ki, mennyire mutatkoznak eltérőnek a népesség körében. A nem változó részek többnyire azok, amelyek fontos szerepet játszanak a szervezet fennmaradásában. E fontos gének tekintetében nagy valószínűséggel minden számottevő variáció eltűnt a népességből a hordozóik halálával – ez a darwini természetes kiválasztódás lényege. De olyan részei is vannak a genomnak, amelyek annál változatosabbak, talán mert nem fontosak a fennmaradás szempontjából. Ez ugyan nem fedi teljesen a valóságot, mert valójában bizonyos fontos gének is meglehetősen változatosak, mely jelenségnek egyelőre vitatottak az okai. Ez ugyan nem tartozik szorosan a tárgyhoz, de mit érne az élet, ha már egy kis kitérőt sem engedhetnénk meg magunknak?

A Motoo Kimurával, a kitűnő japán genetikussal fémjelzett „neutralista” bölceleti iskola úgy tartja, hogy a hasznos gének *egyformán* hasznosak a különböző formák sokféleségében. Ez hangsúlyosan nem azt jelenti, hogy haszontalanok, csak azt, hogy az eltérő formák egyformán jól végzik a feladatukat. Ha szavakkal leírt recepteknek képzeljük el a géneket, akkor a gén alternatív formái különböző betűkkel leírt azonos tartalmú szavakként foghatók fel: a jelentés nem változik és a recept terméke is ugyanaz lesz. Azokat a genetikai változásokat, „mutációkat”, amelyek nem okoznak különbséget, nem „látja” a természetes kiválasztódás. Abban a tekintetben, hogy milyen különbséget idéznek elő az állat életében, voltaképpen nem is mutációk, a törvényszéki szakértő szempontjából viszont nagyon is előnyös mutáció lehet. A népesség nagy változatosságot mutat egy-egy ilyen lokuszon (a kromoszómán elfoglalt hely), és ezt a fajta változatosságot lehet felhasználni az ujjlenyomat-készítéshez.

A variáció másik – Kimura neutrális elméletével szemben álló – elmélete szerint a különböző génváltozatok valójában különböző feladatokat is látnak el, és valamilyen ok miatt a természetes kiválasztódás során mindkét változat fennmaradt a populációban. Például a vérfehérje két alternatív formája lehet α és β , amelyek két

fertőző betegséggel, az affluenzával és a betaccosisszal gyanúsíthatók, ugyanis mindegyik immunis a másik betegségre. Valamely fertőző betegségnek jellemzően bizonyos kritikus tömegre van szüksége a potenciális áldozatok körében, máskülönben nem tör ki a járvány. Abban a népességben, ahol az α típus dominál, gyakoriak az affluenza-járványok, betaccosis viszont nem. Így a természetes kiválasztódás előnyben részesíti a β típusokat, akik immunisak az affluenzára. Olyannyira kedvez nekik, hogy egy idő után túlsúlyba kerülnek a populációban. Most fordítsuk meg a helyzetet, és nézzük, hogy áll a helyzet, ha affluenza-járványok helyett betaccosis-járványok jelentkeznek (hiszen arra nem immunis a β típus). Ezúttal az α típusoknak kedvez a természetes szelekció, mert ők immunisak a betaccosisra. A populáció tartósan oszcillálhat az α illetve a β dominancia között, vagy megállapodhat egyfajta „egyensúlyi” helyzetben. Mindkét esetben számtalan variációt fogunk látni az érintett gén lokuszán, és ez mindenképpen örömhír az ujjlenyomat-készítőknek. A jelenséget „frekvenciafüggő szelekciónak” nevezik, és ezt jelölik meg a populációban mutatkozó genetikai variációk magas szintjének egyik okaként. De akadnak mások is.

Igazságügyi céljaink szempontjából azonban csak az számít, hogy a genomnak vannak változó szakaszai. Bármi legyen is az igazság a genom hasznos szakaszainak változatosságát illető kérdésben, a genom számtalan szakaszát még soha nem olvasódott le és soha nem fordítódott le a fehérje-megfelelőikbe. Végso soron génjeink meglepően nagy hányadáról tűnik úgy, hogy semmit nem csinál azon kívül, hogy szabadon változik, mely tény kiváló ujjlenyomat-vizsgálati alpanyaggá avatja.

Hogy a DNS nagy része semmi hasznosat nem végez, az is megerősíti, mennyire változó a DNS mennyisége a különböző típusú szervezetek sejtjeiben. Mivel a DNS-információ digitális, ugyanolyan egységekben mérhetjük, amilyenekkel a számítógépes információt. Egy információbít egy igen-nem döntést hozhat meg: 1 vagy 0, *igaz* vagy *hamis*. Az a számítógép, amelyiken ezeket a sorokat írom, 256 megabit (32 megabyte) tárolómemóriával rendelkezik. (Az első saját számítógépemnek nagyobb volt a doboza, a memóriakapacitása azonban az ötezred részét sem érte el.) A DNS-ben az ennek megfelelő alapvető egység a nukleinsav bázis. Mivel négy lehetséges bázis van, az egyes bázisok információtartalma 2 bitnek felel meg. A

közönséges bélbaktérium, az *Escherichia coli* 4 megabázisos vagy 8 megabites genommal rendelkezik, a tarajos göte (*Triturus cristatus*) 40 000 megabittel. A tarajos göte és a baktérium közötti ötezerszeres különbség nagyjából ugyanakkora, mint a jelenlegi és az első számítógépem közötti. Nekünk, embereknek, 3000 megabázisunk vagy 6000 megabitünk van. Ez 750-szerese a baktériuménak (ami nyilván legyezőzeti a hiúságunkat), de mit kezdjünk azzal, hogy a göte hatszorosan felülmúl minket?! Jó lenne azt hinni, hogy a genom mérete nem szigorúan arányos azzal, amit elvégez; a göte DNS-éből feltehetőleg elég sok nem csinál semmit. Ez bizonyára igaz is, akárcsak a mi DNS-ünk nagyobb részére is. Más bizonyítékokból tudjuk, hogy a 3000 megabázisnyi emberi genomból csak hozzávetőleg 2 százalék kódol ténylegesen fehérjeszintézist. A többi hulladék DNS-nek is hívják. A tarajos göte feltehetőleg még nagyobb arányban rendelkezik hulladék DNS-sel. (Más göték nem.)

A használatlan DNS-felesleg különböző kategóriákba sorolható. Egy része olyan, mintha igazi genetikai információ lenne, és vélhetőleg régi, megszűnt géneket jelöl, vagy még használatban lévő gének elavult másolatait. Ezeknek a pseudo-géneknek lenne értelmük, ha elolvasnák és lefordítanák őket – de nem került sor sem az elolvasásukra, sem a lefordításukra. A számítógépek merevlemezei is tartalmaznak ilyesféle hulladékot: folyamatban lévő munkák régi másolatait, gyors munkaterületet, amelyet a számítógép az átmeneti műveletek elvégzéséhez használ, és így tovább. Mi, felhasználók, rendszerint nem találkozunk ezzel a hulladékkal, mert a számítógépünk a merevlemeznek csak azokat a részeit mutatja, amelyekről szükséges tudnunk. De ha byte-ról byte-ra végigolvassuk a lemezen fellelhető aktuális információt, felfedezzük a hulladékot, és a nagy részét még értelmesnek is találjuk bizonyos célokra. Az én gépem merevlemezén e pillanatban nyilván megtalálnám ennek a fejezetnek a szertehintett töredékeit, noha a számítógépem csak egy „hivatalos” példányról tudósít (valamint az előírásos biztonsági tartalmokról).

Azon hulladék DNS mellett, amelyik olvasható lenne, de nem az, rengeteg hulladék DNS nem csak hogy nem olvasható, de ha az volna, akkor sem lenne semmi értelmük. A hatalmas kiterjedésű értelmetlenségek között lehetnek egy-egy bázis, vagy ugyanazon két bázis, netán bonyolultabb minták variációinak az ismétlődései. A

hulladék DNS előző osztályával ellentétben nem magyarázhatjuk hasznos gének lejárt másolataiként ezeket a „kapcsoltan ismétlődő” szakaszokat; soha nem lettek dekódolva és feltehetőleg soha semmiféle hasznosat nem csináltak. (Mármint abban a tekintetben, hogy soha nem játszottak szerepet az állat fennmaradásában. Az önző gén szempontjából, ahogy azt egy másik könyvemben már kifejtettem, önmagának természetesen minden hulladék DNS „hasznos”, amennyiben sikerül fennmaradnia és további másolatokat készítenie magáról. Ez az elképzelés terjedt el az „önző gén” elnevezéssel, ami nem túl szerencsés, mivel az eredetileg általam használt értelemben a működő DNS is önző. Ez okból egyesek inkább „ultraönző DNS”-nek nevezik.)

Nos, akármi legyen is az oka, a hulladék DNS létezik, méghozzá elképesztő mennyiségben. Mivel nincs feladata, szabadon változik. A hasznos gének, mint láttuk, nem változhatnak kedvük szerint. A legtöbb változás (mutáció) rontja a gén működésének hatékonyságát, ennek következtében az állat elpusztul és nem adódhat tovább a gén. Erről szól a darwini természetes kiválasztódás. Ám a hulladék DNS-ben jelentkező mutációkat (ami nagyrészt az ismétlések számában megmutatkozó változásából áll egy adott régióban) nem veszi észre a természetes kiválasztódás. Így aztán, ha körülnézünk a népségben, a hulladék régiókban felfedezhető variációk döntő többsége hasznos az ujjlenyomat-készítés szempontjából. Mint látni fogjuk, a kapcsolt ismétlések különösen hasznosak, mert az ismétlések számának tekintetében variálódnak, ezt a feltűnő sajátosságot pedig könnyű mérni.

Ha nem így állna a helyzet, a törvényszéki genetikusnak át kellene tekintenie a pontos bázisszekvenciát a mintarégióban. Ezt persze meg lehet tenni, a DNS szekventálása azonban időigényes. A kapcsolt ismétlések ügyes lerövidítéseket tesznek lehetővé, ahogy azt Alec Jeffreys (University of Leicester) feltételezte, akit helytállóan tekintenek a DNS-ujjlenyomat-készítés atyjának (és immár Sir Alec). Különböző embereknek különböző számúak a kapcsolt ismétléseik bizonyos helyeken. Nálam egy zagyva kód 147 ismétlődése fordulhat elő egy bizonyos helyen, míg az olvasó genomjában mondjuk 87-szer ismétlődik a megfelelő helyen ugyanaz az értelmetlenség. Egy másik régióban 24 ismétlésem lehet ugyanabból a zagyvaságból, míg az olvasónak 38. Mindegyikünknek van egy számok sorozatából álló

jellegzetes ujjlenyomata. Az ujjlenyomatunkban ezen számok mindegyike azt fejezi ki, hogy hányszor ismétlődik egy bizonyos értelmetlenség-szakasz a genomunkban.

Kapcsolt ismétléseinket a szüleinktől kapjuk. Mindannyiunknak 46 kromoszómája van, 23 az apánktól, 23 homológ, vagy megegyező kromoszómánk az anyánktól. Ezek a kromoszómák a kapcsolt ismétlésekkel együtt teljesek. Az apánk az apai nagyszüleinktől kapta a 46 kromoszómáját, de nem adta tovább nekünk a maguk teljességében. Az ő minden egyes anyai kromoszómája összekapcsolódott a megfelelő számú apai kromoszómával és biteket cseréltek, mielőtt ez a vegyes kromoszóma a spermába került volna, mely hozzájárult a világra jövetelünkhöz. Minden sperma és minden pete egyedülálló, mivel az anyai és apai kromoszómák különböző keveréke. A keveredési folyamat a kapcsoltan ismétlődő szekciókat is érinti, akárcsak a kromoszómák értelmes szakaszait. Így a kapcsolt ismétléseink jellegzetes száma ugyanúgy öröklött, ahogy a szemünk színe és a hajunk göndörsége. Azzal a különbséggel, hogy míg a szemünk színe az apai és az anyai génjeink egyfajta közös döntésének az eredménye, a kapcsolt ismétlések száma magukat a kromoszómákat jellemzi, tehát az apai és az anyai kromoszómák esetében külön-külön mérhetők. Bármely bizonyos kapcsoltan ismétlődő régióban megjelenik az apai kromoszóma ismétlődési száma és az anyai kromoszóma ismétlődési száma. A kromoszómák időről időre mutálódnak – véletlenszerű változást szenvednek – a kapcsolt ismétlődések számában. Vagy egy bizonyos ilyen szakasz kétéhasadhat a kromoszóma *crossing-over* (átkereszteződés) révén. Ezért mutat akkora változatosságot a népességben a kapcsolt ismétlődések száma. A kapcsolt ismétlődések számának a szépsége abban rejlik, hogy könnyű mérni. Nem kell a kódolt DNS-bázisok részletes szekvenálásával bajlódni. Kicsit ahhoz hasonló, mintha a súlyukat mérnénk. Vagy – hogy egy idevágó analógiával éljünk – szétterítjük, ahogy a prizma kiteríti a színes sávokat. Ennek egyik módját ki is fejtem.

Először bizonyos előkészületeket kell tenni. Úgynevezett DNS-próbát készítünk – mely egy rövid, a kérdéses értelmetlen szekvenciával pontosan azonos DNS-szekvencia – úgy 20 nukleotid bázis hosszúságig. Manapság ebben nincs semmi nehézség. Számos eljárás ismert rá. Akár vásárolhatunk is olyan gépet, amelyik rövid

DNS-szekvenciákat állít elő, ahogy billentyűzetet is vásárolhatunk, amellyel aztán bármilyen kívánt betűsorozatot beüthögethetünk egy papírszalagra. Miután a szintetizáló gépet radioaktív anyagokkal látjuk el, radioaktívak lesznek a próbák, amivel mintegy megcímkézzük őket, és később könnyen kiválogathatjuk, minthogy a természetes DNS nem radioaktív, így minden nehézség nélkül megkülönböztethető.

A radioaktív próbáknak tehát a kezünk ügyében kell lenniük, mielőtt a Jeffrey-féle ujjlenyomat készítésébe kezdünk. A másik alapvető szerszám a „restrikciós enzim”. A restrikciós enzimek kémiai eszközök, amelyek különleges tudománya a DNS meghatározott helyeken történő szétvágása. Például az egyik restrikciós enzim végigkeresheti a kromoszóma hosszát, amíg megtalálja a GAATTC sorozatot (C, G, T és A a DNS-ábécé négy betűje; a Föld valamennyi fájának valamennyi génje csak e négy betű különböző sorozatainak az összeállításában különbözik egymástól). Egy másik restrikciós enzim csak ott vágja el a DNS-t, ahol GCGGCCGC szakaszt talál. Több különböző restrikciós enzim lapul a molekuláris biológus szerszámoszládjában. Ezek baktériumokból származnak, ahol védelmi célokat szolgálnak. Minden egyes restrikciós enzimnek megvan a maga egyedülálló sorozata, melyre rátelepül és elvágja.

Most egy olyan restrikciós enzimet kell kiválasztani, amelyiknek a keresősorozata hiányzik a vizsgálandó ismétlődésekből. Ilyenformán a DNS teljes hossza rövid szakaszokra darabolódik, amelyeket a restrikciós enzim jellegzetes keresősorozata köt össze. Természetesen nem minden szakasz áll majd az általunk keresett ismétlődésekből. Mindenféle más DNS-szakaszok kötődnek össze véletlenszerűen kiválasztott restrikciós enzim ollójának kedvenc keresősorozatával. Némelyikük azonban tartalmazni fogja a kapcsolt ismétléseket és minden egyes kivágott szakasz hosszát nagyrészt a benne szereplő ismétlődések száma fogja meghatározni. Ha nekem 147 ismétlődésem van egy bizonyos DNS-zagyvaságból, ahol valaki másnak csak 83, akkor az én kinyisszantott töredékeim ennek megfelelően hosszabbak lesznek a másik ember kinyisszantott töredékeinél.

Ezeket a jellegzetes hosszúságokat a molekuláris biológiában jó ideje ismert technikával mérhetjük; ezt emlegettem korábban, mint amellyel úgy szétteríthetjük a töredékeket, mint Newton a fehér fényt. A standard DNS-„prizma” egy zselével töltött hosszú cső, amelyen

elektromos áram halad át. A cső egyik végébe kivágott és összekeveredett DNS-szakaszokat tartalmazó oldatot töltünk. A DNS-töredékek elektromosan vonzódnak az oszlop negatív túlsó végéhez, és folyamatosan haladnak a zselében, de nem egyforma sebességgel. Mint ahogy az alacsony frekvenciájú fény halad át az üvegen, úgy a DNS kis töredékei is gyorsabban haladnak a nagyobbaknál. Ennek eredményeként, amikor a megfelelő idő elteltével kikapcsoljuk az elektromos áramot, a töredékek szétterülnek az oszlop mentén – akárcsak Newton színei a prizmat elhagyva, mivel az üveg a spektrum kék végéből könnyebben lassítja le a fényt, mint a vörös végéből.

Csakhowy még mindig nem látjuk a töredékeket. A zseléoszlop véges-végig egyformának látszik. Semmi nem jelzi, hogy a teljes hosszában ott bujkálnak elkülönült sávokban a különböző méretű DNS-töredékek, és semmi nem jelzi, melyik sáv melyik ismétlődési változatot tartalmazza. Hogyan tehetjük láthatóvá? Itt jutnak szerephez a radioaktív próbák.

A láthatóvá tételhez egy másik szeletelő technikát alkalmazunk, a Southern-blot módszert, amely feltalálójáról, Edward Southernről kapta a nevét. (Kissé zavarba ejtő, hogy más eljárásokat Northern-blot módszernek illetve Western-blot módszernek neveznek, de semmiféle Mr. Northern vagy Mr. Western nem kötődik hozzájuk.) A zseléoszlopot eltávolítjuk a csőből, és egy itatóspapírra fektetjük. A folyadék, benne a DNS-töredékekkel, kiszivárog a zseléből az itatóspapírba. Az itatóspapíron előzőleg a minket érdeklő ismétlődések számára előkészített nagy mennyiségű radioaktív próbát helyeztünk el. A próbamolekulák a szokásos DNS-szabályokat követve szépen párba állnak a kapcsolt ismétlődésekben található párjukkal. A fölösleges próbamolekulákat lemoszák. Most csak a zseléből kiszivárgott ellenpárjaikkal összekapcsolódott radioaktív próbamolekulák maradtak az itatóson. Az itatós fölé ezután röntgenfilmet helyeznek, amelyen nyomot hagy a radioaktivitás. Amikor tehát előhívjuk a filmet, egy sor sötét sáv tűnik elő rajta – egy újabb vonalkód. A Southern-bloton olvasható végső vonalkódmintázat az adott személy ujjlenyomata, olyasféléképpen, ahogy a Fraunhofer-vonalak az adott csillag „ujjlenyomatát” jelenítik meg, illetve a formáns vonalak egy adott magánhangzó „ujjlenyomatát” jelentik: a vérből nyert vonalkód voltaképpen meglepően emlékeztet a Fraunhofer-vonalakra.

A DNS-ujjlenyomat készítésének részletei meglehetősen bonyolultak és nem áll szándékomban a mélyükre hatolni. Az egyik stratégia lehet például, hogy a DNS-t egyszerre rengeteg próbával keverjük. Ekkor vonalkódsávok tömegét kapjuk; szélsőséges esetekben a sávok egymásba olvadnak, és egyetlen jókora, minden lehetséges méretű DNS-töredéket megjelenítő maszathoz jutunk. Ez azonosítási célra alkalmatlan. A másik véglet, hogy egyszerre csak egy próbát használnak, egyetlen genetikai lokuszra összpontosítva. Ez az „egylokuszos ujjlenyomat-készítés” a Fraunhofer-vonalakhoz hasonló szép tiszta vonalakat eredményez. Ám személyenként mindössze egy-két vonalat. Mindazonáltal így is kicsi az emberek összekeverésének az esélye, mivel az említett jellegzetességek nem olyanok, mint a „barna szem kontra kék szem”, ami rengeteg emberre ráillik. Az ezúttal kimutatott sajátosság – idézzük csak fel – a kapcsoltan ismétlődő töredékek hosszúsága. A lehetséges hosszúságok száma nagyon nagy, így akár még az egylokuszos ujjlenyomatot is egészen jól alkalmazhatjuk azonosításra. De nem *elég* jó, a gyakorlatban tehát a törvényszéki DNS-ujjlenyomat-készítők rendszerint fél tucat külön próbát használnak. A hiba esélye így valóban roppant alacsony. De még beszélnünk kell arról, hogy pontosan *milyen* alacsony, hiszen emberek élete vagy szabadsága függhet tőle.

Először is térjünk vissza a pozitív és a negatív típusú tévedések közötti különbségtételünkhöz. A DNS-bizonyíték tisztázhat egy ártatlan gyanúsítottat, vagy éppen egyenesen a bűnösre mutathat. Tegyük fel, hogy spermamintát vettek egy erőszak áldozatául esett nő hüvelyéből. Bizonyos körülmények folytán a rendőrség letartóztat egy férfit, a gyanúsítottat. A gyanúsítottól vérmintát vesznek, és az összevetik a spermamintával, az egylokuszos módszerrel. Ha a kettő különböző, az tisztázza a gyanúsítottat. Semmi szükség egy másik lokusz megvizsgálására.

De mi történik, ha ezen az egy lokuszon a gyanúsított vére megegyezik a spermamintával? Tegyük fel, hogy mindkettő ugyanazt a vonalkódmintát mutatja, amelyet nevezzünk *P* mintának. Ez összefér a gyanúsított bűnösségével, de még nem bizonyítja. A *P* minta véletlenül is lehet azonos az igazi bűnösével. Most tehát további lokuszokat is meg kell vizsgálnunk. Ha még mindig egyeznek a minták, mekkora eséllyel lehet véletlen az egybeesés – mekkora a

pozitívan téves azonosítás esélye? Itt kell a népesség egészét figyelembe vevő statisztikai gondolkodáshoz folyamodnunk. Elméletileg, ha az egész népességből veszünk mintát, akkor vérvétellel ki kell tudnunk számítani, mekkora a valószínűsége, hogy két ember mintája az érintett lokuszok mindegyikén azonos legyen. De a populáció melyik szekciójából vegyük a mintánkat?

Emlékszünk az egy szakállasra az ódivatú felsorakoztatásos azonosításon? Íme, a molekuláris megfelelője. Tegyük fel, hogy az egész világon egymillió ember közül csak egy mutatja a *P* mintát. Ez azt jelenti, hogy egy az egymillióhoz az esélye a gyanúsított téves elítélésének? Szó sincs róla. A gyanúsított tartozhat olyan kisebbséghez, melynek ősei a világ egy bizonyos részéről vándoroltak be. A helyi populációk gyakran mutatnak bizonyos közös genetikai sajátosságokat, azon egyszerű okból, hogy egyazon ősök leszármazottai. A 2.5 millió dél-afrikai holland vagy afrikander többsége az 1652-ben Hollandiából egy hajón érkezett emigránsok leszármazottja. Ennek a genetikai keresztmetszetnek a szűkösségét jól jelzi, hogy vagy egymillióan húsz eredeti telepes vezetéknevét viselik. A világ népességével összevetve az afrikanderek körében jóval nagyobb gyakorisággal jelentkeznek bizonyos genetikai betegségek. Az egyik becslés szerint hozzávetőleg nyolcezernél (egy a háromszázhoz) fedezhető fel a *porphyria variegata* vérállapota, ami a világ többi részén sokkal ritkább. Ennek nyilván az az oka, hogy mindannyian a hajón utazó házaspár, Gerrit Jansz és Ariaantje Jacobs leszármazottai, bár nem tudni, melyikük hordozta ennek az állapotnak a (domináns) génjét. (A nő annak a nyolc rotterdami árvaházi lánynak az egyike volt, akiket azért raktak hajóra, hogy a telepéseknek legyen feleségük.) Ezt a rendellenességet a modern orvostudomány beköszönté előtt észre sem vették, mert a legjellegzetesebb tünete a halálos reakció egyes korszerű érzéstelenítőkre. (A dél-afrikai kórházakban manapság rutinszerűen megvizsgálják érzéstelenítő beadása előtt, hogy jelen van-e ez a gén.) Más populációk körében ugyanezen okból tapasztalhatjuk sokszor más gének helyileg magas előfordulási arányát. Hipotetikus bírósági ügyünkhöz visszakanyarodva, ha a gyanúsított és az igazi elkövető egyaránt ugyanahhoz a kisebbségi csoporthoz tartozik, az egyezés valószínűségének jóval nagyobb az esélye, mintha a populáció egészét tekintő becslésekre támaszkodnánk. A lényeg, hogy a *P* minta

gyakorisága az emberek összességében nem releváns. Ismernünk kell a P minta gyakoriságát abban a csoportban, ahová a gyanúsított tartozik.

Ez semmi újat nem igényel. Már láttunk hasonló veszélyt a szokásos felsorakoztatásos azonosítási eljárás esetén. Ha az első számú gyanúsított kínai, nem megoldás egy nagyrészt nyugatiakból álló sorba állítani. És az ellopott javak azonosításához is ugyanaz a fajta statisztikai gondolatmenet szükséges, mint a személyek esetében. Már említettem esküdti működésemet az oxfordi bíróságon. Három esetemből az egyiket azzal vádoltak egy férfit, hogy három érmét ellopott a rivális numizmatikustól. A vádlottat három olyan éremmel a birtokában csípték rajta, amelyek megegyeztek az eltűntekkel. A vádló méltó hévvel ecsetelte a helyzetet:

Esküdt hölgyek és urak, hihetjük-e komolyan, hogy három érme, pontosan ugyanolyan típusú, mint a három hiányzó érme, merő véletlenségből kerül elő az ellenlábas gyűjtő házából? Közlöm önökkel, hogy ilyen fantasztikus egybeesést nem nyel le szó nélkül az ember.

Az esküdtek nem tehetnek fel keresztkérdéseket. Ez a védőügyvéd kötelessége, aki bár jogilag képzett és ékesszóló volt, nem konyított a vádlónál többet a valószínűségelmélethez. Szívesen vettem volna, ha valahogy efféleképp szólal fel:

Bíró úr, nem tudjuk, mennyire nehéz lenyelni ezt az egybeesést, mivel tanult barátom nem látott el minket semmiféle adattal ennek a három érmének a ritkaságát illetve gyakoriságát illetően a populáció egészében. Ha ez a három érme olyan ritka, hogy az ország minden száz gyűjtője közül csak egynek van egyetlenegy a tulajdonában, akkor a vádló helyesen érvelt, hiszen védecemet háromnak a birtokában fogták el. Ha viszont ezek az érmék olyan közönségesek, mint a homok, akkor nincs elegendő bizonyíték a bűnösnek nyilvánításához. (Szélsőséges esetben az e pillanatban a zsebemben lapuló három érme, mindhárom törvényes fizetőeszköz, valószínűleg ugyanolyan, mint a három érme méltóságod zsebében.)

Én csupán azt hiányolom, hogy ezeknek a jogilag oly kiművelt

elméknek egyikében sem merült fel, hogy még *megkérdezni* is lényeges, mennyire ritka ez a három érme. Az ügyvédek összeadni könnyedén tudnak (egyszer kaptam egy ügyvédi számlát, melynek az utolsó tétele így hangzott: „Az e számla kiállítására fordított idő”), de a valószínűség-elmélet egészen másik kérdés.

Gondolom, az érmék valóban ritkák voltak. Ellenkező esetben a tolvaj nem keveredett volna olyan komoly bajba és nem került volna sor bűnvádi eljárásra. De ezt világosan az esküdtszék tagjainak tudomására kellett volna hozni. Emlékszem, fel is merült a kérdés az esküdtek között, és szerettük volna, ha visszamehetnénk a tárgyalóterembe tisztázni ezt. Nos, az ennek megfelelő kérdés ugyanolyan jelentőségű a DNS-bizonyíték esetében, és semmiképp sem mulasztják el feltenni. Szerencsére, elegendő számú genetikai lokusz vizsgálata esetén a téves azonosítás esélye – még kisebbségi csoportok tagjai, akár családtagok körében is (az egyetétjű ikrek kivételével) – valóban roppant kicsire csökkenthető, sokkal kisebbre, mint amilyen bármely más azonosítási módszerrel elérhető, beleértve a szemtanúk vallomására alapozott bizonyítékot is.

Az persze még mindig vita kérdése lehet, pontosan milyen kicsi is a hiba fennmaradó valószínűsége. És most jutunk el a DNS elleni kifogások harmadik kategóriájához, a közönséges ostobasághoz. Az ügyvédek azonnal lecsapnak, ha nézetkülönbségen kapják a szakértő tanúkat. Ha két genetikus idéznek be a tanúk padjára, és felszólítják őket, hogy becsüljék meg a téves azonosítás valószínűségét a DNS-bizonyíték esetében, az első mondhat egymilliót az egyhez, míg a másik csak százezret az egyhez. „AHA! No lám! A szakértők nem értenek egyet! Esküdt hölgyek, esküdt urak, mennyire bízhatunk meg a tudományos módszerekben, ha maguk a szakértők is tízszeres különbséggel tudják csak megadni az egyik tényezőt? Nyilvánvalóan nem tehetünk mást, mint hogy szőröstül-bőröstül elvetjük az egész bizonyítékot.”

De ezekben az esetekben, bár a genetikusok hajlanak különbözőképp súlyozni az olyan megmérhetetlen tényezőket, mint mondjuk a faji alcsoport hatása, a véleménykülönbségük arra korlátozódik, hogy a téves azonosítás esélye hiper-megacsillagászatian alacsony, vagy egyszerűen csak csillagászatian. Az esély semmiképpen sem olyan szokásosan alacsony, mint ezer az egyhez, hanem akár milliárdos szintekről is beszélhetünk. A téves

azonosítás esélye még a legóvatosabb becslések szerint is mérhetetlenül kisebb, mint a szokásos felsorakoztatásos azonosítás esetében. „Bíró úr, vaskos méltánytalanság az ügyfelemmel szemben egy mindössze húsz embert felvonultató azonosítás. Legalább egymillió emberből álló sort követelek!”

Ha szakértő statisztikusokat felszólítanak, hogy tegyenek tanúvallomást, milyen valószínűséggel hozhat téves azonosítást egy hagyományos, 20 emberes felsorakoztatásos azonosítás, ugyancsak nem jutnának közös nevezőre. Egyesek a legegyszerűbb választ adnák, azaz, hogy egy a húszhoz. Keresztkérdések hatására aztán helyesbítenének, hogy kevesebb mint húszhoz, attól függően, milyen változatosság mutatkozik a sorban a gyanúsított sajátosságai vonatkozásában (erről szólt az egy szakállas példája). De abban valamennyi statisztikus egyetértene, hogy a teljesen véletlen téves azonosítás esélye *legalább* egy a húszhoz. Ám az ügyvédek és a bírák rendszerint mélységes megnyugvással fogadják azokat a szokásos felsorakoztatásos azonosításokat, melyekben a gyanúsított egy mindössze húsz emberből álló sorban áll.

Az *Independent* című újság, miután beszámolt arról, hogy egy ügyben a londoni központi büntetőtörvényszéken, az Old Baileyn elvetették a DNS-bizonyítékot, az 1992. december 12-i számában megjövendölte a fellebbezések rákövetkező áradatát. Tudniillik mindazok, akik jelenleg a DNS-ujjlenyomaton alapuló azonosítás miatt senyvednek börtönben, most bátran fellebbezhetnek a precedensre hivatkozva. De még annál is nagyobb lehet az áradat, ahogy az *Independent* képzelet, mert a DNS-bizonyítéknak ez az elvetése valóban precedensértékű, és a kétely árnyékát vetíti *minden olyan ügyre*, ahol az esély a véletlen tévedésre nagyobb, mint egy az ezerhez. Ha egy szemtanú azt állítja, „látott” valakit és azonosította a sorban, azt az ügyvédek és a bírák elégedetten fogadják. De a téves azonosítás esélye jóval nagyobb, ha az emberi szem adja a bizonyítékot, mint amikor genetikai ujjlenyomattal történt az azonosítás. Ha komolyan vesszük a precedenst, az szükségképpen azt jelentené, hogy az ország minden elítélt bűnözője kitűnő indokot talál a fellebbezésre a téves azonosítás alapján. Még ha a gyanúsítottat többtucatnyi szemtanú látta is füstölgő csövű puskával a kezében, a tévedés esélye feltétlenül nagyobb, mint egy az egymillióhoz.

Amerikában nemrégiben nagy port vert fel az az ügy, amelyben az

esküdszéket módszeresen megtévesztették a DNS-bizonyítékkal kapcsolatban, de a valószínűség-elmélet tökéletesen kifacsart alkalmazásáról is hírhedtté vált. A vádlottat, akiről köztudott volt, hogy veri a feleségét, azért állították bíróság elé, mert végül megölte. A tekintélyes felkészültségű védelem egyik tagja, egy harvardi jogászprofesszor, a következő érveléssel állt elő: a statisztikák tanúsága szerint ezer olyan férfi közül, aki veri a feleségét, csak egy folytatja addig a verést, amíg meg nem öli. A következtetés, amit minden esküdszéknek le kell vonnia (valójában el is várták tőlük, hogy levonják), hogy a gyilkossági ügyben ne vegyék figyelembe a verést. Hát nem feketén-fehéren kimutatja a statisztika, hogy a feleségüket verő férfiak igen csekély valószínűséggel válnak a feleségük gyilkosává? Nagy tévedés. Doktor I. J. Hood statisztikaprofesszor a *Nature* tudományos folyóirat 1995. júniusi számában leplezte le az érvelés hamisságát. A védőügyvéd okoskodása ugyanis nem veszi tekintetbe azt a további tény, hogy a feleséggyilkosságot ritkán vetik össze statisztikailag a feleségveréssel. Márpedig ha a feleségek azon kisebbségét vesszük, akiket ver a férjük és megöl *valaki*, akkor a gyilkos nagyon nagy valószínűséggel a férj lesz. Ez a helytálló módja az esély kiszámításának, minthogy a szóban forgó esetben a szerencsétlen feleséget megölte *valaki*, miután verte a férje.

Nem kétséges, hogy az ügyvédek, bírák és nyomozók jó hasznát vennék, ha jobban értenének a valószínűség-elmülethez. Bizonyos esetekben azonban az ember nem tud szabadulni a gyanútól, hogy nagyon is tisztában vannak vele, és csak színlelik a hozzá nem értést. Nem tudom, így történt-e az említett esetben is. Ugyanezt a gyanút veti fel doktor Theodore Dalrymple, a (londoni) *Spectator* csípős nyelvű szakírója ebben a jellegzetesen szarkasztikus beszámolójában 1995. január 7-ről, amikor beidézték szakértő tanúnak:

...ez az általam is ismert gazdag és sikeres ember lenyelt 200 tablettát és benyakalt egy üveg rumot. A koroner megkérdezte, véleményem szerint bevehette-e véletlenül. Már készültem egy harsány és határozott nemmel válaszolni, amikor a koroner pontosította a kérdést: volt-e akár egy az egymillióhoz esélye is annak, hogy véletlenül vette be? „Ööö, nos, azt hiszem, igen” – feleltem. A koroner (és a férfi családja) megkönnyebbült, kihirdették az ítéletet, a család

150 000 fonttal gazdagabb lett és egy biztosító társaság ugyanekkora összeggel szegényebb, legalábbis, amíg be nem folyik a számlájukra a biztosítási díjam.

A DNS-ujjlenyomat készítésének hatékonysága a tudomány azon általános hatékonyságának egyik megnyilvánulása, amiért egyesek tartanak tőle. Ne növeljük az ilyen félelmeket azzal, hogy túl sokat követelünk vagy túlságosan gyorsan próbálunk haladni. Hadd fejezzem be ezt a meglehetősen gyakorlati jellegű fejezetet azzal, hogy visszatérünk a társadalomhoz, valamint egy fontos és nehéz döntéshez, amelyet együttesen kell meghoznunk. Szokásos körülmények között óvakodnék a helyi jellegű ügyek felvetésétől, attól tartván, hogy elavul, vagy szűklátókörűségről árulkodik, de sok országban egyre erősebben foglalkoznak az országos DNS-adatbázis kérdésével, mely a nem is túl távoli jövőben bizonyosan életővé válik.

Elméletileg lehetséges volna felállítani egy országos adatbázist, ahol minden férfi, nő és gyerek DNS-szekvenciáit nyilvántartják. Aztán valahányszor vér-, sperma-, nyálka-, bőr vagy hajmintát találnak egy bűntett helyszínén, a rendőrségnek fölösleges más eszközökkel behatárolnia a gyanúsítottat, mielőtt összevetné a DNS-ét a mintával. Egyszerűen elvégeznének az országos adatbázisban egy számítógépes keresést. Már maga a felvetés is élénk tiltakozást vált ki. Ez a személyes szabadság megsértése. Ez a rendőrállam kiépítéséhez vezető első lépés. Engem mindig is zavarba ejtett kissé, miért reagálnak az emberek *automatikusan* ilyen erősen az efféle javaslatokra. Ha túlfűtött érzelmektől mentesen veszem szemügyre a kérdést, azt hiszem, mindent összevetve, ellene foglalkozni állást. De szó sincs róla, hogy kapásból elvetném, anélkül hogy legalább egy pillantást vetnék a mellette és az ellene szóló érvekre. Vegyük tehát ezeket sorra.

Ha az információt garantáltan csak bűnözők elfogására használják, nem könnyű belátni, miért tiltakozna ellene bárki is a bűnözőkön kívül. Tisztában vagyok vele, hogy ennek ellenére a polgári szabadságjogok rengeteg aktivistája fogja általánosságban elvetni. De őszintén nem értem, miért, hacsak nem akarjuk a bűnözők azon jogát védeni, hogy bűncselekményeket hajthassanak végre a leleplezés veszélye nélkül. Ugyancsak nem látok alapos indokot a szokásos festékpárnás ujjlenyomatok országos adatbázisa ellen (kivéve azt a

gyakorlati indokot, hogy, a DNS-sel ellentétben, a konvencionális ujjenyomatok között nehéz automatikus számítógépes keresést végezni). A bűnözés súlyos probléma, mely mindenkinek csökkenti az életminőségét, kivéve a bűnözőkét (de talán még az övékét is; feltehetőleg semmi akadálya, hogy egy betörő házáat kirabolja egy másik betörő). Ha az országos DNS-adatbázis jelentősen segítené a rendőrséget a bűnözők elfogásában, sokkal jobbakká kell lenniük az ellenvetéseknek, hogy az előnyöknél többet nyomjanak a latban. Kezdjük tehát egy nagyon fontos intelemmel. Egy dolog használni a DNS-bizonyítékot vagy bármilyen másfajta tömeges átvilágítással járó azonosítási eljárást valamilyen gyanú alátámasztására, melyre a rendőrség már eljutott más módszerekkel. Egészen másik dolog azonban arra használni, hogy bárkit letartóztassanak az országban, aki azonosítható a minta alapján. Ha fennáll egy bizonyos alacsony valószínűsége a *véletlen* hasonlóságnak mondjuk két spermaminta és egy ártatlan személy vére között, annak a valószínűsége, hogy ezt a személyt ettől független alapokon is tévesen fogják gyanúsítani, nyilvánvalóan sokkal alacsonyabb. Így az adatbázisban való egyszerű keresés, majd a mintának megfelelő személy letartóztatása sokkal nagyobb valószínűséggel vezet igazságtalansághoz, mint az először más alapokon nyugvó gyanút megkövetelő rendszer. Ha egy Edinburghben történt bűncselekmény helyszínéről vett minta történetesen megegyezik az én DNS-emmel, feljogosítja-e a rendőrséget, hogy betörjön oxfordi otthonomba és minden egyéb bizonyíték híján letartóztasson? Nem hiszem; de érdemes megemlíteni, hogy a rendőrség máris valami hasonlót művel az arcvonások esetében, amikor kiadnak az országos lapoknak egy fantomképet vagy egy tanú által készített pillanatfelvételt, és az egész országban felszólítják a lakosságot, hogy telefonáljanak, ha „felismerik”. Ez esetben is csínján kellene bánnunk azzal a természetes hajlandóságunkkal, hogy vak bizalommal minden más azonosítási eljárás fölé helyezzük az arcfelismerést.

A bűnügyeket félretéve azzal a veszéllyel is számolnunk kell, hogy az országos DNS-adatbázis információi esetleg rossz kezekbe kerülnek. Úgy értem, azoknak a kezébe, akik nem bűnözők elfogására kívánják használni, hanem más, például egészségügyi biztosítással vagy zsarolással kapcsolatos célokra. Ezek a méltánylandó érvek kellőképp indokolják, miért nem kívánhatják az emberek – bűnözési

szándék nélkül sem –, hogy ismert legyen a DNS-profiljuk, és nekem az a meglátásom, hogy tiszteletben kell tartanunk a magánéletüket. Például jelentős számú személy úgy véli, hogy egy bizonyos gyermek apja, holott nem az. Ugyanígy jelentős számú gyermek tart valakit az igazi apjának, aki nem az. Aki hozzáférne az országos DNS-adatbázishoz, az világgá kürtölhetné az igazságot, amit érzelmi szenvedés, tönkrement házasságok, idegösszeroppanás, zsarolás, vagy még súlyosabb következmény kísérne. Bizonyára akadnak olyanok, akik szerint az igazságnak, legyen az bármilyen fájdalmas is, mindig napfényre kell kerülnie, szerintem azonban jól alátámasztja az előbbi érvelést, hogy az emberi boldogság végösszege nem fokozható azzal, ha hirtelen mindenkiről kitudódna az igazi apasága.

És akkor még nem beszéltünk az orvosi és biztosítási ügyekről. Az egész életbiztosítási üzletág azon alapul, hogy nem tudjuk pontosan megjósolni, mikor hal meg valaki. Mint Sir Arthur Eddington mondta: „Az emberi élet közmondásosan bizonytalan: kevés dolog biztosabb, mint az életbiztosítási társaság fizetőképessége.” Mindannyian megfizetjük a biztosítási díjunkat. Akik később halnak meg a vártnál, azok fizetik ki a vártnál korábban meghaltakat (azaz az örököseiket). A biztosítótársaságok már készítik a statisztikai becsléseket, amelyek részben aláássák a rendszert azzal, hogy így nagyobb biztosítási díjjal terhelhetik meg a magas kockázatú ügyfeleket. Kiküldenek egy orvost, aki meghallgatja a szívünket, megméri a vérnyomásunkat és felméri a dohányzási és italozási szokásainkat. Ha a biztosítási matematikusok pontosan tudnák, mikor halunk meg, ellehetetlenülne az életbiztosítás. Elméletileg az országos DNS-adatbázis közelebb vinne minket ehhez a szerencsétlen végkifejlethez, amennyiben a biztosítási matematikusok rátennék a kezüket. Végző esetben odáig jutnánk, hogy csak egyetlen fajta halálnem, a szintiszta baleset kockázata ellen köthetnénk biztosítást.

Az álláskérelmeket vagy egyetemi felvételi kérelmeket elbírálni jogosult emberek is hasonlóképpen alkalmazhatnák, sokunk számára nemkívánatosnak tartott módon, a DNS-információt. Egyes munkaadók máris olyan kétes módszereket használnak, mint a grafológia (a kézírás elemzése, mint feltételezett tájékoztató a jellemről illetve a rátermettségről). A grafológiával ellentétben jó okkal hihetjük, hogy a DNS-információ valóban felhasználható a képességek megítélésére. Mégis azok nézetét osztom, akiket zavarna,

ha szelekciós testületek használnák a DNS-információt, főleg, ha titokban tennék.

A bármiféle országos adatbázissal szembeszegezett általános érvek egyike így hangzik: „Mi van, ha egy új Hitler kezébe kerül?” Az első pillantásra nem egészen világos, hogyan húzhatna hasznot egy gonosz kormányzat az emberekről szóló valódi információt tartalmazó adatbázisból. Hiszen ezek annyira járatosak a hamis információ használatában, mondhatnánk, miért kellene azzal vesződniük, hogy igazi információval éljenek vissza? Hitlerrel példázódva azonban emlékezzünk csak a zsidók és mások üldözésére. Bár nem igaz, hogy egy zsidó felismerhető a DNS-éről, bizonyos gének jellemzőek azokra emberekre, akiknek az ősei egy-egy meghatározott régiókból, mondjuk Közép-Európából erednek, és kimutatható statisztikai összefüggés bizonyos gének birtoklása és a zsidósághoz tartozás között. Nehezen vitatható, hogy ha Hitler rezsimjének országos DNS-adatbázis állt volna a rendelkezésére, a lehető legszörnyűbb módon éltek volna vissza vele.

Biztosíthatjuk-e a társadalmat a potenciális gonosztettek ellen, miközben megőrizzük a bűnözők elfogásához nyújtott segítség előnyét? Nézetem szerint nem lenne könnyű. Azzal védhetnénk a becsületes polgárokat a biztosítótársaságoktól és a munkaadóktól, hogy az országos adatbázist a genom nem kódoló részeire korlátozzuk, vagyis csak a genom kapcsoltam ismétlődő szakaszaira vonatkozna, nem pedig a meghatározott feladatot ellátó génekre. Ez megakadályozná a biztosítási matematikusokat, hogy kiszámítsák a várható élettartamunkat, továbbá a tehetséges fejvadászokat a képességeink felmérésében. Az ellen azonban semmivel nem tudjuk megvédeni magunkat, hogy kiderítsék (vagy zsarolók derítsék ki) az igazságot olyan leszármazási kérdésekről, amelyeket inkább nem akarunk tudni. Épp ellenkezőleg. Mikor Jozef Mengele csontjait azonosították a fia véréből, az teljes egészében a DNS kapcsoltan ismétlődő szekvenciáin alapult. Nemigen látok megfelelő súlyú választ erre az ellenvetésre, legfeljebb, hogy a DNS-vizsgálat végrehajtásának könnyebbé válásával bármely esetben egyre könnyebb lesz kideríteni az apaságot: ha egy férfi úgy gyanítja, hogy a gyereke valójában nem az övé, máris összevetheti a gyerek véré a magáéval. És ehhez nincs szükség országos adatbázisra.

Nemcsak a törvényszékek szorulnak sokszor tudományos segítségre, hanem a különféle vizsgálóbizottságok és más testületek is, amelyeknek ki kell deríteniük, mi történt egyes véletlenek vagy balesetek során. A tudósokat konkrét ügyekben idézik be szakértő tanúnak, hogy nyilatkozzanak a fémkifáradás szakmai részleteiről, a kergemarha-kór fertőzőségéről és így tovább. Majd, miután elmondják a szakvéleményüket, útjukra bocsátják őket, hogy a továbbiakban azok vegyék a kezükbe az ügyeket, akik a tényleges döntéshozatal komoly feladatát végzik. Más szóval, a tudósok jók a tények legaprólékosabb felderítésére, de mások, többnyire ügyvédek és bírák, felkészültebbek ezeknek a tényeknek az integrálására és arra, hogy javaslatot tegyenek a teendőkre. Legalábbis ezt sugallja a helyzet, ám ezzel szemben jól megalapozott érvelés szól amellett, hogy a tudományos gondolkodásmód nemcsak a részletek összegyűjtésében, hanem a végső döntés meghozatalában is értékes és követendő. Repülőgép-szerencsétlenség, vagy végzetes következményekkel járó tömegpánik (például footballstadionokban) esetén a tudós felkészültebben vezeti a vizsgálatot, mint a bíró, nem elsősorban az ismeretei, hanem a dolgok feltárásához és a döntéshozatalhoz alkalmazott módszerei miatt.

A DNS-ujjlenyomat-készítés esete arra utal, hogy az ügyvédek jobb ügyvédek lennének, a bírák jobb bírák, a parlamenti képviselők jobb képviselők és a polgárok jobb polgárok lennének, ha többet tudnának a tudományról, és főképp, ha úgy érvelnének, mint a tudósok. És nem csak azért, mert a tudósok többre értékelik az igazságot a peres ügy megnyerésénél. A bírák és a döntéshozók általában is jobb döntéseket hoznának, ha jobban értenének a statisztikai következtetés és a valószínűség-értékelés művészetéhez. Ezek jutnak ismét szerephez a következő két fejezetben, melyek a babonával és az úgynevezett parajelenségekkel foglalkoznak.

6. Kancsalul festett egek

*A hiszékenység az ember gyengéje, ám
a gyermek ereje.*

CHARLES LAMB: *Essays of Elia* (1823)

Erősen szomjúhozzuk a csodát; ezt a poétikus vágyunkat az igazi tudománynak kellene kielégítenie, többnyire azonban pillanatnyi érdekből eltérítenek a babonáság, a parajelenségek és az asztrológia szállítói. Az afféle zengő frázisok, mint „A Vízöntő korának Negyedik háza” vagy „a Neptunusz retrográd mozgásban van és a Nyilasba költözik” olyan hamisított romantikát árasztanak, amely a naivaknak és az arra fogékonyaknak csaknem megkülönböztethetetlen az autentikus tudományos költészettől: „Az univerzum minden képzeletet felülmúlóan gazdag”, írja például, Carl Sagan és Ann Druyan a *Shadows of Forgotten Ancestors*-ban (Elfejtett ősök árnyai, 1992); vagy ugyanebből a könyvből (miután leírja, hogyan sűrűsödött össze egy forgó korongból a Naprendszer): „A korongban ott fodrozódnak a lehetséges jövők.” Egy másik könyvében Carl Sagan megjegyezte:

Hogyan lehet, hogy alig akad olyan nagy vallás, amelyik a tudományra tekintve így szólt volna: „Hiszen ez jobb, mint gondoltuk! Az Univerzum sokkal nagyobb, mint ahogy a prófétáink mondták, nagyszerűbb, kifinomultabb, elegánsabb”? Ehelyett kijelentik: „Nem, nem, nem! Az én istenem egy kis istenke, és azt akarom, hogy az is maradjon.” Az a vallás, legyen akár régi, akár új, amelyik olyannak hangsúlyozza az Univerzum fenségességét, amilyennek a modern tudomány feltárja, a tisztelet és áhítat olyan tartalékjait mozgatná meg, amilyenről a hagyományos vallások nem is álmodozhatnak.

Pale Blue Dot (Halovány kék pont, 1995)

A hagyományos vallások manapság hanyatlóban vannak a nyugati világban, a helyüket azonban nem annyira a tudomány veszi át a maga világos látásmódú, fenséges kozmikus szemléletével, hanem a parajelenségek világa és az asztrológia. Az ember bízvást remélhette,

hogy minden évszázadok közül a tudományosan legsikeresebb huszadik évszázad végére a tudomány beépül a kultúránkba és esztétikai érzékünk végre felér a költészetéhez. Anélkül, hogy C. P. Snow pesszimizmusát kívánnám feltámasztani a század közepéről, kénytelen vagyok megállapítani, hogy ezek a remények nem váltak valóra. Az asztrológiai könyvek nagyobb példányszámban fogynak, mint az asztronómiaiak; a televízió széles utat nyit a médiumként és „tisztánlátóként” tetszelgő, másodvonalbeli szellemidézők ajtajáig. Ez a fejezet a babonáságot és a hiszékenységet vizsgálja, megpróbál magyarázatot találni rájuk és arra a könnyedségre, amellyel hasznat lehet húzni belőlük. A 7. fejezet kiáll az egyszerű statisztikai gondolkodás, mint a paranormális kórság ellenszere mellett. Kezdjük az asztrológiával.

1997. december 27-én Nagy-Britannia legolvasottabb országos napilapja, a *Daily Mail* az asztrológiának szentelte a címdoldalát, a következő főcímmel: „1998: A Vízöntő hajnala”. Az ember már-már hálát érez, amikor a cikk elismeri, hogy *nem a Hale-Bopp* üstökös volt Diana hercegnő halálának közvetlen oka. A lap remekül fizetett asztrológusa elmondja nekünk, hogy „a lassú mozgású, erős Neptunusz hasonlóan erős Plútóhoz” készül csatlakozni, miközben a Vízöntőbe költözik. Ez pedig drámai következményekkel fog járni:

...a Nap emelkedőben van. És az üstökösnek arra kell emlékeztetnie minket, hogy ez a Nap nem egy fizikai, hanem spirituális, pszichikai, belső Nap. Ilyenformán nem kényszerül engedelmeskedni a gravitáció törvényeinek. Sebesebben átlépheti a horizontot, ha elég ember áll készen a köszöntésére és a biztatására. És abban a pillanatban eloszlathatja a sötétséget, ahogy felbukkan.

Hogyan találhatják az emberek megnyerőnek ezt az értelmetlen sületlenséget, különösen a csillagászat révén elének táruló mindenség ellenében?

Egy holdtalan éjjel, amikor „hideg csillagok merednek” a szemlélő felé, és nincsenek felhők, csak a Tejút foltjai derengenek halványan, menjenek ki, távol az utcai fényektől, heveredjenek le a fűbe, és emeljék az égre a tekintetüket. Kétségkívül felfedezhetnek bizonyos konstellációkat, ezek mintája azonban nem jelent többet, mint egy beázásfolté a fürdőszoba plafonján. Vegyük hát észre, milyen

semmitmondó olyasmit kijelenteni, hogy a „Neptunusz a Vízöntőbe költözik”. A Vízöntő tőlünk különböző távolságra elhelyezkedő csillagok vegyes halmaza, amelyek semmiféle kapcsolatban nem állnak egymással, attól eltekintve, hogy egy (értelmetlen) mintát alkotnak, amikor egy bizonyos (nem különleges) helyről nézzük a Galaxisban. Egy-egy konstelláció egyáltalán nem valamiféle entitás, és nem olyasféle dolog, ahová a Neptunusz vagy bármi más értelmezhetően „beköltözhetne”.

Ráadásul a konstellációk alakja nem is tartós. Egymillió évvel ezelőtt a mi *Homo erectus* őseink egészen más konstellációkat láthattak éjszakánként (mindenféle fény zavarásától mentesen, legfeljebb a faj ragyogó felfedezése, a tábortűz világított). Egymillió év múlva pedig megint csak másféle alakzatokat fognak látni az égen a leszármazottaink, és már azt is pontosan tudjuk, hogy azok hogyan fognak kinézni. Ilyen jellegű részletes jóslatokba az asztronómusok, és nem az asztrológusok bocsátkoznak. És – ugyancsak ellentétben az asztrológiai jóvendölésekkel – helytállóak is lesznek.

Tekintettel a fény véges sebességére, ha ma az Andromeda nagy galaxisát nézzük, azt látjuk, milyen volt 2,3 millió évvel ezelőtt, amikor az *Australopithecus* cserkészett élelem után az afrikai bozótosban. A letűnt időkbe pillantunk vissza. Fordítsuk el a tekintetünket néhány fokkal a legközelebbi fényes csillagig az Andromeda konstellációban, és a Mirach-ot fogjuk látni, de sokkal közelebb a mi korunkhoz, olyannak, amilyen a Wall Street összeomlásakor volt. A Nap, amikor a színét és az alakját szemléljük, az alig nyolc perccel korábbi állapotát mutatja. De irányítsunk egy nagy teleszkópot a Sombbrero galaxisra, és milliárdnyi napot láthatunk, amilyenek akkor voltak, amikor farokkal megáldott elődeink félénken kukucskáltak ki a lombkorona rései közül, és India ütközése Ázsiával a magasba gyűrte a Himaláját. Egy nagyobb léptékű összeütközés két galaxis között a Stephan's Quintetben azokat az idöket idézi, amikor a Földön felvirradt a dinoszauruszok kora és éppen csak kihaltak a trilobiták.

Nevezzük meg bármelyik eseményt a történelemben, és találni fogunk egy csillagot, amelynek a fénye egy pillantást kínál az esemény évében történetekre. Valahol fent az éjszakai égbolton a személyes születési csillagunkat is megtaláljuk (feltéve, hogy nem egészen kicsi gyerekek vagyunk). A fénye a születési évünket hirdető

termonukleáris izzás. Alapjában véve meglehetősen kevés ilyen csillagot találunk (körülbelül negyvenet, a 30 évesek; hetvenet az 50 évesek és nagyjából 175-öt, a 80 évesek). Ha valamelyik születési csillagunkra pillantunk, a távcsövünk egyfajta időgép, amely a születésünk évében lejátszódott termonukleáris eseményekbe enged bepillantást. Megkapó, de ennyi az egész. A születési csillag nem azért jött létre, hogy bármit is mondjon a személyiségünkről, a jövőnkről vagy a szexuális irányultságunkról. A csillagok nagyobb léptékű ütemterv szerint élnek az életüket, amelyben nem számítanak az emberi csekélység szempontjai.

A születési csillagunk természetesen csak arra az egy esztendőre a miénk. A következő évben már egy egy fényévvel távolabbi gömbhéj mentén látjuk. Képzeliük el ezt a táguló gömböt, amint folyamatosan sugározza kifelé a születésünk hírét. Az einsteini univerzumban, ahol manapság a legtöbb fizikus nézete szerint élünk, elméletben semmi nem haladhat gyorsabban a félynél. Tehát az 50 évesek személyes hírének buborékja 50 fényév sugarú. Ezen a (valamivel több mint ezer csillagot tartalmazó) gömbön belül *elméletileg* (bár a gyakorlatban nyilvánvalóan nem) lehetséges, hogy elterjedt a születésünk híre. A gömbön kívül mintha nem is léteznék; einsteini értelemben hírunkhamvunk sincs. Idősebb embereknek nagyobb a létezési gömbjük, mint a fiatalabbaknak, de senkinek a léte nem terjed túl az univerzum elenyészően parányi szeletkéjén. Jézus születése talán régi és nagy horderejű eseménynek tűnik, most, hogy a kétezredik évfordulójához érkezünk. De ebben a léptékben annyira friss hírnek számít, hogy még a legeszményibb körülmények között is csak az univerzum csillagainak 200 millió milliommód részén vehették hírül. Sok, ha nem a legtöbb csillag körül bolygók keringenek. Olyan mérhetetlenül nagy számokról van szó, hogy némelyik bolygón valószínűleg élnek élőlények, egyesek közülük fejlett intelligenciával és technikával rendelkeznek. Ám akkora távolság és idő választ el tőlük, hogy életformák ezrei fejlődhetnek és halhatnak ki a maguk útját járva anélkül, hogy bármelyiknek is esélye lenne tudni a többiek létezéséről.

Hogy számolhassunk a születési csillagok számával, tegyük fel, hogy a csillagok úgy 7,6 fényévnnyire helyezkednek el egymástól. Ez hozzávetőlegesen igaz is a mi helyi övezetünkben a Tejútrendszerben. Ez elképesztően csekély sűrűségnek tűnhet (úgy 440 köbfényévenként egy csillaggal), valójában azonban magas, ha összevetjük a csillagok

sűrűségével az univerzum egészében, ahol mérhetetlen üres tér tátong a galaxisok között. Isaac Asimov megrázó erejű példát hoz fel illusztrációképpen: olyan ez, mintha az univerzum minden anyaga egy húsz mérföld hosszú, húsz mérföld széles és húsz mérföld magas üres csarnok közepén elhelyezett homokszem volna. Ugyanakkor olyan, mintha ez a bizonyos homokszem ezer millió millió millió töredékre porlott volna szét, mert nagyjából ennyi a csillagok száma az univerzumban. Ezek is a csillagászat kijózanító tényei közé tartoznak – és vitathatatlanul szépek.

Az asztrológia ehhez képest kész esztétikai botrány. A Kopernikusz előtti korokból itt maradt kontárkodása lealacsonyítja és csorbítja a csillagászatot, ahogy Beethovent a dallamainak felhasználása a tévéreklámokhoz. Sérti továbbá a pszichológia tudományát és az emberi személyiség végtelen gazdagságát. Arról a könnyed és potenciálisan ártalmas módról beszélek, ahogy az asztrológusok tizenkét csoportra osztják az embereket. A Skorpiók vidám, társaságkedvelő típusok, míg az Oroszlánok módszeres személyisége jól kijön a Mérlegekkel (vagy másokkal). Feleségem, Lalla Ward felidéz egy esetet, amikor egy reménybeli amerikai csillagocska – akivel együtt játszott – ezekkel a szavakkal közelítette meg a rendezőt: „Mondja, Mr. Preminger, maga milyen jegyű?”; mire erős osztrák akcentusban a következő tömör válaszban részesült: „Ne Zavarrjon jegyű”.

A személyiség káprázatos jelenség, és a pszichológusok értek el némi sikereket a kezelésére felállított sokdimenziós matematikai modellek terén. A dimenziók kezdetben nagy számát matematikailag kevesebbre vonták össze, mérhető – és bizonyos célokra pontosabb – veszteséggel az előrejelzési hatékonyság tekintetében. Ez a kevesebb eredő dimenzió esetenként megfelel azoknak a dimenzióknak, amelyeket intuitívan felismerni vélünk: agresszivitás, makacsság, kedvesség és így tovább. Egy adott személy személyiségét pontként összegezni a sokdimenziós térben olyan alkalmas megközelítés, amelynek ki tudjuk jelölni a korlátait és távol áll minden kölcsönösen kizáró besorolástól, és bizonyosan távol az újságbéli asztrológia 12 rekeszének képtelen fikciójától. A modell valóban lényeges, magukra az emberekre, nem pedig a születésnapjukra vonatkozó adatokra épül. A pszichológusok sokdimenziós osztályozása hasznos lehet annak eldöntésében, alkalmas-e az adott személy egy bizonyos pályára vagy

illik-e egymáshoz egy reménybeli pár. Az asztrológus 12 rekesze legalábbis költséges és felületes szórakozás (ha nem rosszabb).

Ráadásul különös módon kikezdik a diszkrimináció elleni jelenlegi tabuinkat és törvényeinket. Az újságolvasókat arra nevelik, hogy tekintsék magukat, a barátaikat és a kollégáikat Skorpióknak vagy Mérlegeknek vagy a 12 mitikus „jegy” valamelyikének. Érdemes egy pillanatig elgondolkozni rajta, nem a megkülönböztető címkézés egyik, a manapság sokak által elvetendőnek ítélt kulturális sztereotípiák súlyosabb formájával van-e dolgunk? El tudok képzelni egy Monty Python-jelenetet, ahol az újság egy efféle napi rovatot közöl:

Németek: Az ön természetében benne van, hogy szorgalmas és módszeres, ami ma jó szolgálatot tesz önnek a munkájában. Személyes kapcsolataiban, különösen ma este, fékezze természetes hajlandóságát, hogy engedelmeskedjen másoknak.

Spanyolok: Forró latin vére ön fölé kerekedik, így vigyázzon, nehogy olyasmit cselekedjék, amit később megbánná. Ha estére romantikus kilátásai vannak, ne fogyasszon fokhagymás ebédet.

Kínaiak: A kifürkészhetetlenségnek számos előnye van, a mai napon azonban romlást hozhat önre...

Britek: Az ön hidegvére jó szolgálatot tehet üzleti ügyekben, de próbáljon meg lazítani és adja át magát a társasági életnek.

És így tovább 12 sztereotípián át. Az asztrológiai rovatok kétségkívül kevésbé sértőek, de fel kell tennünk magunknak a kérdést, egész pontosan miben is áll a különbség. Mindkettő bűnös a felületes diszkriminációban, az emberiség egymást kizáró, minden hiteles alapot nélkülöző csoportokba osztásában. Még ha volna is bizonyíték valamiféle halvány statisztikai hatásra, mindkét fajta diszkrimináció az emberek mint *típusok*, és nem mint egyéniségek előítéletes kezelésére ösztönöz. Bizonyára láttak már társskereső rovatokban olyan hirdetéseket, amelyek ilyen jellegű kizáró kifejezéseket tartalmaztak: „Skorpiók kíméljenek” vagy „Bikák ne jelentkezzenek”. Ez persze nem olyan rossz, mint a hírhedt „Feketéknek tilos” vagy „íreknek

tilos” feliratok, mert az asztrológiai előítélet nem folyamatosan pikkel inkább bizonyos csillagjegyekre, mint a többiekre, de a diszkrimináló sztereotipizálás elve – szemben az embereknek, mint egyéniségeknek az elfogadásával – ugyanaz.

És lehetnek szomorú emberi következmények is. A társkereső hirdetések lényege éppen az, hogy növeljék a szexuális partnerek találkozásának a lehetőségét (a munkahely és a barátok barátai által kínált kör nemegyszer valóban roppant szegényes és bővítést igényel). A magányos embereket, akiknek az életét átalakíthatná a vágyvágyott együttérző barátság, arra biztatják, hogy alaptalanul és céltalanul zárkózzanak el a népesség tizenketted részétől. Sok sérülékeny ember akad, akik iránt részvétet kellene tanúsítani, nem pedig tudatosan megfélemlíteni.

Egy kétes hitelességű történet szerint néhány éve egy újságíró, akire a napi asztrológiai tanács megírásának feladatát rótták, az unalom enyhítésére a következő vészjósló sorokat írta az egyik csillagjegy alá: „A tavalyi év minden csapása eltölpül ahhoz képest, ami ma vár önre.” Annak rendje és módja szerint ki is rúgták, miután izzottak a lap telefonvonalai a pánikba esett olvasók hívásaitól; megrendítő bizonyíték az asztrológiába vetett együgyű bizalomra.

Ráadásul a diszkriminációellenes törvények mellett olyan is érvényben van, amelyik attól hivatott megvédeni minket, hogy a gyártók hamis információval sózzák ránk a termékeiket. Nos, ez a törvény nem alkalmazható a természeti világ egyszerű igazságainak védelmében. Ha így lenne, próbaperek remek alanyának kínálkoznának az asztrológusok, ahogy az kívánatos is volna. Az állítják, hogy megjósolják a jövőt és tájékoztatnak a személyes gyengeségekről, és fizetséget fogadnak el érte, mint ahogy a fontos döntésekhez nyújtott tanácsokért is. Ha egy gyógyszergyártó olyan fogamzásgátló pirulával lép piacra, amelynek a legegyszerűbb igazolható hatása sincs a termékenységre, akkor bizonyosan vád alá helyezik, valamint beperlik a teherbe esett fogyasztók. Ez megint csak túlzott reagálásnak tűnhet, de valóban nem értem, miért nem tartóztatják le az asztrológusokat csalásért, valamint diszkriminációra uszításért.

A londoni *Daily Telegraph* 1997. november 18-i számának beszámolója szerint 18 havi börtönre ítélték egy állítólagos ördögűzőt, aki egy hiszékeny tizenéves lányt szeretkezésre vett rá azzal az

űrüggyel, hogy így üzi el a testéből a gonosz szellemeket. A férfi tenyérjósásról és mágiáról szóló könyveket mutatott a lánynak, aztán közölte vele, hogy valaki „elátkozta és balszerencsével verte meg”. Az átok elűzésére, magyarázta az ördögűző, speciális olajokkal kell bedörzsölnie az egész testét, mire a lány levetkőzött. A férfi, akkor kijelentette, hogy ha meg akar szabadulni a szellemektől, akkor feltétlenül szeretkezniük kell. Nos, nekem az a benyomásom, hogy a társadalom indokolatlanul kezeli kétféleképp a hasonló eseteket. Ha jogos volt börtönbüntetést kiszabni a férfiről, mert kihasználta egy hiszékeny fiatal nőt (aki betöltötte a törvényesen előírt életkort), miért nem járunk el ugyanígy az asztrológusokkal, akik pénzt vesznek el ugyanilyen hiszékeny emberektől; vagy az „okkult” képességekkel hivalkodó varázssvesszős kutatókkal, akik olajtársaságokat ejtenek át és a fúrás helyét megjelölő, drágán mért „konzultációikért” sápot húznak a résztvevők pénzéből. És viszont: amennyiben azt az álláspontot fogadjuk el, hogy ezeknek az ostobáknak, ha úgy döntenek, jogukban áll sarlatánoknak adni a pénzüket, miért ne részesítsük hasonló védelemben a szexuális „ördögűzőt”, hiszen a fiatal nőnek szabadságában áll odaadnia a testét egy rituális szertartás kedvéért, amelyben, legalábbis az adott időpontban, őszintén hitt?

Nincs olyan ismert fizikai mechanizmus, melynek révén a távoli égitesteknek a születésünk pillanatában elfoglalt pozíciója bármilyen oksági hatást gyakorolna a jellemünkre vagy a sorsunkra. Ez nem zárja ki a lehetőségét valamilyen ismeretlen fizikai hatásnak. De ezen csak akkor érdemes eltöprengenünk, ha valaki bizonyítékkal tud előállni, miszerint a bolygók mozgása akár a legcsekélyebb hatással is van az emberi ügyekre. Mindeddig nem mutattak fel szabályszerű vizsgálataira ilyen bizonyítékot. Az asztrológia tudományos vizsgálatainak döntő többsége semmiféle pozitív eredményt nem hozott. Néhány (nagyon kevés) tanulmány utalt egy (halvány) statisztikai megfelelésre a „csillagjegy” és a jellem között. Erről a néhány pozitív eredményről érdekes magyarázat derült ki. Sok ember olyannyira tájékozott a csillagjegyek tudományában, hogy pontosan tudják, milyen tulajdonságok várhatók el tőlük, és hajlamosak e tulajdonságoknak megfelelően élni – ahhoz mindenesetre ennyi is elég, hogy ezt a csekély statisztikai hatást eredményezze.

A minimális követelmény, amelynek bármely elismert diagnosztikai vagy jövőbe látó módszernek meg kell felelnie, a

megbízhatóság. Itt nem annak vizsgálatáról van szó, hogy tényleg működik-e, pusztán arról, hogy a módszer különböző gyakorlói egyetértenek-e, ha ugyanazzal a helyzettel kerülnek szembe (vagy ha ugyanaz az illető kétszer kerül szembe ugyanazzal a helyzettel). Bár nem hiszek az asztrológia működőképességében, a következetességnek ebben az értelmében voltaképpen magas megbízhatósági eredményt vártam. Végére is a különböző asztrológusok feltételezhetően ugyanazokból a könyvekből szerezték a tudományukat. Még ha ítéleteik tévesek is, az ember azt gondolná, a módszereik legalább annyira kiforrottak, hogy legalább egyöntetűen *ugyanarra* a téves ítéletre jussanak! Sajna, mint azt G. Dean és munkatársai tanulmánya kimutatta, még ezt a minimális és könnyű szintet sem sikerül elérniük. Az összehasonlítás kedvéért, ha strukturált interjúkban különböző értékelők ítélik meg az embereket a teljesítményük alapján, a korrelációs tényező nagyobb 0,8-nél (az 1,0-s korrelációs tényező felel meg a teljes egyetértésnek, a -1,0 pedig a tökéletes véleménykülönbségnek, a 0,0 a teljes véletlenszerűséget vagy a kapcsolat hiányát jelenti; 0,8 tehát egészen jó eredmény). Ellenben ugyanebben a tanulmányban az asztrológia a siralmas 0,1 megbízhatósági tényezőt hozta, nagyjából a tenyérjóslassal azonos szinten (0,11), tehát közel teljes véletlenszerűséget jelzett. Mert ha tévednek is az asztrológusok, azt gondolhatnánk, hogy legalább a következetesség kedvéért egyeztetik a tevékenységüket. Hát nem. A grafológia (kézíráslemez) és a Rorschach-teszt (tintapaca-teszt) sem hoztak sokkal jobb eredményt.

Az asztrológus munkája olyan kis felkészültséget vagy képzettséget igényel, hogy gyakran ráérő kezdő riportereknek adják ki. Jan Moir újságíró meséli el a *Guardian* 1994. október 6-i számában: „Az első újságírói feladatom horoszkópok írása volt a női magazinok közönségének. Ez a feladat mindig a legújabb gyakornoknak jutott, lévén olyan ostoba és könnyű, hogy még egy magamfajta zöldfülű is boldogult vele.” James Randi bűvész és racionalista, mikor fiatalemberként állást kapott egy montreali lapnál, Zo-ran álnéven írta az asztrológiai rovatot. Randi a következő munkamódszerrel dolgozott: régi asztrológiai folyóiratokból kivágta a jóslatokat, a kivágásokat összekeverte egy kalapban, a kalapból kihúzottakat véletlenszerűen beragasztotta a 12 „jegy” alá, majd megjelentette a saját „jóslataiként”. Leírja, hogyan hallgatta ki egy kávéházban az

ebédszünetet ott töltő két hivatalnok beszélgetését, amint buzgón böngészték Zo-ran rovatát:

Boldogan visongtak oly szépen elrendezett jövőjük láttán, és válaszul óvatos tudakozódásomra közölték, hogy Zo-ran a múlt héten is „a közepibe talált”. Nem árultam el, hogy én vagyok Zo-ran... a rovatnak küldött postából kiolvasható reakció is igencsak érdekesnek bizonyult, és meggyőzött róla, hogy bármilyen bejelentést tesz valaki, akiről úgy vélik, hogy szaktekintély a misztikus erők dolgában, jó népem készségesen elfogadja és racionálja. Ezen a ponton Zo-ran szegre akasztotta az ollóját, félretette a csirizes tálat és kiszállt az üzletből.

Flim-Flam (1992)

A már említett kutatásból az is kiderül, hogy sokan, akik naponta elolvassák a horoszkópokat, nem nagyon hisznek bennük. Kijelentésük szerint „szórakozásból” olvassák (az ízlésük a szórakoztató műfajok tekintetében nyilvánvalóan erősen különbözik az enyémtől). De azon emberek száma is tekintélyes, akik valóban hisznek a horoszkópokban és azokhoz igazítják a cselekedeteiket, köztük – kétségkívül autentikus és legalábbis óvatosságra intő beszámolók szerint – elnök korában Ronald Reagan. De hogyhogy egyáltalán bárkire is hatással lehetnek a horoszkópok?

Először is a jóslatok vagy a jellemrajzok olyan semmitmondóak, homályosak és általánosak, hogy szinte mindenkire és minden körülményre illenek. Az emberek rendszerint a saját horoszkópjukat olvassák el az újságban. Ha eszükbe jutna, hogy a másik tizenegyet is elolvassák, sokkal kevésbé nyügöznék le őket a sajátjuk pontossága. Másodszor, az emberek megjegyzik a találatokat és elsiklanak a melléfogások fölött. Ha egy bekezdésnyi hosszúságú horoszkópban egyetlen mondat látszólag célba talál, azt az egy mondatot észrevevesszük, a többin épp csak átfutunk. Még ha az ember fel is figyel egy mellbevágóan téves előrejelzésre, nagy valószínűséggel érdekes kivételként vagy anomáliaként jegyzi meg, nem pedig annak jeleként, hogy az egész ügy szemfényvesztés lehet. Így David Bellamy, a népszerű televíziós tudós (és elszánt természetvédő) megvallotta a *Radio Times*-ben (a BBC egykor köztisztjeletben álló orgánumában), hogy bizonyos dolgok tekintetében amolyan „Bak körültekintésre” hajlik, de többnyire aztán leszegi a fejét, és rohamra

indul, mint egy igazi bakkecske. Hát nem érdekes? Nos, csak igazolhatom, amit mindig mondok: ez az a kivétel, amelyik erősíti a szabályt! Maga Bellamy feltehetőleg jobban tudta, és csak alkalmazkodni kívánt az általános tendenciához, hogy a művelt körökben sikk egyfajta ártalmatlan szórakozásnak tekinteni az asztrológiát. Ami engem illet, erősen kétlem, hogy ártalmatlan volna, és azon tűnődöm, vajon azok, akik szórakoztatónak mondják, tényleg szórakoznak-e rajta.

„Mami három kiló hatvan dekás cicusnak adott életet!” – íme, egy jellemző főcím a *Sunday Sport* című lapból, amely amerikai megfelelőihez, például a (4 milliós példányszámú) *National Enquirer*hez hasonlóan teljes egészében abszurd módon képtelen történetek közreadásának szentelte magát, mintha azok tények volnának. Találkoztam egyszer egy nővel, akit teljes munkaidőben alkalmaztak ilyen történetek kiagyalására egy efféle amerikai kiadvány számára, és tőle tudom, hogy a kollégáival azon vetekedtek, melyiküknek sikerül előrukkolnia a legégbekiáltóbban nevetséges cikkekkkel. Kiderült, tökéletesen céltalan a versengés, mert az emberek szó szerint mindent hajlandók elhinni, ha nyomtatásban látják. A *Sunday Sport* a három és fél kilós cicát követő oldalon egy varázslóról számolt be, aki nem állhatta tovább a felesége házsártoskodását, ezért nyúllá változtatta. Ráadásként a házsártos feleség előítéletes kliséjéhez, a lap ugyanazon száma némi idegengyűlölettel is színezi a képzelgéseket: „Az örült görög kebabba változtatta a fiút”. Ezen újságok más kedvelt történetei közé olyasfélék tartoznak, mint „Marilyn Monroe salátaként tért vissza” (annak rendje és módja szerint a néhai bálvány zöldben játszó arcmásával, amint egy fej zsenge saláta közepéből tekint az olvasóra) és „Felfedezték a Marson Elvis szobrát”.

Rengetegen látták a feltámadt Elvis Presley-t. Elvis kultusza, a gondosan megőrzött lábujjkörmökkel és más relikviákkal, az ikonokkal és zarándoklatokkal a legjobb úton jár, hogy új vallássá legyen, de igencsak ügyelni kell a babérjaira, mert Diana hercegnő ifjabb kultusza könnyen elébe kerülhet. 1997-es halála után a részvétnyilvánítási könyv aláírására sorban állók közül rengetegen számoltak be az újságoknak, hogy világosan látták az arcát, amint egy ablakon át figyel a falon lógó egyik régi portréból. Mint a mons-i angyal esetében, aki katonának jelent meg az I. világháború

legsötétebb napjaiban, számos szemtanú „látta” Diana szellemét, és a gyászolók tömegei között futótűzként terjedő történet tovább korbácsolta a bulvárlapok által amúgy is felszított kedélyeket.

A televízió még hatékonyabb médium, mint az újságok, és a képernyőn már-már járványszerű méreteket ölt a paranormális propaganda. Az utóbbi évek egyik leghírhedtebb brit példája egy szuggesztióval gyógyító, aki állítása szerint egy kétezer éve halott orvos, júdeai Pál lelkének hordozója. A BBC a kritikus tudakozódás leghalványabb árnyalata nélkül teljes félórás műsort szentelt a képzelgés tényként történő reklámozásának. Az 1996-os Edinburghi Televíziós Fesztiválon aztán megütköztem a műsor szerkesztőjével „A természetfölötti pénzzé tételéről” folytatott vitán. A szerkesztő leginkább azzal védekezett, hogy az illető végül is jó munkát végez a betegek gyógyításával. Minden jel szerint őszintén úgy vélte, hogy semmi más nem számít. Kit érdekel, tényleg megtörtént-e akármilyen reinkarnáció, amíg a gyógyító némi enyhet képes nyújtani a betegeknek? Számomra az igazi csapást a műsor stáblistája jelentette, melyben maga júdeai Pál is ott szerepelt. Mert az még csak hagyján, hogy bemutatják egy pszichotikus vagy egy csaló excentrikus hitét. Ez talán szórakoztatás – legyen akár komédia is –, bár ugyanolyan elvetendőnek tartom, mint a torzszülöttek vásári mutogatását, vagy a jelenlegi amerikai divatot, hogy képernyőre viszik az erőszakos házassági veszekedéseket. De az már egészen elképesztő, hogy a stáblistával a BBC hosszú idő alatt kivívott tekintélye minden súlyával azt a látszatot kelti, mintha készpénznek venné a fantáziálást.

Olcsó, de hatásos recept a „paranormális” televíziózás számára közönséges bűvészeket alkalmazni, közben újra és újra a közönség szájába rágni, hogy ezek ám nem bűvészek, hanem igazán természetfölötti képességekkel rendelkező parafenomének. Hogy még teljesebb legyen a néző IQ-jának cinikus lenézése, ezekben a jelenetekben kevesebb kontrollt és óvintézkedést alkalmaznak, mint egy színpadi bűvész mutatóványainál. Az *igazi* bűvészek legalább végigcsinálják azokat a mozdulatokat, amelyek azt hivatottak igazolni, hogy semmit nem dugtak el a zakójuk ujjába, és nincsenek drótok az asztal alatt. Ha viszont egy bűvészt „parafenoméneként” hirdetnek, még e meglehetősen csekély hátrány alól is mentesül. Hadd írjak le egy telepátia-bemutatót a Carlton televízió legutóbbi sorozatából; *Beyond Belief* (A hiten túl), készítette és bemutatta David Frost

veterán brit televíziós személyiség, akit egy bizonyos kormány méltónak ítelt a lovaggá ütésre, és akinek a neve ezáltal súlyt jelent a nézők számára. Az előadók, egy izraeli apa és fia kettős, ahol a bekötött szemű fiú, úgymond, „az apja szemével” látott. Megforgattak egy véletlenszám-előállító szerkezetet, és megjelent egy szám. Az apa rászegelte a tekintetét, az erőfeszítés hatására ökölbe szorította a kezét és fojtott, de emelt hangon megkérdezte a fiát, mit gondol, végre tudja-e hajtani a feladatot. „Igen, azt hiszem” – motyogta a fiú, és persze eltalálta a számot. Tapsvihar. Elképesztő! És ne feledjük, kedves nézőink, mindez élő adásban, és ez *tényműsor*, nem afféle fikció, mint az *X-akták*!

Nos, a mutatvány nem több egy ismerős, meglehetősen közepszerű bűvésztrüknél, amely legalább 1784 óta, signor Pinetti idejétől az orfeumok egyik kedvence műsorszám. Az apa számtalan egyszerű kóddal közvetíthet egy-egy számot jól betanított fiának. Az egyik lehetőség a szavak számolása a látszólag ártatlan kérdésben: „Gondolod, hogy sikerül, fiam?” Ahelyett, hogy a szemét düllesztgette volna döbbenetében, David Frostnak el kellett volna végeznie az apa elnémításának vagy a fiú szeme bekötésének egyszerű kísérletét. Amúgy a mutatványt semmi más nem különbözteti meg egy közönséges bűvészbemutatótól, minthogy egy jó hírű televízió „parajelenségnek” hirdette.

A többségünk nem tudja, hogyan csinálják a bűvészek a mutatványaikat. Gyakran el is képesztenek. Nem értem, hogyan húznak elő nyulakat a kalapjukból, vagy fűrészelnék el úgy egy ládát, hogy a benne lévő hölgynek a haja szála sem görbül. De mindannyian tudjuk, hogy van rá tökéletesen észszerű magyarázat, amit a bűvész el is mondhatna, ha éppen úgy hozná a kedve, de tökéletesen érthetően, esze ágában sincs. Akkor hát miért gondoljuk igazi csodának, ha egy pontosan ugyanilyen jellegű trükkre a „parajelenség” címkét ragasztja egy televíziós társaság?

Aztán ott vannak azok az előadók, akik mintha „érzékelnék”, hogy a közönség körében valakinek volt egy M betűvel kezdődő nevű kedvese, pekingi pincsit tartott és olyasmitől halt meg, aminek köze van a mellkasához: „tisztánlátók” és „médiumpok” olyan látszólagos tudással, amire „semmilyen ismert módon nem tehettek szert”. Nincs rá tér, hogy elmélyedjünk a részletekben, de a trükköt a bűvészek is jól ismerik. Végso soron az általános (sokan halnak meg valamilyen

szívujban vagy tüdőrákban) és az egyedi kulcsok (sokszor adunk árulkodó jeleket, ha mondjuk a bűvész rátapint valamire) rafinált kombinációja, melyhez hozzájárul a közönség hajlandósága a találatok megjegyzésére és a tévedések elfelejtésére. Ezek a bűvészek nemegyszer beépített embereket alkalmaznak, akik kihallgatnak beszélgetéseket, miközben a közönség bemegy a színházba vagy akár ki is faggatják a nézőket, majd a mutatvány előtt az öltözőben mindenről beszámolnak az előadónak.

Ha egy parafenomén ténylegesen megfelelően ellenőrzött bemutatón bizonyítaná a telepátiát, (távolbalátást, pszichokinézist, reinkarnációt, örökmozgást, vagy bármi effélét), akkor egy teljesen új, a fizika tudománya előtt ismeretlen elv felfedezője lenne. Az új energiamező felfedezése, amely a telepátiában összeköti az elmét az elmével, vagy az új alaperőé, amely minden csalafintaság mellőzésével mozgatja a tárgyakat egy asztallapon, Nobel-díjat érdemelne, és minden bizonnal kapna is. Ha a tudomány ilyen forradalmi titkának vagytok a birtokában, ugyan miért televíziós szórakoztató műsorokra fecsérletek? Miért nem bizonyítjátok annak rendje és módja szerint, és akkor az új Newtonként üdvözlőnétek? A választ persze jól tudjuk. Mármint az igazi választ. Mert nem tudjátok bizonyítani. Szélhámosok vagytok. De a hiszékeny vagy cinikus televíziós producereknek köszönhetően igen jól kereső szélhámosok.

Meg kell mondanom, egyes „parafenomének” elég ügyesek ahhoz, hogy a tudósok többségét is bolonddá tegyék, és nem a tudósok, hanem a bűvészek a legjobban képzett emberek, akik átlátnak rajtuk. Ez az oka, amiért a leghíresebb parafenomének és médiumok rendszerint kimentik magukat és nem lépnek színpadra, ha arról értesülnek, hogy hivatásos bűvészek ülnek az első sorban. Különböző jó bűvészek, köztük az amerikai James Randi és a brit Ian Rowland olyan műsorokat tartanak, ahol megismétlik a híres parafenomének „csodáit” – azután elmagyarázzák a közönségnek, hogy ezek csak trükkök. India Racionalistái fiatal bűvészek, akik a falvakat járva leplezik le az úgynevezett „szent embereket” a „csodáik” megismétlésével. Sajnos egyesek mégis hisznek a csodákban, még azután is, hogy elmagyarázták nekik, mi bennük a trükk. „Na jó, lehet, hogy Randi trükkel csinálta – mondják –, de ez nem jelenti azt, hogy mások nem tesznek igazi csodákat.” Amire így hangzik Ian Rowland méltó válasza: „Nos, ha tényleg csodát tesznek, akkor a nehezebb

módját választják!”

Rengeteg pénzt lehet keresni a hiszékenyek félrevezetésével. Egy hétköznapi bűvész rendszerint nem is álmodhat róla, hogy a gyerekek születésnapj szúrjainak piacáról betörhet az országos televíziókba. De ha igazán természetfölötti jelenségeként adná el a mutatványait, az már egészen más kérdés lenne. A televíziós társaságok buzgón együttműködnek a csalásban, hiszen jól tesz a nézettségnek. Amikor a soros szereplő bemutat egy bűvésztrükköt, a műsorvezetőnek – ahelyett, hogy udvariasan tapsolna –, színpadiasan elakad a lélegzete és abba a hitbe ringatja a nézőket, hogy amit láttak, az meghaladja a fizika törvényeit. Zavarodott emberek világgá kürtölik a képzelgéseiket szellemekről és poltergeistekről; de nem küldik el őket egy jó pszichiáterhez, a tévéproducerek mohón leszerződnek velük, majd színészeket bérelnek a hallucinációk drámai rekonstruálásához – megjósolható hatással a nagyközönség hiszékenységére.

Az a veszély fenyeget, hogy félreértenek, és ezzel a veszéllyel szembe kell néznem. Túlságosan könnyű volna önelégülten kijelenteni, hogy a jelenlegi tudományos ismereteink mindent felölelnek, amit csak tudni lehet, minden további tárgyalás nélkül biztosra vehetjük tehát, hogy az asztrológia és a kísértetek merő szemét, egyszerűen azért, mert a létező tudományban nincs hely a számukra. Elvégre tényleg annyira nyilvánvaló, hogy az asztrológia csak átejtés? Honnan tudom, hogy egy emberi anya nem szülhetett egy három és fél kilós kismacskát? Hogyan vehetném biztosra, hogy Elvis Presley nem szállt dicsőséges feltámadásban a mennybe, egy üres sírt hagyva maga után? Történnek különös dolgok. Pontosabban szólva olyan dolgok, amelyeket közönségesnek fogadunk el, mint például a rádió, amely az őseinknek legalább olyan lélegzetelállítónak tűnt volna, mint nekünk a kísértetlátások. Számunkra egy mobiltelefon nem több antiszociális nyűgnél a vonaton. Tizenkilencedik századi őseinknek azonban, amikor a vonat még újdonságnak számított, szintiszta mágiának tűnt volna. A kiváló science-fiction szerző, Arthur C. Clarke mondta: „Bármely kellőképp fejlett technika megkülönböztethetetlen a mágiától.” Ezt nevezik Clarke harmadik törvényének, és még vissza fogok térni rá.

William Thomson, az első lord Kelvin az egyik legkiválóbb és legbefolyásosabb tizenkilencedik századi brit fizikus volt. Állandó

bosszúságot jelentett Darwinnak, mert jelentős tekintélyét latba vetve, de amennyire mostanság tudjuk, még jelentősebb tévedéssel „bebizonyította”, hogy a Föld túlságosan fiatal ahhoz, hogy lejátszódhatott volna rajta az evolúció. Neki tulajdonítják a következő három magabiztos jövendölést: „A rádiónak nincs jövője”; „Lehetetlen levegőnél nehezebb repülő szerkezetet készíteni”; „A Röntgensugarakról be fog bizonyosodni, hogy az egész csak kacsza.” Íme, egy ember, aki odáig ment el a kételkedésben, hogy kitette magát az elkövetkező nemzedékek – jogos – gúnykacajának. Látomásos könyvében, a *Jövő körvonalaiban* (1982) Arthur C. Clarke hasonló óvatosságra intő történeteket idéz, a dogmatikus szkepticizmus veszélyeinek félelmetes figyelmeztetéseit. Amikor 1878-ban Edison bejelentette, hogy elektromos világításon dolgozik, egy brit parlamenti bizottság vizsgálatot kezdeményezett, van-e benne valami. A szakértői bizottság beszámolója szerint Edison fantazmagóriája (mint tudjuk, a villanyégő) „elég jó a mi Atlanti-óceánon túli barátainknak..., de gyakorlatias vagy tudományos emberek részéről nem érdemel különösebb figyelmet.”

Mielőtt még valamiféle britellenes sorozatra gyanakodna az olvasó, Clarke két kitűnő amerikai tudóst is idéz a repülőgépek tárgyában. Simon Newcomb csillagász elég balszerencsés volt ahhoz, hogy a következő megjegyzést tegye 1903-ban, közvetlenül a Wright-testvérek híres hőstette előtt:

...hogy nem lehetséges az ismert anyagokat, ismert gépezetformákat és ismert erőformákat olyan gépben egyesíteni, amely által az ember hosszú távolságokat tenne meg a levegőben repülve, az ugyanolyan kész ténynek tűnik a szerző számára, mint bármely fizikai tény demonstrációja lenne.

Egy másik ismert amerikai csillagász, William Henry Pickering kategorikusan kijelentette, hogy bár *lehetséges a levegőnél nehezebb repülő gépezeteket készíteni* (nem is mondhatott mást, mivel a Wright-fivérek addigra már a levegőbe emelkedtek), soha nem tesznek szert számottevő gyakorlati jelentőségre:

A pórázát vesztett elme gyakran képzel el gigantikus repülő szerkezeteket, amelyek átsuhannak az Atlanti-óceán fölött és a modern

gőzhajókhoz hasonlóan számtalan utast szállítanak... Biztosan ki lehet jelenteni, hogy az ilyen elképzelések teljes egészükben látomásosak, és ha egy gépezet netán át is kelne egy-két utassal, megfizethetetlenek lennének a költségek... Egy másik népszerű tévedés az elérhető hatalmas sebességekhez fűződik.

Pickering azzal folytatja, hogy avatott számításokat végez a légellenállás hatásairól, bizonyítván, hogy repülőgép soha nem haladhat gyorsabban korunk expresszvonatainál. Az első pillantásra hasonlóan tűnhet Thomas J. Watson, az IBM főnökének 1945-ös kijelentése: „Úgy vélem, a világpiacon úgy öt számítógépre van igény”. Ez az összevetés azonban nem méltányos. Watson bizonyosan abban a hitben élt, hogy a számítógépek egyre nagyobbak lesznek, és ebben tévedett; de nem becsülte alá a számítógép jövőbeni jelentőségét, ahogy Kelvin és a többiek a légi közlekedését.

Ezek a banánhéjtörténetek valóban a túlságosan vakbuzgó szkepticizmus veszélyeinek félelmetes intelmei. A dogmatikus hitetlenség minden iránt, ami szokatlannak és váratlannak tűnik, nem erény. Akkor hát mi különbözteti meg ezt az én asztrológiával, reinkarnációval és Elvis Presley feltámadásával kapcsolatos engesztelhetetlen szkepticizmusomtól? Honnan tudjuk, mikor jogos a szkepticizmus és mikor dogmatikus, intoleráns és szűk látókörű?

Képzeld el a történetek spektrumát, amelyeket másoktól hallhatunk, és gondolkozzunk el, mennyire lennének szkeptikusak velük szemben. A legalacsonyabb szinten helyezkednek el azok a történetek, amelyek egyaránt lehetnek igazak és nem igazak, de amelyekben nincs különösebb okunk kételkedni. Evelyn Waugh *Men at Arms*-jában (1952), a komikus szereplő Apthorpe gyakran beszél a narrátornak, Guy Crouchbacknek a két nagynénjéről, akik egyike Peterborough-ban él, a másik pedig Tunbridge Wellsben. A halálos ágyán aztán bevallja, hogy valójában csak egy nagynénje van. „Melyiket találta ki?” – kérdezi Guy Crouchback. „Természetesen a peterborough-it. – Teljesen bevettem. – Igen, jó vicc volt, mi?”

Nem, Apthorpe vicce cseppet sem volt jó, és pontosan ez teszi olyan ellenállhatatlanul mulatságossá Evelyn Waugh tréfáját Apthorpe humorának rovására. Kétségkívül számos idősebb hölgy él Peterborough-ban, és ha valaki azt állítja, hogy van egy odavalósi nagynénje, semmi okunk kételkedni benne. Hacsak nincs valamilyen

különleges indítéka a hazugságra, hiszünk is neki, noha sok függ attól, vagyunk-e olyan bölcsek, hogy ellenőrizzük az állítást. De most tegyük fel, hogy valaki azt mondja, a nagynénje meditáció és puszta akaraterő révén képes levitálni. Leül törökülésbe, szívet-lelket gyönyörködtető dolgok járnak az eszében, mantrákat mormol, mire huss!, a föld fölé emelkedik és ott marad lebegve. Miért lennénk szkeptikusabbak, mintha azt mondaná, hogy a nagynénje Peterborough-ban él, amikor mindkét esetben egy állítólagos szemtanú szavát bírjuk?

A kézenfekvő válasz, hogy az akaraterővel történő levitalás nem magyarázható meg a tudománnyal. De ez csak a jelenkori tudományra vonatkozik. Ezzel vissza is jutottunk Clarke harmadik törvényéhez, és ahhoz a lényeges mozzanathoz, hogy egyetlen kor tudománya sem ismer minden választ és menthetetlenül túllépnek rajta. Talán egy nap a fizikusok teljesen megértik a gravitáció természetét és antigravitációs gépet építenek. Elképzelhető, hogy a levitáló nagynénik olyan mindennaposak lesznek az utódainknak, mint nekünk a sugárhajtású repülőgépek. Feljogosít tehát Clarke harmadik törvénye arra, hogy elhiggyünk minden mesét, amelyet látszólagos csodákról szöhetnek az emberek? Ha valaki azt állítja, hogy látta ezt a nagynénit törökülésben levitálni, vagy egy törököt, amint repülő szőnyegen kerületi a minareteket, nyeljük-e le szó nélkül, azon az alapon, hogy a rádióban kételkedő elődeink is tévedtek? Nem, *természetesen* ez nem elégséges alap ahhoz, hogy higgyünk a levitációban vagy a repülő szőnyegekben. De miért nem?

Clarke harmadik törvénye visszafelé nem működik. Abból, hogy „Bármely kellőképp fejlett technika megkülönböztethetetlen a mágiától”, nem következik, hogy „Bármely mágiára utaló kijelentés megkülönböztethetetlen a jövőben bekövetkező műszaki fejlődéstől”. Igaz, kétségkívül megesett, hogy nagy tekintélyű szkeptikusok megnyúlt ábrázattal kullogtak el. De sokkal nagyobb számú mágiára utaló kijelentés hangzott el, és ezeket soha nem igazolták. Egynémely dolog, amelyek manapság meglepetést keltenének, a jövőben megvalósul. De sokkal nagyobb azon dolgok száma, amelyek manapság meglepetést keltenének és soha nem fognak valóra válni. Éppen az a lényeg, hogy kiszemezzessük a kevés bűzát az ocsúhegyből – azon állítások tömkelegéből, amelyek mindörökké a képzelet és varázslat birodalmában maradnak.

Ha egy meglepő vagy csodálatos történetbe ütközünk, először is felteszünk magunknak a kérdést: van-e valamilyen oka az informátorunknak a hazugságra. Emlékszem egy szórakoztató vacsorára, ahol egy filozófus a következő történetet mesélte: Egy nap a templomban észrevette, hogy a pap, térdelő helyzetben, 25 centiméternyire lebeg a templom padlója fölött. Természetes szkepticizmusom tovább nőtt az asztaltársam iránt, amikor két további élményével folytatta: egyszer javítóintézetben volt igazgató, és felfedezte, hogy valamennyi fiúnak „Szeretem anyucit” tetoválás díszleg a péniszén. Önmagában valószínűtlen, de nem lehetetlen történet. Ellentétben a levítáló pap esetével, az igazságához nem szükséges alapvető tudományos elveket megkérdőjelezni. Mindazonáltal hasznos adalékot nyújtott az illető szavahihetőségéről. Egy másik esetben – közölte ez a kiapadhatatlan adomázó – megfigyelte, hogy egy varjú gyufát gyújt, miközben az egyik szárnyát felemelve árnyékolja a lángot a szélről. Már nem emlékszem, végül cigarettára gyújtott-e, de akár így, akár úgy, a három történet együttesen megbízhatatlan, bár mulattató tanúnak minősítette az illetőt. Az a hipotézis ugyanis, hogy hazudozó (vagy elmebajos, vagy hallucináló fantazista, vagy éppen az oxfordi tanárok hiszékenységeiről folytatott kutatást), valószínűbbnek látszik, mint az a lehetséges másik feltevés, hogy mindhárom hihetetlen története igaz.

Filozófusként ismernie kellett volna azt a logikai próbát, melyet a nagy, tizenkilencedik századi skót filozófus, David Hume dolgozott ki, és amelyet cáfolhatatlannak találok:

...semmilyen bizonyosság nem elegendő a csoda igazolására, csak ha a bizonyosság olyan fajta, hogy a hamissága csodálatosabb lenne, mint a tény, amelyet megerősíteni igyekszik.

A csodákról (1748)

Elvégeztem Hume próbáját minden idők egyik legkimerítőbben tanúsított csodájára, melynek állítólag 70 000 tanúja volt és mindmáig elevenen él az emlékezetben; ez a Fatimai Miasszonyunk megjelenése. Egy római katolikus weboldalon talált beszámolót idézek, amely megemlíti, hogy a sok állítólagos Mária-látás közül ez abban a tekintetben is szokatlan, hogy a Vatikán hivatalosan elismerte.

1917. október 13-án több mint 70 000 ember gyűlt össze Portugáliában, a fatimai Cova de Iriában. Azért jöttek, hogy tanúi legyenek a csodának, amelyet előre megjósolt az Áldott Szűz három fiatal látnoknak: Lucia dos Santosnak és két unokatestvérének, Jacinta és Francisco Martónak... Valamivel dél után Miasszonyunk megjelent a három látnoknak. Ahogy Mária távozni készült, a Napra mutatott. Lucia izgatottan megismételte a mozdulatot és az emberek az égre emelték a tekintetüket... Akkor a rémület sóhaja szakadt ki a tömegből, mert a Nap mintha leszakadt volna az égről és egyenesen a riadt sokadalomra készült volna zuhanni... Már-már úgy látszott, a tűzgolyó lezuhan és elpusztítja őket, amikor véget ért a csoda, és a Nap visszatért a helyére az égbolton, ugyanolyan békésen ragyogva, mint azelőtt.

Ha a mozgó Nap csodáját csak Lucia, a fatimai kultuszt elindító fiatal nő látta volna, akkor nem sokan vennék komolyan. Könnyen lehetne egyéni hallucináció vagy nyilvánvalóan motivált hazugság. De 70 000 szemtanút nem lehet egy kézlegyintéssel elintézni. Lehet-e 70 000 ember egyidejűleg ugyanannak a hallucinációnak az áldozata? Összejátszhat-e 70 000 ember ugyanabban a hazugságban? Vagy ha nem is létezett a 70 000 tanú, megúszhatja-e lebukás nélkül az esemény tudósítója, hogy egyszerre ennyit talál ki?

Alkalmazzuk Hume kritériumát. Egyfelől el kellene hinnünk egy tömeghallucinációt, valamiféle fényjátékot – vagy hogy 70 000 cinkossal kitaláltak egy hazugságot. Ez minden kétséget kizáróan lehetetlen. De még mindig kevésbé valószínűtlen, mint az a másik lehetőség, hogy a Nap valóban *mozgott*. Végére is a Fatime fölött ragyogó Nap nem afféle privát Nap, hanem ugyanaz, amelyik ugyanakkor milliókra és milliókra sütött le a bolygó napos oldalán. Ha a Nap valóban mozgott, de az eseményt csak a Fatimában összecsozdult emberek látták, akkor még nagyobb csoda következett volna be: a *nem* mozgás illúziója, amely mindazoknak a millióknak játszódnia kellett volna le, akik történetesen nem Fatimában tartózkodtak. És akkor azt a tényt még figyelmen kívül is hagytuk, hogy ha a Nap valóban mozgott a jelzett sebességgel, felbomlott volna a Naprendszer. Nincs más megoldás, mint hogy kövessük Hume-ot, és a rendelkezésre álló lehetőségek közül a kevésbé csodálatosat válasszuk, és levonjuk a hivatalos vatikáni állásponttal ellentétes

következtetést, hogy a fatimai csoda soha nem történt meg. Továbbá, egyáltalán nem világos, miért a miénk a felelősség, hogy megmagyarázzuk, hogyan tévedhetett az a 70 000 szemtanú.

Hume-nak van még egy érvelése a valószínűségek egyensúlyáról. A vélelmezett csodák spektrumának túlsó vége felé haladva, vannak-e olyan spekulációk vagy állítások, amelyeket egyszer és mindenkorra kizárhatunk? A fizikusok egyöntetűen vallják, hogy ha egy feltaláló szabadalmi kérelmet nyújt be egy örökmozgó gépezetre, azt bizonyosan el lehet utasítani anélkül, hogy akár csak egy pillantást is vetnénk a tervrajzra. Ennek az az oka, hogy az örökmozgó megsértené a termodinamika főtételeit. Sir Arthur Eddington így írt erről:

Ha valaki kimutatja, hogy a kedvenc elméleted az univerzumból nem áll összhangban Maxwell egyenleteivel – hát legyen, annál rosszabb Maxwell egyenleteinek. Ha úgy találhatod, hogy ellentmond a megfigyeléseknek – nos, ezek a kísérletezők olykor igazán jókora bakokat lőnek. De ha az elméletről egyszer csak kiderül, hogy ellene szól a termodinamika második főtételének, akkor hagyd fel minden reménnyel, és nincs más választásod, mint alázattal visszavonulót fújni.

A fizikai világ természete (1928)

Eddington ügyesen akkora engedményeket tesz a bekezdés első részében, hogy a második részben annál hatásosabb a magabiztossága. De ha az olvasó még mindig túlságosan elbizakodottnak találná, ha úgy gondolja, hogy valamiféle ma még elképzelhetetlen jövőbeni technika majd a helyére teszi, hát legyen. Nem erősködöm, hanem (Hume-mal) a relatív valószínűségekről vallott egyszerűbb, józan álláspontomhoz folyamodom. Csalás, illúzió, trükk, hallucináció, jóhiszemű tévedés vagy égbekiáltó hazugságok – a kombináció olyan valószínű lehetőséggé áll össze, hogy mindig is kételkedni fogok azokban az alkalmi megfigyelésekben vagy másodkézből továbbadott történetekben, amelyek alapjaiban kívánják megrendíteni a fennálló tudományt. A fennálló tudomány ugyan kétségkívül meg fog dőlni, de nem alkalmi pletykák vagy televíziós előadások, hanem precíz, újra és újra megismételt és elemzett kutatások révén.

Visszatérve a valószínűtlenségek spektrumához, a tündérek valahová Apthorpe nagynénje és az örökmozgó közé esnek. Ha apró,

szárnyas, divatos, de persze pici ruhákat viselő, pillangó nagyságú emberkék hitelt érdemlő felfedezéséről számolnának be, az nem sértené a fizikai alapelveket. Közel sem lenne olyan forradalmi, mint az örökmozgó. Másfelől viszont a biológusoknak meglehetősen fejtörést okozna beilleszteni ezeket a lényeket a létező osztályozási rendszerbe. Honnan származtak az evolúcióban? Sem a kővületek, sem a létező élővilág nem mutat nekünk csapkodó szárnyakkal ellátott főemlősöket, és valóban meglepő lenne, ha hirtelen és egyedülálló módon kifejlődtek volna egy fajban, amelyik elég közel áll a miénkhöz ahhoz, hogy az ízlésük – ahogy világosan mutatták azok a híres hamisított fényképek, amelyek annyira fellelkesítették a közismerten hiszékeny Sir Arthur Conan Doyle-t – tökéletesen egybevágjon az 1920-as évek öltözködési divatjával.

Állítólagos lények, például a Loch Ness-i szörny, a jeti vagy „himalájai majomember” és a kongói dinoszaurusz a spektrum valószínűbb oldalán helyezkednek el Conan Doyle tündéreihez képest. Voltaképpen is nincs is különös ok rá, miért ne maradhatott volna fenn Loch Nessben egy elszigetelt plesioszaurusz populáció. El sem lehet mondani, mennyire örvendeznék – minden zoológussal egyetemben –, ha így lenne; vagy ha hitelesen felfedeznének egy dinoszauruszt a Kongó felső folyásánál. Az ilyen felfedezés sem biológiai, sem fizikai törvényeket nem sértene. Kizárólag azért valószínűtlen, mert az utolsó ismert dinoszaurusz 65 millió évvel ezelőtt élt, és 65 millió év hosszú idő egy populációnak, hogy titokban (de nem megkövesedve) maradjon. Ami a jetit illeti, fellelkesítene a *Homo erectus* vagy *Gigantopithecus* egy fennmaradt populációjának a kilátása, ha hinni tudnék benne. Igazán őszintén kívánom, bárcsak valószínűbbnek tarthatnám az emberi alternatíváknál: hallucinálás, nagyotmondó utazók meséje vagy jóhiszemű félreértelmezése a Nap melege által megolvadt szélű, ezáltal megnagyobbodott állati lábnyomoknak.

1938. Augusztus 30-án Orson Welles H. G. Wells *Világok háborúja* című művéből készített mindmáig nevezetes rádiójátéka széles körű pánikot és a hírek szerint néhány öngyilkosságot váltott ki a hallgatóság körében, akik azt hitték, hogy a nyitójelenet – ahogy arra következtetni lehetett – a marslakók inváziójának autentikus közleménye. Gyakran hozakodnak elő ezzel az esettel az amerikai nép nevetséges hiszékenységének bizonyítékeként; véleményem szerint eléggé méltánytalanul, mert az úrből érkező támadás nem lehetetlen,

és ha bekövetkezne, minden bizonnyal egy hasonló váratlan rádiós bejelentésből értesülnénk róla először.

Változatlan a repülő csészealjokról keringő történetek népszerűsége, ám a tudományos közösség ezeket hajlamos hitetlenkedéssel fogadni. Miért? Nem azért, mert lehetetlen vagy nagyon nagy mértékben valószínűtlen a látogatás a világűrből, hanem azért, mert a csalás vagy illúzió alternatív magyarázatainak nagyobb a valószínűségük. Tény, hogy számos repülő csészealjas történetet szedtek ízekre a legapróbb részletekig lelkiismeretes amatőr és hivatásos tudósok csapatai. A történetek rendre darabokra hullottak a vizsgálat során. Gyakran nyilvánvaló megtevesztésnek bizonyultak (és jövedelmezőnek az elkövető számára, mert a kiadók jól fizetnek az efféle históriáikért, és legyenek bármilyen gyéren dokumentáltak is, a pólók és szuvenírbögrék egész iparága épülhet rájuk). Vagy a „csészealjokról” kiderült, hogy furcsa szögben látott illetve megvilágított repülőgépek, léghajók vagy ballonok; esetenként délibábok vagy más fénytükkök, nem egyszer pedig titkos katonai légi járművek.

Meglehet, egy szép napon Földön kívüli űrhajó érkezésének leszünk a tanúi. Annak viszont, az emberi csalás vagy illúzió valószínűségével összevetve kicsi az esélye, hogy a repülő csészealjokról beszámoló valamelyik *meghatározott* jelentés valódi. Számomra különösen sokat levon a repülő csészealjas történetek valószínűségéből az idegenek már-már komikus hasonlósága a mindennapi emberekhez, illetve a televízióban éppen divatos fiktív lényekhez. Sokan közülük elég közeli hasonlóságot mutatnak az emberi hímekhez ahhoz, hogy párosodni akarjanak emberi nőstényekkel, sőt még termékeny utódot is létrehozzanak. Mint Carl Sagan és mások kimutatták, az emberrablási mániás humanoid idegenek leginkább a tizenhetedik századi démonok és boszorkányok modern megfelelői.

A televízió és a sajtó tekintélyének súlyával megtámogatott asztrológia, parajelenségek és idegen látogatók előnyös helyzetben vannak a köztudatban. Ha igazam van, hogy ez a tendencia a csoda iránti természetes és egészséges sóvárgásunkat aknázza ki, akkor meglehetősen paradox helyzetbe kerültünk a bátorítása tekintetében. Vigasztaljon a gondolat, hogy mivel a csoda iránti vágyódást sokkal inkább kielégítheti a tudomány, a babona elleni küzdelem már csak

oktatás kérdése. Gyanítom azonban, hogy egy további erő is közreműködik, ami megnehezítheti a dolgokat. Meglehetősen érdekes, önálló pszichológiai erőre gondolok, és a fejezet hátralévő részében a magyarázata lesz a célom, mert a megismerése segíthet az általa okozott kár mérséklésében. Ez az önálló hatást kifejtő erő normális és sok szempontból kíváncsian hiszékenységgel a gyermekben, de ha nem vigyázunk, átmentheti magát a felnőttkorba, ami lehangoló következményekkel jár. Egy személyes emlékekkel kezdem.

Egyszer, április elsején, amikor a nővérem és én még gyerekek voltunk, a szüleink, valamint a nagybátyánk és a nagynénénk egyszerű tréfát űztek velünk. Közölték, hogy a padlásszobában rábukkantak arra a kis repülőgépre, amelyik fiatal korukban az övék volt, és elvisznek minket egy rövid sétarepülésre. Akkoriban még kevésbé volt mindennapos a repülés, és elfogott minket az izgalom. Az volt az egyetlen kikötés, hogy be kell kötnünk a szemünket. A kezünket fogva végigvezettek a gyepen, és az ülésünkbe szíjaztak. Hallottuk a beinduló motor zaját, majd egy rántást éreztünk, és már fel is szálltunk az egyenetlen, himbálózó, tekervényes útra. Időnként nyilván a fák csúcsai között haladtunk át, mert éreztük, ahogy ágak érnek hozzánk, és vérpezsdítően csapott az arcunkba a szél. Végül „landoltunk”, a zötyögős út véget ért a *terra firmán*, levették a szemünkről a kötést és nagy kacagás közepette mindent elárultak. Szó sem volt repülőgépről. Nem utaztunk sehová a gyepon azon pontjáról, ahonnan elindultunk. Csak ott ültünk a kerti padon, amit az apánk és a nagybátyánk felemelt, himbált és zötyögtetett a légi mozgást szimulálva. Nem volt hajtómű, csak a lármás porszívó, és egy legyező, amivel az arcunkat legyezték. Ezeket és a rajtunk végigsöprő faágakat a pad mellett álló anyánk és a nagynénénk kezelték. Amíg tartott, nagyon izgalmas élmény volt.

Naiv, bizalommal teli gyermekekként napokon át vártuk az ígért repülést. Meg sem fordult a fejünkben, hogy azon tűnődjünk, miért kell bekötni a szemünket. Nem lett volna természetes megkérdezni, mire jó egy sétarepülés, ha úgysem látunk semmit? De nem, a szüleink kijelentették, hogy valamilyen meghatározatlan okból be kell kötni a szemünket, és mi szó nélkül elfogadtuk. Talán a „nem elrontani a meglepetést” régi, jól bevált receptjét vetették be. Soha nem tűnődtünk el azon, hogy a család felnőtt tagjai miért tartották titokban előttünk, hogy legalább az egyikük képzett pilóta; nem

emlékszem, hogy megkérdeztük volna, melyikük. Egyszerűen nem állt rá az agyunk a kételkedésre. Annyira bízunk a szüleinkben, hogy egyszerűen eszünkbe sem jutott félni a lezuhanástól. És amikor levették a szemünkről a kötést és nevettek rajtunk, továbbra is hittünk a Téliapóban, a fogtündérekben, az angyalokban, a mennyországban, a boldog vadászmezőkben és a többi történetben, amelyeket egyes felnőttek meséltek nekünk. Mellesleg, az anyám nem emlékszik az esetre, annál inkább a gyerekkorában történetre, amelyben az ő apja üzött ugyanilyen tréfát vele és a kishúgával. Az apja még vaskosabbat lódított, mert ez a repülőgép a lakásban „szállt fel” és a gyerekeknek azt mondták, hogy „bukjanak le amikor kihussannak az ablakon”. Mind a ketten maradéktalanul elhitték.

A gyerekek természetől fogva hiszékenyek. Miért is ne lennének azok? Úgy érkeznek erre a világra, hogy nem tudnak semmit, és felnőttek veszik körül őket, akik hozzájuk képest mindent tudnak. Komolyan igaz, hogy a tűz éget, a kígyó mar, ha délben túl későn húzódsz árnyékba, akkor pirosra sülsz, kisebesedik a bőröd, végül elrákosodik. Továbbá a hasznos ismeretek szerzésének a másik és tudományosabbnak látszó módja a próbálkozás és hiba révén tanulás, sokszor bizonyulna rossz ötletnek, mert túlságosan nagy árat kell fizetni a hibáért. Ha a mamád azt mondja, hogy soha ne csónakázz a tóban a krokodilok miatt, nem jó, ha felülkerekedik a szkeptikus, a tudományos és a „felnőtt”, és azt mondod: „Köszönöm, mama, de ezt a feltételezést inkább kísérleti vizsgálatnak vetem alá”. Az ilyen kísérletek gyakran végzetesek lennének. Könnyű belátni, hogy a természetes szelekció – a legrátermettebb életben maradása – büntethette a kísérletező és szkeptikus észjárását és kezdve az egyszerű kíváncsiságnak a gyermekekben.

Ennek a jelenségnek a szerencsétlen melléktermékén azonban nem lehet segíteni. Ha a szüleid mondanak valamit, ami nem igaz, azt is el kell hinned. Hogy is tehetnéd az ellenkezőjét? A gyerekek nincsenek felkészülve rá, hogy különbséget tudjanak tenni az igazi veszélyekre vonatkozó igazi figyelmeztetés és a hamis figyelmeztetés között, mondjuk hogy a pokolba kerülsz, ha „bűnt” követsz el. Ilyen felkészültség birtokában nem is lenne szükség a figyelmeztetésekre. A hiszékenység, mint az életben maradás eszköze, készen érkezik. Elhiszed, amit mondanak, akár hamis, akár igaz. A szülők és a felnőttek olyan sokat tudnak, igazán természetes tehát feltételezni,

hogy mindent tudnak és természetes hinni nekik. Ha arról mesélnek, hogy a Télapó a kéményen ereszkedik le, vagy hogy a hit „hegyeket mozgat meg”, természetesen ezeket is elhiszed.

A gyerekek azért hiszékenyek, mert annak kell lenniük, hogy eljátszhasák az életben „hernyó” szerepüket. A pillangóknak szárnyuk van, mert az a szerepük, hogy betájolják az ellenkező nem tagjait és új haszonnövényekre terjesszék el az utódaikat. Mérsékelt étvágyukat néhány alkalmi korty nektárral is ki tudják elégíteni. Kevés fehérjét fogyasztanak a hernyókhoz képest, amelyek a fejlődő szakaszt alkotják az élet történetében. A fiatal állatoknak általában az a szerepük, hogy felkészüljenek a sikeresen szaporodó felnőtté válásra. A hernyóknak az a feladatuk, hogy a lehető leggyorsabban táplálkozzanak, hogy repülő, szaporodó, elterjedő felnőttként bújjanak elő a bábból. Ehhez a célhoz nem szárnyal, hanem erős, zabáló rágókkal és telhetetlen, szűk látókörű étvágygal lettek ellátva.

Az embergyerekeknek, mint amolyan információs hernyóknak, hasonló okból kell hiszékenyeknek lenniük. Az a dolguk, hogy szaporodó felnőttekké váljanak egy bonyolult, tudásra épülő társadalomban. És vitathatatlanul a környezetükben lévő felnőttek, mindenekelőtt a szüleik jelentik információs érendjük legfontosabb forrását. Ugyanazon okból, amiért a hernyóknak mohón járó rágóik vannak a káposztalevelek felhabzsolására, az embergyerekeknek tágra nyitott szemük és fülük van, és nyitott, hívó elméjük a nyelv és más ismeretek felhabzsolására, ők a felnőtt tudás élősdije. Adatok szököárjai, a bölcsesség megabyte-jai áradnak át a kisgyermek koponyájának kapuin, és ezek többsége abban a kultúrában gyökerezik, amelyet a szüleik és az ősök nemzedékei építettek fel. Mellesleg, nem szabad túl messzire menni a hernyóanalógiában. A gyerek fokozatosan válik felnőtté, nem egy csapásra, ahogy a hernyó alakul át lepkévé.

Emlékszem, egy karácsonykor megpróbáltam azzal mulattatni egy hatéves gyereket, hogy kiszámoltuk, mennyi időbe telne Télapónak, hogy a világ minden kéményén lemásszon. Ha egy átlagos kémény 6 méter hosszú, és mondjuk 100 millió házban laknak gyerekek, tűnődtem fennhangon, milyen gyorsan kell lesuhannia a kéményen, hogy karácsony hajnalára elvégezze a munkáját? Aligha volna ideje lábujjhegyen beosonni minden egyes gyerek hálószobájába, mivel szükségszerűen át kell lépnie a hangsebességet. A kislány megértette a

lényeket, és rájött, hogy van a dologban egy kis bökkenő, ez azonban a legkevésbé sem aggasztotta. Ejtette a témát anélkül, hogy végigkövette volna. A nyilvánvaló lehetőség, hogy a szülei valótlanságot mondtak neki, láthatóan meg sem fordult a fejében. Nem fogalmazta volna meg ezekkel a szavakkal, de arra a következtetésre jutott, hogy ha a fizika törvényei lehetetlenné teszik Télapó működését, hát annál rosszabb a fizika törvényeinek. Beírta azzal, hogy a szülei szerint a Télapó a Szenteste néhány órája alatt igenis lemegy minden kéményen. Így kell lennie, mert apu és anyu azt mondta, hogy így van.

Az állításom úgy szólt, hogy a bizalomteljes hiszékenységek normális és egészséges egy gyerek esetében, de egészségtelen és elítélendő rászédhetőséggé válhat a felnőttben. A szó legteljesebb értelmében felnőtté válásnak az egészséges szkepticizmust is magában kellene foglalnia. A hajlamot az átejthetőségre gyerekesnek nevezhetjük, mert a gyerekek körében általános és indokolt. Gyanítom, hogy megmaradása a felnőtt létben a gyermekkor elvesztett biztonsága és kényelme utáni vágyódásból, valóságos epekedésből fakad. A lényeket jól foglalta össze 1986-ban a népszerű tudomány és a sci-fi nagy írója, Isaac Asimov: „Vizsgáld meg az áltudomány minden egyes darabját és meg fogod találni a biztonságos takarót, egy szopogatni való hüvelykujjat, egy szorongatni való ingecskét.” A gyermekkor sokak számára amolyan elveszett Árkádia vagy paradicsom, a bizonyosságaival és a biztonságával, a képzelt repüléseivel az Óperencián túlra, az esti meséivel, mielőtt álomba merülnénk a plüssmaci karjaiban. Utólag aztán úgy tűnik, túlságosan gyorsan tovatűnnek a gyermeki ártatlanság évei. Szeretem a szüleimet, mert elvittek repülni olyan magasra, mint a papírsárkány, a fák koronája fölé, mert meséltek nekem a fogtünderről és a Télapóról, Merlinről és a varázslatairól, a kis Jézuskáról és a háromkirályokról. Mindezek a történetek gazdagítják a gyermekkort, és oly sok más tényezővel együtt hozzájárulnak, hogy emlékeinkben az igézet korává válják.

A felnőttkor ridegnek és üresnek tűnhet, ahol nincsenek tündérek, sem Télapó, sem Bergengócia, sem boldog vadászmezők, ahová a jobblétre szenderült és megsiratott kedvenc kis kutyusok, cicusok és aranyhőrcsögök mennek és angyalok sincsenek. De nincsenek ördögök sem, és pokoltűz sem, sem gonosz boszorkányok, sem

szellemek, sem kísértetjárta házak, sem démontól megszállottság, sem mumus, sem emberevő óriás. Igen, Brumi maciról és Dollyról kiderül, hogy igazából nem is élnek. De van meleg, élő, beszélő, gondolkodó, felnőtt hálótárs, akit a karunkban tarthatunk, és a többségünk kielégítőbb szeretetnek tartja ezt a fajtát, mint a gyermeki vonzalmat a kitömött játékok iránt, legyenek bármilyen puhák és aranyosak.

Nem teljesen felnőni azt jelenti, hogy átvisszük a „hernyó”-jellegét a gyerekkorból (ahol erény) a felnőttkorba (ahol fogyatékoság). Gyerekkorban jó szolgálatot tesz a hiszékenység. Segít, hogy rendkívüli gyorsasággal megrakjuk a koponyánkat a szüleink és az őseink tudásával. De ha nem növünk ki belőle idejekorán, a hernyótermészetünk az asztrológusok, médiumok, guruk, vallási megszállottak és kuruzslók könnyű célpontjává tesz minket. Az embergyerek génusza, ez a tüneményes mentális hernyó arra való, hogy felszívja az információt és az eszméket, nem pedig hogy kritizálja őket. Ha későn fejlődnek ki a kritikus képességek, az a gyermekkor hajlamai ellenére, nem pedig miattuk történik. A gyerek agyának itatósa a nem sokat ígérő ágyás, az alap, amelyben később küszködő mustárnövényként gyökeret verhet a szkeptikus hozzáállás. Fel kell váltanunk a gyermekkor automatikus hiszékenységét a felnőtt tudomány konstruktív szkepticizmusával.

De máris felsejlik előttem egy további probléma. Túl egyszerű a történetünk a gyerekről, mint információs hernyóról. A gyermeki hiszékenység programozásának van egy – legalábbis a megértéséig – már-már paradox jellegű csavarja. Térjünk csak vissza a gyerekekhez, akinek a lehető leggyorsabban kell felszívnia az információt az előző nemzedékektől. Mi van, ha két felnőtt, mondjuk az apád és az anyád, ellentmondó tanácsot ad? Ha az anyád azt mondja, hogy minden kígyó halálos és soha nem szabad a közelükbe menned, az apád pedig azt mondja, hogy minden kígyó halálos, kivéve a zöldeket, és tarthatsz otthon egy zöld kígyót? Mindkét tanács üdvös lehet. Az anya általánosabb tanácsának az a kívánt hatása, hogy megóvjon a kígyóktól, még ha a zöld kígyók tekintetében túlságosan nagyvonalú is. Az apa árnyaltabb tanácsának ugyanaz az óvó hatása, és bizonyos tekintetben jobb, ám végzetes lehet, ha például ellenőrizetlenül alkalmazzuk egy messzi országban. A gyerekek veszedelmesen zavarba ejtőnek tűnhet a két tanács közötti ellentmondás. A szülők gyakran mérhetetlen erőfeszítéseket tesznek, hogy ne mondjanak

ellent egymásnak, és minden bizonnal bölcsen teszik. De a természetes szelekció a hiszékenység „megtervezésekor” valahogy nyilván beépítette az ellentmondással való megbirkózás módját. Talán egy egyszerű hatálytalanító szabály formájában: „Higgy el minden történetet, amit először hallasz”. Vagy: „Inkább a mamának higgy, mint a papának, és inkább a papának, mint más felnőtteknek a populációban.”

A szülői tanácsok esetenként kifejezetten a populáció más felnőttjei iránt megnyilvánuló hiszékenység ellen szólnak. A szülőknek a következő tanácsról sem szabad megfeledkezniük: „Ha bármely felnőtt arra kér, hogy menj vele, és azt mondja, hogy a szüleid barátja, ne higgy neki, akármilyen kedvesnek tűnik, és ha (vagy különösen ha) édességgel kínál is. Csak olyan felnőttel menj el, akit te és a szüleid már ismernek, vagy aki rendőregyenruhát hord.” (Nemrégiben elbűvölő történet jelent meg az angol lapokban, amelyben Erzsébet királyné, a királynő 97 éves édesanyja szólt a sofőrjének, állítsa meg a kocsit, mert észrevett egy síró gyereket, aki nyilvánvalóan eltévedt. A kedves idős hölgy kiszállt, hogy megvigasztalja a kislányt, és felajánlotta, hogy hazaviszi. „Nem mehetek – hüppögte a gyerek. – Idegenekkel nem szabad szóba állnom.”) A gyereket tehát felszólítják, hogy bizonyos körülmények között a hiszékenység szöges ellentétjét gyakorolja, állhatatosan ragaszkodjék ahhoz, hogy egy korábbi felnőtt kijelentésben higgyen, szemben az esetleg csábító és meggyőző – de ellentmondó – későbbi kijelentéssel.

Önmagukban tehát a „rászedhető” vagy „hiszékeny” szavak nem egészen helyesek a gyerekek esetében. Az igazán rászedhető emberek elhiszik, amit csak hallottak legutóbb, még ha az ellentmond is annak, amit másoktól korábban hallottak. A gyermekkor jellemzője, amit megpróbálok megragadni, nem mindennek a fenntartás nélkül való elfogadása, hanem egy komplex kombinációja a hiszékenységnek és az ellenkezőjének: a konok ragaszkodásnak egy már megszerzett hithez. A teljes recept tehát úgy hangzik, hogy a végletes korai hiszékenységet egy ugyanolyan csökönös rákövetkező megrendíthetlenség követ. Láthatjuk, miféle romboló kombináció jöhet így létre. Azok a régi jezsuiták tudták, mit beszélnek: „Adj nekem egy gyermeket az első hét esztendejére, és a férfit kapod vissza.”

7. A rejtély titka

*...a kevély ész
nem kormányozza a lelkek komor
rejtelseit...*

JOHN KEATS: Álom és költészet (1817)

A kiváló termékenységspecialista, Robert Winston elmélkedett el azon, mi történik, ha egy kellőképp gátlástalan és a valószínűség-számításhoz kicsit is konyító kuruzsló a következő hirdetést teszi közzé azon reménybeli szülők számára, akik szeretnék, hogy a következő gyerekük, mondjuk, fiú legyen (a feltételezés mögött tetten érhető szexizmus nem rám jellemző, de régebben kétségkívül elterjedt nézet volt, és sok helyen manapság is az): „Küldjön 500 fontot, és szabadalmaztatott receptem hozzásegíti, hogy születendő gyermeke fiú legyen. Amennyiben kudarcot vallanék, az összeg teljes egészében visszajár.” A pénz visszaadása a bizalom megalapozására szolgál. Valójában, mivel nagyjából az esetek 50 százalékában nyilván fiúk születnek, mindenképpen szép jövedelmet ígér az ötlet. Ami azt illeti, a kuruzsló nyugodtan felajánlhat fájdalomdíjként minden újszülött lány után az összeg visszafizetésén túl 250 fontot, hosszú távon így is csinos haszonnal számolhat.

Hasonló módszerhez folyamodtam 1991-ben a Royal Institution karácsonyi előadásán. Okkal vélem, jelentettem ki a hallgatóságnak, hogy egy okkult képességekkel megáldott személy tartózkodik a körünkben, aki a gondolatai puszta erejével képes befolyásolni az eseményeket, és most megpróbálom felfedni a kilétét. „Először állapítsuk meg – folytattam –, hogy az előadóterem bal vagy jobb felében helyezkedik el az illető.” Felszólítottam mindenkit, hogy álljanak fel, az asszisztensem pedig feldobott egy pénzérmét. A terem bal oldalán lévőket felkértük, „akarja”, hogy fej legyen az eredmény; a jobb oldalon állókat pedig, hogy ugyanígy „akarják” az írást. Nyilvánvaló, hogy az egyik oldálnak veszítenie kellett, ezeket leültettük. A másik oldalt kettéosztottuk, és az egyik felét a fejre, a másik felét az írásra „koncentráltattuk”. A vesztesek ismét leültek. És így tovább, addig követték egymást a felezések, amíg hét-nyolc

pénzfeldobás után egyetlen személy maradt állva. „Nagy tapsot kérek a parafenoménünknek!” Nyilván okkult képességekkel rendelkezett, hiszen sorozatban nyolcszor befolyásolta az érmét, igaz?

Ha az előadást élőben, nem pedig felvételtől közvetítette volna a televízió, még hatásosabb lehetett volna a bemutató. Felkértem volna a nézőket, akiknek a neve *J* előtti betűvel kezdődik az ábécében, hogy „akarják” a fejet, a többieket pedig, hogy az írást. Amelyik félről kiderül, hogy köztük rejtőzik a parafenomén, megint két részre osztom és így tovább. Mindenkit megkértem volna, hogy sorrendben jegyezze le az „akarátát”. Kétmillió nézővel nagyjából 21 kör után maradt volna egy személyünk. A hatás kedvéért tartottam volna egy kis szünetet a sorozatban. Mondjuk a tizennyolcadik körben telefonálásra biztatom a még játékban lévőket. Ekkor már elég kevesen lettek volna, és némi szerencsével, valamelyikük telefonál. Az illetőt felkérem, hogy olvassa be, amit addig leírt: FÍÍFFÍFFFFÍÍFFÍÍ, ami pontosan megegyezett volna a hivatalos eredménnyel. Neki tehát már 18-szor sikerült befolyásolnia a pénzfeldobást. Felhangzik az ámuldozás moraja. Ámuldozás – de min? Kizárólag a pusztá szerencsén. Nem tudom, mi történt volna, ha ténylegesen elvégezzük ezt a kísérletet. Annyira kézenfekvő a trükk, hogy nem sok nézőt tett volna bolonddá. Akkor viszont mit szóljunk a következőhöz?

Híres „médiüm” szerepel a tévében, természetesen főműsoridőben (ami jelentősen emeli a jövedelmezőséget). Hipnotikusan izzó tekintettel (dicséretes munka a sminkes és a világító részéről) mered tízmillió képernyőről a nézőkre, és azt bújja, hogy különös, spirituális kapcsolatot érez, a kozmikus energia vibráló rezonanciáját a közönség bizonyos tagjaival. Hogy kikkel? Nos, ők pontosan tudni fogják, mert amikor elmondja misztikus varázsigéjét, *meg fog állni az órájuk*. Rövid szünet után megszólal az asztalán egyik telefon, és egy izgatott női hang megilletődötten bejelenti, hogy a bűvigék elhangzásának pillanatában megállt a karórája. A hívó hozzáteszi, hogy nem érte teljesen váratlanul, mert még mielőtt az órájára pillantott volna, úgy érezte, hőse izzó tekintete egyenesen a lelkébe hatol, és csak úgy „vibrált az energia”. Közben megszólal a másik telefon: egy újabb óra állt meg.

A harmadik hívónak a nagy állóórája járt így – kétségkívül jelentősebb tett, mint holmi kis karóra megállítása, melynek a finom hajszálrugója nyilván érzékenyebb a pszichikus energiákra, mint az

állóóra tekintélyes ingája! Egy másik néző órája valójában valamivel *azelőtt* állt meg, hogy a nevezetes parafenomén elmormolta volna a varázsigét – hát nem a pszichikai erő még lenyűgözőbb megnyilvánulása? De akadt olyan óra is, amelyik türelmetlenebbül reagált az okkult erőkre, ugyanis egy egész nappal korábban állt meg, méghozzá *pontosan ugyanabban az időpontban*, tudniillik tulajdonosa éppen ekkor pillantott a híres parafenomén fényképére az újságban. A stúdióban ülő közönség felhördül a bámulattól. Ez aztán a minden kétkedést szertefoszlató pszichikai erő, hiszen *egy egész nappal korábban hatott!* „Több dolgok vannak földön és egen, Horatio...”

Kevesebb hörgésre és több gondolkodásra volna szükségünk. Ez a fejezet arról szól, hogyan húzhatjuk ki a döbbenetes egybeesés méregfogát úgy, hogy csendben leülünk és kiszámítjuk a történetek valószínűségét. Ennek során fel fogjuk fedezni, mennyivel érdekesebb ártalmatlanná tenni látszólag rejtélyes egybeeséseket, mint aléltan sóhajtozni rajtuk.

Olykor egyszerű a számítás. Az egyik korábbi könyvemben elárultam a kerékpárom kombinációs zárjának a számát. Nem aggódtam miatta, mivel a könyvemet nyilvánvalóan nemigen olvassák olyanok, akik bicikliket lopnak. Mindazonáltal sajnos ellopták, és most van egy új záram új számmal, a 4167-tel. Ezt a számot könnyen megjegyzem. A 41 azért vésődött önkényes kódként az emlékezetembe, mert ezzel azonosítottam a ruhámat és cipőmet a kollégiumban; 67 éves koromban pedig a nyugdíjba vonulásom esedékes. Nyilvánvaló, hogy ebben semmiféle rejtélyes egybeesés nincs: akármilyen számokhoz kereshettem – és találtam – volna valamilyen mnemonikus támpontot az életemben. De nézzük a folytatást. Aznap, amikor ezt írtam, levelet kaptam az oxfordi egyetememtől:

A fénymásoló készülékek használatára jogosult személyek személyes kódot kapnak a hozzáférés biztosítására. Az Ön új száma: 4167.

Elsőként az ötlött fel bennem, hogy ezt a cetlit is ugyanúgy el fogom veszíteni, ahogy a tavalyi párját, és gyorsan ki kellene találnom valamilyen formulát, hogy rögzítsem az emlékezetemben. Talán olyasféle mnemonikát, melynek révén megjegyeztem a biciklizáram számát? Így hát megint szemügyre vettem a számot, és hogy egy találó leírást kölcsönözzek Fred Hoyle tudományos fantasztikus regényéből, a *Fekete felhő*ből, a papíron mintha gigantikus méretűre

dagadtak volna a számok:

4167

Nem kellett új mnemonika. Ugyanaz a szám volt. Rohantam, hogy elmeséljem a feleségemnek a meglepő egybeesést, de ha józanabban végiggondolom, nem zaklatom vele.

Könnyű kiszámítani, mennyi az esélye, hogy merő véletlenségből így történjék. Az első számjegy 0-tól 9-ig bármi lehet. Így egy a tízhez az esélye, hogy a biciklizárral egyezően 4-est kapjunk. A második számjegy ugyancsak 0-9-ig bármelyik lehet, így ismét egy a tízhez az esély, hogy megegyezzen a zár második számjegyével. Vagyis az első két számjegy megegyezésére egy a százhoz az esély, és ha ugyanezzel a logikával hozzászámoljuk a másik két számjegyet is, a négy számjegy megegyezésének az esélye a biciklizár négy számjegyével egy a tízezerhez. Elég nagy szám ahhoz, hogy védelmet nyújtson a lopás ellen.

Lenyűgöző egybeesés. De ugyan mi következik ebből? Valami rejtélyes és gondviselészerű? Őrangyalok munkálkodtak a háttérben? Szerencsés csillagzatba ért az Uránusz? Nem. Nincs okunk többet gyanítani pusztá véletlennél. Az emberek száma a világon olyan nagy a 10 000-hez képest, hogy valaki ebben a szent pillanatban is megtapasztal egy legalább olyan meglepő egybeesést, mint amilyen az enyém volt. Nekem történetesen erre a napra esett az ilyen jellegű élményem. Még csak nem is mondanám további egybeesésnek, hogy éppen ennek a fejezetnek az írása közben történt. A fejezet első vázlatát ténylegesen néhány héttel korábban írtam. A mai napon, miután megtörtént ez a véletlen, újrakezdtém, hogy belefoglaltam. Bizonyosan még többször is visszatérek hozzá, átdolgozni és csiszolni, és nem fogom eltávolítani a „mára” vonatkozó utalást: amikor íródott, megfelelt a valóságnak.

Hasonló számítást végezhetünk a kártékony pszichikus kigőzölgésével órákat megállító televíziós guru esetében, de pontos számadatok helyett be kell érünk becslésekkel. Bármely adott órának bármely pillanatban van egy bizonyos alacsony valószínűsége a megállásra. Nem tudom, mekkora ez a valószínűség, de használható becslést azért tehetünk. Ha csak a digitális órákat vesszük, általában egy évig tart ki az elemük. Egy digitális óra tehát egy évben egyszer nagy valószínűséggel megáll. A mechanikus órák feltehetően többször állnak meg, amikor elfelejtik felhúzni őket, a digitális órák pedig

feltehetően kevesebbszer, ha időnként elfelejtik kicserélni bennük az elemet. De mindkét típusú óra valószínűleg megáll, ha ilyen vagy olyan hiba jelentkezik a szerkezetében. A becslésünk tehát legyen az, hogy bármely adott óra egy évben egyszer valószínűleg megáll. A becslés pontossága nem sokat számít; az elv mindenképpen érvényes.

Ha valakinek három héttel a varázslat után áll meg az órája, azt még a leghiszékenyebb lélek is inkább a véletlennek tulajdonítaná. Vagyis el kell döntenünk, mekkora eltolódást ítélne a közönség eléggé egyidejűnek ahhoz, hogy a parafenomén bejelentésével hozza összefüggésbe. Öt perc biztosan megfelelő, különösen, hogy minden egyes hívóval beszélgetett pár percig, így tágabb időtartomány alkalmas az egyidejűség benyomásának keltésére. Egy év hozzávetőleg 100 000 ötperces periódusra osztható, tehát annak valószínűsége, hogy bármely adott óra, mondjuk az enyém, megáll egy meghatározott ötperces időszakban, nagyjából egy a százezerhez. Nem túl nagy valószínűség, de tízmillió ember nézi a műsort. Ha csak a felük hord karórát, ezek közül 25 óra esetében számíthatunk a karóra megállására. Ha ezeknek csak a negyede telefonál a stúdióba, az 6 hívás, több mint elegendő a naiv közönség lenyűgözéséhez. Főként, ha az ember azoknak a hívásait is beleszámítja, akiknek az órája egy nappal korábban állt meg, akiknek a karórája ugyan nem állt meg, a nagy ingaórája (a *grandfather-clock*, vagyis „nagyapapa-óra”) viszont igen, továbbá, akik meghaltak szívrohamban és a gyászoló rokonok sietve tudatták telefonon, hogy az elhunyt „ketyegője” felmondta a szolgálatot és így tovább. Ezt a fajta egybeesést énekli meg a bájos, régi érzелgős dalocska, a „Nagyapó órája”:

*Nem pihent kilencven évig,
tik-tak, tik-tak,
Kimerkte mind perceit
tik-tak, tik-tak,
de jaj ... megállt ... azon minutában
hogy nagyapó meghalt!*

Richard Feynman egy 1963-as, és a halála után, 1998-ban kiadott előadásában elmeséli, hogyan halt meg az első felesége este 9:22-kor és mikor később megtalálták az órát a szobájában, kiderült, hogy pontosan 9:22-kor állt meg. Egyesek nagy kedvüket lelnék ennek az

egybeesésnek a rejtélyében és úgy éreznék, Feynman valami roppant értékestől fosztja meg őket, amikor egyszerű, racionális magyarázatot ad a rejtélyre. A régi óra már meglehetősen szeszélyesen működött, és rendes szokása szerint megállt, ha kibillentették a vízszintes helyzetből; Feynman gyakran javítgatta. Amikor Mrs. Feynman meghalt, az ápolónő kötelessége volt, hogy rögzítse a halál beálltának időpontját. Az órához ment, de mert árnyékban volt, felemelte – és a fény felé billentette az előlapját. Az óra megállt. Valóban megront valamiféle szépséget Feynman, amikor bizonyosan igaz – és nagyon egyszerű – magyarázatot ad? Számomra ugyan nem. Inkább újfent megerősíti egy szabályszerűen viselkedő univerzum eleganciáját és szépségét, ahol az órák bizonyos okokból megállnak, de semmiképp sem azért, hogy hájjal kenegessék a szentimentális emberi képzeletet.

Itt az ideje, hogy bevessek egy kifejezést, és remélem, az olvasó elnézi nekem ezt a betűszót. SEBKEA annyit tesz: Sokatmondó Egybeesés Benyomását Keltő Események Alaphalmaza. A továbbiakban nem írom nagybetűkkel, mert úgy igen visszataszítóan fest az oldal egészén. Ha valakinek a karórája tíz másodperccel a parafenomén varázsigéje után áll meg, az sebkeának tűnik, ahogy számos más esemény is. Szigorúan véve az ingaóra megállását nem számolhatnánk ide; a parafenomén egyetlen szóval sem állította, hogy meg tudja állítani az inga- és állóórákat. Ennek ellenére, amikor valakinek megállt az ingaórája, az azonnal felkapta a telefont, mert ha valami, hát ez aztán még lenyűgözőbb, mintha a karórája állt volna meg. A sajátos félreértést az okozhatta, hogy lám, milyen *erős a parafenomén*, hiszen még csak nem is vesződött az ingaórák említésével! Ugyanígy semmit nem mondott az egy nappal korábban megállt órákról, illetve a szívelégtelenségben szenvedő nagypapák ketyegőiről.

Sokan a sebkea körébe tartozónak érzik az ilyen váratlan eseményeket. Úgy látják, mintha okult erők működnének a háttérben. És ahogy elámulnak rajta, a sebkea hatalmasra duzzad, és ott is találni látszik, amihez a legtávolabbról sincs köze. Ha az óra pontosan 24 órával korábban állt meg, azt nem kell azonnal a sebkea körébe foglalni. Ha valakinek az órája pontosan hét perccel a varázslat előtt áll meg, az nagy hatással lehet egyesekre, mivel a hetes ősi misztikus szám; és vélhetőleg ugyanez érvényes a hét órára, hét napra... Minél távolabb a sebkea, annál kevésbé kellene lenyűgöznie az egybeesésnek.

A sikeres csaló egyik eszköze, hogy pontosan az ellenkezőjét tudja elhitetni.

Nos, képzeletbeli (de a valóságosaktól nem különböző) parafenoménem számára tudatosan választottam hatásosabb mutatóványt, mint amilyent ténylegesen előadtak a televízióban, történetesen ugyancsak órákkal kapcsolatban. Ez az ismerősebb hőstett a megállt órák *elindítása*. A tévénézőket felszólítják, hogy álljanak fel, vegyenek elő a fiókból vagy a padlásszobából valamilyen régi, elromlott órát, és tartsák őket a kezükben, amíg a parafenomén elvégez bizonyos ráolvasásokat vagy valamilyen hipnotikus szemmunkát. Valójában az történik, hogy a kéz melegétől megolvad az összesűrűsödött olaj és, ha csak rövid időre is, ettől elindul az óra. Akármilyen csekély hányadban következik is be, a nézők nagy száma megsokszorozza az esélyeket, és kielégítő mennyiségű döbbszent telefonhívást fog eredményezni. Mint Nicholas Humphrey a parajelenségeket leleplező remek könyvében, a *Soul Searching*-ben (1995) kimutatja, némi kézben tartás után az elromlott órák több mint 50 százaléka átmenetileg járni kezd.

Íme, egy másik példa az egybeesésre, amikor teljesen világos, hogyan számoljuk ki az esélyeket. Volt egyszer egy barátnőm, akinek ugyanazon a napon volt a születésnapja, mint az előző barátnőmnek. Elmesélte egy ismerősének, aki hitt az asztrológiában, és ez az illető diadalmasan megkérdezte, hogyan támasztanám alá a szkepticizmusomat az ilyen megdönthetetlen bizonyíték ellenében. Lám, akaratlanul egymás után kétszer is összejöttem egy-egy nővel a „csillagaik” alapján. Akkor most gondoljuk végig. Könnyű kiszámítani annak esélyét, hogy két véletlenszerűen kiválasztott embernek azonos legyen a születésnapja. Egy év 365 nappól áll. Akármelyikre esik is az első ember születésnapja, egy a háromszázhatvanöthöz (a szökőéveket nem számolva) az esélye, hogy ugyanaz legyen a másodiké. Ha valamilyen meghatározott módon párba állítunk embereket, például valamelyik férfi egymást követő két barátnőjét, egy a háromszázhatvanöthöz eséllyel lesz közös a születésnapjuk. Tízmillió ember esetében (ami kevesebb Tokió vagy Mexico City lakosságánál) több mint 27 000-szer történik meg ez a látszólag rejtélyes egybeesés!

Most térjünk vissza a sebkeához, és nézzük, hogyan válnak az érintett kör kitágulásával kevésbé lenyűgözővé a látszólagos

egybeesések. Sok más módon is párba állíthatunk embereket és végül mindig felfedezhetünk valamilyen egybeesést. Például két egymást követő barátnő ugyanazzal a vezetéknevvel, noha nem egymás rokonai. Két üzleti partner, akiknek ugyanaz a születésnapjuk, ugyancsak a sebkeába eshet; vagy a repülőgépen egymás mellett ülő, a születésnapját egyazon napon tartó két ember. Ám egy utasokkal tele Boeing-747-en valójában 50 százaléknál is nagyobb az esély, hogy legalább egy ilyen útitárspárosnak közös legyen a születésnapja, csak többnyire nem fedezzük fel, mert nem kandikálunk át egymás válla fölött, miközben kitöltjük az unalmas bevándorlási űrlapot. Ha megtennénk, a legtöbb repülőjáraton akadna valaki, aki sötéten mormogna az okkult erők működéséről.

A születésnap-egybeesésnek érzékletesebb példája is ismert. Matematikailag bizonyítható, hogy ha mindössze 23-an tartózkodnak egy helyiségben, 50 százalék fölötti az esélye, hogy ezek közül kettőnek azonos napra essék a születésnapja. E könyv korábbi vázlatainak olvasói közül ketten is megkértek, hogy igazoljam ezt a meglepő kijelentést, őszintén együttérzek azokkal, akik irtóznak a matematikai képletektől, így szavakba foglalom a gondolatmenetet.

Könnyebb kiszámítani az esélyét, hogy *nincs* közös születésnapos pár a helyiségben. Hagyjuk figyelmen kívül a szökőéveket, és tegyük fel, hogy én is és az olvasó is a 23 ember között vagyunk. Az én születésnapom március 26. Nem tudom, mikorra esik az olvasóé, de mivel 364 olyan napunk van az évben, amelyik nem március 26., annak esélye, hogy az olvasó születésnapja nem azonos az enyémmel, $364/365$ (0,997). De a mi párba állításunk egymással csak a teremben tartózkodó 23 emberrel végrehajtható párba állítás egyike. A $364/365$ -öt tehát minden egyes párosításra meg kell szoroznunk. Mennyi a párba állítások száma? Az első becslés 23×23 (=529), de ez nyilvánvalóan túl sok. Ebbe az is beletartozik, hogy ki-ki önmagával is párt alkosson, ami képtelenség, elvégre nyilvánvalóan és elkerülhetetlenül közös születésnapunk van saját magunkkal! Így legalább 23-at ki kell vonnunk a lehetséges párba állítások listájából, azaz $(23 \times 23) - 23 = 506$. Továbbá az első becslésünk ugyancsak önálló tényezőként foglalja magában a te-én és az én-te sorrendű párosításokat, noha ha az én születésnapom megegyezik az olvasóéval, akkor szükségképpen az olvasóé is megegyezik az enyémmel. Más szóval minden párt kétszer számoltunk. Az 506-ot

tehát meg kell feleznünk, így 253-at kapunk a párosítások számaként. Kézzel túl sokáig tart kiszámolni, de egy számológép (vagy logaritmustáblázat) gyorsan elvezet ahhoz a következtetéshez, hogy ha $364/365$ -öt 253-szor megszorozunk önmagával, akkor egy 0,5-hez nagyon közeli számot kapunk. Ekkora az esélye, hogy a helyiségben tartózkodók között *nem* találunk olyanokat, akik egy időben tartják a születésnapjukat.

Hozzávetőlegesen tehát ugyanekkora az esélye, hogy egy 23 tagú csoportból két személynek azonos napra esik a születésnapja. Ha 30 ember esetében végezzük el ugyanezt a számítást, a párosítások száma, vagyis a $((30 \times 30) - 30)$ fele 435 lesz. És ha $364/365$ -öt 435-szor megszorozunk önmagával, akkor körülbelül 0,30. Ez esetben tehát 70 százalék körüli egy közös születésnapos páros esélye. Tisztes bevételre tehetnénk szert, ha szombatonként kimennénk a rögbipályára és egyenlő esélyre fogadunk, hogy a pályán lévő 30 játékos közül kettőnek azonos napra esik a születésnapja. A legtöbb ember ösztönösen az ilyen egybeesés ellen fogadna. De tévednek. Ez a fajta ösztönös tévedés ferdíti el általában az értékelésünket a „rejtélyes” egybeesésekről.

Most nézzünk egy tényleges egybeesést, ahol azonban kicsit nehezebb megbecsülni a hozzávetőleges esélyeket. A feleségem egyszer vett az anyjának egy gyönyörű antik, rózsaszínű számlapú órát. Amikor hazavitte és lekaparta róla az árcédulát, meglepődve látta, hogy az óra hátoldalára az anyja nevének kezdőbetűit vészték: *M.A.B.* Rejtélyes? Kísérteties? Hátborzongató? Arthur Koestler, a híres regényíró bizonyára sok mindent belemagyarázott volna. Akárcsak C. G. Jung, a széles körben csodált pszichológus és a „kollektív tudattalan” fogalmának feltalálója, aki szintén úgy vélte, hogy egy könyvszekrényt vagy egy kést igenis megjeleníthetnek a pszichikai erők. Józanabb feleségem pusztán figyelemre méltóan kényelmesnek és kellőképp szórakoztatónak találta a kezdőbetűk egybeesését ahhoz, hogy beszámoljon róla nekem – én pedig ezennel továbbadom a szélesebb közönségnek.

Nos, mekkora az esélye az ilyen egybeesésnek? Kezdhetjük naiv módon a számítást, az ábécé 26 betűből áll. Ha a mamának hárombetűs a monogramja, és véletlenül találunk egy órát, amelynek a hátlapjába három betűt vészték, az egybeesés esélye $1/26 \times 1/26 \times 1/26$, vagy 1 a 17 576-hoz. Nagyjából 55 millióan élnek Nagy-Britanniában.

Ha mindegyikük venne egy antik, cizellált órát, több mint háromezernek állna el a lélegzete a meglepetéstől, amikor felfedezik, hogy az óra már a mama monogramját viseli.

Valójában azonban jobbak az esélyek. Naiv számításunk abból a helytelen feltételezésből indult ki, hogy minden betű egyformán $1/26$ valószínűséggel egyezik meg valaki nevének kezdőbetűjével. Valóban ez az *átlagos* valószínűség az ábécé, mint egész számára, egyes betűknek azonban, mint az *X*-nek és a *Z*-nek, kisebb a valószínűsége. Mások, köztük az *M*, az *a* és a *B*, gyakrabban fordulnak elő: gondoljuk csak el, mennyivel megdöbbenőbb lett volna egy *X. Q. Z.* monogram. Javíthatjuk a becslésünket, ha mintát veszünk egy telefonkönyvből. A mintavétel meglehetősen jó módszer olyasminak a megbecsülésére, amit nem tudunk közvetlenül kiszámítani. A londoni telefonkönyv alkalmas mintavételi hely, mert elég terjedelmes, és a feleségem történetesen Londonban vásárolta az órát, ráadásul az anyósom is ugyanitt él. A londoni telefonkönyvben hozzávetőleg 210 972 centiméternyi, vagyis körülbelül 2,1 kilométernyi hasábon át sorjázik a polgárok neve. Ebből mintegy 20 599 centiméternyi hasábot foglal el a *B*. Ez azt jelenti, hogy a londoniak körülbelül 9,5 százalékának kezdődik *B*-vel a vezetékneve – sokkal gyakoribb tehát, mint egy átlagos betű: az $1/26$, vagyis 3,8 százalék.

Annak valószínűsége tehát, hogy egy véletlenszerűen választott londoni lakos vezetékneve *B*-vel kezdődjék, nagyjából 0,095 (= 9,5 százalék). Mi a helyzet az egybeesés valószínűségével az *M*-el és *A*-val kezdődő utónevek esetében? Túl sokáig tartana, ha nekilátnánk megszámolni a telefonkönyvben az utónevek kezdőbetűi, amellet nem is lenne túl sok értelme, hiszen maga a telefonkönyv mintaként szolgál. A legegyszerűbb, ha ábécérendbe szedett utónév-kezdőbetűk almintájához folyamodunk, amilyent bármelyik vezetéknev mellett találhatunk. Vegyük a legelterjedtebb angliai vezetéknevet – *Smith* –, és nézzük meg, milyen arányban fordul elő a *Smith*-ek között *M*. *Smith* és milyen arányban *A. Smith*. Joggal remélhetjük, hogy ez hozzávetőlegesen reprezentálja az utónév-kezdőbetűk valószínűségét általában Londonban. Kiderül, hogy együttvéve 20 méternyi hasábot foglalnak el a *Smith*-ek. Ezek 0,073-e (146 centiméternyi hasáb) *M. Smith*. Az *A. Smith*-ek 204 centimétert foglalnak el, ezzel minden *Smith*-ek 0,102-ét képviselik.

Akinek tehát londoni lakosként három monogrambetűje van, annak

esélye, hogy *M.A.B.* legyenek ezek a betűk, és ebben a sorrendben, hozzávetőleg $0,102 \times 0,073 \times 0,095$, azaz körülbelül 0,0007. Mivel Britannia lakossága 55 millió, ez annyit jelent, hogy nagyjából 38 000-nek *M.A.B.* A monogramja, de csak akkor, ha ebből az 55 millióból mindenki három nevet visel. Ez ugyan nincs így, a többség esetében azonban – ismét csak a telefonkönyv alapján – igen. Ha azt az óvatos feltételezést tesszük, hogy csak a britek felének áll három betűből a monogramja, az még mindig azt jelenti, hogy több mint 19 000-nek azonos a monogramja az anyósoméval. Bármelyikük megvehetette volna azt az órát és elállt volna a lélegzete az egybeesés okozta meglepetéstől. Mint számításunk kimutatta, valójában semmi okuk, hogy ne lélegezzenek továbbra is egyenletesen.

Ha alaposabban elgondolkozunk a sebkeán, úgy találjuk, hogy még kevesebb okunk van a lenyűgözöttségre. *M.A.B.* Az anyósom leánykori nevének monogramja, miután férjhez ment, *M.A.W.* lett, és persze éppolyan bámulatos lett volna, ha történetesen ez áll az órán. A *W*-vel kezdődő vezetéknevek csaknem olyan gyakoriak a telefonkönyvben, mint a *B*-vel kezdődők. Ez a tényező nagyjából megkétszerezi a sebkeát, hiszen megkétszerezi azon emberek számát az országban, akikről valamely lelkes egybeesés-vadász megállapíthatná, hogy ugyanaz a monogramjuk, mint az anyósomnak. Továbbá, ha valaki vesz egy órát, és azt találja, hogy nem az anyja név-betűi vannak belevésve, hanem a sajátjai, akkor még hihetlenebb egybeesésre gondolhat és érdemes befoglalni a (viharosán táguló) sebkeába.

Arthur Koestler, mint már említettem, munkássága kései szakaszában az egybeesések nagy rajongója volt. A *The Roots of Coincidence* (Az egybeesések gyökerei, 1972) című könyvében számos eseteírás található amelyeket eredetileg Paul Kammerer osztrák biológus gyűjtött (különösen egy hamisított kísérlet publikálásáról nevezetes amelyben a bábavarangy „szerzett tulajdonságainak öröklődését” szándékozott demonstrálni). Íme, egy jellegzetes Kammerer-történet, ahogy Koestler idézi:

1916. szeptember 18-án a feleségem, miközben a sorára várt dr. J. v. H. professzor rendelőjében, a Die Kunst folyóiratot olvasta; különösen egy Schwalbach nevű festő némelyik munkájának reprodukciója ragadta meg, és megjegyezte magának, hogy ne felejtse

el a nevét, mert az eredeti képeket is meg szerette volna tekinteni. Abban a pillanatban kinyílt az ajtó és az asszisztensnő kiszólt a pácienseknek: „Itt van Frau Schwalbach? Telefonon keresik.”

Valószínűleg nem érdemes számíthatni ezen egybeesés esélyeit, de legalább néhány tény szögezzünk le. Az „abban a pillanatban kinyílt az ajtó” kissé homályos. Egy másodperccel vagy húsz perccel azután nyílt ki az ajtó, hogy megjegyezte magának a Schwalbach-festményeket? Mekkora lehetett az az időköz, ami még egybeesésként képesztette el Kammerer feleségét? A Schwalbach név gyakorisága nyilvánvalóan lényeges; kevésbé hat meg minket, ha Schmidt vagy Strauss lett volna, és inkább, ha Twistleton-Wykeham-Fiennes vagy Knatchbull-Huguesson. A helyi könyvtárban nincs bécsi telefonkönyv, de egy másik nagy német nyelvű telefonkönyvből, a berliniből, fél tucat Schwalbach kerül elő: a név nem különösebben elterjedt, érthető tehát, hogy mély benyomást tett a hölgyre. De tovább kell gondolkoznunk a sebke méretéről. Hasonló egybeesések megtörténhetnek más emberekkel más orvosok várószobájában; és fogászati várótermekben, állami hivatalokban és így tovább; és nem csak Bécsben, hanem bárhol a világon. Mindazon *lehetőségek* száma, amelyek ha bekövetkeznének, egybeesésnek lennének tarthatók, éppen olyan jelentős, mint az az egy, amelyik ténylegesen megesett. Nézzünk egy másfajta egybeesést, ahol még nehezebb rájönni, honnan kezdjük az esély kiszámítását. Gyakran idézett élmény, ha valaki évek óta először álmodik régen látott ismerőseivel, akitől aztán másnap egészen váratlanul levelet kap. Vagy megtudja, hogy meghalt az éjjel. Vagy hogy nem ő halt meg, hanem az apja. Vagy hogy az apja nem halt meg, hanem nyert a totón. Figyeljük meg, hogyan uralkodik el a sebke, ha csökken az éberségünk.

Ezeket az egybeesési történeteket többnyire széles körből gyűjtik össze. A népszerű újságok megfelelő rovatai olyan olvasók leveleit teszik közé, akik csakis az általuk átért meglepő egybeesés okán írtak. Hogy eldönthessük, milyen mély benyomást tegyenek ránk, ismernünk kell az újság példányszámát. 4 milliós példányszám esetén, az lenne a meglepő, ha *nem* olvasnánk naponta valami efféjét, mivel négymillióból egyetlen egybeesésnek kell megtörténnie, hogy jó eséllyel olvashassunk róla az újságban. Nehéz kiszámítani, mekkora eséllyel történik meg egy bizonyos egybeesés egy adott személlyel,

mondjuk, hogy valamelyik régi barátjáról álmodik, aki aznap éjszaka hal meg. De bármennyi legyen is a valószínűség, bizonyosan sokkal nagyobb, mint egy a négymillióhoz.

Igazából tehát semmi okunk, hogy le legyünk nyugözve, ha az újságban az egyik olvasóval megesett egybeesésről kapunk híradást. Ez az elképedés ellen szóló érvelés teljességgel igazolható. Mindamellet valami nem hagy minket nyugodni. Mert igaz ugyan, hogy egy nagy példányszámú újság olvasójaként nincs okunk különösebb bámulatra, ha olyasmiről olvasunk, ami ugyanazon újság olvasóinak egész seregével történhet meg, csak nem mindegyikük vesződik azzal, hogy meg is írja. De sokkal nehezebben szabadulunk a hátborzongató megilletődés érzésétől, ha éppen *velünk* történik meg az egybeesés. Ez nem csupán személyes elfoglaltság kérdése. Szinte mindenki így van ezzel, akit ismerek; ha véletlenszerűen megkérdezzünk valakit, minden bizonnyal legalább egy csinos rejtélyt fog előadni. Első pillantásra ez a tény megrendíti az újágban megjelent, többmilliós olvasóközönségtől – a lehetőségek hatalmas tárházából – válogatott történeteket illető szkepticizmust.

Valójában azonban nem rendíti meg, éspedig a következő okból. Noha mindegyikünk csupán egyetlen személy, semmivel sem számít kevesebbet a többieknek az egybeesések *lehetőségének* nagy halmazában. Minden egyes átélt nap az események vagy véletlen események szakadatlan menete, mely események közül potenciálisan bármelyik lehet ilyen jellegű egybeesés. Most éppen egy elbűvölően idegenszerű ábrázatú mélytengeri hal képére pillantok a falon. Lehetséges, hogy ebben a pillanatban megszólal a telefon, és a hívó Hal úrként mutatkozik be. Mindenesetre várok...

Nem, nem szólalt meg a telefon. Nézetem szerint bármit teszünk is a nap egy adott pillanatában, valószínűleg bekövetkezik egy másik esemény – mondjuk egy telefonhívás –, amelyik ha megtörténik, utólagos bölcsességgel kísérteties egybeesésként értékelhető. Minden személy életében oly sok a pillanat, hogy egészen meglepő volna, ha olyan személyre bukkannánk, aki *soha nem* élt át meghökkentő egybeesést. Ebben a bizonyos percben egy Haviland nevű egykori iskolatársamra tévedtek a gondolataim (nem emlékszem sem a keresztnévére, sem az arcvonásaira), akit azóta sem láttam, és 45 éven át nem is jutott eszembe. Ha ebben a pillanatban a de Haviland repülőgépgyártó társaság által épített repülőgép repülne el az ablakom

előtt, máris egy egybeesést mutathatnék fel. Ezzel szemben kénytelen vagyok arról beszámolni, hogy nem tűnt fel ilyen repülőgép, de közben máris valaki másra szálltak a gondolataim, ami újabb lehetőséget jelent az egybeesésre. És így sorjáznak a lehetőségek egész nap és minden egyes napon. Ám a negatív egybeeséseket, az egybeesések hiányát nem veszik észre és nem is számolnak be róluk.

Az a hajlamunk, hogy jelentőséget és mintát vélünk felfedezni az egybeesésben, akár van, akár nincs valódi jelentőségük, hozzátartozik a mintázatkeresésre való általánosabb hajlamunkhoz. Ez a hajlam dicséretes és hasznos. A világban sok esemény és sajátosság valóban nem véletlenszerű mintázatot mutat, és ez a hajlam hozzásegít minket és általában az állatokat ezen mintázatok észleléséhez. A nehézség abban rejlik, hogyan navigáljunk a látszólagos, de nem létező mintázatok észlelésének Szküllája és a létező mintázatok elmulasztásának Kharüdisze között. A statisztika tudománya nagyrészt ennek a nem mindig könnyen járható útvonalnak a kijelölésével foglalkozik. De az emberek (és voltaképpen más állatok is) meglehetősen jó ösztönös statisztikusok voltak már jóval a statisztikai módszerek szabályokba foglalása előtt. Csakhogy két irányban is könnyű hibát ejteni.

Íme, néhány valódi statisztikai mintázat a természetben, amelyek nem teljesen nyilvánvalóak, és amelyeket nem mindig ismertek fel az emberek.

Valódi mintázat

A nemi közösülést statisztikailag hozzávetőleg 266 nap múlva szülés követi.

Az észlelés nehézségének oka

A pontos időtartam változik az átlagos 266 nap körül. Gyakrabban nem történik fogamzás. A közösülés általában amúgy is sűrűn ismétlődő cselekvés, így nem egyértelmű, hogy ez eredményezi a fogamzást, nem pedig az ugyancsak gyakran ismétlődő evés.

A fogamzás viszonylag valószínű a nő menstruációs ciklusának közepén és viszonylag valószínűtlen a menstruáció környékén.

A dohányzás tüdőrákot okoz.

A bubópestis korában a patkányok és különösen a bolháik okoztak járványt.

Lásd fent. Ráadásul az a nő, aki nem menstruál, nem termékenyül meg, és ez hibás megfeleltetéssel a naiv elmének az igazság ellenkezőjét sugallja.

Rengetegen dohányoznak és nem kapnak tüdőrákot. Sokan kapnak tüdőrákot, akik soha nem dohányoztak.

Mindenfelé rengeteg a patkány és a bolha. A patkányokhoz és a bolhákhoz oly sok más dolgot asszociálnak, mint a piszok és a „rossz levegő”, hogy nem könnyű eldönteni, melyek a fontosak az egymással összefüggő sok tényező közül. Azaz, mint fentebb, a hamis megfeleltetések elrejtik a mintázatot.

Most szemléljünk meg néhány hamis mintázatot, amelyeket az emberek tévesen valósnak észleltek.

Hamis mintázat

Az esőtánc (vagy emberáldozat, vagy kecskevér hintése egy menyét veséjére, vagy bármely más tetszőleges szokás, amelyet az adott teológia meghatároz) véget vethet az aszálynak.

A könnyű tévedés oka

Esetenként valóban megtörtént, hogy az esőtáncot (stb.) esőzés követi, és ezek a ritka szerencsés találatok az emlékezetbe vésődtek. Ha mondjuk az esőtáncot nem követi eső, feltételezik, hogy bizonyos részleteket rosszul hajtottak végre a szertartásban, vagy hogy az istenek más okból haragosak; meglehetősen könnyű hihető kifogást találni.

Az üstökösök és más csillagászati események emberi válságokat idéznek elő.

Lásd fent. Továbbá, az asztrológusoknak érdekében áll a mítosz táplálása, ahogy kétségkívül a papoknak és a varázslóknak érdekében áll táplálni az esőtáncsal és a menyétvesével kapcsolatos mítoszokat.

Hosszas balszerencse-sorozat után valószínűbb a szerencse.

Ha hosszan tart a balszerencse, feltételezzük, hogy a balszerencse-sorozat még nem ért véget, és annál inkább várjuk a tényleges végét. Ha a balszerencse nem tart hosszan, akkor lám, beteljesedett a prófécia. Tudat alatt a vége alapján határozzuk meg a balszerencse „sorozatát”. Nyilvánvaló tehát, hogy szerencsének kell követnie, hiszen tényleg az követte.

Nem a miénk az egyetlen állatfaj, amelyik nem véletlenszerű statisztikai mintázatokat keres a természetben, és nem is a miénk az egyetlen, amelyik babonának nevezhető hibákat követ el. Mindezt ékesen igazolja a híres amerikai pszichológusról, B. E. Skinnerről elnevezett Skinner-doboz.

A Skinner-doboz a – rendszerint – patkány vagy galamb pszichológiai tanulmányozására szolgáló egyszerű, de sokoldalú berendezés, lényegében egy olyan doboz (ketrec), amelynek a falába szerelt kapcsolót vagy kapcsolókat például a galamb a csőre csípésével tudja kezelni, tartozik hozzá továbbá egy elektromosan működő etető (vagy más jutalmazó) készülék. A kapcsoló megcsípésével a galamb befolyásolja az etető működését. A legegyszerűbb esetben a galamb élelemhez jut, valahányszor a billentyűre csíp. A madarak hamar elsajátítják a feladatot; ugyanígy a patkányok, és megfelelő méretű Skinner-dobozban a sertések is.

Tudjuk, hogy a billentyű és az élelem közötti kauzális kapcsolatot

elektromosság szolgáltatja, a galamb azonban nem tudja. Számára a billentyű csipkedése afféle esőtánc. Továbbá, ez a kapcsolat lehet egészen gyenge, statisztikai kapcsolat. A berendezést be lehet úgy állítani, hogy egyáltalán nem minden csípésre jutalmazzon, csak tízből egy esetben. Ez jelentheti pontosan minden tizedik csípést; illetve, a készülék másfajta beállításával azt, hogy *átlagosan* minden tíz csípésből egyszer jutalmaz, de a szükséges csípések számának meghatározása minden alkalommal véletlenszerű. Vagy vezérelheti egy óra, melynek olyan az időzítése, hogy átlagosan az idő egytizedében kap jutalmat egy-egy csípés, de lehetetlen megmondani, hogy *melyik* egytizedében. A galambok és a patkányok megtanulják lenyomni a billentyűt akkor is, amikor az ember azt gondolná, hogy az ok-okozat összefüggés észleléséhez egészen jó statisztikusoknak kell lenniük. Olyan beállítást is képesek követni, ahol a csípések csak egy nagyon kis hányada eredményez jutalmat. Érdekes módon az olyankor elsajátított szokások, amikor a csípéseket csak esetenként jutalmazzák, maradandóbbak az akkor tanultaknál, amikor minden egyes csípés jutalommal jár: a galamb kevésbé gyorsan bizonytalanodik el, amikor a jutalmazó mechanizmus ki van kapcsolva. Ha jobban belegondolunk, végül is ez az intuitív érzék.

A galambok és a patkányok tehát egészen jó statisztikusok, képesek kiszűrni a világuk mintaalkotásának gyenge statisztikai törvényszerűségeit. Ez a képesség feltehetően a természetben is ugyanúgy a hasznukra válik, ahogy a Skinner-dobozban. A természetben az élet dúskál a mintákban; a világ egy nagy, bonyolult Skinner-doboz. A vadállatok által végrehajtott akciókat gyakran követi jutalom vagy büntetés, vagy más fontos esemény. Az ok és az okozat közötti kapcsolat gyakran nem abszolút, hanem statisztikai. Ha egy póli hosszú, görbe csőrével kutatja a sarat, bizonyos valószínűséggel gilisztát fog találni. A kutatási esemény és a giliszta-esemény között statisztikai, de valóságos a kapcsolat. Az állati viselkedés kutatásának egész iskolája nőtt ki az „optimális élelemkeresés” elmélete köré. A vadmadarak egészen fejlett képességeket mutatnak arra, hogy statisztikailag megbecsüljék a különböző területek relatív élelemgazdagságát és ennek megfelelően osztják meg a területek között az idejüket.

Skinner még a laboratóriumban különféle célok szem előtt tartásával megalapította a Skinner-dobozokat alkalmazó kutatás

iskoláját. Majd 1948-ban kipróbált ragyogó változást vezetett be a szokásos eljárásba: teljesen elvágta a viselkedés és a jutalom közötti oksági összefüggést. Az általa beállított készülék időről-időre „jutalmazta” a galambot, *teljesen függetlenül attól, hogy mit csinál*. Ebben a helyzetben a madaraknak semmi más nem kellett volna tenniük, mint hogy letelepszenek és várják a jutalmat. De nem ezt tették. Nyolcból hat esetben olyan viselkedést alakítottak ki – a pontosan jutalmazott viselkedés megtanulásának mintájára –, amelyet Skinner „babonás” viselkedésnek nevezett. És itt eltérések mutatkoztak az egyes galambok között. Az egyikük körbeforgott, mint a bűgőcsiga: a „jutalmak” között két-három fordulatot tett az óramutató járásával ellentétes irányban. Egy másik madár ismételten a doboz egy bizonyos felső sarka felé bökött a fejével. Egy harmadik olyan mozgássort végzett, mintha egy láthatatlan függőnyt emelne fel a fejével. Két madár egymástól függetlenül kialakította a fej és a test ritmikus, ide-oda „ingázó” hintáztatását. Ez az utóbbi szokás, mellesleg, meglepően emlékeztet a paradicsommadarak násztáncára. Skinner a babona szót használta, mivel a madarak úgy viselkedtek, mintha a szokásos mozgásuknak kauzális hatása lenne a jutalmazó mechanizmusra, noha ilyesmiről valójában szó sem volt – ez az esőtánc galamb-megfelelője.

Egy-egy babonás szokás órák hosszat fennmaradhatott, még jóval azután is, hogy kikapcsolták a jutalmazó mechanizmust. Ám nem maradtak változatlanok. Úgy alakultak egymásba, mint egy orgonista fokozatosan kibontakozó improvizációi. Az egyik jellemző esetben a galamb babonás viselkedése a fej hirtelen mozdulatával indult, középső helyzetből bal oldalra. Idővel a mozgás energikusabbá vált. Végül az egész test ugyanabba az irányba lendült, és az állat egy-két lépést is tett. A „topografikus sodródás” több órája után ez a balra lépegető mozgás lett a szokás uralkodó jellegzetessége. Maguk a babonás szokások eredhetnek a faj természetes repertoárjából, de meg kell mondani, hogy a galambok számára a végrehajtásuk ebben az összefüggésben és ismételten egyáltalán nem természetes.

Skinner babonás galambjai úgy viselkedtek, mint a statisztikusok, de olyan statisztikusok, akik elhibázták a számítást. Éberen figyelték a világuk eseményei közötti lehetséges kapcsolatokat, különösen a kívánt jutalom és a hatalmukban álló akciók megtétele között mutatkozókat. Egy-egy szokás, például a ketrec egyik sarka felé

irányuló bökdösés, véletlenszerűen kezdődött. A madár történetesen ezt a mozdulatot csinálta abban a pillanatban, mielőtt esedékessé vált a jutalmazó mechanizmus működésbe lépése. A madár, teljesen érthetően, azt a kísérleti hipotézist alakította ki, hogy kapcsolat áll fenn a két esemény között. Így hát megint a sarok felé bökött a fejével. Skinner időzítő mechanizmusának szerencsés egybeesése révén bizonyára ismét megkapta a jutalmat. Ha a galamb azt a kísérletet is elvégzi, hogy *nem* bök a fejével a sarok felé, nyilván úgy találja, hogy akkor is megérkezik a jutalom. Ahhoz azonban, hogy erre rászánja magát, jobb és szkeptikusabb statisztikusnak kellett volna lennie, akárcsak sokaknak közülünk, emberek közül.

Skinner ezt a magatartást összehasonlítja a kártyázás közben szerencsehozó kis „kabalákat” kialakító emberi szerencsejátékosokéval. Ez a fajta viselkedés a gyeptekepályákon is ismerős látványosság. Miután a „fa” (golyó) elhagyta a dobó kezét, már semmit nem tehet az útvonala módosításáért, hogy a „jack” (célgolyó) felé haladjon. Mindazonáltal a gyakorlott játékosok szinte mindig a fájuk után ügetnek, gyakran még mindig előregörnyedt tartásban, és úgy tekergetik közben a testüket, mintha így közvetítenének elkeseredett utasításokat az immár közömbös golyónak, és gyakran hiábavaló biztató szavakat is intéznek hozzá. Egy félkarú rabló Las Vegasban minden szempontból megfelel egy emberi Skinner-doboznak. A „pedálcsipkedés”-t nem csak a kar meghúzása képviseli, hanem természetesen a pénz bedobása is a nyílásba. Ez aztán tényleg a bolondok játéka, mert az esélyről köztudott, hogy túlnyomó arányban a kaszinónak kedvez – máskülönben hogyan fizetné ki a hatalmas elektromos számlákat? Hogy egy adott rántás a karon jackpotot eredményez, vagy sem, azt a véletlen dönti el. A babonás szokások tökéletes közege! Bizonyos, hogyha szemmel tartjuk a szerencsejáték rabjait Las Vegasban, Skinner babonás galambjaiéhoz megejtően hasonló mozdulatokat figyelhetünk meg. Egyesek beszélnek a géphez; mások mulatságos jeleket mutatnak neki az ujjukkal vagy megpaskolják. Miután megpaskolták és megütötték a főnyereményt, soha többé nem fognak megfélemlkezni róla. Láttam számítógépes megszállottakat, akik türelmetlenül várták, hogy válaszoljon a szerver, és hasonlóképpen a bűtykeikkel kopogtatták a terminált.

Informátorom, akitől a Las Vegasszal kapcsolatos tudományom

származik, a londoni fogadóirodákról is készített egy félhivatalos tanulmányt. Beszámol róla, hogy egy bizonyos szerencsejátékos, miután megtette tétjét, szokásosan elfut egy bizonyos padlólapig, ahol fél lábra áll, miközben a fogadóiroda televízióján figyeli a versenyt. Feltehetőleg egyszer már nyert, mikor ezen a csempén állt, és kauzális kapcsolatként fogta fel. Ha valaki más áll az „ő” szerencselapján (egyes fogadók szándékosan megteszik, talán hogy így próbálják meg magukhoz téríteni a „szerencséje” egy részét, vagy csak hogy bosszantsák), azt körültáncolja, és még futam vége előtt kétségbeesetten igyekszik rátenni a csempére az egyik lábát. Más szerencsejátékosok nem hajlandók inget váltani vagy haját vágatni, amíg „szerencsés passzban” vannak. Ezzel szemben egy dús hajzatú ír fogadó teljesen tarra borotválta a koponyáját kétségbeesett erőfeszítésében, hogy fordítson a szerencséjén. A hipotézise abból indul ki, hogy gyalázatos a szerencséje a lovakon és rengeteg haja van. Ezek a tények talán valamilyen összefüggésben állnak egymással, és esetleg értelmes minta részét alkotják! Mielőtt túlságosan is felsőbbrendűnek éreznénk magunkat, hadd jegyezzem meg, milyen sokan nőttünk fel abban a hitben, hogy Sámson szerencséjének is befellegzett, miután Delila levágta a haját.

Hogyan tudjuk megállapítani, mely mintázatok igaziak, és melyek véletlenszerűek és értelmetlenek? Léteznek rá módszerek, és ezek a statisztika és a kísérleti modellálás tudományához tartoznak. Némi időt kívánok fordítani néhány alapelv kifejtésére, bár a statisztika részleteit lehetőleg kerülni fogom. A statisztika jórészt az a művészet, melynek révén a mintázat megkülönböztethető a véletlenszerűségtől. A véletlenszerűség a mintázat *hiányát* jelenti. A véletlenszerűség és a mintázat fogalmát különbözőféleképpen ragadhatjuk meg. Tegyük fel, azt állítom, hogy meg tudom különböztetni a lányok kézírását a fiúkétól. Ha igazam van, az azt jelenti, hogy a kézírás tartalmaz egy nemi hovatartozással összefüggő valódi mintázatot. Az ellenvéleményt egy szkeptikus képviseli, aki azzal készséggel egyetért, hogy a kézírás személyenként változó, de nem ismeri el ebben a változatosságban a nemi hovatartozással összefüggő mintázatot. Hogyan dönthető el, melyikünk állítása igaz? Önmagában a szavam nem lehet elegendő. A babonás Las Vegas-i szerencsejátékoshoz hasonlóan, egy szerencsés sorozatot könnyen összetéveszthetünk az igazi, ismétlésre alkalmas képességgel. Vagyis

teljesen jogos a bizonyítás követelése. De mi számítana elégséges bizonyításnak? Nos, a bizonyításnak nyilvánosnak és megfelelően elemzettnek kell lennie.

Az állítás, bármely esetben, csak statisztikai állítás. Nem tartom fenn (ebben a hipotetikus példában – valójában nem állítok ilyesmit), hogy csálhatatlanul megítélem egy adott kézírás szerzőjének a nemét. Csak azt állítom, hogy a kézírások igen tág változatai között, ennek a változatosságnak néhány eleme összefüggésben áll a nemmel. Tehát – még ha esetenként mellé is fogok – ha kapok mondjuk száz kézírásmintát, pontosabban szét tudom válogatni a lányokét és a fiúkét, mintha pusztán véletlenszerűen találhatnék. Az állításom értékelésére ezt követően ki kell számítani, mennyi a valószínűsége, hogy véletlenszerű találgatással érjek el egy adott eredményt. A feladat ismét az egybeesés esélyének a kiszámítása.

Mielőtt rátérnénk a statisztikára, néhány óvintézkedést kell tennünk a kísérlet elrendezésében. A nemet és a kézírást összekapcsoló nem véletlenszerű mintát keressük. Fontos, hogy ne keverjünk a kísérletbe ide nem tartozó változókat. A nekem adott kézírásminták ne legyenek például személyes levelek. Túl könnyű volna a kézírástól függetlenül megbecsülnöm az író nemét a levél tartalmából. Ne származzon a lányok kézírása kizárólag az egyik iskolából a fiúk pedig a másiktól. Az azonos iskolába járó tanulók kézírása könnyen mutathat közös vonásokat, amelyeket egymástól vagy ugyanattól a tanártól tanultak. Ebben az esetben felfedezhetnénk valódi, esetenként akár érdekes különbségeket is a kézírásban, de ezek a különböző iskolákat reprezentálják, és csak melleleg a különböző nemeket. És arra se kérjük a gyerekeket, hogy másoljanak ki egy bekezdést a kedvenc olvasmányukból, mert nyilván befolyásolna mondjuk a *Black Beauty* vagy a *Biggles* választása (azok az olvasók, akiknek a gyermekkori kultúrája különbözik az enyémtől, kedvük szerint helyettesíthetik a példákat).

Nyilvánvalóan fontos, hogy egyik gyereket se ismerjem, máskülönbén felismerném az egyéni írásukat és innen tudnám a nemüket. Amikor megkapom a papírokat, természetesen nem állhat rajtuk a gyerekek neve, de az ellenőrzés során valamilyen módon nyomon kell követni, melyik kié. Az ellenőr tegyen rájuk titkos kódokat és járjon el óvatosan a kódok kiválasztásában. Ne tegyen zöld jelet a fiúk papírára és sárgát a lányokéra; azt ugyan nyilván nem

fogom tudni, melyik melyik, de rá fogok jönni, hogy a sárga jelöli az egyik nemet és a zöld a másikat, ami jelentős segítséget jelentene. Jó ötlet minden egyes papírnak kódszámot adni. De ebben az esetben sem megoldás, ha a fiúk 1-től 10-ig, a lányok pedig 10-20-ig kapnak számokat; ez ugyanolyan lenne, mint a zöld és sárga jelzések. Ugyanígy, ha a fiúk páratlan és a lányok páros számokat kapnak. Legyenek *véletlenszerűen* megszámozva a papírok, és ehhez a „puskához” ne férhessek hozzá.

Tegyük fel, hogy megtettünk minden megfelelő óvintézkedést, és a rendelkezésünkre áll 20 anonim, véletlenszerű sorrendbe kevert kézírás minta. Sorra veszem a lapokat, és két halomba válogatom, egyikbe a gyanított fiú-, a másikba a lányírásokat teszem. Előfordulhat néhány „nem tudom”, de tegyük fel, hogy a kísérlet során minden esetben döntenem kell. A kísérlet végeztével kerül sor a becsléseim ellenőrzésére.

És most jön a statisztika. Számítsunk arra, hogy elég gyakran talállok akkor is, ha tisztán véletlenszerűen döntök. De *milyen* gyakran? Ha megalapozatlan az állításom, miszerint képes vagyok a nemek azonosítására a kézírásból, akkor a találati arányom nem lesz jobb, mintha valaki pénzfeldobással próbálná kitalálni, melyik írásminta származik fiúktól és melyik lányoktól. Az a kérdés, hogy a teljesítményem eléggé különbözik-e a pénzfeldobással próbálkozótól ahhoz, hogy meggyőző legyen. Lássuk, hogyan kell hozzálátni a kérdés megválaszolásához.

Gondoljuk végig valamennyi *lehetséges* módját annak, hogyan becsülhettem meg a 20 kézírás írójának nemét. Állítsuk ezeket sorba a meggyőzőségük sorrendjében, kezdve azzal, hogy mind a 20 helyes, és folytassuk a teljesen véletlenszerűig (ha mind a 20 döntésem egyaránt téves, az csaknem olyan lenyűgöző, mintha mindegyiket eltalálnám, mivel azt mutatja, hogy meg tudom különböztetni az írásokat, még ha fordítva jelölöm is meg az írójukat). Aztán nézzük, hogyan sikerült a *tényleges* válogatásom, és számítsuk ki minden olyan lehetséges válogatásnak a százalékos arányát, amelyik legalább olyan meggyőző (illetve meggyőzőbb) lenne, mint a *tényleges* találati arányom.

Először is figyeljük meg, hogy csak egyetlenegy módon lehet százszázalékosan helyes az eredmény, és ugyancsak egyetlen módon lehet százszázalékosan hibás, ötvenszázalékos pontosságot viszont

rengetegféleképpen lehet elérni. Találatot érhetnek el az első papír esetében, tévedhetnek a másodikban, tévedhetnek a harmadikban, találhatók a negyedikben... Valamelyest kevesebb a lehetőség a hatvanszázalékos találati arányra. Még kevesebb a hetvenszázalékosra, és így tovább. Egyetlen hibát olyan kevés módon lehet ejteni, hogy valamennyit le is írhatjuk.

Adott 20 írásunk. A hiba lehetett az elsőn, vagy a másodikon, vagy a harmadikon... vagy a huszadikon. Azaz egyetlen hiba ejtésére pontosan 20 lehetőség nyílik. Unalmasabb lejegyezni a két hibaejtés valamennyi módját, de elég könnyen kiszámíthatjuk, hányféleképpen jöhet ki, és 190 lesz az eredmény. Még nehezebb összeszámolni a három hibaejtés módozatait, de persze az is elvégezhető; és így tovább.

Tegyük fel, hogy ebben a hipotetikus kísérletben két hibát ejtettem. Arra vagyunk kíváncsiak, mennyire számít jónak az eredményem a becslés valamennyi lehetséges változatának spektrumán. Ehhez tudnunk kell, hány lehetséges választás legalább olyan jó (vagy jobb), mint az én eredményem. Az enyémmel azonosan jó változatok száma 190; a jobbaké 20 (egy hiba) plusz 1 (hibátlan). Tehát az én eredményemmel azonosan jó vagy annál jobb választások száma 211. Lényeges, hogy a tényleges eredményemnél jobbakat hozzáadjuk az értékeléshez, mert ezek megfelelően beletartoznak a sebkeába, annak a 190-nek a társaságában, amelyek pontosan az enyémmel azonos eredményt jelentenek.

A 211-et össze kell hasonlítanunk azon lehetőségek teljes számával, ahogy pénzfeldobással osztályozható a 20 írás. Ezt nem nehéz kiszámítani. Az első írás lehet fiúé vagy lányé: ez két lehetőség. A második írás ugyancsak fiúé vagy lányé lehet. Tehát az első írás két lehetőségének mindegyikéhez hozzárendelhetjük a második írás két lehetőségét: ez $2 \times 2 = 4$ lehetőség az első két írás esetében.

Ugyanezzel a logikával az első három írásra a lehetőségek száma: $2 \times 2 \times 2 = 8$. És valamennyi írás esetében a csoportosítás lehetséges módja: $2 \times 2 \times 2 \dots$ összesen hússzor, vagyis 2 a huszadik hatványon. Ez meglehetősen nagy számot eredményez: 1 048 576-ot.

Ezek szerint az összes lehetséges értékelési módból azoknak a hányada, amelyek legalább olyan jók (vagy jobbak), mint a tényleges eredményem, 211 osztva 1 048 576-tal, ami hozzávetőleg 0,0002 vagy 0,02 százalék. Másként fogalmazva, ha 10 000 ember kizárólag

pénzfeldobással csoportosította volna az írásokat, csak kettőtől várhatunk az enyémmel azonos szintű eredményt, ami azt jelenti, hogy elég meggyőző a teljesítményem, és ha végre is hajtottam volna, az erős bizonyítéknak számítana, hogy a fiúk és a lányok kézírása megkülönböztethető egymástól, ismétlem, mindez hipotetikus. Amennyire tudom, nem rendelkezem a kézírás alapján történő szexvizsgálat képességével. Hozzá kell tennem, ha volna is meggyőző bizonyíték a kézírásban mutatkozó nemi különbségre, az semmit nem döntene el arra vonatkozóan, hogy tanult vagy veleszületett eltérésről van-e szó. A leírt kísérletből nyert bizonyíték ugyanúgy összeférne azzal az elképzeléssel, hogy a lányokat következetesen a fiúkéthoz képest eltérő kézírásra tanítják – talán egyfajta „úrinőibb” és kevésbé „magabiztos” kéztartás következményeként.

Az imént végrehajtott vizsgálat a statisztikai szignifikanciavizsgálat. Az alapelemekből indultunk ki, ami meglehetősen unalmassá tette; a gyakorlatban a kutatók előzőleg kiszámított valószínűségi és disztribúciós táblázatokhoz folyamodhatnak. Nem kell tehát szóról szóra leírni a lehetőségek minden lehetséges módját. Ám a mögötte húzódó elmélet, melynek alapján kiszámították a táblázatok, lényegében ugyanazt az alapvető eljárást követi. Vegyük az eseményeket, amelyeket kaphatnánk, és újra és újra dobjuk el őket véletlenszerűen. Aztán nézzük meg, hogyan történtek meg *ténylegesen* az események, és mérjük meg, ez milyen értéket képvisel a véletlenszerűen kapható összes lehetséges mód spektrumán.

Ne feledjük, a statisztikai szignifikancia semmit nem bizonyít perdöntően. Ezzel az eljárással a megfigyelt eredmény előidézőjeként nem zárható ki a szerencse; ilyenkor végső soron azt tesszük, hogy a megfigyelt eredményt egy meghatározott mértékű szerencsével azonos szinten helyezzük el. Amikor az mondjuk, hogy egy következmény statisztikailag szignifikáns, mindig meg kell határoznunk az úgynevezett p -értéket. Ez annak a valószínűsége, hogy tisztán véletlenszerű folyamat létrehozhat-e legalább olyan meggyőző eredményt, mint a *tényleges*. A kettő a tízezerhez p -értéke meglehetősen hatásos, de még mindig elképzelhető, hogy nincs jelen igazi mintázat. A szabályszerű statisztikai vizsgálatnak az adja meg a szépségét, hogy kiderül, *mekkora* valószínűséggel nincs jelen valódi mintázat.

A tudósokat szokásosan már az egy a százhoz, vagy akár az olyan magas p -érték is kielégíti, mint az egy a húszhoz, noha jóval kevésbé meggyőző, mint mondjuk a kettő a tízezerhez. Hogy milyen p -értéket fogadunk el, az lényegében attól függ, mennyire fontos az eredmény, és hogy milyen döntések következnenek belőle. Ha csak annyit próbálunk eldönteni, érdemes-e nagyobb mintázaton megismételni a kísérletet, egészen elfogadható a 0,05-ös, vagy egy a húszhoz p -érték. Még ha egy a húszhoz is az esélye, hogy véletlenül is bekövetkezzen a figyelemre méltó eredmény, nem forog túl sok kockán: a hibának csekély az ára. Ha a döntés élet-halál kérdése, mint bizonyos orvosi kutatások esetén, sokkal alacsonyabb p -értéket keresnek. Ugyanez érvényes az erősen vitatott eredmények, például a telepátia vagy „parajelenségek” eldöntésére hivatott kísérletekre.

Mint a DNS-ujjlenyomat készítésével kapcsolatban láttuk, a statisztikusok megkülönböztetnek pozitív és negatív típusú tévedéseket; ezeket esetenként 1. illetve 2. típusú hibáknak nevezik. Akkor következik be 2. típusú hiba, vagy negatív típusú tévedés, ha nem sikerül észlelni egy hatást, amikor valójában fennáll; 1. típusú hiba, vagy pozitív típusú tévedés ennek az ellenkezője: arra a következtetésre jutni, hogy valami jelentős történik, noha valójában semmi nincs jelen a véletlenszerűségein kívül. A p -érték egy 1. típusú hiba elkövetésének valószínűségi mértéke. A statisztikai ítélet manőverezés a kétfajta hiba közötti útvonalon. Létezik továbbá egy 3. fajta hiba is, nevezetesen, ha az embert cserben hagyja a memóriája, valahányszor megpróbálja felidézni, melyik az 1. illetve a 2. típus. Miután csaknem egy életem át kezeltem ezeket a fogalmakat, még mindig rendszeresen utána kell néznem. Ahol tehát számít, ott a könnyebben megjegyezhető neveket, a pozitív típusú tévedés/hiba és a negatív típusú tévedés/hiba elnevezéseket fogom használni. Közbevetőleg meg kell jegyezni, hogy gyakran követek el számolási hibákat. A gyakorlatban soha nem álmodnék arról, hogy az alapelemekből kiindulva végezzek statisztikai vizsgálatot, mint azt a hipotetikus kézíráskísérlet esetében tettem. Feltétlenül utánanéznék valamilyen táblázatban, amelyet valaki más – lehetőleg egy számítógép – már kiszámított.

Skinner babonás galambjai pozitív típusú tévedésbe estek. A világukban valójában nem létezett olyan mintázat, amely a jutalmazó mechanizmus működésével kapcsolta volna össze a tetteiket. De úgy

viselkedtek, mintha észleltek volna ilyen mintázatot. Az egyik galamb azt „gondolta” (vagy úgy viselkedett, mintha azt gondolná), hogy a jutalmazó mechanizmus a balra tipegés hatására lép működésbe. Egy másik azzal vélte kiváltani a vágyott hatást, hogy a sarok felé bökdös a fejével. Mindketten pozitív típusú tévedésbe estek. Negatív típusú hibát követ el az a galamb a Skinner-dobozban, amelyik egyáltalán nem veszi észre, hogy a billentyűre mért csípés élelmet eredményez, ha világít a piros lámpa, de ha a kék lámpa ég, akkor a csípés büntetéseként tíz percre kikapcsol a mechanizmus. Ez olyan valódi minta, amelyet észlelni kellene a Skinner-doboz kis világában, a mi hipotetikus galambunk azonban nem észleli. Mindkét lámpa fényére lelkesen csapkodja a billentyűt, így ritkábban jut táplálékhoz, mint juthatna.

Pozitív típusú tévedésbe esik az a földműves, aki az isteneknek hozott áldozattól várja a régóta hiányolt esőt. Valójában (legalábbis feltételezem, bár nem vizsgáltam kísérleti úton a kérdést) a világban nincs ilyen mintázat, ő azonban ezt nem fedezi fel, és ragaszkodik a haszontalan és tékozló áldozatokhoz. Negatív típusú tévedésbe esik az a földműves, aki nem veszi észre a világban azt a mintázatot, amelyik a föld trágyázását összefüggésbe hozza a terméshezammal. A jó földművesek középúton manővereznek az 1. és 2. típusú hibák között.

Tételelem szerint kisebb-nagyobb mértékben minden állat ösztönös statisztikusként viselkedik, és az 1. és a 2. típusú hibák között vezető útvonalat választja. A természetes szelekció mindkét hibatípust bünteti, a büntetések azonban nem egyenlők, és nyilvánvalóan a fajok eltérő életmódja szerint változnak. Némelyik hernyó megtévesztően úgy fest, mint az ágacska, amelybe kapaszkodik, és kétségkívül a természetes szelekció formálta az ághoz hasonlóvá. Sok hernyónak kellett elpusztulnia, hogy létrejöhessen ez a káprázatos eredmény. Elpusztultak, mert nem hasonlítottak eléggé az ágacskához és a madarak vagy más ragadozók rájuk találtak. De bizonyára elcsíptek néhány nagyon jó ágacskautánczót is. Hogyan máshogy terelhette volna a természetes szelekció az evolúciót a tökéletességnek e szemünk elé táruló csúcsára? Ugyanígy, a madarak nyilván sokszor nem vették észre a hernyókat, mert ágacskához hasonlítottak, még ha egyes esetekben csak felületesen is. Ideális látási viszonyok között bármely zsákmányállatot, akármilyen tökéletesen álcázza magát, észlelhetnek a ragadozók. És viszont, bármely zsákmányállatot,

akármilyen siralmasan álcázza is magát, rossz látási viszonyok között elvéthet a ragadozó. A látási viszonyok változhatnak a látószöggel (a ragadozó felfedezhet egy jól álcázott állatot, ha egyenesen rá néz, de elvétheti a rosszul álcázottat, ha csak a szeme sarkából esik rá a pillantása). Változhatnak a fényerősséggel (a zsákmányállaton átnézhetnek szürkületkor, míg délben jól látható). Változhatnak a távolsággal (a tíz centiméterről felfedezhető zsákmányállatot száz méterről nem veszik észre).

Képzeljünk el egy fa körül cirkáló madarat, amint zsákmányt keres. Gallyakat lát maga körül, amelyek döntő többsége nem hernyó. A megoldandó probléma a stratégia eldöntése. Feltételezhetjük, hogy a madár holtbiztosan meg tudja állapítani, ha egy látszólagos gallyacska valójában hernyó, amennyiben elég közel kerül az ághoz, és jó megvilágítás mellett egypercnyi alapos vizsgálatot szentel neki. Csakhogy erre nincs idő minden egyes ágacska esetében. A kis madaraknak az életben maradáshoz vészes gyakorisággal kell táplálniuk magas fordulatszámú anyagcseréjüket. Az a madár, amelyik egy nagyítólencsés vizsgálat alaposságával bogarászna végig minden egyes ágacskát, bizonyosan éhen halna, mielőtt az első hernyóra bukkanna. A hatékony keresés gyorsabb és felületesebb vizsgálatot igényel, még ha ez azzal a veszéllyel jár is, hogy nem vesz észre néhány táplálékot. A madárnak egyenleget kell vonnia. Túl nagy felületesség esetén semmi nem talál. Ha túl aprólékos, minden hernyót felfedez, amelyekre csak ráesik a tekintete, csakhogy az túl kevés lenne és éhen pusztul.

Most alkalmazzuk a példára az 1. és 2. típusú hiba nyelvezetét. Negatív típusú hibát követ el az a madár, amelyik elvitorlázik egy hernyó mellett, anélkül, hogy alaposabb pillantást vetne rá. Pozitív típusú hibát az a madár követ el, amelyik elmélyül egy gyanított hernyó vizsgálatában, melyről végül kénytelen megállapítani, hogy csak ág. A pozitív típusú tévedés büntetése az alapos vizsgálatra elvesztegetett idő és energia; egy-egy esetet tekintve nem jelentős, összességében azonban végzetesen felhalmozódik. A negatív típusú hiba büntetése az élelem elmulasztása. Valamiféle madármennyszágon kívül egyetlen madár sem remélheti, hogy mentes legyen minden 1. és 2. típusú hibától. Az egyes madarakat bizonyos kompromisszumos politika alkalmazására programozza be a természetes szelekció, hogy egy optimális középszintet érjenek el a

pozitív és a negatív típusú hibák között. Egyes madarak az 1. típusú hibák, mások az ellenkező véglet felé térhetnek el. Lesz néhány közbeeső helyzet, amelyik a legjobb, és a természetes kiválasztódás arrafelé kormányozza az evolúciót.

Hogy melyik közbeeső beállítás a legjobb, az fajról fajra változik. Példánkban függ továbbá az erdőre jellemző körülményektől, például a hernyópopuláció nagyságától az ágak számának viszonylatában. Ezek a körülmények hétről hétre változhatnak; vagy éppen fáról fára. A madarak mintha arra lennének programozva, hogy tanulják meg statisztikai tapasztalatuk eredményeként szabályozni a stratégiájukat. Akár tanulják, akár nem, a sikeresen vadászó állatok rendszerint úgy viselkednek, mintha jó statisztikusok lennének. (Mellesleg remélem, nem szükséges sorra venni a szokásos ellenvetéseket: Nem, nem, a madarak nem tudatosan, kalkulátorral és valószínűségi táblázatokkal számolnak. Úgy viselkednek, *mintha* kiszámítanák a *p*-értéket. Semmivel sincsenek inkább tisztában a *p*-érték jelentésével, ahogy mi sem vagyunk tudatában a ballisztikai egyenleteknek, amikor krikettezés közben elkapjuk a labdát a külső játéktéren.)

A horgászhal a géb és más kis halak hiszékenységét használja ki. De méltánytalan ilyen értékítélet-jelleggel fogalmaznunk; jobb lenne nem hiszékenységről beszélni, és mondjuk inkább úgy, hogy kihasználják azt a nehézséget, amellyel a kis hal az 1. és a 2. típusú hibák között navigálva elkerülhetetlenül szembekerül. A kis halaknak is muszáj enniük; élelmük változó, de gyakran tartalmaz olyan vonagló objektumokat, mint a férgek vagy a garnélarákok. A szemük és az idegrendszerük ráhangolódott a tekerőző dolgokra. Ezt a vonagló mozgást keresik, és ha megpillantják, lecsapnak. Ezt a hajlamukat használja ki a horgászhal. Egy módosult nyúlványból, melyet a természetes kiválasztódás eredeti helyéről a hátúszó elé vezényelt, hosszú „horgászbótja” alakult ki. A horgászhal remekül álcázza magát és tökéletesen a növények és a kövek közé olvadva órákon át mozdulatlanul ül a tengerfenéken. Az egyetlen feltűnő része a féregnek, garnélaráknak vagy apró hálnak látszó „csali” a horgászbótja végén. Egyes mélytengeri fajok esetében a csali még világít is. Mindenesetre amikor a horgászhal meglendíti a bótját, az úgy vonaglik, mintha érdemes lenne bekapni, és odacsalogat egy lehetséges zsákmány halat, mondjuk egy gébet. A horgászhal egy ideig „eljátssza” a csalijával a zsákmányt, hogy lekösse a géb

figyelmét, majd a csalit a maga láthatatlan szája elé dobja, és a kis hal gyakran követi. Egyszer csak kinyílik a hatalmas száj, és a betóduló víz magával sodorja mindazt, ami a közelben lebeg, köztük az élete utolsó férget követő kis halat is.

A vadászó géb nézőpontjából szemlélve: bármely férget észrevehet vagy nem vehet észre. Miután észlelte a „férget”, kiderülhet, hogy igazi féreg vagy egy horgászhal csali, és a halnak a következő kérdéssel kell szembenéznie: a negatív típusú tévedés visszatartaná attól, hogy megtámadjon egy minden szempontból megfelelő férget, attól való félelmében, hátha egy horgászhal csali. A negatív típusú hiba az lenne, ha megtámadná a férget, amelyről kiderül, hogy valójában csali. A való világban ez esetben is igaz, hogy képtelenség százból százszor ráhibázni. Az a hal, amelyik túlságosan kerüli a kockázatot, éhen hal, mert soha nem támad meg férgeket. A túlságosan vakmerő hal nem hal éhen, viszont könnyen maga válhat táplálékká. Ebben az esetben az optimum nem lehet a középút – meglepő módon az egyik véglet az. Könnyen lehet, hogy a horgászhal ritka előfordulása révén a természetes szelekció a minden látszólagos féreg megtámadását választó végletes stratégiának kedvez. Nagy rajongója vagyok William James filozófus és pszichológus egyik megjegyzésének az emberi horgászásról:

Sokkal több nem horgon fickándozó kukac van, mint horogra húzott, következésképpen a Természet összességében így biztatja halgyermekeit: kockáztassatok bátran és harapjatok rá minden kukacra!

(1910)

Mint minden más állat, sőt a növények és az emberek is tudnak – és szükséges is, hogy tudjanak – ösztönös statisztikusként viselkedni. Az a különbség, hogy mi kétszer is elvégezzük a számításainkat. Az első alkalommal ösztönösen, mintha madarak vagy halak lennénk. Aztán tudatosan, papírral-ceruzával vagy számítógéppel. Csábító lenne kijelenteni, hogy a papír és ceruza módszere hozza meg a helyes választ, feltéve, hogy nem ejtünk valamiféle nyilvánvaló hibát, amilyen például egy hibás összeadás, míg az intuitív módszer rossz választ hozhat. Szigorúan véve azonban még a papír és ceruza módszerrel készített statisztika esetében sincs „helyes” válasz.

Megoldhatjuk kifogástalanul a feladatokat, kiszámolhatjuk pontosan a p -értéket, ám a kritikus vagy küszöb p -érték, amelyet előírunk ahhoz, hogy letegyük a garast egy bizonyos akció mellett, még mindig a mi döntésünk, amit a kockázattól való idegenkedésünk mértéke határoz meg. Ha a pozitív típusú hiba büntetése sokkal nagyobb, mint a negatív típusú hibáé, óvatos küszöbértéket kell alkalmaznunk: a következményektől való félelem miatt szinte soha nem próbáljuk ki a „férget”. Ha viszont a kockázati aszimmetria ezzel ellentétes, szinte minden létező „féregre” rá kell rontanunk: valószínűleg nincs túlzott jelentősége, ha hamis férgekre harapnánk.

Miután kellőképp felszerelkeztünk, hogy viszonylagos biztonságban navigáljunk a pozitív illetve a negatív típusú hibák között, térjünk vissza a rejtélyes egybeesésekhez és a valószínűség-számításhoz. Ha egy rég látott barátomról álmodom, aki aznap éjjel meghal, másokhoz hasonlóan én is hajlamos vagyok értelmet vagy mintát látni az egybeesésben. Tudatosan emlékeztetnem kell magam, hogy éjszakánként viszonylag kevesen halnak meg, viszont minden éjjel tömegek álmodnak, és ebből a tömegből elég gyakran álmodják azt, hogy valaki meghal, így az efféle egybeesések valószínűleg több száz emberrel megesnek a világban naponta. Még ha így végiggondolom is, az intuícióm egyre azt sikoltozza, hogy kell lennie valamilyen értelemnek az egybeesésben, mert *velem* történt meg. Ha igaz, hogy az ösztönös megérzés ebben az esetben pozitív típusú hibát ejt, elő kell állnunk a kielégítő magyarázattal, miért éppen ebbe az irányba téved az emberi intuíció. A darwini evolúció eredményeként még mindig éreztetniük kell a hatásukat az 1. illetve a 2. típusú hiba felé szorító lehetséges nyomásoknak.

Darwinistaként arra akarok célozni, hogy ez a hajlamunk, miszerint olyan könnyen lenyűgöz minket egy látszólag rejtélyes egybeesés (azaz hajlandóságunk mintát látni ott, ahol nincs), őseink tipikus populációs méretével és a mindennapi élményeik viszonylagos szűkösségével áll kapcsolatban. Az antropológia, a kövületek tanúsága és más főemlősök viselkedésének tanulmányozása egyaránt arra utal, hogy az elmúlt néhány millió év nagyobb részében őseink valószínűleg kis kószáló csoportokban vagy kis falvakban éltek. Mindkét esetben az a helyzet, hogy a barátok és ismerősök száma, akikkel őseink szokásosan találkoztak és ilyen vagy olyan gyakorisággal beszélgettek, nemigen lehetett néhány tucattól

nagyobb. Egy prehistorikus falulakó valószínűleg az ismeretségek ezen kis számának arányában hallana meglepő egybeesésekről szóló történeteket. Ha az egybeesés nem a falujában történt meg valakivel, akkor nem is értesül róla. Az agyunk tehát arra állt rá, hogy az egybeesés olyan szintjénél észleljen mintát és állítsa el a lélegzetünket a döbbenettől, mely mértéktartóbb lenne, ha annak idején szélesebb lett volna a barátok és ismerősök köre.

Manapság félelmetesen nagy ez a kör, különösen az újságok, a rádió és más tömegtájékoztató eszközök jóvoltából. Mint már kifejtettem, a legeslegjobb és leghátborzongatóbb ilyen történetek összehasonlíthatatlanul szélesebb közönséghez juthatnak el, mint őseink korában. De okkal feltételezhetem, hogy agyunkat arra állította be a természetes szelekció, hogy az egybeesés sokkal szerényebb, falusi viszonyokra jellemző szintjére figyeljen fel. Így aztán a félrehangolt meglepetésküszöb miatt nagy hatást gyakorol ránk az efféle egybeesés. Szubjektív sebkeáinkat szűk közösségekben állította be a természetes kiválasztódás, és – mint a modern élet nagy része esetében – az egykori behangolás túlhaladottá vált. (Hasonló érveléssel indokolható, miért irtózunk olyan hisztérikusan azoktól a veszélyektől, amelyekről annyit cikkeznek az újságok – meglehet, azok a nyugtalankodó szülők is „félrekalibráltak”, akik a gyerekeik iskolából hazafelé vezető útvonala mentén álló minden lámpaoszlop mögé egy-egy kóbor pedofilt képzelnek.)

Úgy vélem, egy másik hatás is ugyanebbe az irányba hat. Gyanítom, hogy a modern körülmények között személyes életünk gazdagabb élményekben, mint az őseink élete. A mi életünk nem csak abból áll, hogy felkelünk reggel, folytatjuk az előző napi tevékenységeinket, egyszer-kétszer eszünk, majd ismét aludni térünk. Könyveket és folyóiratokat olvasunk, tévét nézünk, nagy sebességgel utazunk új helyszínekre, munkába menet emberek ezrei mellett haladunk el az utcán. A szemünk elé kerülő arcok száma, a különböző helyzetek száma, amelyekbe keveredünk, mindazoknak a különböző dolgoknak száma, amelyek megesnek velünk, sokkal nagyobb, mint falusi elődeink életében volt. Ez azt jelenti, hogy mindegyikünk esetében sokkal nagyobb az *alkalmak* száma az egybeesésre, mint őseinknél lehetett, következésképpen nagyobb, mint amekkorának a felbecsülésére agyunk ráhangolódott. Ez pedig további hatást jelent, a populáció méretének már említett hatásán felül.

Tekintettel mindezekre a tényezőkre, elméletileg lehetséges, hogy újrászabályozzuk magunkat, hogy megtanuljuk a modern populációknak és az élmények korunkra jellemző bőségének megfelelően átállítani a meglepetésküszöböt. De ez még a tudósoknak és matematikusoknak is árulkodóan sok nehézségébe ütközik. Az a tény, hogy akkor döbbenünk meg, amikor, és hogy a „tisztánlátóknak”, a médiumoknak, parafenoméneknek és asztrológusoknak olyan csinos hasznot sikerül kicsikarniuk, egyaránt arra utal, hogy egészében nem sikerül újrászabályoznunk magunkat, vagyis agyunknak az intuitív statisztikák készítéséért felelős részei még mindig a kőkorszakban élnek.

Ugyanez lehet érvényes általában az intuíciora. A *The Unnatural Nature of Science* (1992) című könyvében Lewis Wolpert, a kitűnő embriológus kifejti, hogy a tudomány azért nehéz, mert többé-kevésbé szisztematikusan ellentmond az intuíciónak. Ez alapvetően ellentétes T. H. Huxley (Darwin's Bulldog) nézetének, aki szerint a tudomány „nem más, mint képzett és szervezett józan ész, mely csak annyiban különbözik az utóbbitól, mint a veterán a frissen bevonult újonctól”. Huxley számára a tudomány módszerei „csak annyira különböznek a józan ész módszereitől, ahogy a gárdatiszt vagdalkozása különbözik attól, ahogy egy vadember forgatja a bunkósbotját”. Wolpert azt állítja, hogy a tudomány mélységesen paradox és meglepő, inkább támadás a józan ész ellen, mintsem annak kiterjesztése, és alá is támasztja a véleményét. Például valahányszor egy pohár vizet iszunk, megiszunk legalább egy olyan molekulát, amelyik valaha áthaladt Oliver Cromwell hólyagján. Ezt követi az extrapoláció Wolpert megfigyeléséből, miszerint „sokkal több molekula van egy pohár vízben, mint ahány pohár víz a tengerben”. Newton törvénye, miszerint a testek, ha valami nem állítja meg őket, mozgásban maradnak, ellentmond az intuíciónak. Ugyanígy Galilei felfedezése, hogy légellenállás hiányában a könnyű tárgyak ugyanolyan gyorsulással esnek, mint a nehezek. Ugyanígy az a tény, hogy a szilárd anyag, még a legkeményebb gyémánt is, csaknem teljesen üres térből áll. Steven Pinker tanulságos bepillantást nyújt fizikai intuícióink evolúciós eredetébe a *How the Mind Works* című könyvében (Hogyan működik az elme?, 1998).

Még nehezebb megbirkózni a kvantumelmélet következtetéseivel, amelyeket pedig túlnyomórészt a tizedesértékek döbbenetesen

meggyőző száma erejéig támasztanak alá kísérleti bizonyítékok, ám oly idegenek a fejlett emberi elmének, hogy intuitív gondolkodással a hivatásos fizikusok sem értik meg. Mintha nemcsak intuitív statisztikusunk, hanem maga az elménk is megragadt volna a kőkorszakban.

8. A nagy regény ködös jelképei

*Futtatni színaranyt, kifestegetni
A liljomot, pancsolni violát
Illatszerekkel, a jeget gyalulni,
Pótolni a szivárvány színeit,
Vagy mécs világgal gyámolítani fényét
Az ég dicső szemének: ez pazar
S nevetni méltó ráadás vala.*
WILLIAM SHAKESPEARE: János király

Ez a könyv arra a tételre épül, hogy a tudomány legjobb megnyilvánulásában a költészetnek is jut hely. A képzeletet serkentő hasznos analógiákhoz és metaforákhoz folyamodik, ezek pedig olyan képeket és utalásokat idéznek fel az elmében, melyek messze túlmutatnak a közvetlen megértés szükségletein. Van azonban rossz költészet is, és a rossz költői tudomány tévutakra vezetheti a képzeletet. Ez a veszély ennek a fejezetnek a tárgya. A rossz költői tudomány alatt nem az igénytelen vagy nehézkes írást értem. Mondhatni az ellenkezőjéről beszélek: a költői képzelet és metafora erejéről, amely a rossz tudományt szolgálja, még ha a költészet jó is, sőt különösen akkor, ha jó, mert az hatékonyabban vezethet félre.

Sok mágikus és vallási szokás mögött is a rossz költészet lappang a túlságos elnézés formájában a költői allegória dagályossága, vagy az alkalmi és értelmetlen hasonlóság, „a nagy regény ködös jelképei” iránt (a kifejezést Keats-től kölcsönöztem). Sir James Frazer *The Golden Bough*-ban (1922) (Az Aranyág, 1993) ismerteti a mágia egyik nagy kategóriáját, amelyet homeopátikus vagy utánzó mágiának nevez. Az utánzás a szó szerintitől a szimbolikusig terjedhet. A sarawaki dajakok megeszik a meggyilkolt kezét és térdét, hogy erősítse a saját kezüket és térdüket. Itt az jelenti a rossz költészetet, hogy mintha a kéznek illetve a térdnek lenne valamiféle esszenciája, ami átvihető egyik személyről a másikra. Frazer megjegyzi, hogy a spanyol hódítás előtt a mexikói aztékok

hittek benne, hogy papjaik a kenyér megszentelésével istenük valóságos testévé tudják azt változtatni, s így mindazok, akik ezután a szentelt kenyérből részesültek, misztikus közösségre lépnek az

istenséggel, mivel isteni lényegének egy részét veszik magukhoz. Az átlényegülés tanát – vagy a kenyér titokzatos átváltoztatását hússá – ismerték az ókori India árja lakói is jóval a kereszténység elterjedése, sőt keletkezése előtt.

Frazer később általánosítja a témát:

Most tehát könnyű megérteni, miért kíván részesülni egy bennszülött az isteninek tekintett állat vagy ember húsából. Az isten testének megevésével részesül az isten tulajdonságaiból, és ha az isten szőlőisten, a szőlő leve az ő vére; és így a kenyér megevésével és a bor megivásával a hívő istene igazi testét és vérét fogyasztja. Tehát a bor ivása egy szőlőisten, például Dionüszosz szertartásaiban nem a tivornyázás, hanem a legszentebb szentség aktusa.

Világszerte egy sor szertartás alapul azon a rögeszmén, hogy a dolgok olyan más dolgokat *jelenítenek meg*, amelyekhez némileg vagy bizonyos szempontból hasonlítanak. A porított rinocérosz-szarvat – tragikus következményekkel – afrodiziákumnak tartják, pusztán azon babonás meggyőződés alapján, hogy a tülök hasonlít a felálló péniszre. Vagy vegyünk egy másik elterjedt gyakorlatot: a hivatásos esőcsinálók gyakran imitálnak mennydörgést vagy villámlást, vagy vesszőnyálából vizet spriccelve miniatűr, „homeopatikus adag” esőt varázsolnak. Az ilyen szertartások idővel egyre bonyolultabbakká és fényűzőbbekké válhatnak.

A közép- ausztráliai dieri nép körében az esőcsináló varázslók, szimbolikusan az ősök isteneinek *megjelenítői*, az erre a célra épült vesszőkunyhóban vért – a vércseppek a rég várt esőt *jelenítették meg* – csöpögtettek egy nagy lyukba. A felhők és az előre jelzett eső *megjelenítésére* szánt két követ aztán a két varázsló 10-15 kilométerrel arrébb vitte, és a felhők magasságát *megjelenítő* magas fa tetejére helyezte. Ezalatt a kunyhóban a törzs férfi tagjai mélyen meggörnyedve, és a kezük használata nélkül, megrohamozták a falat és áttörték a fejükkel, és ezt a kunyhó teljes lerombolásáig ismételték. A falak áttörése *jelenítette meg* a felhőkbe hatolást, és azt hitték, így a felhőkből kiszabadul az eső. További óvintézkedésként a dieri nagytanács készenlétben tartott egy halom fitymát, esőt hozó homeopatikus erejük miatt (hát nem „záporozik” a péniszből vizeletet

– ami igazán ékesszóló bizonyítéka az erejének?).

Egy másik homeopatikus motívum a „bűnbaké” (onnan az elnevezés, hogy a szertartás zsidó változatát bakkecskével végezték el), ahol az áldozat hivatott megtestesíteni (vagy elvinni) a falu minden bűnét és balszerencsáját. A bűnbakot azután elűzik, némely esetben megölik, és a nép minden balsorsát magával viszi. A keleti Himalája előhegységeinek tövében, az asszámi garos nép körében az a szokás járja, hogy egy elfogott hulmánmajmot (esetenként bambuszpatkányt), elvisznek a falu minden házához, ahol magába szívja a rossz szellemeiket, majd egy bambuszállványon megfeszítik. Frazer szavai szerint a majom

a közösség bűnbakja, mely a másoktól magára vállalt szenvedéseivel és halálával megszabadítja az embereket minden betegségtől és balszerencsétől a következő évben.

Sok kultúrában a bűnbak emberi áldozat és gyakran egy-egy istenséggel azonosítják. Egy másik elterjedt motívum az a szimbolikus elképzelés, hogy a víz „lemossa” a bűnöket, esetenként a bűnbak motívumával kombinálva. Az egyik új-zélandi törzsnél

olyan szertartást végeztek egy személy fölött, mely által –, feltételezésük szerint – reá hárul a törzs minden bűne; előzőleg páfrányszárat kötöttek hozzá, így ugrott a folyóba, ahol az róla leválva leúszott a tengerbe, és megszabadította a törzset a bűneitől.

Frazer arról is beszámol, hogy Manipur rádzsái a víz közvetítésével vitték át bűneiket egy emberi bűnbakra, aki a rádza kádját tartó emelvény alá kuporodott, ahol ráfolyt a víz (és a lemosott bűn).

A „primitív” kultúrák lenézése a legkevésbé sem erény, igyekeztem hát úgy megválogatni a példákat, hogy emlékeztessenek a hozzánk közelebb álló teológiákra, melyek maguk sem mentesek a homeopatikus vagy utánczó mágiától. A keresztség vize „lemossa” a bűnöket. Maga Jézus az emberiséget helyettesíti (egyes változatokban Ádám szimbolikus helyettesítése révén) a keresztre feszítésében, mely által homeopatikusan megsz szenved a bűneinkért. A Mária-kultusz egész iskolái ismernek fel szimbolikus tisztaságot a „női elv”-ben.

Nagy tudású teológusok, akik nem hisznek szó szerint a szeplőtelen

fogantatásban, a hatnapos teremtésben, a csodákban, az átlényegülésben vagy a húsvéti feltámadásban, mindazonáltal édesdeden álmodoznak mindarról, amit ezek az események szimbolikusan *megjelenítenek*. Olyan ez, mintha egy napon megcáfolnák a DNS csigavonalú (helikális) modelljét, és a tudósok a tévedésük elismerése helyett kétségbeesetten keresnének valamilyen szimbolikus jelentést, amely olyan mélységes, hogy minden cáfolatot meghalad. Szinte hallom, amint így beszélnek: „*Tényszerűen természetesen már nem hiszünk a kettős hélixben; bárdolatlanul leegyszerűsített ez a feltételezés. Az a történet a maga idejében igaz volt, de azóta továbbléptünk. Manapság a kettős hélix új jelentést hordoz számunkra. A guanin kompatibilitása a citozinnal, az adenin kesztyűszerű összeillése a timinnel, és különösen, ahogy a bal hélix bensőségesen a jobb köré csavarodik, egyaránt a szeretetről, a gyengédségről, a kapcsolatok ápolásáról beszél nekünk...*” Nos, meg lennék lepve, ha eljutnánk idáig, és nem csak azért, mert egyelőre nem valószínű, hogy valaha is megcáfolnák a kettős hélixű modellt. De a tudományban, mint minden más területen, valóban fennáll a szimbolikától, az értelmetlen hasonlóságoktól megittasulás veszélye, ami egyre távolabb vezet az igazságtól, nem pedig felé. Steven Pinker beszámol róla, milyen bajban van azokkal a levelezőkkel, akik felfedezik, hogy az univerzumban minden hármasságban jelenik meg:

az Atya, a Fiú és a Szentlélek; proton, neutron és elektron; férfi, női és semleges; Sándor, József, Benedek; a három kismalac és így tovább oldalakon át.

How the Mind Works (Hogyan működik az elme?, 1998)

A korábban már idézett Sir Peter Medawar, a kitűnő brit zoológus és polihisztor alig komolyabban tudatja velünk, hogy feltalálta

a komplementeritás nagy új alapelvét (nem Bohrt) miszerint létezik egy alapvető belső hasonlóság azokban a kapcsolatokban, amelyek fennállnak az antigén és az antitest, a férfi és a női, az elektropozitív és az elektronegatív, a tézis és az antitézis stb. között. Ezek a párok voltaképpen osztoznak egy bizonyos „egyező ellentétességben”, de ez minden, amiben közösek. A hasonlóságuk nem osztályozási kulcs, mely valami más, mélyebb rokonsághoz vezetne, és létük felismerése a

gondolatmenet végét, nem pedig a kezdetét jelöli.

Pluto's Republic (Pluto Köztársaság, 1982)

Bár Medawart a szimbolikától megittasultsággal összefüggésben idézem, nem állhatom meg, hogy ne tegyek említést a *The Paraphenomenon of Man*-ről (1969) (Az emberi jelenség) írott megsemmisítő kritikájáról, amelyben Teilhard De Chardin „a francia szellem legfárasztóbb megnyilvánulásai közül való mámoros, euforikus prózaköltészethez folyamodik”. Ez a könyv Medawar számára (és ami azt illeti, számomra is, bár el kell ismernem, hogy amikor túl romantikától fűtött egyetemi hallgatóként először olvastam, magával ragadott) a rossz költői tudomány kvintesszenciája. A Teilhard által felölelt területek között szerepel a tudat evolúciója is, és Medawar, ugyancsak a *Pluto's Republic*-ban, így idézi:

A harmadkor végére a pszichikai hőmérséklet több mint 500 millió éven át emelkedett a celluláris világban... Az Emberszabásúhoz, amikor „mentálisan” forráspontra jutott, néhány további kalória adódott... Ennyi kellett ahhoz, hogy átbillenjen az egész belső egyensúly... Egy apró „tangenciális” növekedéssel a „radiális” visszafordult önmagába, és úgyszólván a végtelenbe szökkent előre. Látszólag szinte semmilyen változás nem történt a belső szervekben. A mélyben azonban nagy forradalom zajlott: a tudat immár felszökölt és felforrt az érzékfeletti kapcsolatok és reprezentációk terébe...

Medawar szárazon hozzáfűzi:

Az analógia a forráspontot elérő víz párolgásával magyarázatra szorul, és csak a forró pára képe marad, amikor minden más feledésbe vész.

Medawar felhívja a figyelmet a misztikusok közismert rajongására az „energia” és a „rezgések” szavak sűrű használata iránt, mely szakkifejezések arra szolgálnak, hogy tudományos tartalom illúzióját keltsék ott, ahol végső soron nincs semmiféle tartalom. Az asztrológusok is úgy vélik, hogy minden bolygó kisugározza a maga minőségileg eltérő „energiáját”, amelyek befolyásolják az emberi életet és kapcsolatban állnak bizonyos emberi emóciókkal:

szerellemmel a Vénusz, agresszivitással a Mars, intelligenciával a Merkúr esetében. Ezek a bolygótulajdonságok mi máson alapulnának, mint a római istenek tulajdonságain, akikről a bolygókat elnevezték. Az Állatöv jegyeit az ausztrál őslakók esőcsinálóira emlékeztető modorban a négy alkímiai „elemmel” is azonosítják: a földdel, a levegővel, a tűzzel és a vízzel. A föld jegyben, például a Bikában született emberek, hogy a világhálóról taláalomra választott egyik asztrológiai oldalról idézzek:

megbízhatóak, realisták, két lábbal állnak a földön... a vízjegynek együttérzőek, gondoskodóak, jószívűek, érzékenyek, okkult és misztikus tulajdonságokat mutatnak és egyfajta ösztönös tudatosság jellemzi őket... Akiknél hiányzik a víz, azok könnyen lehetnek érzéketlenek és ridegek.

A „halak” vizes jegy (ki tudja, miért...) és a víz elem „reprezentálja a tudattalan erők ösztönző energiáját és hatalmát...”.

Bár Teilhard könyvét tudományos műnek tartják, az ő pszichikai „hőmérséklete” és „kalóriái” nagyjából ugyanolyan értelmetlenek, mint az asztrológiai bolygóenergiák. Az efféle metaforák rendszerint nem kapcsolódnak használhatóan a való világbeli megfelelőikhez. Vagy egyáltalán nincs hasonlóság, illetve ami hasonlóság mutatkozik, az inkább gátolja, mintsem segíti a megértést.

Mindezzel együtt sem szabad megfélemedkeznünk a szimbolikus intuíció szerepéről a hasonlóságok igazi mintáinak feltárásában, amivel a legnagyobb felismerésekhez vezetheti a tudósokat. Thomas Hobbes kissé elvetette a súlykot, amikor a *Leviathan* (1651) 5. fejezetében leszögezi:

az ész a lépés; a tudomány fejlődése az út; és az emberiség üdve a vég. És ezzel szemben, a Metaforák és az értelmetlen és homályos szavak, olyanok, mint az ignes fatui; és a rájuk épült érvelés kószálás a megszámlálhatatlan abszurditás között; és a végük viszály és zendülés vagy megvetés.

A metaforák és szimbólumok avatott alkalmazása a tudományos szellem egyik védjegye.

C. S. Lewis irodalomtudós, teológus és gyermekkönyvszerző egy

1939-es esszéjében megkülönböztette egymástól az oktató költészetet (amelyben mondjuk tudósok metaforikus és költői nyelvezettel magyaráznak el nekünk valamit, amit már értenek) és a tanulóköltészetet (amelyben tudósok költői képekkel segítik a gondolkodásunkat). Bár mindkettő fontos, itt a második alkalmazást emelem ki. Michael Faraday elképzelése a mágneses „erővonalakról”, mint erő hatása alatt álló rugalmas anyagról, melyek arra várnak, hogy felszabadíthassák – a fizikusok által pontosan definiált értelemben – az energiáikat, döntő jelentőségű volt számára az elektromágnesesség természetének megértésében. Már jómagam is hasznát vettem a fizikusok költői képének az élettelen entitásokról – mondjuk elektronokról vagy fényhullámokról –, amelyek igyekeznek minimalizálni a terjedési idejüket. Ezen az úton könnyen eljuthatunk a helyes válaszhoz, és meglepő, milyen messzire vihet. Jacques Monod, a nagy francia molekuláris biológus egyszer elmondta, hogyan jutott nem egy fontos kémiai felismerésre annak elképzelésével, hogyan érezné magát, ha elektron lenne egy bizonyos kémiai kötésben. Kekule német szerves kémikus beszámolt arról, hogy a benzolgyűrűt a saját farkába harapó kígyóként álmodta meg. Einstein fantáziája egy pillanatig sem nyugodott: rendkívüli elméjét költői gondolatkísérletek vezérelték át a gondolatok furcsább tengerén, mint amilyen Newton utazott.

Ez a fejezet azonban a rossz költői tudományról szól, és rögvest kijózanodunk a következő példán, amelyet egy olvasó küldött:

Úgy képzelem, kozmikus környezetünk mérhetetlen hatást gyakorolt az evolúció folyamatára. Mi mással magyarázhatnánk a DNS csigavonalú szerkezetét, amely lehet a beérkező napsugárzás hélixet leíró útjának, akár a Nap körül keringő Föld útvonalának következménye, mely utóbbi, a függőlegeshez képes 23,5 fokban megdőlt mágneses tengelye miatt ugyancsak csigavonalat ír le?

Reálisan szemlélve a legcsekélyebb összefüggés sincs a DNS csigavonalú szerkezete és a sugárzás vagy a bolygókeringés helikus útvonala között. Ez a társítás babonás és értelmetlen. A három közül egyik sem segíti a másik kettő megértését. A szerző megittasult a metaforától, elbűvölte a hélix elképzelése, és ez vezette (félre) egy olyan kapcsolat meglátásához, amelyik semmilyen módon nem

világítja meg az igazságot. Túlságosan elnéző ezt költői tudománynak nevezni: ha már tudomány, akkor inkább teológiai jellegű.

Nemrégiben a beérkező elektronikus postámban a „káoszelmélet”, a „komplexitáselmélet” a „nem lineáris kritikusság” és hasonló kifejezések számának meredek emelkedését tapasztaltam. Nos, nem állítom, hogy ezeknek a levelezőknek a leghalványabb gőzük sincs arról, amiről beszélnek. Azt azonban igenis állítom, hogy nem könnyű felfedezni, van-e. A mindenféle New Age kultuszok lubickolnak a félig (vagy inkább félig sem) megemésztetten visszaöklendezett tudományos (benyomást keltő) zsargonban: energiamezők, rezgés, káoszelmélet, katasztrófaelmélet, kvantumtudat. Michael Shermer a *Why People Believe Weird Things*ben (Miért hisznek az emberek a természetfölötti dolgokban?, 1997) egy jellegzetes példát idéz:

E bolygó eonok óta szendereg, és a magasabb energiafrekvenciák magába szívásával készen áll arra, hogy felébredjen tudatos és spirituális értelemben. Az elhatárolás mesterei és a megézés mesterei ugyanezt az alkotó erőt használják valóságaik manifestálásához, ám az egyik lefelé haladó csigavonalban mozog, az utóbbi pedig felfelé haladó csigavonalon, ekképp növelve az eredendő rezonáns vibrációt.

A kvantummechanika határozatlansági tétele és a káoszelmélet – az igazi rajongók őszinte bosszúságára – siralmas hatást gyakorolt a felszínes kultúrára. Mindkettőre rendszeresen hivatkoznak azok, akik hajlamosak arra, hogy visszaéljenek a tudománnyal és kisajátítsák a csodáit. Ezeknek a vonulata a hivatásos sarlatánoktól a New Age-bolondokig terjed. Amerikában milliókat jövedelmez az egyfajta sajátos „gyógyító” ipar – és ezeket a milliókat csak tovább növeli az esetenként félelmetesen zavarba ejtő kvantumelmélet. Ezt elemzi Victor Stenger amerikai fizikus, a kitűnő *Physics and Psychics*ben (kb: „Fizika és pszichika”, 1990). Az egyik dúsgazdag gyógyító egy sor sikeres könyvet írt arról, amit „kvantumgyógyításnak” nevez. Egy birtokomban lévő másik könyv egész fejezeteket szentel a kvantumpszichológiának, a kvantumfelelősségnek, a kvantummoralitásnak, a kvantumesztétikának, a kvantumimmoralitásnak és a kvantumteológiának. Az ember már-már hiányolni kezdi, miért nincs „kvantumgondoskodás”, de lehet, hogy csak átsiklott rajta a tekintetem.

A következő példám jókora adag csapnivaló költői tudományt zsúfol egészen kis helyre. Ez a lelemény egy könyv fülszövegéből való:

A fejlődő, zenei, tápláló és végső soron gondoskodó univerzum mesterei leírása.

Még ha a „gondoskodó” nem is volna erősen sántító közhely, az univerzum nem az a fajta entitás, amelyre értelmesen alkalmazható a gondoskodás szó. (E pillanatban rá kell döbennem, hogy magam is kritika céltáblája lehetek, amennyiben a gén nem az a fajta entitás, amelyre alkalmazható lenne az „önző” szó. De nyomatékosan felszólítok mindenkit, aki fenntartja a kritikáját, olvassa el figyelmesebben *Az önző gént*, a tartalma ugyanis szemben áll a címmel.) A „fejlődés” kitélt ugyan alkalmazhatjuk az univerzumra, de, mint látni fogjuk, valószínűleg szerencsésebb, ha nem tesszük. A „zenei” feltehetőleg utalás a püthagoraszai „szférák zenéjére”, mely eredetileg nem is lehetett rossz költői tudomány, azóta azonban már kinőttük. A „gondoskodó”-n a rossz költői tudomány egyik legszánalmasabb iskolájának szaga érződik, amelyet a feminizmus egy félresiklott változata inspirált.

Vagy nézzünk egy másik példát. 1997-ben számos tudóst felkért egy antológiaszerkesztő, hogy küldjék be azt az egyetlen kérdést, amelyikre leginkább óhajtják tudni a választ. Az izgalmas és gondolatébresztő gondolatok sorában feltűnt a következő (férfitól származó) kérdés, mely olyannyira abszurd, hogy csak arra gondolhatok, be akarja nyalni magát a feminista nagymenőknél:

Mi történik, ha a nyugati gondolkodást meghatározó, férfias, tudományos, hierarchikus, kontroll-orientált nyugati kultúra egyesül az erősödő női, spirituális, holografikus, kapcsolatorientált keleti látásmóddal?

Tényleg „holografikusra” gondolt, vagy inkább „holisztikusra”? Talán mindkettőre. Kit érdekel, ha jól hangzik? Itt már nem sokat számít az értelem.

Noretta Koertge történész és tudományfilozófus 1995-ös esszéjében, a *Skeptical Inquirer*-ben pontosan rámutat a nők képzését

károsan befolyásoló eltorzult feminizmus veszélyeire:

Ahelyett, hogy arra buzdítanánk a fiatal nőket, hogy a tudomány, logika és matematika tanulmányozásával készüljenek fel a számtalan technikai szakterületre, a „nőtanulmányok” hallgatóit mostanság arra oktatják, hogy a logika a dominancia eszköze... a tudományos érdeklődés standard normái és módszerei szexisták, mert nem férnek össze a tudás „női” módjával. Az ilyen témájú díjnyertes könyv szerzői kijelentik, hogy az általuk meginterjúvolt nők többsége a „szubjektív megismerő” kategóriába tartozik, akiket a „tudomány és a tudósok heves elutasítása” jellemez. Ezek a „szubjektivista” nők a logika, az elemzés és az elvonatkoztatás módszereit „a férfiakhoz tartozó idegen területnek” tekintik, és „az igazsághoz való biztosabb és eredményesebb közelítésnek értékelik az intuíciót”.

Az ember azt gondolhatná, hogy bármilyen eszelős legyen is ez a fajta gondolkodás, legalább gyöngéd és – rendben – „gondoskodó”. Gyakran azonban éppen az ellenkezője bizonyosodik be, és időnként csúnya, hepciáskodó, a legrosszabb értelemben férfias hangnemet alakít ki. Barbara Ehrenreich és Janet McIntosh 1997-es cikkükben, a *Nation*-ben megjelent „Az új kreacionizmus”-ban elbeszélik, hogy hogyan félemlítettek meg egy Phoebe Ellsworth nevű társadalompszichológust az érzelmekről folytatott interdiszciplináris szemináriumon. Noha mindent elkövetett, hogy az előítéletes kritika kedvére tegyen, egyszer csak elővigyázatlanul kiejtette a száján a „kísérlet” szót. És azonnal a magasba szöktek a kezek. A hallgatóság tagjai rámutattak, hogy a kísérleti módszer „a fehér viktoriánus férfiak elmeszüleménye”. A számomra emberfeletti hosszúságúnak tűnő békekötés végeztével Ellsworth egyetértett abban, hogy a fehér férfiak alaposan kivették a részüket a világ tönkretételéből, de megjegyezte, hogy mindazonáltal az ő erőfeszítéseik vezettek a DNS felfedezéséhez. Ezzel kivívta a hitetlenkedő (és hihetetlen) visszavágást: „Hát te hiszel a DNS-ben?!” Szerencsére még mindig sok intelligens fiatal nő akad, aki felkészült rá, hogy tudományos pályára lépjen, és szeretném leróni nekik tiszteletemet az efféle bárdolatlan megfélemlítés ellenében tanúsított bátorságukért.

Természetesen a feminista hatás egyik fajtája a tudományban csodálatra méltó és időszerű. Egyetlen jó szándékú ember sem

helyezkedhet szembe a tudományos pályán dolgozó nők státusának javításáért folytatott erőfeszítésekkel. Különösen megdöbbentő (és elkésérítő), hogy Rosalind Franklint, akinek a DNS-kristályokról készített röntgendiffrakciós fényképei döntő szerepet játszottak Watson és Crick sikerében, nem engedték be az intézete társalgójába, ilyenformán kirekesztették a tudományos eszmecseréből, melyhez jelentősen hozzájárulhatott, illetve amelyből sokat tanulhatott volna. Abban is lehet némi igazság, hogy a nők általában olyan szempontokat vethetnek fel, amilyeneket a férfiak általában nem. De az „általában” nem ugyanaz, mint az „univerzálisan”, és a tudományos igazságokat, amelyeket végül férfiak és nők fedeznek fel (noha elképzelhetőek statisztikai különbségek a kutatásuk típusában) egyaránt elfogadják a bármely nemhez tartozó értelmes emberek, miután bármely nem tagjai egyértelműen igazolták. És nem, a józan ész és a logika *nem* az elnyomás férfi eszközei. Az ellenkezőjét kijelenteni súlyos sértés a női nemre nézve, mint Steven Pinker mondta:

A „különféle feministák” állításai között megtaláljuk, hogy a nők nem foglalkoznak elvont lineáris okoskodással, hogy nem kezelik szkepticizmussal az elképzeléseket illetve nem értékelik őket szörszálhasogató vitákban, hogy nem vonnak le bizonyítékot általános morális elvekből, és más hasonló súlyú sértéseket.

How the Mind Works (1998)

A feminista rossz tudomány legneveltségesebb példája Sandra Harding meghatározása lehet Newton *Principiájáról*, mint „az erőszaktétel kézikönyvéről”. Nem annyira maga a feltételezés lép meg ebben az ítéletben, hanem a szűk látókörű amerikai sovinizmus. Hogy *merésze*li ez a (történetesen és mellékesen) nő szűken kortársi észak-amerikai álláspontját az univerzum változatlan törvényei és minden idők egyik legnagyobb gondolkodója (aki történetesen és mellesleg férfi volt és meglehetősen kellemetlen személyiség) fölé emelni? Paul Gross és Norman Lewitt hasonló példákat tárgyalnak nagyszerű könyvükben, a *Higher Superstition*ban (Magasabb szintű babonák, 1994), végül pedig átadják a szót Margarita Levin filozófusnak:

...a tudományos igényű feminista írások nagy része más feministák

gátlástalan és mértéktelen dicséretéből áll. A briliáns „elemzése” kiegészíti B „forradalmi áttörését” és C „merész vállalkozását”. Még zavaróbb sok feminista hajlama ön maga lehető legízléstelenebb magasztalására. Alig akad olyan könyvük, amely ne a következő önvállalással zárulna: „Amikor elkezdtek elméletbe foglalni tapasztalatainkat... tudtuk, hogy nehéz, de izgalmas feladat vár ránk. De kétlem, hogy akár a legvadabb álmainkban is azt képzeltük volna, hogy újra feltaláljuk a tudományt és magát az elméletalkotást, hogy megértsük a nők társadalmi tapasztalatát.” Ez a megalománia talán zavaró volna egy Newton vagy egy Darwin esetében, a jelen összefüggésben pusztán kínos.

E fejezet hátralévő részében a magam szakterületéről, az evolúció-elméletből vett rossz költői tudomány különféle példáival fogok foglalkozni. Az első, amit nem mindenki tekintene rossz tudománynak és voltaképpen védhető is, Herbert Spencernek, Julian Huxley-nak és másoknak (többek között Teilhard de Chardinnek) a progresszív evolúcióról vallott nézete, nemcsak mint biológiai, hanem mint a természet minden szintjén működő törvényről. A modern biológusok az evolúció szót a populáció géngyakoriságaiban mutatkozó szisztematikus módosulások szigorúan meghatározott folyamatára használják, a vele járó változásokkal együtt, amelyeket az állatok és a növények megtartanak az egymást követő nemzedékek során. Herbert Spencer, aki az igazat megvallva elsőként használta technikai értelemben az evolúció szót, a biológiai evolúciót csak az egyik speciális esetnek tekintette. Számára az evolúció sokkal általánosabb folyamatot jelentett, amelynek minden szintjén azonos törvényszerűségek érvényesülnek. Az univerzum ugyanazon általános törvényének engedelmeskedik az egyedfejlődés (a haladás a megtermékenyített petétől a magzaton át a kifejlett egyedig), a kozmosz, a csillagok és a bolygók kialakulása az egyszerűbb kezdetektől; és a történelmi korok progresszív változásai, a társadalmi jelenségek, mint a művészetek, a technika és a nyelv.

Az általános evolucionizmus költészetének egyaránt vannak jó és rossz megnyilvánulásai. Mindent együttvéve azt hiszem inkább a zavarhoz járul hozzá, mint a megvilágításhoz, annyi azonban bizonyos, hogy mindkettőből találhatunk benne eleget. Az embrió-fejlődés és a fajok evolúciója közötti analógiát ügyesen forgatta az

epés természetű lágész, J. B. S. Haldane. Amikor az evolúció egyik szkeptikusa kifejezte kételkedését, hogy bármi, ami olyan bonyolult, mint egy emberi lény, létrejöhetett egysejtű kezdetekből, Haldane rávágta, hogy maga a szkeptikus is pontosan ezt tette, és az egész folyamat mindössze kilenc hónapot vett igénybe. Haldane retorikai fogását csöppet sem kisebbiti az a tény – mellyel természetesen tökéletesen tisztában volt –, hogy a fejlődés nem ugyanaz, mint az evolúció. A fejlődés egyetlen objektum formájának a változása, ahogy a fazekas keze alatt alakul az anyag. Az evolúció, amint az az egymásra következő rétegekből vett kövületekben látható, inkább egy film képkockáinak sorozatát idézi. Az egyik képkocka nem a szó teljes értelmében változik a következővé, de ha egymás után kivetítjük a képkockákat, akkor a változás illúzióját éljük át. Ezzel a megkülönböztetéssel gyorsan észrevehetjük, hogy a kozmosz nem fejlődik (hanem kialakul), a technika viszont igen (a korai repülőgépek nem formálódtak a későbbieké, ám a repülőgépek története és sok más műszaki termék megfelel a filmkocka-párhuzamnak). Az öltözködési divat is inkább fejlődik, mint kialakul. Vitatott, vajon az analógia egyfelől a genetikai evolúció, másfelől a kulturális vagy technikai evolúció között megvilágosodáshoz vagy az ellenkezőjéhez vezet, és ebbe most nem is kívánok mélyebben belemenni.

Az evolúciós tudományban garázdálkodó rossz költészetre felhozott többi példám javarészt egyetlen szerzőtől, az amerikai paleontológustól és esszéírótól, Stephen Jay Gouldtól származik. Tartok tőle, hogy az egyetlen személyre összpontosuló kritikát esetleg a személyes rosszindulat számlájára írják. Erről azonban szó sincs. Épp ellenkezőleg, Gould esetleges hibái éppen hogy írói kiválóságából fakadnak, és messzemenően érdemesek a cáfolatra.

1977-ben Gould írt egy fejezetet a „paleontológia örök metaforáiról” egy több szerző által jegyzett, a kövületek evolúciós tanulmányozásáról szóló könyv bevezetéseként. Whitehead képtelen, ám sokat idézett kijelentésével kezdve, miszerint minden filozófia egy lábjegyzet Platónhoz, Gould felállítja tételét a Prédikátor könyve prédikátorának szavaival (melyeket ugyancsak idéz), hogy nincs új a Nap alatt: „A mi volt, ugyanaz, a mi ezután is lesz, és a mi történt, ugyanaz, a mi ezután is történik.” A paleontológiában zajló jelenkori viták csak a régi viták felújítása. Ezek

megelőzték az evolúciós gondolkodást és a darwini paradigmán belül sem találtak megoldást... Az alapelképzelések, akárcsak az idealizált geometrikus formák, csekély számúak. Ezek örökké rendelkezésre állnak...

Gould szám szerint három mindörökké megoldatlan kérdést vezet fel a paleontológiában: Van-e időbeli irányultsága az evolúciónak? Külső vagy belső az evolúció hajtóereje? Fokozatosan vagy hirtelen ugrásokban történik-e meg az evolúció? Történelmi példákat talál paleontológusokra, akik az ezekre a kérdésekre adható válaszok mind a nyolc lehetséges kombinációját a magukévá tették és nagy megelégedésére szolgál, hogy ezek úgy átnéznék a darwini fordulaton, mintha meg sem történt volna. Ezt azonban csak analógiák erőltetésével sikerül elérnie a gondolkodási iskolák között, melyekben, ha alaposabban megvizsgáljuk, semmivel sincs több egyezés, mint a vérben és a borban vagy a csigavonalat leíró keringés és a csigavonalú DNS között. Gould mindhárom örök metaforája rossz költészet, mivel olyan analógiákat erőltet, amelyek inkább elhomályosítanak, mintsem bármit is tisztáznának. És a rossz költészet az élvezetes stílusú Gould kezében fokozottan ártalmas.

Azt a kérdést, hogy van-e irányultsága az evolúciónak, különböző álruhákban bizonyosan értelmesen is fel lehet vetni. De a különböző álruhákba öltöztetett és így összehozott párok olyan kevéssé illenek össze, hogy képtelenség használhatóan egyesíteni őket. Az evolúció előrehaladtával progresszívan egyre komplexebb-e a testi felépítés? Ez értelmes kérdés. Akárcsak az, hogy progresszívan növekszik-e a fajok teljes diverzitása a bolygón a korok múlásával. Ezek azonban alapvetően különböző kérdések, és nyilvánvalóan haszontalan kitalálni az egyesítésük érdekében a „progresszivista” gondolkodás egy évszázadot felölelő iskoláját. A modern formájukban még kevesebb közösség mutatkozik a „vitalizmus” és „finalizmus” Darwin előtti iskoláival, amelyek úgy tartották, hogy az élő dolgokat progresszívan „hajtja” belülről valamilyen rejtélyes életerő egy ugyanolyan rejtélyes végső cél felé. Gould, költői történeti tétele alátámasztásának eszközeként rendíthetetlenül erőlteti a természetellenes kapcsolatot a progresszivizmus mindezen formái között.

Ugyanez érvényes a második örök metaforára, és arra a kérdésre, hogy a változás motorja a külső vagy belső környezetben van-e, avagy a változás „valamiféle független és belső dinamikából fakad magukon az élő szervezeteken belül”. Manapság szembeszökő nézetkülönbség áll fenn azok között, akik úgy tartják, hogy az evolúció fő hajtóereje a darwini természetes szelekció, és azok között, akik más erők szerepét hangsúlyozzák, például a véletlenszerű génsodródását. Ez a jelentős különbség a legcsekélyebb mértékben nem jelenik meg abban az internalista-externalista ellentétben, amelyet Gould azon tétele fenntartása érdekében kényszerít ránk, hogy a posztdarwini érvelés csak a predarwini megfelelőik felmelegítése. Internalista vagy externalista a természetes kiválasztódás? Attól függ, hogy a külső környezethez történő alkalmazkodásról beszélünk vagy az egyes részek egymáshoz való alkalmazkodásáról. Később, más összefüggésben, még visszatérek ehhez a vitához.

A rossz költészet még szembeötlőbb Gould örök metaforái közül a harmadiknak, a fokozatos illetve epizódszerű evolúciónak a kifejtésében. Gould az epizódszerű kifejezéssel az evolúció folyamatosságát tagadó háromféle nézetet foglal össze. Ezek a következő tényezőket helyezik előtérbe: először katasztrófákat, amilyen például a dinoszauruszok tömeges kihalása; másodszer a makromutációkat vagy ugrásszerű átalakulásokat; harmadszor a punktuációt, azaz a Gould és munkatársa, Niles Eldredge által 1972-ben felvetett elméletet az egyensúlyi helyzet felborulásáról. Ez utóbbi elmélet bővebb ismertetést igényel, és röviden ki fogok térni rá.

A katasztrófajellegű kihalások meghatározása kézenfekvő. Vitatott, hogy pontosan mi okozza ezeket, és más és más esetekben valószínűleg más okot is találunk. Pillanatnyilag csak jegyezzük meg, hogy a fajok többségét elpusztító globális katasztrófa enyhén szólva nem ugyanaz, mint a makromutáció. A mutációk véletlenszerű hibák a génmásolás folyamatában, a makromutációk pedig nagy hatású mutációk. A kis hatású vagy mikromutáció kis hiba a génmásolásban, melynek hatása a gén birtokosára túl csekély lehet ahhoz, hogy könnyen észre lehessen venni, mondjuk a sárga csőrű pipitól a sárga csőrű pipit. A makromutáció dinamikus hiba, akkora változás, hogy szélsőséges esetben más fajba kell sorolni a birtokosát, mint a szüleit. Előző könyvemben – *Climbing Mount Improbable* (A valószínűtlenség hegyének meghódítása) –

közöltem egy újságból vett fényképet egy varangyról, amelynek szeme nőtt a szájpadról. Amennyiben a fénykép hiteles (a Photoshop és más ügyes képmanipuláló szoftverek korában jó nagy „ha”-t képzeljenek el) és a hiba genetikai, a szóban forgó varangy makromutáns. Ha egy ilyen makromutáns a varangyok új fajtát hozza világra, szemmel a szájpadról, akkor evolúciós ugrásként írhatjuk le az új faj hirtelenszerű megjelenését. Egyes biológusok – például Richard Goldschmidt német-amerikai genetikus – úgy vélik, hogy az ilyen ugrások fontos szerepet játszottak a természetes evolúcióban. Én azon többséghez tartozom, akik általánosságban kétségbe vonják ezt az elképzelést, ezúttal azonban nem ez a célom. Itt azt az alapvetőbb tényt kívánom bizonyítani, hogy az ilyen genetikai szökkenéseknek, ha meg is esnek, semmi köze az olyan eget-földet megrázó katasztrófákhoz, amilyen például a dinoszauruszok kihalása – eltekintve attól, hogy mindkettő váratlanul bekövetkező jelenség. Az analógia pusztán költői, még hozzá a rosszabbik fajtából, mely nem vezet további megvilágításhoz. Medawar szavait idézve, az analógia a gondolatmenet végét, nem pedig a kezdetét jelöli. „Nem-gradualistának” lenni olyan sokféleképpen lehet, amilyen sokféleképpen minden hasznavehetőségtől meg lehet fosztani ezt a kategóriát.

Ugyanez érvényes a nem-gradualisták harmadik kategóriájára: az Eldredge és Gould elméletét valló punktualistákra. Ez az elképzelés úgy szól, hogy valamely faj rövid idő alatt jön létre a „sztázisok” sokkal hosszabb időtartamához képest, amely időszakban, a kialakulása után, változatlan formában marad fenn. Az elmélet szélsőséges változatában a faj, miután egyszer csak megjelent, továbbra is változatlanul létezik, amíg vagy kihal, vagy szétválk, és új fajt hoz létre. Ez az a pont, amikor tisztázni kellene, mi történik a faj hirtelen kialakulásakor, és ennek elmulasztásából fakad a zavar és a költészet félresiklása. Két dolog történhet. Ezek teljesen különböznek egymástól, de Gould nem csinál nagy ügyet a különbségből, mert megittasult a rossz költészettől. Az egyik a makromutáció. Az új faj egy torzszülött egyed alapítja meg, mint a szájpadról állítólag szemet viselő béka. A másik, ami történhet – szerintem valószínűsíthetően, de ebbe most nem mélyedek bele – az a folyamat, amit „rapid gradualizmusnak” hívunk. Az új faj a gyors evolúciós változás rövid epizódjában jön létre, amely, bár abban az értelemben

fokozatos, hogy a szülők nem egyetlen generáció alatt adnak életet új fajnak, elég gyors ahhoz, hogy a kőületek alapján azonnalinak látszódjék. A változás sok generáción át lépésről lépésre terjed, ám azt a benyomást kelti, mintha hirtelen ugrás lenne. Ennek vagy az az oka, hogy a közbeeső láncszemek más helyen éltek (mondjuk egy félreeső szigeten) és/vagy az, hogy a közbeeső állomások túl gyorsan tűntek el a fosszilizálódáshoz – 10 000 év sok geológiai rétegben túlságosan rövid ahhoz, hogy mérni lehessen, ám bőségesen elegendő, hogy a kis lépésekből bekövetkező módosulások viszonylag nagy evolúciós változássá halmozódjanak fel.

Annál nagyobb a különbség a világban a rapid gradualizmus és a makromutációs ugrásszerű átalakulás között. Teljesen eltérő mechanizmusoktól függenek és következményeik radikálisan eltérőek. Együvé lapátolni őket egyszerűen azért, mert mint a katasztrófaszerű kihalások, mindegyik szakaszosságot tár fel az őskori leletekben, silány költői tudomány. Gould tudatában van a rapid gradualizmus és a makromutáció közötti különbségnek, de elhanyagolható részletkérdésként kezeli, amit ráér azután tisztázni, hogy sikerül a maga oldalára állítania az evolúció inkább epizodikus, mint fokozatos mivoltának mindenekfölött álló kérdésében. Amit az ember persze csak akkor láthat mindenekfölött állónak, ha megittasult a rossz költészettől. Olyan kevés az értelme, mint az én levelezőm felvetésének a DNS kettős hélixéről, és hogy az vajon a Föld keringéséből ered-e. Ismételjük meg: a rapid gradualizmus semmivel sem hasonlít jobban a makromutációra, mint egy vérző varázsló a záporosőre.

Még indokolatlanabb a katasztrófizmust begyömöszölni ugyanazon punktualista ernyő alá. A darwinizmus előtti időkben egyre zavarba ejtőbbé vált a bibliai teremtés szószólói számára a kőületek léte. Egyesek igyekeztek a Noé-féle vízözönnel feloldani a problémát, de akkor miért mutatják a rétegek az egész állatvilág olyan gyökeres megváltozását, hogy mindegyik különbözik az előzményétől, és valamennyi nagyrészt mentes a mi ismerős élőlényeinktől? Az erre a kérdésre adott válasz, többek között Cuvier báró tizenkilencedik századi anatómusról: a katasztrófizmus. Noé özönvize csak az utolsó volt a tisztító csapások sorában, melyekkel egy természetfölötti erő látogatta a Földet. Minden egyes katasztrófát egy-egy újabb teremtés követett.

A természetfölötti közbelépéstől eltekintve, ebben mutatkozik valami – kevés – közös a tömeges kihalásokat illető mai hitünkkel, amilyenek például a permi és kréta korszakban játszódtak le, és az evolúciós diverzitás új virágzásai követték. De a katasztrofistákat egy kupacba hányni a makromutacionistákkal és a modern punktualistákkal, pusztán azon az alapon, hogy nem gradualista álláspontot képviselnek... nos, az valóban csapnivaló költészet.

Mikor előadásokat tartottam az Egyesült Államokban, gyakran elgondolkodtatott a hallgatóság által feltett kérdések bizonyos mintázata. A kérdező felhívja a figyelmemet a tömegkihalás jelenségére, mondjuk a dinoszauruszok katasztrofális végzetére, mely után az emlősök örökölték meg a helyüket. Ez a témakör engem is nagyon foglalkoztat, és érdeklődéssel várom az izgalmasnak ígérkező kérdést. Aztán egyszer csak ráébredek, hogy a kérdés hangneme eltéveszthetetlenül *kihívó*. Mintha arra számítana a kérdező, hogy alaposan meglep vagy megzavar a tény, hogy időnként katasztrófaszerű tömeges kihalások szakították meg az evolúció menetét. Ez zavarba ejtett, amíg rá nem jöttem az igazságra. Hát persze! A kérdező, mint oly sokan Észak-Amerikában, Gouldtól tanult az evolúcióról, és engem az „ultra-darwinista” *gradualisták* egyikének könyvelt el! Hát a dinoszauruszokat elpusztító üstökös nem döntötte romba az én gradualista evolúciós nézetemet is? Közlöm tisztelettel, hogy természetesen nem. Ilyen összefüggés ugyanis nem létezik. Gradualista vagyok abban az értelemben, hogy nem hiszem, hogy a makromutációk fontos szerepet játszottak volna az evolúcióban. Még pontosabban, gradualista vagyok, amikor a komplex adaptációk evolúciójának magyarázatára kerül sor, amilyen például a szem (ahogy mindenki más, köztük Gould is). De mi köze az ilyen eseteknek a tömegkihalásokhoz? Az égadta világon semmi. Hacsak nem rossz költészet tölti ki az ember elméjét. Emlékeztetőül: úgy gondolom, és egész pályafutásom során úgy is gondoltam, hogy a tömegkihalások mélyreható és döntő hatást gyakorolnak az evolúciós történet rákövetkező menetére. Hogy is lehetne másként? Ám a tömegkihalások nem a darwini folyamat részei, csak annyiban, hogy megtisztítják a színpadot az új darwini kezdetekhez.

Meg kell jegyezni, itt azért bujkál némi ironia. A kihalásokkal kapcsolatos, és a Gould által oly kedvtelve hangsúlyozott tények közé tartozik az eseménynek az a szeszélyessége, amit esetlegességnek

nevez. Amikor lesújt a tömeges halál, egész állatcsoportok pusztulnak ki. A krétakorszakbéli kihalás során teljesen eltűnt a dinoszauruszok egykor oly erős csoportja (a madarak nevezetes kivételével). A nagyobb áldozatcsoport kiválasztása vagy véletlenszerű, vagy, ha nem véletlenszerű, az a maga nem véletlenszerűségében nem ugyanaz, mint ami a szokásos természetes kiválasztódásban működik. A túlélést célzó alkalmazkodások mit sem segítenek üstökösök ellen. Groteszk módon olykor ezzel a ténnyel hozakodnak elő, mintegy a neodarwinizmus elleni érvként. A neodarwinista természetes szelekció azonban a fajon *belül* jelent kiválasztódást, nem pedig a fajok között. Igaz, ami igaz, a természetes kiválasztódás magában foglalja a halált, és a tömeg kihalás is magában foglalja a halált, de minden további hasonlóság a kettő között tisztán költői jellegű. Sajátos módon Gould azon kevés darwinisták egyike, akik még mindig úgy gondolkodnak a természetes kiválasztódásról, mint ami az egyedi szervezetekénél magasabb szinteken működik. Bennünk, többiekben még *csak fel sem merülhet a gondolat*, hogy a tömegkihalások szelektív események volnának. Mi a kihalást az adaptáció előtt nyíló új lehetőségek nyitányának tekintjük, azzal, hogy a katasztrófát túlélte egyes fajokon belül az alacsonyabb szintű természetes szelekció külön-külön választ az egyedek közül. Fokozza az iróniát, hogy egy költő, W. H. Auden közelebb jutott az igazság megértéséhez:

*A katasztrófa kísérletező jellemet szül;
aki rátermett, odavész, az élehetetlen, ki
tovaköltözni képtelen, s ezért kopár zugban
ver tanyát, életet váltva virágzik majd tovább.
Kiszámíthatatlan, ám sorsszerű (Loren Eiseley-nek)*

Vegyünk egy további példát a rossz költői tudományra a paleontológiából, és megint csak Stephen Jay Gouldtól, aki többé-kevésbé felelőssé tehető a bemutatandó nézet népszerűségéért, még ha nem is egyértelműen annak szélsőséges formáját képviselte. Kellemes stílusban megírt könyve, a *Wonderful Life* (Csodálatos élet, 1989) sok olvasóját megragadta az elképzelés, hogy az evolúció egész kérdéskörét valami különleges és páratlan lengi be a kambriumi korban, amikor, vagy 500 millió évvel ezelőtt, először jelentek meg a nagy állatcsoportok többségének kövületei. Nem arról van szó, hogy

az állatokban kellene keresni a sajátosságot; minden kor állatainak megvannak a maguk jellegzetességeik és semmi okunk azt gondolni, hogy a kambriumiak sajátosabbak voltak a többiekénél. Nem, az állítás arról szól, hogy a kambriumban magának az evolúciónak a folyamatában kell keresni a különösséget.

A diverzitás evolúciójáról az a tipikus neodarwinista álláspont, hogy amikor két populáció eléggé különbözővé vált ahhoz, hogy már nem kereszteződhetnek, akkor megtörtént a fajok kettéválása. A populációk gyakran szétágaznak, ha valamilyen véletlen folytán földrajzilag elkülönülnek egymástól. Az elkülönülés azt jelenti, hogy nem keverednek tovább szexuálisan a génjeik, és ezzel lehetővé válik, hogy eltérő irányban fejlődjenek. A széttartó evolúciót hajthatja a természetes szelekció (amely valószínűleg a két földrajzi terület különböző körülményei miatt vezet eltérő irányokba); vagy állhat véletlenszerű evolúciós sodródásból (mivel a két populációt genetikailag nem tartja össze a szexuális keveredés, nincs semmi, ami megakadályozná a szétválásukat). Mindkét esetre érvényes, hogy amikor elég távolra fejlődtek ahhoz, hogy már akkor sem kereszteződhetnének, ha földrajzilag ismét egyesülhetnének, akkor különálló fajokhoz tartozókként határozzuk meg őket.

Vagyis a kereszteződés hiánya további evolúciós széttartást tesz lehetővé. Az egy rendszertani nemzetségen (*genuson*) belüli különböző fajok, amikor eljött az ideje, külön nemzetségekké váltak ugyanabban a családban. Később a családok is elágaztak addig a pontig, hogy a taxonómusok (az osztályozás specialistái) inkább már rendeknek, majd osztályoknak, majd törzseknek nevezik őket. A „törzs” osztályozási névvel különböztetjük meg az olyan igazán alapvetően különböző állatokat, mint a puhatestűek, a fonálférgek, a tüskésbőrűek és a gerinchúrosok (a gerinchúrosok többnyire gerincesek néhány apró-cseprő eltéréssel). Két különböző törzs, mondjuk a teljesen különböző „tervrajzok” szerint megépülteknek tekintett gerincesek és puhatestűek ősei valaha csak két fajt képviseltek egyazon nemen belül. Azelőtt két földrajzilag elkülönült populációt egyazon ősi fajon belül. Ebből az általánosan elfogadott nézetből az következik, hogy ahogy egyre távolabbra haladunk visszafelé a földtörténeti időben, bármely állatcsoport-páros közötti rés egyre szűkül. Minél távolabbra megyünk vissza, annál közelebb kerülünk a mindezen különféle állatokat egyesítő egyetlen közös

ősfajhoz. A mi őseink és a puhatestűek ősei valaha nagyon hasonlóak voltak. Később már kevésbé hasonlítottak egymásra. Aztán folytatódott a szétválásuk, míg végül annyira különbözővé váltak egymástól, hogy immár két különálló törzsnek kell neveznünk őket. Ezt az általános történetet nemigen vonhatja kétségbe józan ember, bár nem kell elköteleznünk magunkat azon álláspont mellett, hogy mindez időben egyenletes mértékben játszódtott le; megtörténhetett hirtelen nekilendülésekkel is.

A „kambriumi robbanás” drámai kifejezését két értelemben használják. Vonatkozhat a tényszerű megfigyelésre, miszerint a kambriumi korszak előtről – valamivel több mint félmilliárd évvel ezelőtről – kevés a kövület. A nagy állattörzsek többsége a kambriumi kőzetekben jelenik meg először kövületként, és ez kelti az új állatok nagy népeségrobbanásának benyomását. A második értelmezés szerint a törzsek valójában a kambrium során ágaztak el egymástól, méghozzá egy alig 10 millió éves időszakban. Ez a második elképzelés, amelyet az „elágazási robbanás”-hipotézisnek fogok nevezni, vitatott. Valamelyest összefér azzal, amit a fajdivergencia bevett neodarwinista modelljének nevezek. Abban már közös nevezőre jutottunk, hogy bármelyik mai törzspárt visszakövethetjük az időben egy közös ősig. Az a gyanúm, hogy különféle törzspárok esetében különböző földtörténeti időszakokban fogunk rábukkanni a közös ősre: mondjuk a gerincesek és a puhatestűek közös ősét 800 millió évvel ezelőtt találjuk meg, a gerincesek és a tüskésbőrűek közös ősét 600 millió évvel ezelőtt és így tovább. De tévedhetnék, és helyt adhatunk az „elágazási robbanás”-hipotézisnek, hogy azt mondjuk, bizonyos okból (ami további vizsgálatra elég érdekes) a fenti visszakövetéseink nagy többsége ugyanabban a viszonylag rövid földtörténeti időszakban, mondjuk 540 és 530 millió évvel ezelőtt jut közös őshöz. Ennek azt kellene jelentenie, hogy legalábbis ennek a 10 millió éves időszaknak a kezdetén a modern törzsek ősei távolról sem különböztek annyira egymástól, mint manapság. Végére is közös ősekből ágaztak el az idők során, és eredetileg egyazon faj tagjai voltak.

A szélsőséges gouldi nézet – melyre elsősorban bizonyára az ékesszólása ösztönözte, bár nem könnyű kihámozni a szavaiból, mennyire veszi komolyan – radikálisan eltér a szokásos neodarwinista modelltól és tökéletesen összeférhetetlen vele. Továbbá, mint ki

fogom mutatni, olyan következtetések fakadnak belőle, amelyek, ha a végükre járunk, minden kétséget kizáróan abszurdnak bizonyulnak. Ez nagyon világosan kifejezésre jut – az elárulás ugyan jobb szó rá – Stuart Kauffman könyvében, az *At Home in the Universe*-ben (Otthon a mindenségben, 1995).

El lehet képzelni, hogy az első többsejtű lények nagyon hasonlóak voltak, csak később – mintegy alulról felfelé haladva – alakultak különböző nemzetségekké, családokká, rendekké, osztályokká és így tovább. Ami tulajdonképpen megfelelne a legszigorúbb konvencionális darwinizmusnak. Darwin, akire nagy hatást gyakorolt a geológiai gradualizmus kibontakozó szemlélete, felvetette, hogy minden evolúció a hasznos variációik nagyon fokozatos felgyűlése révén következett be. Tehát maguknak a legkorábbi soksejtű lényeknek fokozatosan kellett volna eltávolodniuk egymástól.

Eddig ez az ortodox neodarwinista szemlélet kiváló összegzése. Kauffman azonban váratlanul ezzel a bizarr bekezdéssel folytatja:

Ez azonban tévesnek tűnik. A kambriumi robbanás egyik csodálatos és rejtélyes sajátossága, hogy a táblázat felülről lefelé töltődött fel. A természet hirtelen számtalan egészen különböző testtervrajzzal állt elő – a törzsekkel – és ezek az alapvető tervek azok, amelyek osztályokba, rendekbe, családokba és nemzetségekbe sorolódnak... a kambriumi robbanásról szóló könyvében (Wonderful Life: The Burgess Shale and the Nature of History) Stephen Jay Gould csodálattal említi a kambriumnak ezt a „tótágas” jellegét.

Lelke rajta! Csak egy pillanatra el kellene gondolkodni azon, mit is jelentene a „tótágas” kitöltése a szárazföldi állatok esetében, és nyomban kiderül, micsoda képtelenség. A „testtervrajok”, mint a puhatestűeké, vagy a tüskésbőrűeké, nem afféle levegőben lógó ideális esszenciák, amelyek arra várnak, mint a kész ruhamodellek, hogy egyszer majd igazi állatok felöltseék. Az igazi állatok mindig is adottak voltak: élő, lélegző, járkáló, táplálkozó, kiválasztó, harcoló, közösülő igazi állatok, amelyeknek életben kell maradniuk, és amelyek nem különbözhetek gyökeresen az igazi szüleiktől és nagyszüleiktől. Hirtelen csak úgy jöhet létre új „testtervrajz” – új törzs –, hogy egy

megszülető gyerek annyira különbözik a szüleitől, mint a kígyó a földigilisztától. Nincs az következményeket végiggondoló olyan zoológus, még az ugrásszerű evolúció legnekivadultabb híve sem, aki ilyen elképzelést támogatna. Az ugrásszerű átalakulás lelkes támogatói beérik az új *fajok* hirtelen létrejöttének feltételezésével, és még ez a viszonylag szerény elképzelés is heves viták tárgya. Ha az ember valós élethelyzetbe vetíti a gouldi retorikát, az a rossz költői tudomány legtisztább példájának bizonyul.

Egy későbbi fejezetben Kauffman még nyíltabb. A „dimbes-dombos rátermettségi tájakról” alkotott találékony evolúciós modelljeinek tárgyalása során felfedez egy mintát, amely szerint

nagyon is olyannak tűnik, mint a kambriumi robbanás. Sokféle olyan nagy ugrású mutációt találunk az elágazási folyamat elején, amelyek egészen alapvetően különböznek a törzstől és egymástól. Ezek a fajok elegendő morfológiai különbözőséget mutatnak ahhoz, hogy eltérő törzsek alapítóiként osztályozzuk őket. Ezek az alapítók, ugyancsak elágaznak, de immár valamivel közelebbi, ugrásszerűen megjelenő változatokon át, így hoznak az egyes törzsek alapítóitól különböző leányfaj-ágakat, amelyek viszont az osztályok alapítói. A folyamat során a rátermettebb variációk egymás egyre közelebbi szomszédságában találhatóak, tehát egymást követően jelennek meg a rendek, a családok és a nemzetségek alapítói.

Kauffman korábbi, szakmai szempontból mértékadóbb könyve, a *The Originals of Order* (A rend eredete, 1993) semmi hasonlót nem állít a kambriumi életről:

Nemcsak hogy hirtelen nagy számú újszerű testforma keletkezett, hanem egy másik újszerűséget is mutatott a kambriumi robbanás. Az egyes csoportokat alapító fajok látszólag tótágas módon építették fel a magasabb szintű kategóriákat. Azaz először a tágabb csoportok mintapéldányai voltak jelen, és ezeket követően töltődtek fel fokozatosan az osztályok, rendek és az alacsonyabb osztályozási szintek...

Nos, a fentiek egyik olvasata egészen ártatlan. A mi „visszafelé összetartó” modellünk esetében igaznak kell lennie, hogy a fajok

elválásai, amelyek *végző soron a törzsek elválásai lesznek*, szokásosan megelőzik azokat, amelyeknek az a sorsuk, hogy a rendek és az alacsonyabb osztályozási szintek közötti elválások legyenek. Kauffman azonban nyilvánvalóan nem találja ilyen magától értetődőnek az állítását. Ez abból a kijelentéséből tűnik ki, hogy „a kambriumi robbanás egy másik újszerűséget is mutatott”. Láthatóan úgy véli, hogy forradalmi jelentőséget tulajdonít a kambriumnak. Egészen őszintén a másik fajta olvasat vezérli, amelyben a „nagy ugrású mutációk” révén egyik pillanatról a másikra jönnek létre az új törzsek.

Sietek hangsúlyozni, hogy Kauffman idézett bekezdéseit olyan könyveiből merítettem, amelyek a nagyobb részt érdekesek, kreatívak és semmiféle gouldi hatást nem mutatnak. Ugyanez érvényes Richard Leakey és Roger Lewin *The Sixth Extinction*jára (A hatodik kihalás, 1996) is, amelynek a legtöbb fejezete igazán nagyszerű, a nyíltan és bevallottan Gould hatását mutató „Az evolúció hajtóereje” címet viselő azonban sajnálatos módon elcsúfítja az összképet. Íme néhány idevágó bekezdés:

Mintha a kambriumi időszak végére valamelyest csökkent volna a készség a jelentős funkcionális újdonságokat – az új törzsek alapjait – létrehozó evolúciós ugrásokra. Mintha az evolúció hajtóereje veszített volna az erejéből.

Így tehát a kambriumi szervezetek nagyobb ugrásokat tehettek meg, beleértve a törzsi szintű szökkenéseket, míg az evolúció később inkább szerényebb, osztályszintet átívelő ugrások megtételére korlátozódott.

Mint az imént említettem, ez olyan, mintha a kertész szemügyre venne egy öreg tölgyet, és tűnődve megállapítaná: „Hát nem különös, hogy évek óta nem jelennek meg új gallyak ezen a fán? Manapság minden új hajtás a vesszőszinten jelenik meg!” Gondoljuk csak végig még egyszer, mit is jelent ténylegesen egy „törzsi szintű szökkenés” vagy akár egy osztályszintű „szerényebb” (szerény?!) szökkenés. Mint tudjuk, a különböző törzsekhez tartozó állatok, például a puhatestűek és a tüskésbőrűek, vagy a tengeri csillagok és a rovarok, különböző alapvető testfelépítésű állatok. Egy törzsi szintű nagy ugrású mutációnak azt kellene jelentenie, hogy az egyik törzshöz tartozó

szülőpáros egy másik törzshöz tartozó utódnak ad életet. A szülő és az ivadék között ugyanazon nagyságrendű különbségnek kell lennie, mint egy kígyó és egy rák, vagy egy tengeri csillag és egy tonhal között. Az osztályszintű ugrás azonos volna azzal, hogy egy madárpár emlősnek ad életet. Képzelnék csak el a szülőket, amint csodálkozva merednek párosodásuknak a fészeken lapuló gyümölcseré, és azonnal kiviláglik az elmélet teljes komédiája.

A magabiztosságom, amikor habozás nélkül nevetségessé teszem ezeket az elképzeléseket, nem egyszerűen a modern állatok tényeinek ismeretén alapul. Ha csak ennyi volna, vissza lehetne vágni, hogy a kambriumban másképp álltak a dolgok. De nem, a Kauffman nagy ugrásait vagy Leakey és Lewin törzsi szintű szökkenéseit cáfoló érvelésem elméleti és rendkívül erős. Nevezetesen a következő. Ha meg is estek ilyen gigantikus léptékű mutációk, ezek a mutánsok nem maradhattak volna életben. Alapvetően azért, mert, mint már korábban is mondtam, bármilyen sok úton lehet is élőnek lenni, szinte végtelenül több módja van halottnak lenni. Egy kis mutációnak, mely egy apró lépéssel távolodik el az életképességét szülői mivoltával bizonyított szülőtől, ugyanezen okból jó eséllyel marad életben, sőt akár még tökéletesebb is lehet. Egy gigantikus, törzsi szintű mutáció fejesugrás a nagy lila ködbe. Egy olyan hosszú ugrású mutáció, amilyenről beszélünk, ugyanazt a *nagyságrendet* jelentené, mintha egy puhatestű rovarra mutálódna. Ilyen ugrás *persze soha nem volt*. A rovar nagyon finoman beállított túlélő mechanizmus. Ha egy puhatestű szülő egyik napról a másikra új törzsnek adott volna életet, az ugrás, mint minden más mutáció, véletlenszerű szökkenés lett volna. És annak esélye, hogy egy ilyen nagyságrendű véletlenszerű ugrás éppen rovarra eredményezzen, vagy bármi olyasmit, aminek a leghalványabb esélye nyílik az életben maradásra, elég kicsi ahhoz, hogy nyugodt lélekkel számításra kívül hagyhassuk. Az életképesség esélye a lehetetlennel határosan kicsi, teljesen mindegy, mennyire üres az ökoszisztéma, és milyen tág helyet találna benne. A törzsi szintű ugrás egyszerűen csak zűrzavar volna.

Nem hiszem, hogy az idézett szerzők igazán azt is gondolják, amit a kinyomtatott szavaik feketén-fehéren mondanak. Úgy vélem, egyszerűen megittasultak Gould ékesszólásától, és nem gondolták végig. Azért idéztem őket, hogy bemutassam, mekkora erőt tanúsít akaratlanul a félrevezetésben egy avatott költő, főként, ha előzőleg

már sikerült önmagát félrevezetnie. És a kambriumi időszakot mint a kreatív újdonságok hajnalát megéneklő költészet kétségkívül elbűvöli és magával ragadja Kauffmant:

Nem sokkal azután, hogy kialakultak a többsejtű formák, az evolúciós újdonságok félelmetes kitörésére került sor. Az embernek szinte az az érzése támad, hogy a többsejtű élet ujjongó jókedvvel veti rá magát minden lehetséges elágazásra, a vakmerő felfedezés egyfajta vad táncában.

Otthon az Univerzumban (1995)

Hát persze. Az embernek *pontosan* ez az érzése támad. De csak Gould retorikájától, nem a kambriumi kövületek tényeiből, sem pedig az evolúciós elvekre épülő józan gondolkodásból.

Ha a Kauffman, Leakey és Lewin jelentőségű tudósokat ennyire elkábíthatja a rossz költői tudomány, mennyi esélyük lehet azoknak, akik nem szakemberek? Daniel Dennett beszámolt nekem egy filozófus kollégájával folytatott beszélgetésről, aki azt olvasta ki a *Wonderful Life*-ből, hogy a kambriumi törzseknek nem volt közös ősök – ezek az élet egymástól független kezdeteiből bújtak elő! Amikor Dennett figyelmeztette, hogy Gould bizonyosan nem ezt akarta mondani, a kolléga így válaszolt: „Na jó, de akkor meg mire ez a nagy hűhó?”

A kiemelkedő íráskészség kétélű fegyver, ahogy a kitűnő evolúciótudós, John Maynard Smith 1995. novemberi könyvismertetésében szóvá is tette (*New York Review of Books*):

Gould egészen különleges helyet foglal el, elsősorban az Atlanti-óceán hozzá közelebbi oldalán. Esszéi kitűnősége okán a nem biológusok az első számú evolúciós teoretikusnak tekintik. Ezzel szemben az evolúcióbiológusok, akikkel megtárgyaltam a munkásságát, olyan zavarosnak találják az elképzeléseit, hogy nemigen érdemes vesződni velük, de azért nem kellene, nyilvánosan bírálni, mert legalább a mi oldalunkon áll a kreacionistákkal szemben. Mindez nem számítana, ha nem nagyrészt hamis képet adna a laikusoknak az evolúcióelmélet helyzetéről.

Maynard Smith Dennett könyvéről, a *Darwin's Dangerous Idea*-ról

(Darwin veszélyes ideája, 1995) írt kritikája tartalmazza ezt a megsemmisítő és – mint az ember remélné – végső kritikát Gould hatásáról az evolúciós gondolkodásra.

Mi történt valójában a kambriumban? Simon Conway Morris a Cambridge Universityn, ahogy Gould is hízelegve elismeri, a kambriumi kövületréteg – a *Wonderful Life* témája – három vezető kutatójának egyike. Conway Morris nemrégiben publikálta a maga lebilincselő könyvét a tárgyról, a *The Crucible of Creation* (A teremtés olvasztótégelye, 1998), amely Gould nézetének szinte minden oldalát bírálja. Conway Morrishoz hasonlóan én sem hiszem, hogy alapos okunk lenne azt gondolni, hogy a kambriumban másmilyen lett volna az evolúció folyamata. Nem kétséges viszont, hogy először a kambriumban tűnnek fel a leletekben jelentős számú nagyobb állatcsoportok, amiből sokan jutottak hasonló következtetésre. Talán számos állatcsoport fejlesztett kemény, fosszilizálódó csontvázat egyazon idő tájt, és talán ugyanazon okból. Az egyik lehetőség a ragadozók és a zsákmányállatok közötti evolúciós fegyverkezési verseny, de akadnak más elképzelések is, például az atmoszféra összetételének jelentős megváltozása. Conway Morris semmiféle bizonyítékot nem talált az életnek a költői elképzelés szerinti buja és szélsőséges virágzására, kambriumi sokféleség és különbözőség vad táncában, ami csak azt követően tisztult volna le az állattípusok mai korlátozottabb halmazára. Inkább az ellenkezője tűnik igaznak, ahogy azt a legtöbb evolucionista biztosra is veszi.

Hol marad a nagy törzsek elágazási időzítésének kérdése? Ne feledjük, ez az ismert kövületek számának kétségtelen kambriumi robbanásától független kérdés, nevezetesen, hogy valamennyi jelentős törzs eltávolodásának elágazási pontjai a kambriumban koncentráálódtak-e – ez az elágazási robbanás hipotézise. Mint mondtam, az elfogadott neodarwinizmus összeegyeztethető ezzel az elmélettel. De attól még egyáltalán nem tartom valószínűnek.

A kérdés megragadásának egyik lehetséges módja a molekuláris órák vizsgálata. A „molekuláris órák” arra a megfigyelésre vonatkoznak, hogy bizonyos biológiai molekulák viszonylag állandó mértékben változnak az évmilliók során. Ha ezt elfogadjuk, vért vehetünk bármely két modern állatból, és kiszámíthatjuk, milyen régen élhetett a közös ősük. Egyes új keletű tanulmányok a

molekuláris órák alapján mélyen a prekambriumi időszakba tolták vissza a különböző törzspárok elágazási idejét. Ha ezek a tanulmányok helytállóak, az evolúciós népességrobbanás egész retorikai fegyvertára fölöslegessé válik. Ám a molekuláris órából nyert eredmények ilyen régi korokba vezető értelmezése egyelőre vitatott és további bizonyítékokat igényel.

Van azonban egy logikai érvelés, amit nagyobb magabiztossággal képviselhetek. Az elágazási robbanás hipotézise mellett szóló egyetlen bizonyíték negatív: tudniillik, hogy a kambrium előtről sok törzsből nincsenek kövületek. De valamiféle őseiknek azoknak a megkövesedett állatoknak is kellett lenniük, amelyeknek nincsenek megkövesedett őseik. Nem pattanhattak elő csak úgy a semmiből. *Vagyis lenniük kellett olyan őseiknek, amelyek nem fosszilizálódtak*, ám a kövületek hiánya nem jelenti az állatok hiányát. Az egyetlen megválaszolandó kérdés, hogy az elágazási pontoknál található ősök – *amelyek mindenképpen léteztek* – kivétel nélkül csak a kambriumban hemzsegték, vagy megtalálhatók a megelőző évmilliók során is. Mivel kizárólag a kövületek hiánya táplálja azt a feltételezést, amely ezen ősöket a kambriumba paszírozná, és mert éppen most igazoltuk logikai úton ennek hiánynak a nem perdöntő mivoltát, arra kell következtetnem, hogy semmi nem támogatja az elágazási robbanás hipotézisét. Bár el kell ismerni, hogy költői vonzereje jelentős.

9. Az önző kooperátor

A csoda... és nem a felfedezéseiből nyerhető valamiféle haszon elvárása az első elv, mely a filozófia, azon tudomány tanulmányozására készítette az emberiséget, amelyik igényt támaszt a természet különféle megnyilvánulásait egyesítő rejtett kapcsolatok feltárására.

ADAM SMITH: A csillagászat története (1793)

A középkori bestiáriumok folytatták azt a korábbi hagyományt, amely erkölcsi célzatú mesék forrásaként kezeli (határtalan szabadsággal) a természetet. Modern formájában, az evolúciós elképzelések alakulásában ugyanez a tradíció húzódik meg a rossz költői tudomány legdöbbenetesebb formái mögött. Arra az illúzióra gondolok, amely szerint fennállnak a csúnya és a szép, a szociális és az antiszociális, az önző és az altruista, a durva és a gyengéd közötti egyszerű ellentétpárok, hogy ezek mind megfeleltethetők egymásnak, és hogy a társadalmi evolúció történetét is az ezen ellentétek között ide-oda lengő inga mozgása írja le. Nem állítom, hogy ezek nem megvitatásra érdemes kérdések; ám igenis bírálom azt a „költői” elképzelést, amely feltételez egy ilyen folytonosságot, és hogy ezen folytonosság teljes szélességében érdemleges vitákat lehet folytatni a különböző pontjai között. Hogy megint az esőcsinálókkal hozakodjak elő, az önző gén és az önző ember között nincs több kapcsolat, mint a kő és az esőfelhő között.

Hogy megmagyarázzam azt a költői folytonosságot, amelyet ízekre szándékozom szedni, nem árt, ha egy igazi költőt, Tennyson-t idézek: a természet „pofájáról vér csöpög”, írta az *In Memoriam*-ban (1850), amelyről általában feltételezik, hogy a *fajok eredete* inspirálta, valójában azonban kilenc évvel korábban jelent meg. A költői kontinuum egyik végén e besorolás szerint Thomas Hobbes, Adam Smith, Charles Darwin, T. H. Huxley és mindazok, például a kitűnő amerikai evolucionista, George Williams és az „önző gén” mai szószólói állnak, akik hangsúlyozzák, hogy a természet „pofájából vér csöpög”. A tartomány másik végén található Pjotr Kropotkin herceg, az orosz anarchista és a *Mutual Aid* (Kölcsönös segítség, 1902) szerzője, a hiszékeny, de mérhetetlenül nagy hatású amerikai

antropológus, Margaret Mead³, és azon mai szerzők áradata, akik nem győznek felháborodni, ha azt vélik hallani, hogy a természet genetikailag önző, és akiknek Frans de Waal, a *Good Natured* (Jó természetű, 1996) szerzője a mintapéldája.

A csimpánzszakértő de Waal érthetően rajong az állatairól, és elcsüggesztette, amit tévesen a „majommúltunk gonoszságát” hangsúlyozó neodarwinista hajlamnak tartott. Többen azok közül, akik osztják romantikus képzelgését, mostanában a törpecsimpánzok vagy bonobók, mint még nyájasabb szerepmódl rajongóivá váltak. Míg a közönséges csimpánzok gyakran folyamodnak erőszakhoz, akár még kannibalizmushoz is, addig a bonobók szexszel oldják meg az ilyen helyzeteket. Minden elképzelhető alkalommal és minden lehetséges kombinációban közöszlnek. Amikor mi kezét fognánk, ök akkor is közöszlnek. Szeretkezz, ne háborúzz, ez a jelszavuk. Margaret Mead imádlta volna öket. De éppen az az elképzelés a rossz költői tudomány sajátja, hogy állatokat veszünk szerepmódlleknek, akár a bestiáriumokban. Az állatok nem azért vannak, hogy szerepmódllek legyenek, hanem hogy fennmaradjanak és szaporodjanak.

A bonobók moralista rajongói hajlamosak összevegyíteni ezt a tévedést egy égbekiáltó evolúciós hazugsággal. Bizonyára erőteljes „jóérzéstényezőjük” miatt állítják gyakran a bonobókról, hogy közelebbi rokonságban állnak velünk, mint a közönséges csimpánzok. Ez azonban értelmetlen felvetés, amennyiben elfogadjuk, mint mindenki, hogy a bonobók és a közönséges csimpánzok közelebbi rokonságban állnak egymással, mint akármelyikük is az emberrel. Ez az egyszerű és vitathatatlan premissza bőségesen elegendő, hogy arra a következtetésre jussunk: a bonobók és a közönséges csimpánzok pontosan *egyformán* közeli rokonságban állnak velünk. Azon a közös őson át kapcsolódnak hozzánk, amelyik nekik közös, nekünk viszont

³ Némi magyarázatra szorul, miért „hiszékeny ám hatásos” Margaret Mead: ugyanis az amerikai akadémikus kultúra jókora szelete lelkesen elfogadta rózsaszín felhőkbe burkolózó környezetvédő elméletét az emberi természetről, amelyet, mint később kiderült, meglehetősen bizonytalan alapokra épített: ugyanis tréfából módszeresen félreinformálta két pajkos samoai lány, amíg terepmunkája rövid időszakát töltötte a szigetükön. Nem maradt elég sokáig Samoán ahhoz, hogy jól megtanulja a nyelvet, ellentétben Derek Freeman ausztrál antropológussal, aki évekkkel később, a samoai élet alaposabb tanulmányozása során az egész esetet leleplezte.

nem. Az egyik tekintetben bizonyára jobban hasonlítottunk az egyik fajra a kettő közül, mint a másik tekintetben (és ez utóbbi tekintetben meg valószínűleg inkább a másikra hasonlítottunk), de az ilyen összehasonlító ítéletek semmiféleképpen nem tükrözhetnek különböző fokú evolúciós rokonságokat.

De Waal könyvében egymást érik az anekdotikus beszámolók (ami senkit ne lepjen meg), hogy az állatok olykor kedvesek egymáshoz, együttműködnek a kölcsönös jóért, törődnek egymás jólétével, vigasztalják egymást, ha szomorúak, megosztják a táplálékot és más szívemengetően jóságos dolgokat cselekszenek. Mindig is arra az álláspontra helyezkedtem, hogy az állati természet nagy része valóban altruista, együttműködő és jóindulatú szubjektív emóciók is kísérik, de ez inkább a genetikai szinten megnyilvánuló önzésből következik, semmint annak ellenére. Az állatok esetenként kedvesek, máskor utálatosak, attól függően, különböző időpontokban melyik viselkedés felel meg a génnek önértékének. Pontosan ezen okból beszélünk az „önző génről”, nem pedig, mondjuk, az „önző csimpánzról”. A de Waal és mások által felállított ellentét azon biológusok között, akik hisznek az emberi és állati természet alapvető önzésében, és akik úgy vélik, hogy az alapvetően „szeretetre méltó”, hamis ellentét – silány költészet.

Mostanság széles körben elfogadják, hogy az altruizmus az egyedi szervezet szintjén olyan eszköz lehet, amellyel a háttérből a génnek maximalizálják érdekeik teljesülését. Nem akarok azonban hosszasan kitérni arra, amit korábbi könyveimben, például *Az önző gén*-ben már részletesen kifejtettem. Most csak azt akarom kiemelni abból a könyvből – ezen bezzeg átnéztek egyes kritikusok, akik úgy látszik, csak a címét olvasták –, hogy a génnek, bár egyfelől teljesen önzőek, ugyanakkor együttműködési egyezményeket kötnek egymással. Ez egy költői tudomány, ha úgy tetszik, de remélem sikerül igazolni, hogy jó költői tudomány, ami inkább segíti, mint gátolja a megértést. Más példákkal is ugyanezt fogom tenni a hátralévő fejezetekben.

A darwinizmus alapmeglátása kifejezhető genetikai alapon. Azok a gének, amelyek sok példányban léteznek a populációban, jók a másolatkészítésben, vagyis a fennmaradásban. Fennmaradás – de hol? Az egyedi testek ősi környezetében. Ez fennmaradást jelent a fajra jellemző környezetben: sivatagban a tevék esetében, a fákon a majmoknál, a tenger mélyén az óriás kalamájó esetében és így tovább.

Amiért pedig az egyedi testek olyan sikeresen fennmaradnak a környezetükben, annak főként az az oka, hogy olyan gének építették, amelyek másolatok formájában sok-sok nemzedéken át fennmaradtak ugyanabban a környezetben.

De mit sem számítanak sivatagok és jégtablák, tengerek és erdőségek; ezek csak a történet egyik része. Az ősi környezetnek, ahol a gének fennmaradtak, sokkal szembetűnőbb aspektusa a többi gén, melyekkel az egyedi testek egymásra következő sorában osztozniuk kell. A tevékben fennmaradt gének között olyanok találhatók, amelyek különösen sikeresek abban, hogy fennmaradjanak a sivatagban, és ilyeneket akár még a sivatagi patkányok és a sivatagi rókák is hordozhatnak. De még fontosabb, hogy azok lesznek a sikeres gének, amelyek az adott fajban jellemzően megtalálható többi gén környezetében bizonyulnak jó túlélőnek. Így a fajok génjei közül azok választódnak ki, amelyek jók az egymással való együttműködésben. A genetikai együttműködés – ami jó tudományos költészet –, nem pedig az egyetemes együttműködés lesz ennek a fejezetnek a tárgya.

A következő tényt gyakran félreértik. Nem valamely adott egyed génjei működnek együtt különösen jól. Ezek soha azelőtt nem álltak össze abban a bizonyos kombinációban, mert egy szexuálisan reprodukálódó fajon belül minden genom egyedi (az egypetéjű ikrek szokásos kivételével). A faj génjei általában azok, amelyek együttműködnek, mert ezek már gyakran és a sejt közvetlenül megosztott környezetében találkoztak korábban, jóllehet mindig más és más kombinációkban. Nevezetesen pedig abban működnek együtt, hogy elkészítik az adott típus egyedeit. Nem várhatjuk el, hogy bármely egyed génjei különösebben jól működjenek együtt, ha összehasonlítjuk ugyanazon faj más génjeivel. Nagyrészt a szexuális reprodukció lottójátékát kísérő véletlen kérdése, hogy mit húznak ki számukra a faj génkészletéből. A kedvezőtlen génkombinációjú egyedek hajlamosak elpusztulni. A kedvező génkombinációjú egyedek hajlamosak továbbadni ezeket a géneket a jövőbe. De hosszú távon nem magukat a kedvező kombinációkat adják tovább; erről a szexuális újrakeverés gondoskodik. Ehelyett a faj génkészletéből rendelkezésre álló más génekkel kedvező kombinációk alkotására hajlamos gének adódnak tovább. A generációk során, bármi mást tegyenek is jól a gének, az biztos, hogy jók lesznek az együttműködésben a faj más génjeivel.

Meglehet tehát, hogy bizonyos tevegének jól együttműködhetnének bizonyos gepárdgénekkel – de soha nem kényszerülnek rá, hogy kipróbálják. Az emlősgének feltehetőleg jobban működnek együtt más emlősgénekkel, mint a madárgénekkel. Az ilyen jellegű spekuláció azonban megmarad szigorúan hipotetikus szinten, mivel bolygónkon az élet egyik sajátossága, hogy – a génmanipulációtól eltekintve – a gének csak fajon belül keverednek. Az ilyen spekulációk mérsékelt változatait megvizsgálhatjuk a hibridek megfigyelésével. A különböző fajok közötti hibridek, ha egyáltalán létrejönnek, gyakran kevésbé jók a fennmaradásban, vagy kevésbé termékenyek, mint a fajtiszta egyedek. Ennek legalábbis részben a génjeik közötti összeférhetetlenség az oka. Az a faj génjei, amelyek jól működnek másfajta gének genetikai háttere vagy „éghajlata” előtt, nem működnek, ha átültetik *B* fajba, és fordítva. Esetenként hasonló hatások figyelhetők meg, amikor egyazon faj változatai vagy fajtái keverednek.

Ezt akkor értettem meg először, amikor a néhai E. B. Ford, a legendás oxfordi esztéta és az Ökológiai Genetika immár elhanyagolt iskolájának excentrikus alapítója előadásait hallgattam. Ford jórészt a pillangók és lepkék vad populációját kutatta, köztük a kis sárga fűbagolypillét, a *Triphaena comes*-t. Ez a pille szokásosan sárgásbarna, de előfordul egy *T. curtisii* nevű sötét színű variánsa. A *curtisii* egyáltalán nem található meg Angliában; ám Skóciában és a szigeteken együtt élnek a „normális” *comes*szel. A *curtisii* sötét színmintája csaknem teljesen domináns a szokásos *comes* mintához képest. Vagyis a kettő hibridjei olyanok, mint a *curtisii*, még ha mindkettő génjeit hordozzák is. Ford fogott példányokat Barrán, a Külső-Hebridákon, Skóciától nyugatra, és az Orkney-szigetek egyikén, Skóciától északra, valamint a skót szárazföldön is. A két szigetről származó példány pontosan olyanra formázik, mint a többi szigeteken élő párjaik, és a sötét *curtisii* gén ugyanúgy domináns a két szigeten, mint a szárazföldön. Más bizonyíték is azt mutatja, hogy a *curtisii* gén minden helyszínen pontosan ugyanaz a gén. Ennek következtében arra számíthatnánk, hogy ha keresztezzük a különböző szigetekről származó példányokat, akkor megmarad a szokásos domináns minta. Ám nem így történik, és erről szól a történet. Ford a Barrán fogott példányokat párosította az Orkneyről származó egyedekkel. És a *curtisii* dominanciája teljesen eltűnt. A hibrid

családokban megjelent az átmenetek teljes vonulata, mintha a dominancia nem is létezett volna.

Mi is történik ebben az esetben? A *curtisii* gén önmagában nem kódolja a színes pigment képletét, melynek révén megkülönböztetjük a lepkéket, és a dominancia sem a gén tulajdonsága. Mint bármely más gén, a *curtisii* gén is csak más gének készletének közegében fejti ki hatását, amelyek közül néhányat „bekapcsol”. Ez a génhalmaz annak a jelenségnek a része, amit én a „genetikai háttérén” vagy „genetikai éghajlaton” értek. Elméletileg bármely gén gyökeresen eltérő hatást fejthet ki a különböző szigeteken, más gének eltérő készletének a jelenlétében. Ford pilléi esetében kissé bonyolultabb és nagyon tanulságos a helyzet. A *curtisii* gén egyfajta „kapcsoló gén”, amely ugyanolyan hatást mutat Barrán és Orkneyn, ezt a hatást azonban a különböző szigeteken különböző génkészletek bekapcsolásával éri el, ami csak akkor derül ki, ha keresztezzük a két populációt. Ekkor a *curtisii* kapcsológén egy olyan genetikai éghajlaton találja magát, ami nem is az egyik és nem is a másik, hanem a barrai és az orkneyi gének keveréke, és nem jön létre az a színminta, amelyet külön-külön mindkét génkészlet létrehozna.

Ebben az az érdekes, hogy akár a barrai, akár az orkneyi keverék összeállíthatja a színmintát. Több módon érhető el ugyanaz az eredmény. Mindkettő együttműködő géncsoportokat tartalmaz, ez azonban két különböző készlet, és egy-egy készlet tagjai nem működnek jól együtt a másikkal. Ezt tekintem modellnek ahhoz, ami bármely génállományon belül gyakorta zajlik működő gének körében. Az *önző gén*ben evezős hasonlathoz folyamodtam. Egy nyolc evezősből álló legénységnek jól együtt kell működnie. Együtt edzett és felkészített nyolc ember várhatóan jól együttműködik. De ha összekeverünk négy embert az egyik legénységből négyvel egy másik, ugyanolyan jó legénységből, ezek tudása nem egyesül, ellenkezőleg, evezésük szétesik. Ugyanez az analógia érvényes a két génkészlet keveredésére, melyek mindegyike jól működött az előző közegben, de amelyeknek szétesik a koordinációja, amikor a másik által nyújtott idegen genetikai éghajlatba helyezték.

Ez az a pont, ahol sok biológus elragadtatja magát és kijelenti, hogy a természetes szelekciónak az egész legénység, az egész génkészlet vagy az egész egyedi szervezet, mint egység szintjén kell működnie. Igazuk van abban, hogy az egyedi szervezet nagyon fontos egység az

élet hierarchiájában. És ténylegesen egységes kvalitásokat mutat. (Ez kevésbé igaz a növényekre, mint az állatokra, mely utóbbiakra inkább jellemző, hogy állandó, takarosán bőrbe csomagolt, egységes alakot mutató részek együttese. Az egyedi növényeket gyakran nehezebb körülhatárolni, ahogy összevissza nőnek és burjánzanak a legelőkön és az aljnövényzetben.) De bármilyen egységes és diszkrét is mondjuk egy egyedi farkas vagy bivaly, a csomagolás átmeneti és egyedülálló. A sikeres bivalyok nem duplikálják magukat többszörös másolatok formájában, hanem a génjeiket másolják. A természetes kiválasztódás igazi egységének olyannak kell lennie, hogy beszélhessünk a gyakoriságáról. Ez a gyakoriság megnövekszik, ha a típusa sikeres, csökken ha sikertelen. Pontosan ez mondható el a génekről a génállományban; ugyanakkor nem mondhatjuk el az egyes bivalyokról. A sikeres bivalyok nem válnak gyakoribbakká. Minden egyes bivaly egyedülálló. Egyes a gyakorisága. Akkor határozhatunk meg egy bivalyt sikeresnek, ha a jövőbeni nemzedékekben növekszik a génjei gyakorisága.

A nem a szerénységéről közismert Montgomery tábornagy állítólag egyszer megjegyezte: „Isten azt mondta, és én igazat adtam neki...” Nekem kicsit olyannak tűnik, mint Isten szövetsége Ábrahámmal. Nem ígért Ábrahámnak örök életet, mint egyénnek (bár Ábrahám csak 99 éves volt akkoriban, a Teremtés Könyvének mércéjével mérve még ott volt a fenekén a tojáshéj). Ígért neki viszont valami mást:

Szövetséget hozok létre köztem és közted, s megsokasítlak, szerfölött megsokasítlak... Te népek sokaságának atyja leszel.. Szerfölött megsokasítlak, néppé teszek és királyok származnak tőled.

Teremtés könyve, 17

Ábrahámban szemernyi kétség sem merült fel azt illetően, hogy a magja, nem az egyénisége hordozza a jövőt. Isten értette a darwinizmust.

Hogy folytassuk az okfejtést, a gének, bár a darwini folyamatban szelektálódó természetes egységek, nagymértékben kooperatívak. A szelekció jutalmazza vagy nem jutalmazza az egyes különálló géneket a környezetükben való fennmaradásban mutatott képességük szerint, ám ennek a környezetnek a legfontosabb része a más génekkel meghatározott genetikai éghajlat. A következmény, hogy a gének

együtműködő csoportjai gyűlnek össze a génállományokban. Az egyedi testek nem azért egyedülállóak és koherensek, mert a természetes kiválasztódás egységeknél jelöli ki őket, hanem mert olyan gének építik fel, amelyek kiválasztódtak az együtműködésre a génállomány más tagjaival. Kifejezetten arra a célra működnek együtt, hogy egyedi testeket építsenek. Ez azonban anarchisztikus, „minden egyes gén önmagáért” jellegű együtműködés.

A kooperáció voltaképpen mindannyiszor megbomlik, amikor esély nyílik rá, mint az úgynevezett „szegregációs torzító” gének esetében. Az egérben van egy t génként ismert gén. Két adagban a t sterilítást vagy halált okoz, és erős természetes szelekciónak kell működnie vele szemben. De egyetlen adagban roppant különös a hatása a hímekre. Szokásosan egy gén minden másolatának ott kellene lennie a hím által termelt spermák 50 százalékában. Barna a szemem, mint az anyámé, az apámé azonban kék, így tudom, hogy hordozom a kék szemért felelős gén egy másolatát, és a spermám 50 százaléka hordozza a kékszeműség génjét. A hím egerekben a t nem a szokványos módon viselkedik. Az érintett hím spermájának több mint 50 százaléka tartalmaz t -t. Ez a szokatlan spermatermelés az, amit a t végez. És láthatjuk, hogy miután a t megjelent egy egérpopulációban, a kettős adag halálos mivolta ellenére hajlamos gyorsan terjedni, mert félelmetesen sikeres abban, hogy a spermákba juttatja önmagát. Felmerült, hogy a t az egerek vad populációiból indul ki, és úgy terjed, mint egyfajta populációs rák, végső soron kihalásra ítélve a helyi populációt. A t azt illusztrálja, mi történhet, ha megszűnik a gének közötti együtműködés. A „szabályt erősítő kivétel” többnyire meglehetősen ostoba kifejezés, de ez azon ritka alkalmak közé tartozik, amikor helytálló.

Ismétlésképpen, az együtműködő gének elsődleges csoportjai a fajok teljes génállományai. A gepárdgének együtműködnek gepárdgénekkel, a tevegénekkel viszont nem, és fordítva. Nem azért, mert a gepárdgének, akár a legköltőibb értelemben is, bármi erényt látnának a gepárd faj fenntartásában. Nem sietnek megmenteni a gepárdot a kihalástól, mint valami molekuláris Világ Természetvédelmi Alap. Egyszerűen életben maradnak a környezetükben, és a környezetük nagyrészt a gepárd génállományához tartozó más génekből áll. Ilyenformán tehát a más gepárdgénekkel (viszont nem teve- vagy tökehalgénekkel) való együtműködési képesség azon fő

tulajdonságok közé sorolódik, amelyek előnyösek a rivális gepárdgének közötti küzdelemben. Ahogy a sarki éghajlaton a hidegnek ellenálló gének kerülnek túlsúlyba, úgy a gepárd génállományában azok, amelyek jól felkészültek ahhoz, hogy más gepárdgének éghajlatában éljenek. Ami az egyes géneket illeti, a génállomány többi génje csak az éghajlat egy másik megnyilvánulása.

Főként a sejt kémiaiájába ágyazódva találjuk meg azt a szintet, ahol a gének „éghajlatot” alkotnak egymás számára. A gének kódolják az enzimek termelését, azon fehérjemolekulákét, amelyek szerszámgépként működnek egy bizonyos termék összekotyvasztásában, egy amolyan vegyi szerelőszalagon. Esetenként kétféle kémiai pálya vezet egy-egy célhoz, ami alternatív szerelőszalagokat jelent. Nincs túl nagy jelentősége, melyik szerelőszalagot alkalmazzák, ameddig a sejt nem próbálkozik meg egyszerre mind a kettővel. A két szerelőszalag mindegyike egyformán jó lehet, de az a szalagon keletkező közbeeső termékeket nem tudja felhasználni a *B* szerelőszalag és viszont. Megint csak csábító lenne kijelenteni, hogy az egész szerelőszalag egységként szelektálódott. Ez tévedés. Az egyes egyedi gének szelektálódtak a többi gén által nyújtott háttérrel vagy éghajlattal. Amennyiben a populációt történetesen az a szerelőszalaghoz tartozó lépésekhez való gének dominálják egy kivételével, az olyan kémiai éghajlatot alkot, amelyik a hiányzó a lépéshez tartozó génnek kedvez. Ezzel szemben *B* gének létező éghajlata a *B* géneknek kedvez az a génekkel szemben. Nem arról beszélünk, melyik a „jobb”, mintha valamiféle verseny folya az *a* és a *B* szerelőszalagok között. Ez is, az is kitűnő, a keverékük azonban labilis. A populáció kölcsönösen együttműködő génekből álló két stabil éghajlattal rendelkezik, és a természetes szelekció a két stabil állapot közül ahhoz fogja vezetni a populációt, amelyikhez már közelebb áll.

De nem kell biokémiáról beszélnünk. A szervek és a viselkedés szintjén is alkalmazhatjuk a genetikai éghajlat metaforáját. A gepárd gyönyörűen integrált gyilkológép, hosszú, izmos lábakkal és szinuszos rugózású gerincoszloppal a préda lerohanásához, erős állkapcsokkal és törzszerű fogakkal a marcangolásához, előre fókuszált szemmel a célba vételéhez, a megfelelő enzimeket termelő rövid emésztőrendszerrel a megemésztéséhez, húsevő-viselkedésre beprogramozott aggyal és más olyan tulajdonságokkal, amelyek tipikus vadásszá teszik. A

fegyverkezési verseny másik oldalán az antilopok ugyanilyen jól felszereltek ahhoz, hogy növényeket egyenek és ne essenek ragadozók áldozatául. Ennek kellékei a hosszú, cellulózemésztő baktériumokkal telezsúfolt, zsákutcákkal bonyolított bélrendszer, a lapos őrlőfogak, az éberségre és gyors menekülésre programozott agy, a szőr kitűnő álcázást nyújtó foltos mintázata. Ez két alternatív módja a mindennapi betevő megkeresésének. Egyik sem nyilvánvalóan jobb a másiknál, de mindkettő jobb a kényszerű kompromisszumnál: húsevő bélrendszer mondjuk növényevő fogazattal, vagy húsevő vadászösztönök növényevő emésztőrendszerrel.

Megint csak csábító lenne az „egész gepárdról” vagy az „egész antilopról” beszélni, mint ami „egységként” szelektálódott. Csábító, de felületes. És lusta. Némi többletgondolkodást igényel, hogy észrevegyük, mi is folyik valójában. A húsevő bélrendszer kialakulását programozó gének azon genetikai éghajlaton virulnak, amelyet már a húsevő agyat programozó gének dominálnak; és viszont. A védekező álcázást programozó gének azon a genetikai éghajlaton virulnak, amit már a növényevő fogazatot programozó gének dominálnak; és viszont. Számtalan útja van a megélhetésnek. Hogy csak néhány emlős példát említsünk: van a gepárd módja, az impala módja, a vakondok módja, a pávián módja, a koala módja. Szó sincs róla, hogy bármelyik jobb volna a másiknál. Mindegyik működik. Rossz viszont megkapni az egyik életmódra szánt alkalmazkodások felét egy másikra szánt másik felével.

Ez a fajta érvelés a különálló gének szintjén fejezhető ki a legjobban. Az egyes genetikai lokuszokon a legvalószínűbben az a gén kerül kedvező helyzetbe, amelyik kompatibilis a többiek által nyújtott genetikai éghajlattal, amelyik az adott éghajlatban az egymást követő nemzedékek során át fennmarad. Mivel ez az éghajlatot alkotó minden egyes génre vonatkozik – minthogy minden gén potenciálisan az összes többi éghajlatának a része –, egy-egy faj génállománya hajlamos összeforrni a kölcsönösen kompatibilis partnerek csoportjává. Elnézést, hogy ennyire körüljárom a kérdést, de néhány tisztelt kollégám nem hajlandó megérteni a lényegét, és csökönyösen ragaszkodik ahhoz, hogy az „egyedek” a természetes kiválasztódás „igazi” egységei!

A környezet, ahol a génnek fenn kell maradnia, tágabban magában foglalja a többi fajt is, amelyekkel kapcsolatba kerül. Bármely faj

DNS-e nem közvetlenül kerül kapcsolatba a ragadozóik, versenytársaik vagy szimbiotikus társaik DNS-molekuláival. Az „éghajlat” ez esetben kevésbé szorosan értendő, mint amikor a gének együttműködésének színtere a sejtek belseje, ahogy az az egyazon fajon belüli génekre érvényes. A tágabb szintén a más fajokban található gének *következményei* – „fenotípusos hatásai”- alkotják a környezet fontos részét, ahol a gének természetes kiválasztódása a környező fajokon belül zajlik. Az esőerdő adott környezetét a benne élő növények és állatok formálják és határozzák meg. Egy trópusi esőerdőben élő fajok mindegyikének az összes többi génállománytól különálló a génállománya, ami a szexuális keveredést illeti, ám kapcsolatban áll a fizikai hatásaikkal.

E különálló génállományok mindegyikében azoknak a géneknek kedvez a természetes kiválasztódás, amelyek – mint láttuk – a saját génállományukon belül hajlamosak az együttműködésre. De azoknak a géneknek is kedvez, amelyek jók a fennmaradásban az esőerdőben található más génállományok – fák, kúszónövények, majmok, ganajturók, fatetvek és talajbaktériumok – *következményei* között. Hosszú távon ez az egész erdőt egyetlen harmonikus egységgé teheti, ahol minden egyes elem hasznot húz az egészből, minden fa és minden atka, és minden ragadozó és minden parazita eljuttatja a szerepét egy nagy, boldog családban. Megint csak csábító, hogy így szemléljük – és megint csak a lustaság beszél belőlünk. Rossz költői tudomány. Jóval közelebb áll az igazsághoz, ugyanakkor költői tudomány, ráadásul (és a fejezet célja, hogy erről meggyőzze az olvasót) jó költői tudomány, úgy tekinteni az erdőt, mint azon önző gének anarchisztikus szövetségét, amelyek mindegyike aszerint választódott ki, mennyire sikeresen maradnak fenn a maguk génállományában, az összes többi által nyújtott környezeti háttérrel.

Igaz, létezik egy olyan meglehetősen negédes értelmezés, mely szerint az esőerdőben élő szervezetek értékes szolgálatot tesznek más fajok, de még az erdőközösség egészének fenntartása érdekében is. Az biztos, hogy ha eltávolítanánk a talajlakó baktériumokat, a következmények a fák, és végső soron az erdei élet legnagyobb része számára iszonyatosak lennének. Csakhogy a talajlakó baktériumok egyáltalán nem ezért vannak ott. Persze, persze, lebontják és komposztta élelik az lehullott leveleket és az elpusztult állatokat, ami hasznos az egész erdő további jóléte szempontjából. De nem a

komposztcsinálás érdekében teszik mindezt. A halott leveleket és a halott állatokat táplálékként hasznosítják a maguk számára, a komposztcsináló tevékenységüket programozó gének jóléte érdekében. Ennek az önérdékű tevékenységnek a velejáró következménye, hogy a talaj javul a növények szempontjából, következésképpen a növényekkel táplálkozó növényevők, következésképpen a növényevőkkel táplálkozó húsevők számára. Egy esőerdő közösségében a fajok ugyanazon közösség más fajainak jelenlétében virulnak, mert a közösség jelenti azt a környezetet, ahol az őseik életben maradtak. Talán akadnak növények, amelyek a talajlakó baktériumok bősége nélkül is vidáman éldgeélnek, ezek azonban nem az esőerdőben találhatók, ilyeneket inkább a sivatagban kell keresni.

Ez a „Gaia” néven ismert kísértés helyes megközelítése, azé a túlértékelt romantikus képzelgése, amely egyetlen szervezetnek tekinti az egész világot, ahol az egyes fajok hozzáteszik a maguk kis részét az egész boldogulásához; a baktériumok például azon munkálkodnak, hogy minden élet üdvére és hasznára javítsák a Föld atmoszférájának gázösszetételét.

A legszélsőségesebb példa, amelyet ebből a fajta rossz költői tudományból ismerek, egy híres „ökológustól” származik (az idézőjel arra szolgál, hogy a zöldpolitika aktivistáját megkülönböztessük az ökológia tudományának igazi tudósától). Erről az esetről John Maynard Smith professzortól értesültem, aki ellátogatott a brit Open University által támogatott egyik konferenciára. A beszélgetés a dinoszauruszok tömegkihalására terelődött, és hogy okozhatta-e ezt a katasztrófát egy üstökös becsapódása. A szakállas ökológusban szemernyi kétség sem merült fel: „Természetesen nem – jelentette ki határozottan. – *Gaia nem engedte volna!*”

John Lovelock, angol atmoszférakémikus és feltaláló az ógörög földistennővel, Gaiával személyesítette meg költői elképzelését, hogy az egész bolygónk úgy működik, mint egyetlen élőlény. Minden élőlény Gaia testének része; jól beállított termosztátként működnek együtt, és oly módon reagálnak a zavarokra, hogy fenntartsák az életet. Lovelockot bevallottan zavarba hozzák azok, akik – az imént idézett ökológushoz hasonlóan – átveszik és néhány lapáttal még rá is tesznek erre az elképzelésre. Gaia kultusszá, már-már vallássá vált, amitől Lovelock most érthetően távol akarja tartani magát. De ha

végiggondoljuk, korai felvetéseinek némelyike sem sokkal realistább. Felvetette például, hogy baktériumok azért termelnek metánt, mert ez a gáz értékes szerepet játszik a földi atmoszféra kémiájának szabályozásában.

Márpedig elég problémás az egyedi baktériumoktól elvárni, hogy legyenek kedvesebbek, mint ahogy a természetes szelekció magyarázza. A fenti elmélet feltételezi a baktériumokról, hogy a saját szükségleteiken túl állítanak elő metánt, méghozzá elég metánt ahhoz, hogy az általánosságban a bolygó hasznára váljék. Nem érdemes azt bizonygatni, hogy ez a saját hosszú távú érdekük, mert ha a bolygó kihal, akkor ők is. A természetes kiválasztódás soha nincs tudatában a hosszú távú jövőnek. Semminek nincs a tudatában. A finomítások nem az előrelátásból fakadnak, hanem a génállományban a riválisaikat létszámban felülmúlni akaró gének igrékezetéből. A gének bujtoztatására fellázadt baktériumok azonban sajnos csak hátradőlnek és élveznek riválisaik altruista metántermelésének előnyét, és az altruisták rovására gyarapodnának. Így a világban egyre több lenne az önző baktérium. Ez akkor is így folytatódna, ha az önzésük következtében egyre csökkenne a baktériumok (és minden más) létszáma, és ez így folytatódna egészen a kihalásig. Hogy is lehetne másként? Hiszen nincs előrelátás.

Ha Lovelock azzal vágna vissza, hogy a baktériumok valami másnak a melléktermékeként állítanak elő metánt, amit a saját javukra tesznek, és ez csak mellesleg hasznos a világnak, teljes szívemmel egyetértenék vele. De ebben az esetben a Gaiáról szóló egész retorika fölösleges és félrevezető. Nem kell olyan baktériumokról beszélni, amelyek a saját rövid távú genetikai javukon kívül bármi másnak az érdekében is működnek. Ott maradtunk hát a konklúzióval, hogy az egyedek csak akkor munkálkodnak Gaiáért, amikor az nekik megfelel – akkor viszont miért kell mindenáron bevonni Gaiát a fejtegetésbe? Több hasznát látjuk, ha a génekről gondolkozunk, amelyek a természetes szelekció valóságos, önreplikáló egységei, és a többi gén által berendezett genetikai éghajlatot tartalmazó környezetben virulnak. Igazán szívesen általánosítom oly módon a genetikai éghajlat fogalmát, hogy a világ valamennyi génjét magába foglalja – de ez nem Gaia. Gaia hamisan fókuszálja a figyelmet a planetáris életre, mint egységre. A planetáris élet a genetikai éghajlat változékony mintája.

Lovelock fő fegyvertársa Gaia bajnokaként Lynn Margulis amerikai bakteriológus. Vérmes természete ellenére szilárdan a kontinuum azon szelíd oldalán cövekeli le magát, amelyet rossz költői tudományként támadok. Íme, mit ír a fiával, Dorion Sagannal:

Az életformák közötti folyamatos kooperáció, az erős kölcsönhatás és a kölcsönös függőség új szemlélete tükrében szertefoszlik az evolúciót az egyedek és a fajok közötti állandó véres vetélkedésnek tekintő szemlélete, Darwin elképzelésének ez az elterjedt eltorzítása „a legrátermettebb túléléséről”. Az élet nem harccal foglalta el a bolygót, hanem hálózátépítéssel. Az életformák nemcsak mások megölésével, hanem kooptálásával sokasodtak és komplexizálódtak.

Microcosmos: Four Billion Years of Microbial Evolution
(Mikrokozmosz: A bakteriális fejlődés négymillió éve, 1987)

Margulis és Sagan bizonyos felületes értelemben nem is járnak túl messze attól, hogy e tekintetben igazuk legyen. De a rossz költői tudomány annyira félrevezeti őket, hogy rosszul fejezik ki magukat. Mint a fejezet elején hangsúlyoztam, a „harc kontra együttműködés” szembeállítás tévesen felállított ellentétpár. A gének szintjén létezik egy alapvető konfliktus. Mivel azonban a gének egymásnak határozzák meg a környezetüket, ebből, ennek a konfliktusnak a szerencsés megnyilvánulásaként, automatikusan fakad a kooperáció és a „hálózátépítés”. Míg Lovelock a világ atmoszférájának tudósa, Margulis a másik irányból, a baktériumok szakértőjeként közelíti meg a kérdést. Helytállóan adományoz központi szerepet bolygónk életformái közül a baktériumoknak. A biokémia szintjén egész sor életlehetőség adódik. Ezeket egyik-másik fajta baktérium gyakorolja is. Ezen alapvető életreceptek egyikét alkalmazzák az eukarióták (azaz a baktériumokon kívül mindenki), mi pedig a baktériumoktól kapjuk. Margulis éveken át sikeresen fejtegette, hogy biokémiánk nagy részét egykor szabad, most azonban a sejtjeinken belül élő baktériumok működtetik számunkra. Íme, egy másik idézet Margulis és Sagan ugyanazon könyvéből:

Ezzel szemben a baktériumok az anyagcsere-variációk sokkal szélesebb választékát vonultatják fel, mint az eukarióták. Különös erjesztést folytatnak, metángázt termelnek, nitrogént „esznek” közvetlenül a levegőből, energiát nyernek kénceppecskékből, lélegzés

közben vasat és mangánt választanak ki, oxigén felhasználásával hidrogént égetnek, amiből vizet hoznak létre, gyarapodnak forró vízben és sós lében, energiát tárolnak a szem pálcikáinak vörös fényre érzékeny pigmentje révén és így tovább... Mi azonban a számtalan anyagcseremintájuk közül csak az egyiket használjuk energiatermelésre, nevezetesen az aerob lélegzést, a mitokondriumok specialitását.

A levegőt lélegzés biokémiai ciklusok és láncok bonyolult sorozata, melynek révén a Nap csapdába ejtett energiája felszabadul a szerves molekulákból, továbbhalad a mitokondriumokba, a sejtjeinkben nyüzsgő parányi szervecskébe. Margulis, szerintem helyesen, meggyőzte a tudományos világot, hogy a mitokondriumok baktériumok leszármazottai. A mitokondriumok ősei, amikor még önállóan éltek, kifejlesztettek bizonyos biokémiai fortélyokat, ezt nevezzük aerob lélegzésnek. Mi, eukarióták, most hasznát látjuk ennek a fejlett kémiai varázslatnak, mivel a sejtjeink az azt feltaláló baktériumok leszármazottait tartalmazzák. E nézet szerint a modern mitokondriumok leszármazási ága töretlenül visszakövethető a tengerben szabadon élő ősi baktériumokig. Amikor „leszármazási ágról” beszélek, azon azt értem, hogy egy szabadon élő baktériumsejt kettéosztódik, az utódsejtek legalább egyike kettéosztódik, majd ezek legalább egyike megint kettéosztódik és így tovább, amíg eljutunk a sejtjeinkben továbbra is osztódó mitokondriumokhoz.

Margulis úgy véli, hogy a mitokondriumok eredetileg paraziták voltak (vagy ragadozók – ezen a szinten nem jelentős a különbség), és azokat a nagyobb baktériumokat támadták meg, amelyek az eukarióta sejt burkát alkották. Egyik-másik bakteriális parazita mindmáig hasonló fogást alkalmaz: átfúrja magát a zsákmány sejtfalán, majd amikor már biztonságban odabent van, lezárja a sejtfalat és belülről eszi a sejtet. Az elmélet szerint a mitokondriális ősök a gyilkos kedvűekből olyan kevésbé ártalmas parazitákká fejlődtek, amelyek életben tarják a gazdatestet, hogy tovább fogyaszthassák. Még később a gazdasejtek kezdtek hasznot húzni a proto-mitokondriumok anyagcsere-tevékenységéből. A kapcsolat a ragadozó vagy parazita jellegtől (jó az egyik félnek, de rossz a másiknak) szimbiotikusra (mindkét félnek jó) változott. Ahogy mélyült a szimbiózis, mindegyik egyre inkább függött a másiktól, és kezdték elveszíteni azokat a

részeiket, amelyeknek célját jobban szolgálta a másik fél.

Egy darwinista világban csak akkor alakul ki ilyen bensőséges együttműködés, ha a parazita DNS-e ugyanazon a hordozóban longitudinálisan („hosszirányban”) átadódik a gazdasejtnemzedékeknek, mint a gazdasejt DNS-e. A mi mitokondriumainknak a mai napig megvan a maguk DNS-e, amely csak távolról emlékeztet a mi „saját” DNS-ünkre és közelebbi rokonságot mutat bizonyos baktériumokéval. De a petesejtekben továbbadódik az emberi nemzedékeknek. Azok a paraziták, amelyeknek így adódik tovább a DNS-e (azaz a gazda szülőtől a gazda utódra), kevésbé kártékonyvá és együttműködőbbé válnak, mert mindaz, ami megfelel a gazda DNS fennmaradásának, értelemszerűen a parazita DNS fennmaradásának is jó. A „horizontálisan” továbbadódó paraziták (a gazdaszervezettől más gazdaszervezeteknek, amelyek nem feltétlenül az utódai) viszont, például a veszettség- vagy az influenzavírusok, egyre ártalmasabbak lesznek. Ha a DNS horizontálisan adódik tovább, nem feltétlenül látja kárát a gazdaszervezet halálának. Végtelen eset lehet egy olyan parazita, amelyik az egyedi gazdaszervezeten belül táplálkozik, átalakítja a testét spórákká, amíg az végül szétrobban, és szétszórja a parazita DNS-t a szélbe, így messzire és nagy területen terjed szét, ahol új gazdaszervezeteket talál.

A mitokondriumok szélsőséges „hosszirányú” paraziták. Oly bensőséges kapcsolatot építettek ki a gazdasejtekkel, hogy már azt sem könnyű felismernünk, hogy valaha önálló életet éltek. Oxfordi kollégám, Sir David Smith talált ez ügyben egy jól sikerült hasonlatot:

A sejtkörnyezetben egy támadó organizmus progresszíven elvesztheti önnön darabjait, miáltal lassanként úgy beleolvad az általános közegbe, hogy korábbi létéről csak egy-két emlék árulkodik. Mint Aliz találkozása Fakutyával Csodaországban. Ahogy figyelte, „legelőbb a farka hegye tűnt el s utoljára a vigyorgása. De ez még azután is látszott egy darabig, amikor a Fakutya már sehol se volt”. Számos olyan objektum fedezhető fel a sejtben, amilyen Fakutya vigyora. Akik megpróbálják nyomon követni a származásukat, azok számára ez a vigyor kihívó és igazán talányos.

The Cell as a Habitat (A sejt, mint természetes környezet, 1979)

Nem találok jelentős különbséget a mitokondriális DNS és a gazda

DNS viszonya, valamint egy adott faj „saját” génjeinek szokásos ortodox génállományán belül az egyik és a másik gén viszonya között. Állításom értelmében valamennyi „saját” génünket úgy tekinthetjük, hogy kölcsönösen egymáson élősködnek.

A másik – mostanság meglehetősen vitathatatlan – vigyorgó maradvány a kloroplasztisz. A kloroplasztiszok apró testecskék a növényi sejtekben, amelyek feladata a fotoszintézis – a napenergia tárolása szerves molekulák szintéziséhez. Ezek a szerves molekulák később lebonthatók és szükség esetén az energia szabályozott módon szabadul fel. A kloroplasztiszok okozzák a növények zöld színét. Manapság csaknem egybehangzóan úgy tartják, hogy ezek fotoszintetikus baktériumoktól származtak, a „kék-zöld” baktériumok unokatestvéreitől, mely baktériumok mindmáig szabadon lebegnek és előidézik a szennyezett víz „virágzását”. A fotoszintézis folyamata ugyanúgy játszódik le ezekben a baktériumokban és az eukariótákban (illetve azok kloroplasztiszaiban). Margulis szerint a kloroplasztiszok a mitokondriumoktól eltérően estek fogságba. Míg a mitokondriális ősök agresszíven támadták a nagyobb gazdaszervezeteket, a kloroplasztiszok őseit eredetileg táplálékként kebelezték be, és csak később fejlődött ki egy kölcsönösségi viszony a foglyul ejtőikkel, kétségkívül ezúttal is azért, mert a DNS-ük longitudinálisan tovább adódott a gazdaszervezet-nemzedékeknek.

Vitatottabb Margulis azon nézete, mely szerint egy másfajta baktérium, a spirálisan mozgó spirochaeták, megtámadták a korai eukarióta sejtet és így jöttek létre azok a mozgó és mozgató struktúrák, mint a csillók, az ostorok és az „orsók”, amelyek sejtosztódáskor széthúzzák a kromoszómákat. A csillók és az ostorok egymás különböző méretű változatai és Margulis mindkét fajtát előszeretettel nevezi „undulipodiumoknak”. Az ostor nevet fenntartja a felületesen hasonló, ténylegesen azonban nagyon is különböző ostorszerű szerkezetnek, amellyel néhány baktérium hajtja (a „csavarozza” megfelelőbb ige) magát előre. Ez a bakteriális ostor egyébként különösen figyelemreméltó abban a tekintetben, hogy az élővilágban egyedülként képviseli az igazi forgó mozgást. Ez a természet egyetlen példája a „kerék”-re, vagy legalábbis a tengelyre, mielőtt az ember újra feltalálta volna. A csillók és más eukarióta undulipodiumok bonyolultabbak. Margulis egy-egy egyedi undulipodiumot egy egész spirochaeta baktériummal azonosít,

ugyanúgy, ahogy az egyes mitokondriumokat és az egyes kloroplasztiszokat azonosítja egy-egy egész baktériummal.

A baktériumok befogása bizonyos nehéz biokémiai eljárások végrehajtására nemegyszer felbukkan az evolúció során. A mélytengeri halak világítószervekkel jeleznek egymásnak illetve ezek segítségével tájékozódnak. Ezek az állatok nem vesződtek a fénygyújtás keserves biokémiai feladatával, hanem ebben járatos baktériumokat kooptáltak. A hal világítószerve egy tasak tele baktériumokkal, amelyek a maguk biokémiai céljaik másodlagos következményeként fényt bocsátanak ki.

Ezúttal tehát teljesen új szemmel nézhetjük az egyedi szervezeteket. Nem csak az állatok és a növények vesznek részt a kölcsönhatások bonyolult hálózatában egymással és más fajok egyedeivel olyan populációkban és közösségekben, mint a trópusi esőerdő vagy egy korallzátony. Minden egyes egyedi állat vagy növény maga is egy-egy közösség. Sejtek milliárdjainak a közössége és ezen sejtmilliárdok minden egyes sejtje baktériumok ezreinek a közössége. Folytatnám azzal, hogy még a fajok „saját” génjei is az önző kooperátorok közösségei. És ezzel megkísért minket a költői tudomány újabb műneve: a hierarchia költészete. Egységek a nagyobb egységeken belül, nemcsak az egyedi szervezetek szintjéig, hanem még feljebb, a közösségekben élő szervezetek szintjén is. A hierarchia minden szintjén szimbiotikus együttműködés áll fenn az egy szinttel lentebbi egységek között, amelyek egyébként önállóan léteznek.

Ezt talán érdemes is fontolóra venni. A természetek nagyon sikeresen megélik fa és fatermékek, például könyvek evéséből. De a szükséges kémiai eljárások ezúttal sem magától értetődően kerülnek a természet saját sejtjeibe. Ahogy a magára utalt eukarióta sejtnak a mitokondriumok biokémiai tehetségéhez kell folyamodniuk, a természet bélcsatornája sem bírna el a fával. A velük szimbiózisban élő mikroorganizmusokra hagyatkoznak, amelyek elvégzik a fa megemésztésének feladatát. Maga a természet a mikroorganizmusokból és azok kiválasztott anyagaiból él. Ezek a mikroorganizmusok különös és specializált lények, többnyire sehol másutt nem találhatók meg, mint a maguk természetfajának bélcsatornájában. Függenek a természetektől (hogy megtalálják és fizikailag apró darabkákra rágják a fát), ugyanúgy, ahogy a természetek függenek tőlük (hogy még kisebb molekuláris darabkákra bontsák a fát, olyan enzimekkel, amilyeneket

maguk a természetes nem tudnak előállítani). A mikroorganizmusok némelyike baktérium, némelyikük protozoa (egysejtű eukarióta), némelyikük pedig a kettő elbűvölő keveréke. Elbűvölő, mert egyfajta evolúciós *déjá vu*, mely jelentősen növeli Margulis elmékedésének hitelét.

A *Mixotricha paradoxa* nevű ostoros protozoa az ausztrál természet, a *Mastotermes darwiniensis* bélcsatornájában él. Négy nagy csillója van az első végén; Margulis persze úgy véli, ezek eredetileg szimbiotikus spirochaetáktól származtak. De, bár ez vitatható, létezik egy második fajta, integető kis szőrszerű nyúlvánnyal, amellyel kapcsolatban semmiféle kétség nem merülhet fel. Ezek a testet beborító nyúlványok olyanok, mint a csillók, mint például azok a csillók, amelyek ritmikus mozgásukkal továbbítják az emberi petét a petevezetékben. Csakhogy ezek nem csillók. Mindegyikük – és úgy félmillió van belőlük – egy-egy pici spirochaeta baktérium; ráadásul két különböző fajta spirochaetáról van szó. Ezek a lengedező baktériumok hajtják a *Mixotrichát* a természetben és ennek megfelelően összhangban lengenek. Nem könnyű elhinni, amíg az ember rá nem jön, hogy mindegyikük egyszerűen a közvetlen szomszédai példáját követi.

Az elöl található négy nagy csilló csak kormánylapátként szolgál. Ezeket meghatározhatjuk a *Mixotricha* „saját” részeiként, megkülönböztetésül a test többi részét borító spirochaetáktól. Persze ha Margulisnak igaza van, akkor igazából nem is a *Mixotricha* részei, csupán egy korábbi támadás és kooptálás emlékei. Micsoda *déjá vu*: új spirochaeták új szereposztásban ismét eljátszották az egymilliárd évvel korábban színpadra állított drámát! A *Mixotricha* nem használ oxigént, mivel abból nincs elég a természet bélcsatornájában. Biztosra vehetjük, hogy máskülönben lennének mitokondriumaik – megint egy másik ősi bakteriális invázió emlékeként. Viszont igenis vannak a belsejükben más szimbionta baktériumaik, amelyek, akárcsak a mitokondriumok, bizonyos biokémiai feladatot látnak el, talán a fa emésztésének nehéz feladatát segítik.

Ilyenformán egy *Mixotricha* egyed egy különböző fajta baktériumokat tartalmazó, legalább félmillió tagot számláló kolónia. Gyakorlati szempontból mint faemésztő gépezet, egyetlen természet legalább ugyanennyi szimbionta mikroorganizmus kolóniája. Ne feledjük, hogy a bélflórájában élő „újabb” hódítóktól eltekintve, a

termesz „saját” sejtjei – mint minden eukarióta sejtjei – maguk is sokkal régebbi baktériumok kolóniái. Végül pedig maguk a természetek meglehetősen sajátosak abban a tekintetben, hogy főként terméketlen dolgozó rovarokból álló nagy kolóniákban élnek, amelyek, a hangyák kivételével, minden más állatfajnál hatékonyabban letarolják a vidéket – és ugyanazon okból sikeresek. A *Mastormes*-kolóniák tartalmazhatnak akár egymillió dolgozó egyedet is. A faj telhetetlen kártevőnek számít Ausztráliában: felfalja a telefonpóznákat, az elektromos kábelek műanyag szigetelését, a faépületeket és -hidakat, sőt még a biliárdgolyókat is. Kolóniák kolóniáinak kolóniájának lenni, úgy látszik, sikeres recept az élet számára.

De térjünk vissza a gének szempontjához, hogy végezzünk az egyetemes szimbiózis elképzelésével. Margulist helyesen tekintik a szimbiózis főpapnőjének. Mint már említettem, még tovább is mennék, és minden „normális” alapvető gént szimbiontának tekintenék, ugyanúgy, ahogy a mitokondriális géneket. De míg Margulis és Lovelock a kooperáció és az egység költészetét hívja segítségül az egyesülés elsődleges okaként, én éppen az ellenkezőjét szándékozom tenni, és másodlagos következménynek tekintem. Genetikai szinten minden önző, de a gének önző céljait a sok szinten történő együttműködés szolgálja. Ami magukat a géneket illeti, a kapcsolat a „saját” génjeink körében lényegében nem különbözik a mi génjeink és a mitokondriális gének, vagy a mi génjeink és más fajok génjei közötti kapcsolattól. Minden gén azon az alapon választódott ki, hogy képes virulni a többi olyan gén – bármely faj génjei – jelenlétében, amelyeknek a következményei körülvesznek minket.

A génállományokon belül komplex testek készítésére szövetkezett együttműködést nemegyszer nevezik koadaptációnak, megkülönböztetendő a koevolúciótól. A koadaptáció rendszerint ugyanazon fajta szervezet különböző részeinek más részekhez igazítására vonatkozik. Például sok virágnak élénk a színe, hogy vonzza a rovarokat, és sötét vonalak vezetik afféle kifutópályaként a rovarokat a nektár felé. A szín, a vonalak és a nektár kiegészítik és segítik egymást. Koadaptálódtak egymáshoz, mivel az értük felelős gének egymás jelenlétében választódtak ki. A koevolúciót szokásosan a különböző fajok kölcsönös evolúciójának kifejezésére használják. A virágok és az őket beporzó rovarok együtt alakulnak – koevolválódnak. Ebben az esetben a koevolúciós kapcsolat

kölcsönösen előnyös. Ugyanezt a kifejezést használják az együtt változó ellenséges fajokra: a koevolúciós „fegyverkezési versenyre”. A ragadozók sebes futása együtt fejlődik zsákmányállatuk sebes futásával. A vastag páncél az áthatolásukra szolgáló fegyverekkel és módszerekkel együtt fejlődik.

Bár az imént határozottan megkülönböztettem a „fajon belüli” és a „fajok közötti” koadaptációt, láthatjuk, hogy igazán bocsánatos bizonyos mértékű összevegyítés. Ha az e fejezetben alkalmazott nézetet vesszük, miszerint a gének közötti kölcsönhatások minden szinten csak gének közötti kölcsönhatások, a koadaptációról kiderül, hogy csak a koevolúció egy speciális esete. Ami magukat a géneket illeti, a „fajon belül” meghatározás nem különbözik alapvetően a „fajok közötti”-től. A különbségek gyakorlatiak. A fajon belül a gének a sejtek belsejében találkoznak a társaikkal. A fajok között a külvilágban találkozhatnak a következményeik a többi gén következményeivel. A közbeeső fokozatok – például a belső paraziták és a mitokondriumok – éppen azért árulkodóak, mert elmossák a különbséget.

A természetes kiválasztódás szkeptikusai gyakran állnak elő a következő gondolatmenettel. A természetes kiválasztódás, mondják, tisztán negatív folyamat. Kigyomlálja az alkalmatlanokat. Hogyan játszhatná egy ilyen negatív kigyomlálás a komplex adaptáció felépítésének *pozitív* szerepét? A válasz jórészt a koevolúció és a koadaptáció kombinációjában rejlik, mely két folyamat, mint láttuk, nem is áll olyan távol egymástól.

A koevolúció, akár az emberi fegyverkezési verseny, a tökéletesítések progresszív felépítésének receptje (a tökéletesítés alatt annak hatékonyságát értem, amit tesznek; nyilvánvaló persze, hogy az emberi „tökéletesítések” a fegyverkezésben nem egészen ugyanazt jelentik). Ha a ragadozók egyre jobban végzik a feladatukat, a zsákmányállatoknak ugyanígy kell cselekedniük, hogy megmaradhassanak ugyanazon a helyen. És viszont. Ugyanez érvényes a parazitákra és a gazdaszervezetekre. Az eszkáláció további eszkálációt idéz elő. Ez a fennmaradáshoz szükséges adottságok valódi progresszív fejlődéséhez vezet (mert a fegyverkezési versenyben a másik oldal is fejlődik). Tehát a koevolúció – a fegyverkezési versenyek, a gének kölcsönös evolúciója a különböző génállományokban – az egyik válasz azok számára, akik szerint a

természetes szelekció tisztán negatív folyamat.

A másik válasz a koadaptáció, a gének kölcsönös evolúciója *ugyanabban a génállományban*. A gepárd génállományában a húsevő fogazat működik együtt a legjobban a húsevő bélrendszerrel és a húsevő szokásokkal. A növényevő fogazat, bélrendszer és szokások egy alternatív komplexet alkotnak az antilop génállományában. A gének szintjén, mint láttuk, a szelekció *nem* az egész komplexek kiválasztásával kapcsol össze harmonikus komplexeket, hanem azzal, hogy a génállományokon belül – mely génállományban a komplex többi része van túlsúlyban – előnyben részesíti a komplex egyes részeit. A génállományok eltolódó egyensúlyában több stabil megoldás létezhet ugyanarra a problémára. Miután az egyik stabil megoldást követő génállomány kerül túlsúlyba, az önző gének további szelekciója ugyanazon megoldás elemeinek kedvez. Ugyanígy kedvezne a másik megoldásnak, ha másmilyenek volnának a kiindulási körülmények. A szkeptikusok aggodalma, miszerint a természetes szelekció pusztán negatív, kivonási folyamat, mindenesetre eloszlott. A természetes szelekció pozitív és konstruktív. Nem negatívabb, mint a szobor kivonása egy márványtömbből. Kifaragja a génállományokból a kölcsönösen egymásra ható, koadaptált géneket: alapvetően önző, de pragmatikusan együttműködő. Az egység, amelyet a darwini szobrász kifarag, a faj génállománya.

Az utóbbi fejezetekben a tudományban megnyilvánuló rossz költészetre hívtam fel a figyelmet. Könyvem azonban ennek ellenkezőjére helyezi a hangsúlyt. A tudomány költői, költőinek kell lennie, sokat kell tanulnia a költőktől és szolgálatába kell állítania a jó költői képeket és metaforákat. Az „önző gén” metaforikus kép, potenciálisan ugyan jó, de sajnos félrevezető, ha nem megfelelően ragadjuk meg a megszemélyesítés metaforáját. Ha helyesen értelmezzük, akkor a mélyebb felismerés és a termékeny kutatás ösvényeire vezérelhet. Ez a fejezet a megszemélyesített gén képével magyarázta el, hogy az „önző” gének egyúttal hogyan „együttműködők”. A következő fejezetben azon környezetek részletes *leírásaiként* vesszük szemügyre a fajok génjeit, ahol őseik éltek. Metaforikusan fogalmazva: fellapozzuk a genetikai halottaskönyvet.

10. Genetikai halottaskönyv

Az ősi bölcsességre figyelj...

W B. YEATS:

A szél a nád között versciklusból (1899)

Emlékszem, első iskolai fogalmazásunk az „Egy penny naplója” címet viselte. Egy pénzérmenek kellett képzelnünk magunkat és elmesélni a történetünket, hogy hogyan ültünk egy ideig a bankban, amíg oda nem adtak egy ügyfélnek, hogyan csörögtünk a zsebében a többi fémpénzzel, hogyan adtak tovább vásárláskor, aztán hogyan adtak ki visszajáróként egy újabb vevőnek, majd... nos, minden biztonnyal az olvasó is írt efféle fogalmazást. Hasonlóképp gondolkozhatunk a gén útjáról is, nem zsebből zsebbe, hanem testből testbe a nemzedékeken át. És a pénzérme analógiája mindenekelőtt arra int, hogy *természetesen* a gén megszemélyesítése sem veendő inkább szó szerint, mint ahogy hétévesen az aprópénzről gondoltuk. A megszemélyesítés esetenként hasznos eszköz, és az a vád, hogy szó szerint értjük, majdnem akkora ostobaság, mint tényleg szó szerint érteni. A fizikusokat sem büvölik el a szó szoros értelmében a részecskéik, és az a kritikus, aki ezzel vádolja őket, egyszerűen csak bosszantó szórszálhasogató.

A gén esetében a „pénzverés” eseménye az a mutáció, amelyik egy előző gén módosításával létrehozta. A gén számos másolata közül a populációban csak az egyik változott meg (egy mutációs eseménnyel, de egy másik alkalommal egy ugyanilyen mutáció a gén egy másik másolatát is módosíthatja a génállományban). A többi továbbra is készíti a másolatokat az eredeti génről, mely immár versenyben áll a mutáns formával. A gének, ellentétben a fémpénzekkel, rendkívül jól készítenek másolatokat, és génünk naplójának nem a DNS-t felépítő atomok élményeit kell tartalmaznia, hanem a DNS élményeit, melyeket többszörös másolatok formájában él tovább az egymásra következő nemzedékekben. Mint az előző fejezetből kiderült, a génnek a letűnt generációkhoz fűződő „élményei” nagy részét a faj más génjeivel történt súrlódások tették ki, és ezért működnek együtt

olyan készségesen a testek építésének közös vállalkozásában.

Tegyük fel hát a kérdést, vajon a faj valamennyi génjének azonosak-e az ősi „élményei”? Nagyrészt igen. A bivalygének többsége a bivalytestek hosszú sorára tekinthet vissza, amelyekben szokásos bivalyélményeket élvezett vagy szenvedett. A testek között, ahol ezek a gének fennmaradtak, vannak hím és nőtény bivalyok, nagyok és kicsik és így tovább. De a gének egyes halmazai eltérő tapasztalatokkal rendelkeznek, ilyenek például a nemet meghatározó gének. Az emlősökben az Y kromoszóma csak a hím egyedekről szerzett tapasztalatot. Tapasztalatai *nagyrészt* jellemzőek általában a bivalygénekre, de nem teljesen. A bivalygének többségével szemben nem tudja, milyen nőtény bivalyban lakozni. Az a gén, amelyik az emlősöknek a dinoszauruszok korára eső kialakulása óta mindig is Y kromoszómán tanyázott, sok különböző faj hímjeinek testét tapasztalhatta meg, nőtények testét azonban soha. Az X kromoszómák esetében bonyolultabb a helyzet. A hím emlősöknek egy X kromoszómájuk van (amelyet az anyától örökölték, valamint egy Y kromoszómát az apától) míg a nőtényeknek két X kromoszómájuk van (mindkét szülőtől egy-egy). Tehát minden X kromoszómás génnek egyaránt volt része hím és női testekben, de az élményei kétharmada női testekhez fűződik. A nőtény madárnak nem egyformák a nemi kromoszómái (amelyeket hívhatunk X-nek illetve Y-nak az emlősök mintájára, bár a hivatalos madárterminológia eltér ettől), a hímnek igen (XX).

A többi kromoszómán helyet foglaló géneknek egyformán jutnak élmények férfi és női testekről, más tekintetben azonban különbözőek lehetnek a tapasztalataik. Egy génnek több élmény jut az olyan ősi testekben, amelyek az adott gén által kódolt tulajdonságot birtokolják: hosszú láb, vaskos szarv vagy bármi más, különösen, ha domináns génről van szó. Csaknem ugyanilyen nyilvánvaló, hogy minden gén valószínűleg többet töltött az idejéből sikeres, mint sikertelen testekben. Rengeteg a sikertelen test, és ezek is hiánytalanul tartalmazzák a génjeiket, ám hajlamosak arra, hogy ne legyenek leszármazottaik (hiszen ezt jelenti a sikertelenség); ha tehát egy gén áttekinti az elmúlt testek életrajzát, azt fogja felfedezni, hogy (a dolog természetéből fakadóan) tulajdonképpen valamennyi sikeres volt és a legtöbb (de nem mindegyik) rendelkezett mindazzal, ami szokásosan szükséges a sikerességhez. Itt abban mutatkozik különbség, hogy

bizonyos egyedek, amelyek nem voltak kellőképp ellátottak a sikerességhez, olykor a hiányosságuk ellenére is szaporodnak. És a fennmaradáshoz és szaporodáshoz átlagos körülmények között egyébként pompásan felszerelt egyedekbe is belecsap néha a villám.

Ha – mint egyes szarvasoknál, fókáknál és majmoknál – a faj hímjei dominancia-sorrendet alkotnak és a domináns hímek végzik a szaporodás javát, abból az fog következni, hogy a faj génjeinek több élménye lesz a domináns hím testekről, mint az alárendeltekről. (Jegyezzük meg, hogy itt nem a szakmai genetikai értelmében használjuk a domináns szót, melynek ellentéte a recesszív, hanem a szokásos nyelvi értelmében, amelynek az alárendelt az ellentéte.) A hímek többsége minden nemzedékben alárendelt lesz, de a génjeik ekkor is a domináns hím ősök erős vonalára tekintenek vissza. A többség minden nemzedékben az előző nemzedék domináns kisebbségétől származik. És ugyanígy: ha olyan a faj, mint a fácánoké, ahol feltételezzük, hogy a megtermékenyítés többségét a szép (mármint a nőstények számára szép) hímek végzik el, akkor a legtöbb gén, jelenleg akár nőstényekben, akár csúnya hímekben, vagy éppen szép hímekben lakozik, a szép ősök hosszú vonalára tekinthetnek vissza. A gének több tapasztalatot szereztek a sikeres testekről, mint a sikertelenekről.

Amennyiben a faj génjei rendszeres és ismétlődő tapasztalatot szereztek alárendelt testekről, számíthatunk rá, hogy olyan feltételes stratégiákat fogunk látni, amelyekkel az egyedek a lehető legjobbat igyekeznek kihozni sanyarú helyzetükből. Azoknál a fajoknál, ahol a sikeres hímek harciasan védik nagy háremüket, esetenként megfigyelhetünk alárendelt hímekeket, amelyek alternatív „szolgai” stratégiát alkalmaznak, hogy futólag hozzáférhessenek a nőstényekhez. Az állatvilágban a fókáké az egyik leginkább háremszerveződésű társadalom. Egyes populációkban a közösülések több mint 50 százalékát a hímek kevesebb mint 10 százaléka hajtja végre. A hímek többsége aggregény, miközben várják, míg eljön az idejük és megfosztják uralmától az egyik háremet uraló bikát, éberren lesik az alkalmat, hogy párosodhassanak az átmenetileg őrizetlen nőstényekkel. De ahhoz, hogy egy ilyen alternatív hím stratégiának kedvezzen a természetes szelekció, legalább egy jelentős trükköt kell tudniuk a géneknek, amelyek a „lopott” párosodások révén, mintegy végigsompolyognak a generációkon. A „gén naplója” nyelvezetével

szólva, ekkor legalább néhány gén feljegyezhet az ősi élményei között alárendelt hímeiket.

Ne vezesse félre az olvasót az „élmény” szó. Nemcsak azért, mert metaforikusan kell értelmezni, hiszen ez nyilvánvaló. Kevésbé nyilvánvaló, hogy sokatmondóbb metaforához jutunk, ha nem egyetlen gént, hanem az egész faj génállományt tekintjük annak az entitásnak, amelyik tapasztalatot szerez ősi múltjából. Ez „önző kooperátor”-tételünk egy másik megnyilvánulása. Hadd próbáljam meg elmagyarázni, mit jelent mondjuk egy faj vagy a génállománya esetében, hogy tanul a tapasztalataiból. A faj változik az evolúciós idő során. Természetesen bármelyik generációban a faj az akkor élő egyedeinek halmazából áll. Nyilvánvaló, hogy ez a halmaz változik, ahogy új tagok születnek és régiek meghalnak. Ez a változás önmagában nem ok arra, hogy úgy tekintsük, mintha hasznosítaná a tapasztalatát, de a gének statisztikai eloszlása a populációban szisztematikusan haladhat valamilyen meghatározott irányba, és ez jelenti a „faji tapasztalatot”. Előretörő jégkorszak idején egyre több vastag bundájú egyedet figyelhetünk meg. Ilyenkor azok az egyedek, amelyek történetesen bármelyik nemzedékben a legszörösebbek, hajlamosak több utódot létrehozni, így gyakorítják a szörösség génjeit a következő nemzedékben. A génkészlet az egész populációban – és ilyenformán az átlagos egyedben nagy valószínűséggel megtalálható gének – egyre inkább a szörösség génjei felé mozdulnak el. Ugyanez játszódik le a más jellegű gének esetében is. Ahogy váltakoznak a nemzedékek, a faj génjeinek teljes készlete – a génállomány – egyre inkább úgy alakul, hogy jól tudjon sikeres egyedeket építeni.

Ebben az értelemben beszélek arról, hogy a faj okul a jó egyedi testek építésének művészetében szerzett tapasztalatából, és kódoltan eltárolja a tapasztalatait a génállományban található gének halmazában. A fajok a földtörténeti korok időléptékében válnak tapasztalttá. A tapasztalatokból leszűrt információ pedig az ősi környezetekről szól és hogy hogyan lehetett bennük fennmaradni.

A faj afféle átlagoló számítógép. A nemzedékek során felépíti azoknak a világoknak a statisztikai leírását, ahol a mai faj tagjainak ősei éltek és szaporodtak. Ez a leírás a DNS nyelvét használja. Nem az egyed DNS-ében rejlik, hanem együttesen az egész szaporodó DNS-ében, az önző kooperátoraiban. Az „olvasás” talán megelőzőbb is érzékelteti, mint a „leírás”. Ha a tudomány számára előzőleg

ismeretlen fajt képviselő állat tetemére bukkanunk, egy jó képességű zoológusnak, akinek módjában áll a legapróbb részetekig megvizsgálnia, képesnek kell lennie „kiolvasni” a testet és megmondani, miféle környezetben éltek az ősei: sivatagban, esőerdőben, sarkvidéki tundrán, mérsékelt égővi erdőségben vagy korallzátonyon. A fogazat és a bélrendszer olvasásával képzeletbeli zoológusunk az állat táplálkozását is meg tudná ítélni. Lapos őrlőfogak és hosszú, zsákutcákkal teli belek arra utalnak, hogy növényevő volt; éles fogak és rövid, egyszerű belek húsevőt jeleznek. Az állat lába, szeme és más érzékszervei elárulják, hogyan mozgott és hogyan találta meg a táplálékát. A csíkjai vagy rikító foltjai, szarvai, agancsa vagy taréja a hozzáértőnek megfelelő olvasatot kínál a faj szociális és nemi életéről.

Ám még hosszú utat kell megtennie a zoológia tudományának. Korunk zoológiája egy újonnan felfedezett faj testét csak a valószínű élőhelyéről és életmódjáról alkotott elnagyolt, kvalitatív ítélet erejéig „olvashatja”. A jövő zoológiája az „olvasandó” állat anatómiájának és kémiaiájának sokkal többféle adatát táplálja majd a számítógépbe. Ráadásul elkülönülten végezzük el a méréseket, mert tovább tökéletesítjük a fogazatról, a bélcsatornáról, a gyomorról, a kémieáról, a társadalmi kolorizálásról és fegyverekről, a vérről, a csontokról, az izmokról és az inakról valló információk egyesítésének matematikai eljárásait. Mindezeknek az adatoknak a kölcsönhatásait is bevonjuk az elemzésbe. A számítógép, miután egyesíti mindazt, amit a különös állat testéről tudunk, felépíti a világ vagy világok részletes, kvantitatív modelljét, ahol az állat ősei fennmaradtak. Számomra ez egyenértékűnek látszik azzal, mintha azt mondanánk, hogy az állat, bármely állat, a maga világának modellje vagy leírása, pontosabban azoknak a világoknak, ahol az ősei génjei természetesen kiválasztódtak.

Némely esetben egy állat teste a leírása a világnak, a képszerű megjelenítés szó szerinti értelmében. Az ágacskák világában élő nem egy rovar teste egy-egy ágacska, levélnyél vagy rügy szobra. Az őz szőrzete a fák között átszűrődő és az erdő talajára vetülő napfény foltos mintájának festménye. Egy sűrűn pettyezett lepke a fakéregre tapadó zuzmó modellje. De ugyanúgy, ahogy a művészetnek sem kell vonásról vonásra lemásolni a világot, az állatokról is elmondható, hogy más módon adják vissza a világukat: mondjuk impresszionista

vagy szimbolikus stílusban. A sebes repülés lélegzetelállító benyomásának bemutatására törekvő művész aligha juthat többre, mint a sarlósfecske alakja. Talán ezért érzünk rá intuitív módon az áramvonalasságra; talán ezért szoktunk hozzá oly könnyen a hangsebesség fölött szálló modern, csapott szárnyú repülőgépek szépségéhez; és ha adott esetben eligazodunk a turbulencia fizikája és a Reynolds-szám környékén, akkor megmondhatjuk, hogy a sarlósfecske alakja megtestesíti a kódolt ellenállási tényezőit annak az atmoszférának, melyet az ősei szeltek. De ösztönösen is úgy látjuk a sarlósfecskét, mint ami tökéletesen beleillik a nagy sebességű légáramlás világába, ahogy a kéz a kesztyűbe, és még erőteljesebb ez a benyomás, ha szembeállítjuk a földön vergődő és felszállásra képtelen sarlósfecske bukácsolásával.

A vakond nem szó szerint a föld alatti járatot mintázza. Inkább amolyan negatív képe a járatnak, arra jött létre, hogy átszuszakolja magát rajta. A mellső lába nem pontosan olyan, mint a talaj, de emlékeztet az ásóra, amelyet, tapasztalat vagy intuíció révén, a talaj funkcionális kiegészítésének tekinthetünk: erős izmokkal működtetett ásó, arra való, hogy nekifeszüljön a talajnak. Más meghökkentő esetek is vannak, melyekben egy-egy állat vagy az állat bizonyos része nem pontosan idézi a világot, ám pontosan ráillik annak valamelyik részére. A remeterák felcsavarodott potroha a puhatestű héjak megjelenítésére kódolódott, ahol az ősei génjei éltek. Vagy úgy is mondhatnánk, hogy a remeterákgének egy kódolt jóslatot hordoznak a világ egyik oldaláról, ahol a rák megtalálja a helyét. Mivel a modern csigák és kürtcsigák átlagosan ugyanolyanok, mint az ősi csigák és kürtcsigák, a remeterákok még mindig beleillenek a házukba – és a jóslat ezennel be is teljesült.

Az egyik pici atkafaj arra specializálódott, hogy egy meghatározott helyen tanyázzon a kóborhangya dolgozóinak ollószerű rágójának belső oldalán. Egy másik atkafaj pedig arra, hogy a kóborhangya egyik csápjának első ízén lovagoljon. Mindezek az atkák úgy formálódtak, hogy pontosan beleüljenek a környezetükbe, ahogy a kulcs illik a zárba (C. W. Rettenmeyer professzor kérésére arról tájékoztatott, hogy nincsenek kifejezetten a bal illetve kifejezetten a jobb csápra specializálódott atkák). Ahogy a kulcs megtestesíti a (kiegészítő vagy negatív) információt a maga zárjáról (mely információ nélkül nem lehetne kinyitni az ajtót), úgy testesítik meg az

atkák az információt a világukról, ebben az esetben a rovarízület alakjáról, ahol élnek. (A paraziták többnyire nagyon specializált kulcsok, amelyek a ragadozóknál sokkal több részletet illetően illenek bele a gazdaszervezetük zárjába, feltehetően azért, mert a ragadozók rendszerint nem állnak rá arra, hogy csak egy fajt támadjanak meg. A kitűnő biológus, Miriam Rothschild igazán elragadó példákat talált, köztük egy „férget, amely kizárólag a víziló szemhéja alatt él és a könnyeivel táplálkozik”).

Olykor ösztönösen is belátható, hogy az állat beleillik a világába, akár a józan észnek, akár a gyakorlott szemnek. Könnyű kitalálni, miért olyan elterjedt a gyakorta a vízbe merülő állatok – kacsák, kacsacsőrű emlősök, békák, vidrák és mások – körében az úszóhártás láb. Ha még maradt volna az olvasóban szemernyi kétely is, csak vegyen fel egy pár gumi békalábat, amelyet a könnyűbúvárok használnak, és próbálja ki, micsoda könnyebbséget jelent úszáskor. Ilyenkor még azt is kívánná az ember, hogy bárcsak békalábbal született volna – amíg ki nem caplat a vízből és meg nem próbál a földön járni a békalábal. Az egyik barátom, Richard Leakey paleoantropológus, konzervacionista és Afrika-utazó mindkét lábát elvesztette egy repülőgép-balesetben. Most két pár műlábát váltogat: az egyik páron jókora cipő van, a stabilitás végett, ezt használja járáshoz, a másikat, a békauszonyos párt pedig úszáshoz. Az egyik életmódhoz megfelelő láb nem jó a másikhoz. Nem is lenne könnyű olyan állatot megtervezni, amelyik egyformán jól csinálna két ennyire különböző dolgot.

Teljesen világos, hogy a vidráknak, fókáknak és más tüdővel lélegző, vízben élő állatoknak miért van gyakran tetszés szerint bezárható orrlyukuk. Az úszó emberek sokszor folyamodnak valamilyen segédeszközhöz, például ruhacsipesszerű rugós orrcsipeszhez. Aki megfigyeli a hangyászt, amint egy lyukon át táplálkozik egy hangya- vagy természetbolyból, rögtön megértheti, miért olyan hosszú vékony a pófája és ragadós a nyelve. Ez nem csak a specializált dél-amerikai hangyászra igaz, hanem a vele rokonságban álló afrikai tobzoskára, a földi malacra és a kevésbé közeli rokon erszézyes hangyászra, továbbá a nagyon távoli rokon ausztráliai tüskés hangyászra is. Kevésbé nyilvánvaló, miért lassú minden hangya- vagy természetvő emlős anyagcseréje – hogy mi okozza az emlősök többségéhez képest alacsony testhőmérsékletet és az ennek

megfelelően alacsony mértékű anyagcsereciklust.

Jövendőbeli zoológusunknak az ősi világok és genetikai leírásaik rekonstruálásához egyésítenie kell az intuitív józan ész a módszeres kutatással. Nézzük, hogyan járhat el. Először is sorra vesz olyan állatokat, amelyek nem állnak egymással különösebben közeli rokonságban, de amelyek életük valamely lényeges aspektusát tekintve hasonlóságot mutatnak. Megfelelő tesztcsoport lenne a vízlakó emlősöké. Több mint tucatnyi, egymástól független alkalommal tértek vissza szárazföldi emlősök akár részben, akár teljes egészében a vízi életmódhoz. Onnan tudjuk, hogy ezekre a visszatérésekre egymástól függetlenül került sor, mert közeli unokatestvéreik változatlanul a szárazföldön élnek. A pireneusi dezmán, afféle vízi vakondok, közeli rokonságban áll a mi ismerős földtúró vakondokkal. A dezmánok és a vakondok az *Insectivora* rend tagjai. Az *Insectivora* rendnek az édesvízi élethez egymástól függetlenül alkalmazkodó más tagjai a vízi cickány, a tenrekek kizárólag Madagaszkáron élő csoportjának egyik vízi faja és három más vidracickánycsoport. Ez négy különálló visszatérést jelent a vízbe, egyedül az *Insectivora* rendben. Mind a négy közeli rokona a szárazföldön élő unokatestvéreinek, és hozzáteesszük a többi édesvízi faj listájához. A három vidracickányt egyetlen visszatérésként kell számolnunk, mivel rokonságban állnak egymással, és feltehetőleg valamennyien egy újabb keletű vízi ősz leszármazottai.

A fennmaradt cetek valószínűleg legfeljebb két különálló visszatérést képviselnek: a fogascetek (köztük a delfinek) és sziláscetek. A fennmaradt dugongok és lamantinok közeli rokonai egymásnak, és bizonyára a közös ősük is a tengerben élt: így őket is egyetlen visszatérésként vesszük számításba. A disznófélék családjában a többség a szárazföldön él, a vízilovak azonban részben visszatértek a vízbe. A hódok és a valódi vidrák ősei is visszatértek a vízbe; ezek közvetlenül összevethetők a szárazföldön maradt rokonaikkal, a hód esetében mondjuk a prérikutyával, a vidra esetében pedig a borzzal. A vidramenyétek ugyanannak a nemnek a tagjai, mint a menyétek és a hermelinek (ami olyan közel helyezi őket egymáshoz, amilyen közel állnak egymáshoz a lovak, a zebrák és a szamarak), de ezek félig vízi életmódot folytatnak és részlegesen úszóhártás a lábuk. Ismert egy dél-amerikai vízi erszényes, az erszényes vidra, amelyik közvetlenül összehasonlítható szárazföldön élő rokonaival az

opossumok között. Az ausztrálázsiai tojásrakó emlősök között a kacsacsőrű emlős főként vízben él, a tuskés hangyász a szárazföldön. Tekintélyes listát állítottunk össze az összeillő párokból: az egyes egymástól függetlenül fejlődött vízi csoportok szembeállíthatók az általunk talált legközelebbi szárazföldi rokonaikkal.

Az összeillő párok listájára tekintve azonnal a szemünkbe ötlík néhány sajátosság. A vízlakók többségének legalább részben úszóhártyás a lába; némelyiküknek evező alakúra módosult a farka. Ezek ugyanolyan nyilvánvalóak, mint a hangyászok esetében a hosszú ragadós nyelv. De ahogy a hangyászokra jellemző a lassú anyagcsere, valószínűleg akadnak a vízi emlősökben közös, kevésbé szembevetendő jellegzetességek, amelyek megkülönböztetik őket szárazföldi rokonaiktól. Hogyan fedezzük fel ezeket? Módszeres statisztikai elemzéssel; nagyjából az alábbi gondolatmenet szerint.

Az összeillő párok táblázatát áttekintve minden állat esetében felvesszük ugyanazokat az adatokat. Előzetes elvárások nélkül megmérünk mindent, ami csak eszünkbe jut, medenceszélességet, szemátmérőt, bélcsatorna hosszát, és tucatnyi más méretet, mondjuk a teljes testméret arányában. Mikor elkészültünk, mindezeket az adatokat ömlesztjük számítógépbe és utasítuk, hogy számítsa ki, mely méreteknek magas a *súlyozása* a vízi állatok és szárazföldi rokonaik megkülönböztetésében. Az adatokból kiszámíthatnánk egy-egy „diszkriminációs számot”, úgy, hogy a különféle méretek mindegyikét megszorozzuk egy súlyozási tényezővel. A számítógép szabályozza az egyes méretekhez tartozó súlyozást, hogy maximálja a különbséget a vízi állatok és a szárazföldi párjaik között. A láb úszóhártyaindexe feltehetően erős súlyozással fog előbukkanni az elemzésből. A számítógép fel fogja fedezni, hogy – a vízi és a szárazföldi állatok közötti különbség maximálása esetén – kifizetődő magas értékkel beszorozni az úszóhártyaindexet. Más méreteket – olyan jellegzetességeket, amelyek a világuk nedvességére való tekintet nélkül közősek az emlősökben – nullával kell beszorozni, hogy lényegtelen és zavaró jelenlétüket kiküszöböljük a súlyozott összegből.

Az elemzés végén áttekintjük a méretek súlyozását. Azoknak az adatoknak, amelyek magas súlyozással tűnnek fel, mint a láb úszóhártyaindexe, valamilyen közük van az életmód vízhezkötöttségéhez. Az úszóhártya persze kézenfekvő. Ám azt

reméljük, hogy az elemzés más fontos, kevésbé szembetűnő megkülönböztető tényezőket is feltár, például biokémiai jellegűeket. Ha aztán ezekre rábukkanunk, akkor megvakarhatjuk a fejünket és eltűnődhetünk, milyen kapcsolatban is állnak a vízi illetve a szárazföldi életmóddal. Esetleg további kutatáshoz vezető hipotéziseket állíthatunk fel. De ha nem, minden olyan adat, amelyik statisztikailag szignifikáns különbséget mutat a valamilyen életformához alkalmazkodott állatok és a más életmódot folytató rokonaik között, nagy valószínűséggel valami fontosat árul el nekünk az adott életmódról.

Ugyanezt megtehetjük a génekkel is. Minden arról kialakított előzetes hipotézis nélkül, hogy mit csinálnak a gének, elvégezhetünk egy szisztematikus kutatást az egymással nem rokon vízi állatok körében mutatkozó olyan genetikai hasonlóságokra, amelyek nem közösek a közeli szárazföldi rokonaik révén. Ha erős és statisztikailag szignifikáns hatásokat találunk, ha nem is értjük, mit csinálnak ezek a gének, a vízi világok genetikai leírása tárul a szemünk elé. Ismétlem, a természetes szelekció átlagoló számítógépként működik, elvégzi egy-egy számítás megfelelőjét, nemigen különbözt azoktól a számításoktól, amelyeket a mesterséges számítógépeinkkel hajtatunk végre.

Egy adott faj gyakran folytat egymástól szélsőségesen eltérő életmódokat. A hernyó és a belőle kialakuló pillangó ugyanannak a fajnak a tagjai, ám hipotetikus zoológusunk teljesen különböző életmódot rekonstruál az esetükben. A hernyó és a pillangó pontosan ugyanazt a génkészletet tartalmazza, és a géneknek mindkét környezetet le kell írniuk, de külön-külön. Feltehetően az egyik génkészlet a növényrágó, fejlődő hernyófázisban kapcsol be, egy jórészt eltérő génkészlet pedig a felnőtt, szaporodó, nektárevő fázisban.

A legtöbb faj hímjei és nőtényei legalább bizonyos mértékig eltérő módon élnek. A különbség egészen végletes az ördöghalnál, ahol a hím apró parazitikus kidudorodásként függeszkedik a nagy termetű nőtény testén. A legtöbb faj esetében, ideértve a miénket is, a nőtény és a hím egyaránt tartalmazza a gének többségét, hogy akár hím, akár nőtény lehessen. A különbség abban áll, hogy mely gének vannak bekapcsolva. A nemünktől függetlenül mindannyiunknak vannak génjei pénisz, és génjeink méh készítésére. (Mellesleg itt angolul a

„sex” a „nem”-re helyesen alkalmazott szó, nem pedig nyelvtani nemet jelölő „gender”, mely utóbbit szavakra és nem élőlényekre vonatkoztatják. Németül a „lány” – *Mädchen* – semleges nemű szó, de élőlényként természetesen nőnemű. Az indián nyelvek jellemzően kétféle nyelvtani nemet különböztetnek meg, az élő és az élettelen. A nyelvtani nem egyes nyelvcsoportokban egybeesik a tényleges nemmel. Amikor a tényleges nemre gondolva a nyelvtani nemre utaló szót használják, az olyan politikai indíttatású, mely alól – mint gúnyosan mondják – erősen kilóg a nyugati imperializmus lólába; már ha lehet ilyent mondani. Mindenesetre semmivel sem rosszabb, mint összekeverni a nyelvtani nemet a ténylegessel.) Jövőbeli zoológusunk, akár egy hím, akár egy nőstény testét olvassa, nem fog teljes képhez jutni a faj ősi világairól. Másfelől a faj bármely tagjának *génjei* csaknem elegendőek lesznek ahhoz, hogy rekonstruálja a faj által folytatott életmódok teljes skálájának képét.

A Genetikai halottaskönyv nézőpontjából igazi különlegesség és elbűvölő tétel a parazitikus életmódot folytató kakukk. Mint jól tudjuk, a kakukkokat soha nem kakukkok, hanem más fajokból való mostohaszülők nevelik fel, de nem mindegyiket ugyanaz a mostohaszülőfaj. Britanniában némelyiket réti pityer neveli, némelyiket nádi poszáta, kevesebbet vörösbegy, némelyiket különféle más fajok, de a legtöbbet erdei szürkebegyek. Történetesen a mi kíváló szürkebegy-specialistánk és a *Dunnoch Behaviour and Social Evolution* (Az erdei szürkebegy viselkedése és szociális evolúciója, 1992) című mű szerzője egyúttal a kakukk biológiájának vezető kutatója, Nicholas Davies a Cambridge Universityről. Beszámolómat Davies és munkatársa, Michael Brooke művére fogom alapozni, mert különösen alkalmas rá, hogy bevessük a fajnak az ősi világokról szerzett „tapasztalatának” nyelvébe. Amennyiben nem jelzem külön, a közönséges kakukkra, a *Cuculus canorus*-ra. fogok utalni.

Bár az esetek 10 százalékában tévednek, a nőstény kakukk rendszerint ugyanolyanfajta fészekbe rakja a tojását, amilyenbe az anyja, az anyai nagymama, az anyai dédanyja és így tovább. A fiatal tojók feltehetően megtanulják a „mostohafészük” jellegzetességeit, és megkeresik, amikor eljön a tojásrakásuk ideje. Ami tehát a tojókat illeti, vannak szürkebegy-kakukkok, nádi poszáta-kakukkok, réti pityer-kakukkok és így tovább, és ebben a tulajdonságban osztoznak a női ági rokonaikkal. Ezek azonban nem különböző fajok, még csak

nem is különböző alfajok a szó szokásos értelmében, hanem klánok; a klán azért nem igazi alfaj vagy faj, mert a hím kakukkok kimaradnak belőle, ők ugyanis egyik klánba sem tartoznak. Mivel a hímek nem raknak tojásokat, soha nem kell mostohafészket választaniuk. És amikor egy hím kakukk párosodni készül, egyszerűen csak párosodik egy nőstény kakukkal, tekintet nélkül annak klánjára, és tekintet nélkül a mostohaszülő fajtára, amelyik akármelyiküket felnevelte. Ebből az következne, hogy a klánok között génáramlás folyik. A hímek géneket visznek át egyik nősténytől a másikra. Egy nősténynek az anyja, az anyai nagyanyja és az anyai dédanyja ugyanahhoz a klánhoz tartozik. De az apai nagyanyja, mindkét apai dédanyja és valamennyi női őse, akikhez bármely hím ösön át kapcsolódik, akármelyik klánba tartozhatnak. A gén „tapasztalatának” nézőpontjából roppant érdekes a következmény. Idézzük csak fel, hogy a madarak nőstényeinek két különböző, X és Y kromoszómája van, míg a hím madaraknak két X kromoszómájuk. Gondoljuk végig, mit jelent ez a gének ősi tapasztalata szempontjából egy Y kromoszómán. Mivel ez következetesen és rendíthetetlenül a női ágon adódik tovább, soha nem téved a hím tapasztalat ágára, hanem szigorúan egy klánon belül marad: például egy szürkebegy-kakukk Y kromoszóma vagy egy réti pityer-kakukk Y kromoszóma. Nemzedékről nemzedékre ugyanaz a gén mostohaszülő-„tapasztalata”. Ebben a tekintetben különbözik minden más géntől a kakukokban, mert azok mindegyike töltött időt hím testekben, tehát szabadon jártak át a női klánok között, és gyakoriságuk arányában tapasztalta meg őket.

A géneknek, mint az ősi környezetek leírásainak ezen a nyelven a kakukkgének többsége nem lesz abban a helyzetben, hogy leírja azokat a jellegzetességeket, amelyek közösek a mostohafészkek teljes vonulatában, amelyeken a faj élősködött. Az Y kromoszóma gének kizárólag csak az egyik típusú mostohafészket, a mostohaszülők egyik fajtát fogják leírni. Ez azt jelenti, hogy az Y kromoszómán elhelyezkedő gének – ahogy más kakukkgéneknek nem áll módjában – abba a helyzetbe kerültek, hogy különleges fogásokat fejlesszenek ki fennmaradásra a maguk meghatározott mostohafajának fészkeiben. Miféle fogásokat? Nos, a kakukktojások többnyire legalább némiképp utánozzák a mostohafajok tojásait. A réti pityer fészkebe rakott kakukktojás olyan, mint egy nagy rétipityer-tojás. A nádiposzátafészekbe rakott kakukktojás olyan, mint egy nagy

nádiposzátozás. A barázdabillegető-fészekbe rakott kakukktójas hasonlít a barázdabillegető-tójasokra. Ez feltehetőleg előnyös a kakukktójasoknak, amelyeket máskülönben kilöknének a mostohaszülők. De gondoljuk csak végig, mit jelent mindez a gének szempontjából.

Há a tojás színéért felelős génnek az Y kromoszómát kivéve bármilyen kromoszómán elhelyezkedhetnének, azok hímeiken át kerülnének a mindenféle klánba tartozó nőtények testébe. Vagyis bekerülnének valamennyi típusú gazdafészekbe, és nem érvényesülne tartós szelekciós nyomás egy-egy tojástípus utánzására. Ilyen körülmények között a kakukktojásoknak nemigen sikerülne utánoznia bármilyen sajátosságot, a minden gazdatojásra jellemző legáltalánosabb vonásokon kívül. Bár nincs rá közvetlen bizonyíték, ésszerű arra következtetni, hogy a tojásmimikriért felelős specifikus génnek a kakukk Y kromoszómáján tanyáznak. A nőtények hordozzák őket nemzedékről nemzedékre ugyanazon gazdafészekbe. Ősi „tapasztalatukat” tehát ugyanaz a gazda határozza meg, és ez fogja kifejteni a szín- és pettyezési mintát a gazdatojások utánzása felé terelő szelekciós nyomást.

Akad azonban egy feltűnő kivétel. A szürkebegyfészkekbe rakott kakukktojások nem hasonlítanak a szürkebegytojásokra. Egymáshoz képest nem mutatnak nagyobb változatosságot, mint a nádiposzáta-vagy a rétipityer-fészkekbe rakott tojások; színük jellemző a kakukkok szürkebegyklánjáéra, és kevésbé hasonlít más klánok tojásaira, ám a szürkebegytojásokra sem. Mi ennek az oka? Felmerülhetne, hogy az egyszínű halványkék szürkebegytojásokat nehezebb utánozni, mint a rétipityer- vagy a nádiposzáta-tojásokat. Talán a kakukkok fiziológiailag alkalmatlanok halványkék tojások előállítására? Mindig gyanakodva fogadom az efféle „utolsó mentsvár” jellegű elméleteket, és ebben az esetben bizonyítékunk van az ellenkezőjére. Finnországban él egy kakukk-klán, amelyik rozsdás farkú gébicseken élőszködik, a gébicseknek pedig ugyancsak halványkékek a tojásaik. Ezek a mi brit kakukkjainkkal egyazon fajba tartozó kakukkok a gébicstojásokkal gyönyörűségeken egyező tojásokat állítanak elő, ami megkérdőjelezhetetlenül bizonyítja, hogy a brit kakukkoknak a szürkebegy-tojások utánzásában vallott kudarca nem intézhető el az egyöntetű, pettyezetés nélküli kék színezés megvalósításának eredendő képtelenségével.

Davies és Brooke szerint a valódi magyarázat a szürkebegyek és a kakukkok közötti kapcsolat újkeletűségében rejlik. A kakukkok evolúciós időskálán minden gazdafajjal fegyverkezési versenyben állnak, és a szóban forgó klán csak nemrégiben „támadta meg” a szürkebegyeket. Következésképpen a szürkebegyeknek nem volt elegendő idejük kifejleszteniük az ellenfegyvereket. És a szürkebegy-kakukkoknak sem volt idejük kifejleszteni a szürkebegytojásokat utánzó tojásokat, vagy éppenséggel még nem is szorultak rá, hiszen a szürkebegyek nem alakították ki az idegen tojások megkülönböztetésének szokását. Ennek a fejezetnek a nyelvén sem a szürkebegy-génállomány, sem a kakukkgénállomány (vagy inkább a szürkebegy-kakukk klán Y kromoszómája) nem szerzett elég tapasztalatot a másikról az ellenfegyverek kifejlesztéséhez. A szürkebegy-kakukkok abban járnak előbbre, hogy sikerül túljárniuk egy korábbtól eltérő gazdafaj eszén – ezt a fegyvert kapták örököltől a női őstől, amelyik először rakott tojást szürkebegyfészekbe.

Ebből a szempontból a réti pityerek, nádiposzták, barázdabillegetők a maguk kakukk-klánjának régi ellenségei. Mindkét oldalon rengeteg idő állt rendelkezésre a fegyverzet tökéletesítésére. A gazdák éles szemre tettek szert, hogy felfedezhessék a hamis tojást, mire a kakukkok ravasz álruhákba kezdték öltöztetni a tojásaikat. A vörösbegyek közbeeső szakaszt képviselnek. A rajtuk élősködő kakukkok tojásai hasonlítanak ugyan a vörösbegytojásokra, de nem nagyon. A vörösbegyek és a kakukkok vörösbegyklánja közötti fegyverkezési verseny minden jel szerint már tart, de egyelőre viszonylag kezdetleges fegyverekkel. Ebben az esetben a vörösbegy-kakukkok Y kromoszómái valamelyest már tapasztaltak, de leírásuk a nem túl régi (vörösbegy) környezetről még vázlatos, és más, korábban „megtapasztalt” fajok leírásai szűrődnek bele.

Kísérleteik során Davies és Brooke különbözőfajta tojásokat helyezett különböző madárfajok fészkébe. Arra voltak kíváncsiak, mely fajok fogadják el illetve vetik el az idegen tojásokat. A hipotézisük úgy szólt, hogy azok a fajok, amelyek fegyverkezési versenyben álltak a kakukkokkal, a genetikai „tapasztalatuk” jóvoltából nagyobb valószínűséggel utasítják el az idegen tojásokat. Ennek ellenőrzéséhez még kakukkgazdának egyáltalán nem is alkalmas fajokat is megvizsgáltak. A kakukkfíókákat rovarokkal és férgekkel kell táplálni; azok a fajok, amelyek magvakkal etetik a

fiókáikat, vagy lyukakban fészkelnek, ahová a nőtény kakukkok nem jutnak be, nincsenek kitéve efféle veszélynek. Davies és Brooke megígérte, hogy az ilyen madarakat nem fogja aggasztani, ha idegen tojásokat találnak a fészkekben. És így is történt. Ugyanakkor a kakukkok fészkeparazitása számára megfelelő fajok, mint az erdei pintyek, szőlőrigók és feketerigók, erősebb hajlandóságot mutattak a kísérleti tojások elutasítására, amelyeket a kakukkot játszó Davies és Brooke helyezett a fészkekbe. A légykapók potenciálisan sebezhetők, amennyiben kakukksbarát étrenden nevelik a fiókáikat. De míg a szürke légykapóknak nyitott és hozzáférhető a fészkek, a kormos légykapók lyukakban fészkelnek, ahová a nőtény kakukk nem fér be. Amikor a kísérletezők idegen tojásokat tettek a fészkekbe, a „tapasztalatlan” génállományú kormos légykapók tiltakozás nélkül elfogadták az idegen tojásokat; a szürke légykapók ellenben kidobták, ami arra utal, hogy a génállományuk rég kiokosodott a kakukkfenyegetés tekintetében.

Davies és Brooke hasonló kísérleteket végzett olyan fajokkal, amelyeken ténylegesen élösködnek kakukkok. A réti pityerek, nádiposzták és barázdabillegetők többnyire elutasították a mesterségesen odatett tojásokat. A szürkebegyek „az ősi tapasztalat hiánya” hipotézisnek megfelelően nem, ahogy az ökörszemek sem. A vörösbegyek és az énekes nádiposzták közbeeső helyet foglaltak el. A másik végletet a nádi sármányok jelentették: ezek ugyan megfelelő gazdák lennének a kakukkok számára, de teljes mértékben elutasítják az idegen tojásokat: nem csoda hát, hogy mégsem élösködnek rajtuk a kakukkok. Davies és Brooke magyarázata feltehetően az lenne, hogy a nádi sármány a kakukkokkal folytatott régi fegyverkezési verseny másik oldalán állt, és végül győzött. A szürkebegyek még a fegyverkezési verseny elején tartanak. A vörösbegyek valamivel előbbre a magukéban. A réti pityerek, cserregő nádiposzták és a barázdabillegetők javában vívják a magukét.

Amikor azt mondjuk, hogy az erdei szürkebegyek éppen csak elkezdtek a fegyverkezési versenyt a kakukkokkal, az „éppen csak” természetesen evolúciós időléptékben értendő. Emberi lépték szerint azért meglehetősen régi lehet. Az *Oxford English Dictionary* egy 1616-os hivatkozást idéz a *Heisugge*-ra. (archaikus szó a havasi vagy az erdei szürkebegyre): „olyan madár, amelyik kikölti a kakukkttojásokat”. Davies a következő sorokat idézi az egy évtizeddel

korábban íródott *Lear királyból* (I, IV):

Ökörszem⁴ a kakukfiút
Mindaddig eteti,
Míg végre az szegény fejét
Bekapja s megeszi.

És a tizennegyedik században Chaucer így örökítette meg a *Madarak parlamentjében*, hogyan bánik a kakukk a szürkebeggyel:

Ó, te, gyilkosa kicsiny verébnek,⁵
ki felnevelt, gyalázatos falánk!

Hozzá kell tenni, hogy a középkori ornitológia meglehetősen szabadon kezeli az elnevezéseket. Maga Chaucer rendszerint szabatosan használta a nyelvet, mindazonáltal a *sparrow* („veréb”) nevet időnként annak adja, amit ma a szakmai zsargon LBB-nek hív (*little brown bird* = kis barna madár). Hasonlóképp járhatott el Shakespeare is az alábbiakban (IV. Henrik, I. rész, V. felvonás, 1. szín):

S bár mi tápláltunk, úgy bántál velünk,
Mint a nemtelen sarj, kakukfióka
A verébbel: fészünknek tönkretetted,
S táplálékunkból oly nagyra nőttél,
Hogy szeretetünk is félt közeledben
A megfojtástól...

A *sparrow* manapság a házi verebet (*Passer domesticus*) jelenti, amelyen soha nem élösködik kakukk. Az alternatív *hedge-sparrow* név ellenére az erdei szürkebegy (*Prunella modularis*) nem áll rokonságban vele; csak abban a nagyon tág értelemben „veréb”, hogy ugyancsak kis barna madár. Mindenesetre Chaucer tanúságát alapul véve a kakukkok és a szürkebegyek közötti fegyverkezési verseny legalább a tizennegyedik századig nyúlik vissza; Davies és Brooke teoretikus számításokba bocsátkozik, hogy ez a verseny – figyelembe

⁴ Eredetiben: hedge-sparrow (szürkebegy; szó szerint: sövény-veréb)

⁵ Eredetiben: heysoge = hedge-sparrow

véve a kakukkok viszonylagos ritkaságát – evolúciós értelemben még kellőképp új keletű ahhoz, hogy indokolja a szürkebegyek látszólagos naivitását, amikor kakukkokkal kerülnek szembe.

Mielőtt magukra hagynánk a kakukkokat, tűnődjünk el azon az érdekes lehetőségen, hogy egyidejűleg több klánja létezhetne mondjuk a vörösbegy-kakukkoknak, amelyek egymástól függetlenül építették fel a tojásmimikrijuket. Mivel nincs közöttük az Y kromoszómát érintő génáramlás, precíz tojásutánzók együtt létezhetnének kevésbé felületesebb tojásutánzókkal. Mindegyik képes párosodni ugyanazokkal a hímekkel, de nem osztoznak ugyanazokon az Y kromoszómákon. A pontos utánzók olyan nőstény leszármazottai lennének, amelyik régen ráállt a vörösbegyeken való élősködésre. A kevésbé pontos utánzók egy másik nőstény leszármazottai lennének, amelyik később, valószínűleg egy korábbi, eltérő gazdafajról váltott át a vörösbegyre.

A hangyák, a természetek és más államalkotó rovarfajok másféleképpen különösek. Steril dolgozók általában számos „kasztra” oszlanak: katonákra, közepes (középméretű) dolgozókra, kis dolgozókra és így tovább. Minden dolgozó, bármelyik kaszthoz tartozik is, tartalmazza mindazokat a géneket, amelyek bármelyik másik kasztba átváltoztathatják. A különböző génkészletek különböző nevelési körülmények között kapcsolódnak be. Ezeknek a nevelési körülményeknek a szabályozásával éri el a kolónia a kasztok kedvező egyensúlyát. Az egyes kasztok között gyakran egészen végletesek a különbségek. Az ázsiai hangyafaj, a *Pheidologeton diversus* esetében a nagy dolgozó kaszt (amelyik arra specializálódott, hogy sima utakat döngöljön a boly többi tagja számára) 500-szor nehezebb a kis termetű kasztnál, amelyik a dolgozó hangyák szokásos feladatait végzi. Egyazon génkészlet vezérli a lárvá fejlődését akár óriássá, akár törpévé, attól függően, mely gének vannak bekapcsolva. A mézesbödön hangyák a boly mennyezetéről csüngő mozdulatlan tartályok, potrohukat áttetsző sárga gömbökké dagasztja a nektár. Egy hangyaboly szokásos feladatait – a védelmet, az élelmezést és ebben az esetben az eleven tartályok feltöltését – a közönséges dolgozók látják el, melyeknek nincs felfúvódva a potrohuk. A közönséges dolgozók génjei lehetővé teszik, hogy mézesbödönök legyenek, a mézesbödönökéi ugyanígy alkalmasak arra, hogy közönséges dolgozók legyenek. Mint a hím és a nőstény esetében, a testformában

mutatkozó különbségek attól függenek, hogy mely gének vannak bekapcsolva. Ezt a hangyák esetében a környezeti tényezők – valószínűleg az étrend – határozzák meg. A jövőbeli zoológus a testből nem, de a faj bármely tagjának génjeiből kiolvashatná a különböző kasztok eltérő életmódját.

Az európai kerti csiga (*Cepaea nemoralis*) számos színben és mintában jelenik meg. A ház háttérszíne hat különböző árnyalat bármelyike lehet, dominancia-sorrendben (genetikai értelemben): barna, sötét rózsaszín, világos rózsaszín, nagyon halvány rózsaszín, sötétsárga, világossárga. Ezen az alapon 0-5 csík tűnhet fel. Az államalkotó rovarokkal ellentétben nem igaz, hogy minden egyedi csiga genetikailag alkalmas rá, hogy a különböző formák bármelyikét felvegye, továbbá ezeket a csigák közötti különbségeket nem a nevelés eltérő körülményei határozzák meg. A csíkos csigáknak olyan génjeik vannak, amelyek meghatározzák a csíkjaik számát, a sötét rózsaszínű egyedeknek olyanok, amelyek sötét rózsaszínűvé teszik őket. De valamennyi fajta párosodhat egymással.

A sok különféle típusú csiga (polimorfizmus) fennmaradásának okait, akárcsak magának a polimorfizmusnak a részletes genetikáját kimerítően tanulmányozta iskolájával A. J. Cain angol zoológus és a néhai P. M. Sheppard. Az evolúciós magyarázat úgy szól, hogy a faj különböző előfordulási helyeket jár be – erdőség, füves vidék, csupasz talaj – és az egyes helyek másféle színmintát igényelnek a madarak előli álcázáshoz. A bükkfa-csigák kereszteződés révén tartalmazznak géneket a legelőről; egy kréta dombvidéki csiga néhány génje előzőleg erdei ősök testében maradt fenn, és a csiga többi génjétől függően lehet a csíkozás a hagyatékuk. Jövőbeli zoológusunknak a faj mint egész génállományát meg kell megvizsgálnia, hogy rekonstruálhassa az ősi világok teljes vonulatát.

Ugyanúgy, ahogy a *Cepaea* csigák különböző térbeli helyeken fordulnak elő, bármely faj ősei időről időre megváltoztathatták az életmódjukat. A házi egér, a *Mus musculus* manapság a mezőgazdaság hívatlan haszonélvezőjeként csaknem kizárólag emberi lakhelyeken vagy azok környékén él. De életmódjuk az evolúciós normákhoz mérten új keletű. Az emberi mezőgazdaság létezése előtt nyilván mással kellett táplálkozniuk. Akkori étrendjük eléggé hasonló lehetett a genetikai adottságaik számára, hogy igénybe vegyék a mezőgazdaság egyszer csak megnyílt élestarát. Az egerek és a

patkányok, ezek az életrevaló opportunisták olyan géneket hordoznak, amelyek valószínűleg sokféle életmódot követve segítették az őseiket az életben maradásban, és mindmáig hordozzák a mezőgazdaság előtti géneket. Aki kísérletet tesz génjeik „kiolvasására”, az ősi világok leírásának zavarba ejtő palimpszesztoszába ütközik.

Minden emlős DNS-e egyaránt leírja a nagyon ősi és az újabb környezetek különféle sajátosságait. A teve DNS-e egykor megismerte a tengert, de már jó 300 millió éve nincs ott; azóta javarészt sivatagokban töltötte az idejét, és arra programozott testeket, hogy állják a port és tároljanak vizet. Mint a homokfalak, melyeket fantasztikus formákba faragott a sivatagi szél, mint a sziklák, amelyeket az óceán hullámai formálnak, a teve DNS-t az ősi sivatagokban és a még ősbib tengerekben fennmaradás formázta úgy, hogy megalkossa a modern tevét. A teve DNS a teveősök változó világairól beszél – bárcsak értenénk! Ha tudnánk olvasni ezen a nyelven, a tonhal és a tengeri csillag DNS-e írásba foglalt „tenger” lenne. A vakondok és a földigilisza DNS-e „föld alattit” jelentene; a cápa és a gepárd DNS-e „vadászt”, továbbá a tengerről és a szárazföldről tudósító üzeneteket. A bálna és a dugong DNS-e feltehetőleg nagyon ősi tengereket írna le, meglehetősen régi szárazföldeket és újabb keletű tengereket: megint csak megannyi bonyolult palimpszesztosz.

A környezet gyakran vagy nagy jelentőséggel előforduló tulajdonságai a ritka vagy lényegtelen tulajdonságokkal összevetve, erősen nyomatékosak vagy „súlyozottak” a genetikai leírásban. A múlt távolába vesző környezeteknek más módon a súlyozása, mint az újabb keletűeké, feltehetően alacsonyabb, de nem lineárisan. A faj történetében hosszú időn át fennmaradt környezeteknek nagyobb lesz a súlyozása genetikai környezetben, mint azoknak a környezeti eseményeknek, amelyek, bármilyen drasztikusnak tűntek is a maguk idejében, geológiai léptékű szalmazalágnak tekinthetők csupán.

Poétikusan fel szokták emlegetni, hogy a vérnek az állítólag az őstengerre emlékeztető biokémiájában visszatükröződik minden szárazföldi élet régmúlt tengeri inaskodása. Vagy afféle magántavacsakaként írják le a folyadékot a hullótojásában, a tényleges tavak maradványaként, ahol a távoli kételtű ősök lárvái növekedtek. Hogy az állatok és a génjeik magukon viselik az ősi történelem ilyen bélyegét, annak nyomós gyakorlati oka van. Nincs történelem pusztán

a történelem kedvéért. Nézzük, mit értek ez alatt. Amikor távoli őseink a tengerben éltek, merőben funkcionális okokból sok biokémiai és anyagcsere-folyamatunk idomult a tenger kémiaiához – génjeink pedig a tengeri kémiai környezetet írták le. De (az „önző kooperátor” okfejtésünk értelmében) a biokémiai folyamatokat nemcsak a külvilág határozta meg, hanem egymást is befolyásolták. A világ, amelybe beleillettek, a testben található többi molekulát is tartalmazta, valamint a részvételükkel zajló biokémiai folyamatokat. Amikor aztán ezeknek a tengeri állatoknak a kései leszármazottai a szárazföldre költözve egyre inkább alkalmazkodtak a száraz, levegős világához, megmaradt a biokémiai folyamatok régi alkalmazkodása egymáshoz, és mellel a tenger kémiai „emlékéhez”. Hogy is lehetne másként, amikor a sejtekben és a vérben található különféle molekulák számukban nagyságrendekkel múlják felül a külvilággal érintkező különféle molekulákat? A gének csak nagyon közvetett értelemben jelentik az ősi környezetek leírásait. Közvetlenül, miután „lefordítódnak” a fehérjemolekulák párhuzamos nyelvére, és az embrionális egyedfejlődésre vonatkozó utasításokat írnak le. A faj génállománya mint egész idomul ahhoz a környezethez, amellyel az ősök találkoztak – és ezért mondtam, hogy a faj statisztikai átlagolókészülék. A mi DNS-ünk a közvetett értelemben azon világok kódolt leírása, ahol az őseink éltek és fennmaradtak. Hát nem megragadó gondolat? Az afrikai pliocén digitális archívumai vagyunk, sőt a devonkori tengereké is, a régi idők bölcsességének megannyi járkáló tárháza. Egész életünket eltölthetnénk ennek az ősi könyvtárnak a köteteit bújva, és úgy halnánk meg, hogy nem tudtunk betelni a csodájával.

11. A világ újrászövése

Mióta az eszemet tudom, számomra mindig a színükben és a hangjukban nyilvánultak meg és jutottak kifejezésre a dolgok; ezért szokás szerint mint színesekre és rezonánsokra gondolok rájuk. Ennek magyarázata részben a szokás, amihez hozzájárul a lelki hajlam, az agy pedig a maga ötérvékű felépítésével a magáénak követeli és magyarázza a fennmaradó hányadot. Mindent együttvéve a világ egysége megköveteli, hogy legyen benne szín, akár felfogom, akár nem. Nemhogy tehát kirekeszteném, inkább kiveszem belőle a részem és beszélek róla, és osztozom a hozzám közel állók boldogságában, amikor belefeledkeznek a naplemente vagy a szivárvány szépséges árnyalataiba.

HELEN KELLER: Életem története (1902)

Míg a faj génállománya az ősi világok modelljeinek halmazává formálódik, az egyed agya az állat saját világáról alkotott modellek sorozatának ad otthont. Mindkettő a múlt leírásainak felel meg, és egyaránt arra való, hogy segítséget nyújtson a fennmaradásban, átsegítse a fajt illetve az egyedet a jövőbe. A különbség az időléptékben és a relatív egyedülállóságban rejlik. A genetikai leírás a fajhoz, mint egészhez tartozó kollektív emlékezet, és a meghatározatlan múltba nyúlik vissza. Az agy emlékezete egyedüli és az egyednek a születése óta felhalmozott tapasztalatait tartalmazza.

Szubjektív ismeretünk egy ismerős helyről voltaképpen a hely modelljeként jelenik meg számunkra. Nem pontos, méretarányos modell, bizonyosan jóval kevésbé pontos, mint amilyennek véljük, a kívánt célokra azonban megfelel. Ennek az elképzelésnek egyik megközelítését vetette fel néhány évvel ezelőtt Horace Barlow cambridge-i fiziológus, mellesleg Charles Darwin egyenes ági leszármazottja.

Barlow-t különösen a látás foglalkoztatja, és okfejtése abból az észrevételből indul ki, hogy egy tárgy felismerése sokkal nehezebb probléma, mint amilyennek mi, akik látszólag minden erőfeszítés nélkül használjuk a látásunkat, általában felfogjuk.

Szerencsére nem is kell a tudatában lennünk, milyen félelmetesen okos dolgot művelünk életünk minden egyes ébren töltött pillanatában, amikor látunk és felismerünk tárgyakat. Az „érzékszervek” feladata, azaz az őket bombázó fizikai ingerek lebontása könnyű, összevetve az agy feladatával, a világ belső,

hasznavehető modelljének újraszövéseivel. A gondolatmenet valamennyi érzékelési rendszerünkre érvényes, de én főként a látásnál maradok, mert az a legfontosabb számunkra.

Képzeljük el, milyen problémát kell megoldania az agyunknak, amikor felismer valamit, mondjuk egy a betűt. Vagy gondoljuk végig egy bizonyos arc felismerésének a problémáját. Régi, belterjes konvenció alapján tételezzük fel a szóban forgó hipotetikus arcról, hogy J. Lettvin, a kitűnő neurobiológus nagymamájaé, de helyettesíthetjük bármely az olvasó által ismert arccal, vagy végső soron bármilyen felismerésre alkalmas tárggyal. Itt nem foglalkozunk a szubjektív tudattal, azzal a bonyolult filozófiai problémával, hogy mit jelent a *tudatában lenni* a nagymama arcának. Egy sejt az agyban, amelyik akkor, és csak akkor sül ki, ha a nagymama arca megjelenik a retinán, jól megteszi kiindulásként. Könnyű volna a helyzetünk, ha feltételezhetnénk, hogy az arc képe mindig a retina egy bizonyos részére esik. Akkor a rendelkezésünkre állna egy kulcslyukelrendezés, a sejtek nagymama alakú övezetével a retinán, amelyek az agyban bekapcsolnak egy nagymamajelző sejtet. Más sejtek – az „ellenkulcslyuk” tagjai – gátló módon kapcsolódnának be, máskülönben a központi idegsejt egy fehér lapra ugyanolyan erősen válaszolna, mint a nagymama arcára, amelyet szükségszerűen „tárolna”, minden más elképzelhető képpel együtt. A kulcsképre válaszolás lényege, hogy minden másra viszont elkerüljük a választadást.

A kulcslyukstratégiát kizárja a számok pusztá ereje. Még ha Lettvinnek nem is kellene semmi mást felismernie a nagymamáján kívül, hogyan tudna megbirkózni vele, ha a nagymama képe a retina más részére esik? Hogyan birkózna meg a kép változó méretével és alakjával, ahogy elmosolyodik vagy összevonja a szemöldökét? Ha összeadjuk a kulcslyukak és az ellenkulcslyukak minden lehetséges kombinációját, a számok csillagászati tartományba lépnek. Ha figyelembe vesszük, hogy Lettvin nemcsak a nagymamája arcát ismeri fel, hanem száz és száz másik arcot, a nagymamája és más emberek egyéb részeit, az ábécé összes betűjét, mindazt a sok ezer tárgyat, amelyeket egy átlagos ember azonnal meg tud nevezni, minden lehetséges orientációban és látszólagos méretben, hamar kicsúszik a kezünkől az indító sejtek robbanása. Fred Attneave amerikai pszichológus, aki ugyanazzal az általános elképzeléssel állt elő, mint

Barlow, a következő számítással érzékeltette a kérdést: ha csak egyetlen agysejtnek kellene kulcslyuk módszerrel megbirkóznia minden egyes képpel, amelyeket minden megjelenésében meg tudunk különböztetni, az agy tömegének köbfényévekre kellene rúgnia.

Hogyan lehetséges akkor, hogy mégis el tudjuk végezni ezt a feladatot a csak száz köbcentiméterekben mérhető kapacitású aggyal? Az 1950-es években Barlow és Attneave egymástól függetlenül adta meg a választ. Felvetésük szerint az idegrendszer a minden érzékszervi információban fellelhető erős redundanciát használja ki. A redundanciát az információelméletben először a telefonvonalak kapacitásának ökonómiájával foglalkozó mérnökök használták műszóként. Az információ, szakmai értelemben, meglepetésérték, amelyet a várt valószínűség ellentétéként mérnek. A redundancia az információ ellentéte, az, ami nem meglepő, a szokásosság mértéke. A redundáns üzenetek vagy üzenetrészek nem informatívak, mert a vevőkészülék bizonyos értelemben már tudja, mi következik. Az újságok nem hozzák le szalagcímmel, hogy „Ma reggel felkelt a Nap”. Ez gyakorlatilag zéró információt hordozna. De ha ránk köszöntene egy reggel, amikor nem kel fel a Nap, a szalagcímszerzők úszhatnának a boldogságban, már amennyiben valamelyikük életben maradna. Magas lenne az üzenet meglepetésértékeként mért információtartalom. A beszélt és az írott nyelv nagy része redundáns. Így lehetséges tömöríteni a táviratot: a redundancia elvész, az információ megmarad.

Minden, amit a koponyánkon kívüli világról tudunk, az idegsejteken át jut el hozzánk, melyeknek az impulzusai olyan sűrűn kerepelnek, akár a géppuska. Az idegsejten azoknak az impulzusoknak a lövöldözése halad végig, melyeknek a feszültsége változatlan (vagy legalábbis lényegtelen), de beérkezési üteme jelentősen változik. Most gondolkodjunk el a kódolási alapelveken. Hogyan fordítanánk le a külvilágról szóló információt, mondjuk egy oboa hangját vagy a fürdővíz hőmérsékletét, impulzuskódra? Az első megoldás egy egyszerű ütemkód lenne: minél forróbb a fürdővíz, annál gyorsabban tüzelne a géppuska. Más szóval az agynak lenne egy hőjelzője, a beérkezési sebesség szerinti fokbeosztással. Valójában ez nem jó kód, mert nem takarékos az impulzusok tekintetében. A redundancia kihasználásával szerkeszthetők olyan kódok, amelyek kevesebb impulzussal közvetítik ugyanazt az információt. A világban többnyire hosszabb időtartamon át nem változik (jelentős mértékben)

a hőmérséklet. Az ugyanazzal a géppuskaszerűen ropogó impulzusütemmel jelzett „forró, forró, még mindig forró...” helyett érdekesebb azt mondani: „Hirtelen forró lett” (és akkor feltételezhetjük, hogy további figyelmeztetésig így is marad).

Megnyugtató módon többnyire pontosan ezt teszik az idegsejtek, ráadásul szinte mindennek a jelzésére. A legtöbb idegsejt a világban észlelhető *jelváltozásokra* érzékeny. Ha egy trombita hosszú, kitartott hangot játszik, az agynak erről beszámoló jellegzetes idegsejt az impulzusok következő mintáját fogja mutatni: mielőtt a trombita megszólal, alacsony az ütem; közvetlenül azután, hogy megszólal a trombita, magasra szökik a tüzelési sebesség; amikor kitarítja a hangot, a tüzelési sebesség ritka kopogássá csökken; abban a pillanatban, hogy a trombita elhallgat, megint megnő a tüzelési sebesség, majd ismét háttérkopogássá csendesedik. Vagy lehetne az idegsejteknek egy olyan csoportja, amelyik csak a hangok elindulásakor ad impulzust, és egy másik osztályuk, amelyik csak akkor, ha a hang elhal. A redundancia hasonló kihasználása – az *egyformaság* kiszűrése a világban – zajlik azokban a sejtekben, amelyek a fény-, a hőmérséklet-, a nyomásváltozásokról tájékoztatják az agyat. Minden, ami a világban lejátszódik, *változásként* nyilvánul meg, ami lényeges megtakarítást jelent.

Mi viszont nem úgy halljuk, mintha elhallgatna a trombita. Számunkra a trombita ugyanazzal a hangerővel szól tovább, hogy aztán egyik pillanatról a másikra elhallgasson. Hát persze: ez az, amire az ötletes kódrendszer révén számítunk. Nem vet el információt, csak redundanciát. Az agy csak a változásokról értesül, és ahhoz rekonstruálja aztán a többi. Barlow ugyan nem így fogalmazta meg, de mondhatnánk, hogy az agy egyfajta virtuális hangot épít fel azon üzenetek felhasználásával, amelyekkel a fülből érkező idegek látják el. A rekonstruált virtuális hang teljes és ép, még ha maguk az üzenetek takarékosan a változásokról szóló információra szorítkoznak is. A rendszer működik, mert a világ állapota egy adott időben rendszerint nem különbözik nagymértékben a megelőző pillanattól. Csak akkor lenne gazdaságos, ha az érzékszerveknek folyamatosan jeleznék a világ állapotát, ha az szeszélyesen, véletlenszerűen és gyakran változna. Úgy áll a helyzet, hogy az érzékszervek roppant gazdaságosan a világ folyamatosságainak megszakításait jelzik; és az agy, abból a helyes feltételezésből kiindulva, hogy a világ nem

szeszélyesen és véletlenszerűen változik, ennek az információnak az alapján egy belső virtuális valóságot épít fel, ahol helyreállítódik a folyamatosság.

A világ azonos redundanciát mutat térben, és az idegrendszer azonos fogást alkalmaz. Az érzékszervek a „szélekről” tudósítják az agyat, az agy pedig a közjük eső egyhangú részekkel tölti ki. Mondjuk, egy fehér alapon fekete háromszöget nézünk. Az egész kép a retinánkra vetül – olyan vetítőernyőnek képzelhetjük el a retinánkat, amelyet kicsi fotocellák, a pálcák és a csapok sűrű takarója borít. Elméletileg minden egyes fotocella jelenthetné az agynak a rá eső fény állapotát. A szemünk előtti kép azonban erősen redundáns. A feketét észlelő sejteket óriási valószínűséggel más, ugyancsak feketét regisztráló sejtek veszik közül. A fehéret regisztráló sejteket szinte kivétel nélkül más, fehéret jelző sejtek fogják közre. A lényeges kivételek a határterületeken elhelyezkedő sejtek. A fehér szélén található sejtek fehéret jeleznek, ahogy a fehér mezőben arrébb ülő szomszédai is. Ám a másik oldalukon a fekete területre esnek a szomszédai. Az agy elméletileg akkor is rekonstruálhatja az egész képet, ha csak a széleken lévő retinasejtektől kap impulzusokat. Ha ezt sikerülne végrehajtani, az jókora idegimpulzus-megtakarítást jelentene. Ezúttal is az történik, hogy a redundancia eltávolításával csak az információ jut át.

A gyakorlatban igen elegánsan éri el ezt a gazdaságosságot az „oldalirányú gátlás” nevű mechanizmus. Íme, az elv egyszerűsített változata, a fotocellás ernyőnk analógiájával. Minden egyes fotocella egy hosszú üzenetet küld a központi számítógépnek (az agynak), továbbá rövid üzeneteket a közvetlen szomszédainak a fotocellás ernyőn. A szomszédoknak küldött rövid üzenetek gátló hatásúak, azaz csökkentik a „tüzelés” (impulzuskisülés) mértékét. Világos, hogy a szélek mentén elhelyezkedő sejtekből fog érkezni a maximális tüzelés, mert ezeket csak az egyik oldalról érik gátló hatások. Az efféle oldalirányú gátlás a gerincesek és a gerinctelenek szemének alacsony szintű egységei körében egyaránt általános.

Ezúttal is úgy fogalmazhatnánk, hogy az agy felépít egy virtuális világot, amelyik teljesebb az érzékek által hozzá közvetített képnél. Az információ, amellyel az érzékek ellátják az agyat, főként a szélekről tudósító információ. Ám az agyban a modell képes rekonstruálni a szélek közé eső területeket. Mint az időbeni

diszkontinuitás esetében, lényeges megtakarítást jelent a redundancia kiküszöbölése, majd későbbi rekonstrukciója. Ez a gazdaságosság csak azért érhető el, mert a világ állandó foltokban, egyenletes mintákban mutatkozik meg. Ha a világban az árnyékok és a színek véletlenszerűen lennének szétszórva, nem nyílna mód semmiféle gazdaságos újramodellezésre.

A redundancia egy másik fajtája abból a tényből ered, hogy a való világban sok vonal egyenes, vagy egyenletesen, tehát megjósolható (és matematikailag rekonstruálható) módon görbül. Meghatározott végpontok esetén a vonal közepét ki lehet tölteni az agy által már „ismert” egyszerű szabály alkalmazásával. Az emlősök agyában felfedezett idegsejtek között találhatók az úgynevezett „vonaldetektorok”, olyan neuronok, amelyek olyankor sülnek ki, ha egy bizonyos irányú egyenes vonal a retina bizonyos helyére, az agysejt úgynevezett „retinamezőjére” esik. Ezen vonaldetektor-sejteknek megvan a maguk kedvelt iránya. A macskaagy esetében két ilyen irány van, a vízszintes és a függőleges, hozzávetőleg minden irányra azonos mértékű „súlyozással”; ám egy majomnál más szögek is feltűnnek. A redundanciára épülő okfejtés szempontjából itt a következő történik: a retinán minden sejt egy egyenes vonal mentén közvetít impulzusokat és ezen impulzusok többsége redundáns. Az idegrendszer egyetlen sejt használatával teszi gazdaságossá a szögével meghatározott vonal jelzését. Az egyenes vonalakat kielégítően meghatározza a pozíciójuk és az irányuk, vagy a végpontjaik, és sokkal gazdaságosabban, mint minden egyes pontjuk fényértéke. Az agy a vonal egyes pontjainak rekonstruálásával szövi újra a virtuális vonalat.

Ha azonban a kép egy része hirtelen elszakad a többitől és kezd kiemelkedni a háttérből, az hírértékű és jelezni kell. A biológusok valóban fel is fedeztek olyan idegsejteket, amelyek csendben vannak, amíg valami meg nem moccan a mozdulatlan háttér előtt. Ezek a sejtek nem válaszolnak, amikor az egész kép mozog – az ugyanis annak a látszólagos mozgásnak felelne meg, amit az állat látna, amikor ő mozgásban van. De egy kis objektum mozgása a mozdulatlan háttér előtt információgazdag, és léteznek ennek az észlelésére beállított idegsejtek. Ezek közül a legnevezetesebbek az úgynevezett „rovardetektorok”, amelyeket békákban fedezett fel munkatársaival Lettvin (a nagymamás). A rovardetektor olyan sejt,

mely látszólag mindenre vak, kivéve a kis objektumok mozgását a hátterük előtt. Amint egy rovar megmoccan a rovardetektorokkal borított területen, a sejt azonnal masszív jelzésbe kezd, és a béka nyelve kicsapódik, hogy elkapja a rovar. Egy kellőképp bonyolult idegrendszer azonban még a rovar mozgását is redundánsnak tekinti, ha az a mozgás egyenes vonalat követ. Miután értesülünk róla, hogy egy bogár egyenletesen halad északi irányba, feltételezhetjük, hogy további értesítésig ugyanabba az irányba fog haladni. Ha egy lépéssel továbbvisszük a logikát, azt várhatnánk, hogy találunk magasabb rendű mozgásérzékelő sejteket az agyban, amelyek kifejezetten a mozgásban, mondjuk az irányban vagy a sebességben bekövetkező *változásra* érzékenyek. Lettvin és munkatársai találtak is egy sejtet, amelyik mintha pontosan ezt tenné, ezúttal is a békában. Tanulmányukban a *Sensory Communication*ben (Érzékszervi kommunikáció, 1961) a következő kísérletet írják le:

Legyen először egy üres szürke félgömb a vizuális mező. A sejtnek általában nincs válasza a világítás be- és kikapcsolására; ilyenkor csendes. Behozunk egy kis sötét objektumot, és az útja egy bizonyos pontján, szinte bárhol a mezőben, a sejt hirtelen „észreveszi”. Attól kezdve bárhová halad is az objektum, a sejt nyomon követi. Valahányszor megmozdul, akár a legcsekélyebb rándulással is, impulzuskitörés következik be, majd elhalkul, és egészen addig így marad, amíg az objektum látható. Ha az objektum tovább mozog, a kitérések a diszkontinuitásokat mutatják a mozgásban, például az éles fordulókat, az irányváltozásokat és így tovább, és ezek a kitérések újra és újra bekövetkeznek a folyamatos „háttérzöreje” előtt, ami elárulja, hogy az objektum látható a sejt számára...

Összefoglalva, mintha az idegrendszer egymás követő hierarchikus szintekre kapcsolna, hogy erős választ adjon a váratlanra, a kevéssé vagy egyáltalán nem vártra. Az egyre magasabb szinteken egyre bonyolultabbá válik a „várt” meghatározása. A legalacsonyabb szinten minden fényfolt hírértékű. Egy szinttel magasabban csak a szélek jelentenek „hírt”. Megint magasabban, csak a mozgás a hír. Aztán csak a mozgás sebességének vagy irányának változása. Barlownak a kódelméletből merített kifejezésével azt mondhatnánk, hogy az idegrendszer rövid, takarékos szavakat használ az üzenetekhez,

amelyek gyakran és előreláthatóan bekövetkeznek; hosszú, drága szavakat a ritkán és nem várt módon bekövetkező üzenetekhez. Némiképp olyan ez, mint a nyelv, melynek szótárában (ezt az általánosítást nevezik Zipf törvényének) a leggyakrabban használt szavak a legrövidebbek. Szélsőséges esetben az idő java részében az agy nem szorul rá, hogy bármit is mondjanak neki, mert ami történik, az a szabályos. Minden üzenet redundancia lenne. Az agyat szűrők hierarchiája védi a redundanciától, mindegyik szűrőnek az a dolga, hogy eltávolítson bizonyosfajta várt sajátosságot.

Következésképp az idegi szűrők készletét a norma egyfajta összegző leírása alkotja annak a világnak statisztikai tulajdonságairól, amelyben az állat él. Ez az előző fejezet meglátásnak az idegi megfelelője, mely szerint a faj génjei azon világok statisztikai leírását fogják alkotni, ahol az ősei természetesen kiválasztódtak. Most láthatjuk, hogy azok az érzékelési kódoló egységek, amelyek révén az agy találkozik a környezettel, ugyancsak a környezet statisztikai leírását alkotják. Arra vannak beállítva, hogy hagyják figyelmen kívül az általánost és hangsúlyozzák a ritkát. A mi hipotetikus jövőbeni zoológusunknak tehát képesnek kell lennie egy ismeretlen állat idegrendszerének vizsgálata és a beállítás statisztikai elhajlásainak mérése révén rekonstruálni annak a világnak a jellegzetességeit, ahol az állat élt, és kiolvasni, mi számít általánosnak, illetve ritkának az állat világában.

A statisztikai következtetés közvetett lenne, ugyanúgy, mint a gének esetében. Nem közvetlen leírásként olvasnánk az állat világát. Inkább következtetnénk az állat világának bizonyos tényezőire az agy által a leírására használt rövidítések glosszáriumának vizsgálatával. A köztisztviselők előszeretettel használnak olyasféle betűszavakat, mint a CAP (*Common Agricultural Policy*) vagy a HEFCE (*Higher Education Funding Council for England*); a kezdő bürokrátáknak bizonyosan szükségük van egy glosszáriumra az efféle rövidítésekből, egy rejtjelkulcsra. Ha egy ilyen rejtjelkulcsot találunk az utcán, könnyen kitalálhatjuk, melyik minisztériumból származik, elég megnézni, mely kifejezéseknek adományoztak rövidítéseket, feltehetőleg azért, mert ezeket sűrűn használják az adott minisztériumban. Egy elfogott rejtjelkulcs nem valamilyen meghatározott üzenet a világról, hanem egy statisztikai összegzése annak a fajta világnak, amelynek takarékos leírására a kódot

szerkesztették.

Minden egyes agyat elgondolhatunk úgy, hogy fel van szerelve azoknak az alapképeknek a tárával, amelyek hasznosak az állat világának fontos vagy gyakori jellegzetességeinek modellálásához. Bár Barlow-t követve hangsúlyoztam a tár feltöltésének eszközeként a tanulást, semmi nem indokolja, miért ne végezhetné el a géneken dolgozva ugyanezt a munkát maga a természetes szelekció. Ebben az esetben, az előző fejezet logikáját követve, azt kellene mondanunk, hogy a tár az agyban a faj ősi múltjából való képeket tartalmaz. Ezt nevezhetnénk kollektív tudatnak, ha a másféle képzettársítás nem koptatta volna el a kifejezést.

De a tár képalkotásának elhajlásai nem csak azt tükrözik, ami a világban statisztikailag váratlan. A természetes szelekció biztosítani fogja, hogy a virtuális megjelenítések repertoárjában ugyancsak szerepelnek bizonyos, az adott fajta állat életében és az ősei világában feltűnő vagy fontos képek, még akkor is, ha ezek nem különösebben megszokottak. Előfordulhat, hogy egy állatnak csak egyszer szükséges az életben felismernie egy bonyolult mintát, mondjuk a fájához tartozó nőstény alakját, ez egyetlen alkalommal viszont életbevágóan fontos, hogy helyesen, ráadásul késlekedés nélkül ismerje fel. Az emberek számára különös jelentőségűek az arcok, mivel gyakoriak a világunkban. Ugyanez érvényes a csoportban élő majmokra. A majomagyakról kiderült, hogy rendelkeznek egy bizonyos sejtcsoporttal, amelyek csak akkor tüzelnek teljes erővel, ha egy teljes arc tűnik fel. Már láttuk, hogy bizonyos típusú lokalizált agykárosodást szenvedett emberek nagyon különös és árulkodó jellegű szelektív vakságot mutatnak. Nem ismernek fel arcokat. Minden mást normálisan látnak, és látják az arc alakját és vonásait. Le tudják írni az orrot, a szemet, a száját. De képtelenek felismerni az arcot; még azét a személyét sem ismerik fel, akit a világon a legjobban szeretnek.

Az egészséges agyműködésű emberek nem egyszerűen csak felismerik az arcokat. Nyilvánvalóan már-már szemérmetlen mohósággal kívánunk arcokat látni, akár tényleg ott vannak, akár nem. Arcokat látunk a plafon nedvességfoltjaiban, egy hegyoldal körvonalaiban, a felhőkben vagy a marsi szikláknál. Holdbámulók nemzedékei véltek arcot felfedezni ebben a legkevésbé sem ígéretes nyersanyagban, a holdkráterek mintázatában. A londoni *Daily Express*

1998. január 15-i száma csaknem egy teljes oldalon, szalagcímmel tálalta, hogy egy ír takarítónő Jézus arcát látta a törlőrongyában: „Ikerházában most zarándokok özönére számít... Az asszony plébánosa így nyilatkozott: »34 éves papi pályám során még nem láttam ilyesmit«”. A kísérő fotó piszkos fényezőanyag mintáját mutatja a rongyon, amely némiképp emlékeztet valamiféle arcra: halvány utalást láthatunk a szemre egy akár orrnak is felfogható alakzat egyik oldalán; továbbá egy ferdén álló szemöldököt a másik oldalon, amitől némileg az ábra Harold MacMillan-megjelenést kap, bár feltételezem, hogy egy arra felkészült elmében Harold McMillan is lehetne olyan, mint Jézus. Az *Express* felidéz néhány hasonló esetet, köztük az egyik nashville-i kávézóban felszolgált „apáca kalácsát”, amely „a 86 éves Teréz anyára emlékeztetett” és nagy izgalmat váltott ki, amíg „az idős apáca nem írt a kávézónak, hogy távolítsák el a péksüteményt”.

Az agy buzgalma, hogy a legcsekélyebb bátorításra is arcot konstruáljon, különös és sokatmondó illúzióhoz vezet. Vegyük egy emberi arc maszkját – Clinton elnökét vagy bárkiét, aki manapság divatos a jelmezes összejöveteleken. Állítsuk jó megvilágításba és nézzük a szoba túloldaláról. Ha a szokásos módon nézünk rá, cseppet sem meglepő módon domborúnak látszik. De most fordítsuk meg a maszkot, és nézzük a szoba másik végéből a homorú oldalát. A legtöbben azonnal felfedezik az érzéksalódást. Ha nem, próbáljunk meg állítani a megvilágításon. Segíthet, ha behunyjuk az egyik szemünket, de a legkevesbé sem szükséges. Az illúzió pedig az, hogy a maszk homorú oldala domborúnak látszik. Az orr, a szemöldök és a száj felénk nyúlik, és közelebbinek tűnnek a fülnél. Még meglepőbb a hatás, ha közben ide-oda vagy fel-le irányuló mozgást végzünk. A látszólag térbeli arc különös, már-már mágikus módon mintha folyton utánunk fordulna.

Nem arról a szokásos élményről beszélek, amikor egy jól sikerült portré kelti azt a benyomást, hogy követ a tekintetével. A homorú maszk illúziója sokkal kísértetiesebb. Lebegni látszik a térben. Az arc mintha *ténylegesen* fordulna. A szobámban egy Einstein-maszk lóg a falon a homorú oldalával kifelé, és a vendégeimnek elakad a lélegzetük, amikor megpillantják. Az illúzió akkor mutatkozik meg a legmegdöbbentőbben, ha a maszkot lassan forgó korongra helyezzük. Ahogy elfordul előlünk a domború oldala, felfogható „normál”

mozgást látunk. De most a homorú oldala kerül a szemünk elé és valami rendkívüli történik. Egy újabb domború arcot látunk, de ez az ellenkező irányban forog. Mivel az egyik arc (mondjuk a valóban domború) az óramutató járásával megegyező irányban forog, míg a másik, a pseudo-domború arc mintha óramutató járásával ellenkező irányban forogna, a szemünk elé beforduló arc elnyelni látszik a tőlünk elforduló arcot. Ahogy folytatódik a forgás, a valójában homorú, de látszólag domború arcot következetesen egy darabig a rossz irányba látjuk forogni, mielőtt újra megjelenne a ténylegesen domború arc és elnyelné a virtuális arcot. Az illúzió élménye egészen felkavaró, és akármilyen sokáig figyeljük, az is marad. Nem lehet hozzászokni és nem enyészik el az illúzió.

Mi is történik? Két szakaszban juthatunk el a válaszhoz. Először, miért látjuk dombornak a homorú maszkot? És másodszor, miért látszik úgy, hogy rossz irányba forog? Már megegyeztünk abban, hogy az agy nagyon jól – és nagyon ügybuzgón – konstruál arcokat a maga belső szimulációs kamrájában. A szem által az agyba táplált információ természetesen megfelel a maszk homorú mivoltának, de ugyanakkor azzal az alternatív hipotézissel is összefér, miszerint domború. És az agy a szimuláció során a második alternatívára veti rá magát, feltehetően az arcok látása iránt érzett sóvárgása miatt. Így hatályon kívül helyezi a szemtől érkező üzeneteket, amelyek azt mondják: „Ez homorú”; inkább arra az üzenetre hallgat, amelyik így szól: „Ez egy arc, egy arc, arc, arc, arc”. Márpedig az arcok mindig domborúak. Az agy tehát elővesz a tárából egy arcmodellt, az pedig, természetéből fakadóan, domború.

De miközben felépíti a maga látszólag domború arcmodelljét, az agy ellentmondásba ütközik, amikor a maszk forogni kezd. Hogy leegyszerűsítsük a magyarázatot, tegyük fel, hogy a maszk Oliver Cromwellé, és a maszk mindkét oldalán jól láthatók a nevezetes szemölcsök. Amikor az orr homorú belsejét nézzük, vagyis az arc valójában nem a megfigyelőre, hanem az ellenkező irányba tekint, a szem egyenesen az orr jobb oldalára néz, ahol egy kiálló szemölcs látható. Ám a konstruált virtuális orr látszólag a megfigyelő felé mutat, és a szemölcs a virtuális Cromwell szempontjából a bal oldalára kerül, mintha Cromwell tükörképét néznénk. Ahogy a maszk forog, ha az arc valóban domború volna, a szemünk többet látna abból az oldalból, amelyikből többet látni számít, és kevesebbet abból,

amelyikből kevesebbet vár. Mivel azonban a maszk valójában homorú, éppen ennek fordítottja történik. A kép relatív arányai úgy változnak meg, ahogy az agy számítana rá, ha az arc domború volna, csak éppen ellenkező irányú forgással. És ennek az illúzióknak vagyunk a tanúi. Az agy, tekintettel konok ragaszkodására a maszk domborúnak képzelt mivoltához, az egyetlen lehetséges módon oldja fel a megkerülhetetlen ellentmondást, ahogy az egyik oldalt felváltja a másik: az egyik arc virtuális modelljét szimulálja, amint elnyeli a másikat.

Azt a ritka agyi rendellenességet, amely megsemmisíti az arcfelismerési képességünket, prosopagnosiának hívják és az agy meghatározott részeinek a sérülése idézi elő. Éppen ez a tény támasztja alá az „arctár” fontosságát az agyban. Nem tudom, de fogadni mernék rá, hogy a prosopagnosiás betegek nem látnák a homorú maszk keltette illúziót. Francis Crick tárgyalja más, feltáró jelentőségű klinikai állapotok mellett ezt a betegséget a *The Astonishing Hypothesis* (A meglepő hipotézis, 1994) című könyvében. Az egyik beteg például nagyon ijesztőnek találta az alább leírt állapotot (ami, mint Crick megjegyzi, nem is meglepő):

...tárgyak vagy személyek, amelyeket az egyik helyen látott, hirtelen egy másik helyen tűntek fel, anélkül, hogy észlelte volna a mozgásukat. Ez különösen olyankor volt aggasztó, amikor át akart kelni az úton, mivel az az autó, amely először távolodni látszott, hirtelen egészen közel járt hozzá... Olyannak élte meg a világot, ahogy a diszkó villogó fényében látni a táncparkettet.

Ennek a nőnek a mentális tárában, mint mindannyiunkéban, nyüzsgöttek a virtuális világa összeállítására szolgáló képek. Magukkal a képekkel valószínűleg nem is volt semmi baj. Valami azonban elromlott a szoftverében, hogy ezeket a képeket zökkenőmentesen változó virtuális világgá állítsa össze. Más betegek elvesztették a képességüket a virtuális mélység megalkotására. Olyannak látják a világot, mintha lapos keménypapír kivágásokból állna. Megint más betegek csak akkor ismerik fel az objektumokat, ha ismerős szögben kerülnek a szemük elé. Mi, többiek, ha mondjuk oldalról látunk egy serpenyőt, könnyedén felismerjük fölülről is. Ezek a betegek feltehetően elvesztettek valamilyen képességet a virtuális képek

kezelésére és megforgatására. A virtuális valóság technikája megfelelő nyelvet kínál az ilyen képességek vizsgálatához, és ez lesz a következő témám.

Nem fogok elidőzni korunk virtuális valóságának részletein, az efféle magyarázat gyorsan és elkerülhetetlenül elavulttá válna. A technika olyan gyorsan változik, mint minden más a számítógépek világában. Lényegében a következő történik. Az ember felvesz egy sisakot, mely mindkét szeme elé egy-egy miniatűr számítógép-képernyőt helyez. A képek a két képernyőn csaknem azonosak, de a térbeliség illúziója érdekében kicsit eltolódva jelennek meg. A színhely bármi lehet, amit a számítógépbe programoztak: a Parthenon, esetleg épen és eredeti rikító színeiben; egy elképzelt marsbéli táj; egy sejt óriásira felnagyított belseje. Idáig mindez akár egy szokásos 3D-s film is lehetne. A virtuális valóság gép azonban kétirányú kommunikációt biztosít. A számítógép nemcsak ellát képekkel, hanem reagál is. A sisak észleli a fej minden olyan mozdulatát, amelyek az események szokásos menetében befolyásolnák a nézőpontot. A számítógép folyamatosan tájékoztatást kap ezekről a mozdulatokról és az a beprogramozott feladata, hogy pontosan úgy változtasson a szem elé táruló helyszín képén, ahogy akkor változna, ha egy tényleges tájban mozdítanánk el a fejünket. Ahogy elfordítjuk a fejünk, arrébb lendülnek a Parthenon oszlopai, és egyenesen egy szoborra meredünk, amelyik előzőleg „mögöttünk” állt.

Ennek fejlettebb változata a virtuális valóság ruha, melyen nyúlásmérők figyelik a végtagok helyzetét. A számítógép észleli, valahányszor teszünk egy lépést, leülünk, felállunk vagy integetünk. Most elmehetünk a Parthenon egyik végéből a másikba, sorra szemügyre vehetjük az oszlopokat, amelyek mellett elhaladunk, ahogy a számítógép a lépésekkel összhangban változtatja a képeket. De ajánlatos óvatosan mozogni, mert ilyenkor valójában nem a Parthenonban vagyunk, hanem egy zsúfolt számítógépes teremben. Korunk virtuális valóság rendszerei kábelek köldökszínörjaival kötnek a számítógéphez, hadd posztuláljunk hát kábelrengetegtől mentes jövőbeni rádiókapcsolatot vagy infravörös adatsugarat. Ebben az esetben szabadon sétálhatunk a való világban, és felderíthetjük a nekünk programozott virtuális világot. Mivel a számítógép pontosan tudja, hol van a virtuális gép-ruhánk, miért ne jeleníthessen meg önmagunk számára teljes emberi alakként, *avatárként*, ami lehetővé

teszi, hogy például lenézzünk a lábunkra, mely akár jelentősen különbözhet is a valóságos lábunktól. Megfigyelhetjük az *avatárunk* kezét, amint a valódi kezünk imitációjaként mozog. Ha ezzel a kézzel felemelünk egy virtuális tárgyat, mondjuk egy görög vázát, a váza a mozdulatnak megfelelően a levegőbe fog emelkedni.

Ha mások – fizikailag akár más országokban – ugyanilyen felszerelést öltenek, és rákapcsolódnak ugyanarra a számítógépre, elvben láthatjuk az *avatárjaikat* és még kezét is rázhatunk velük – noha a jelenkori technikával azt tapasztaljuk, hogy szellemként hatolunk át egymáson. A műszaki szakemberek és a programozók már dolgoznak a textúra illúziójának és a szilárd ellenállás érzetének megteremtésén. Anglia vezető virtuális valóság cégéhez tett látogatásom során elmondták nekem, hogy sok levelet kapnak virtuális szexpartnerre vágó emberektől. A jövőben talán a szerelmesek, akiket elválaszt egymástól az Atlanti-óceán, az interneten át becézik egymást, legfeljebb az a tény feszélyezi majd némiképp őket, hogy kesztyűt és nyúlásmérőkkel megrakott speciális öltözetet kell viselniük.

De vigyük a virtuális valóságot egy lépessel közelebb a gyakorlati hasznavehetőséghez. A jelenkori orvosoknak esetenként az amúgy kétségkívül szellemes endoszkóphoz kell folyamodniuk, ehhez a bonyolult csőhöz, amelyet a beteg testébe vezetve mondjuk a szájon vagy a végbélen át, diagnózis felállítására vagy akár sebészeti beavatkozásra használnak. A sebész végigkormányozza a hosszú csövet a bél hajlatain. A cső végére apró televíziós kamerákat szereltek és egy fényvezető világítja meg az utat, továbbá itt helyezhetnek el különféle távirányítású eszközöket, például mikroszíkét és mikrofogókat, amelyeket a sebész vezérelhet.

A szokásos endoszkópiában a sebész egy kis televíziós képernyőn látja, mit csinál, és az ujjával kezeli a távirányítót. De mint arra többen is rájöttek (nem utolsósorban Jaron Lanier, akinek magát a „virtuális valóság” kifejezést köszönhetjük), elvileg lehetséges azt az illúziót kelteni a sebészben, mintha egyszer csak összezsugorodna és a beteg testében tevékenykedne. Ez az elképzelés egyelőre kezdeti szakaszban jár, így a képzeletre fogok hagyatkozni, hogyan is működhet az eljárás a (nem túl távoli) jövőben. A jövőbeli sebésznek nem kell bemosakodnia, hiszen nem is szükséges a betege közelébe kerülnie. Tágas, nyílt területen áll, és rádióan át kapcsolódik össze a

beteg testébe vezetett endoszkóppal. A szeme előtt a miniatűr képernyők kinagyított sztereoképet közvetítenek a beteg belsejének közvetlenül az endoszkóp vége elé kerülő részéről. Amikor a sebész balra fordítja a fejét, a számítógép automatikusan balra fordítja az endoszkóp végét. A kamera látószöge a bélben mindhárom irányban hűségeken követi a sebész fejmozdulatait. A sebész a lépteivel vezeti előre az endoszkópot. Lassan, hogy ne okozzon sérülést a betegnek, a számítógép előre tolja az endoszkópot, a haladás irányát mindig az az irány szabja meg, amelyikbe – egy másik helyiségben – a sebész halad. Úgy tűnik számára, mintha ténylegesen a zsigerekben járkálna. Még csak klausztrofóbiától sem kell tartania. A jelenlegi endoszkópos gyakorlatot követve a beleket levegővel óvatosan kitágítják, máskülönben a sebészt inkább mászásra kényszerítenék a belfalak.

Amikor megtalálja, amit keres, mondjuk egy rosszindulatú daganatot, a sebész kiválaszt egy eszközt a virtuális szerszámosztáskájából. A legmegfelelőbb talán egy számítógépben generált láncfűrész modellje lenne. Ahogy a sebész a sisakja sztereo képernyőin át a kinagyított 3D tumorra néz, virtuális kezében látja a virtuális láncfűrész és munkához lát: úgy vágja ki a daganatot, mintha a kertjéből eltávolítandó fatönk volna. Az igazi betegben a láncfűrész megfelelője egy ultrafinom lézersugár. Mintha pantográfal másolná át, a sebész karjának a láncfűrész kezeléséhez illően széles mozgulatait a számítógép az endoszkóp végére szerelt lézerforrás apró mozgásaira csökkenti.

Témám szempontjából az a lényeg, hogy a virtuális valóság technikájával elméletileg létrehozható az illúzió, hogy valakinek a bélrendszerében járkálunk. Nem tudom, ez ténylegesen segítséget jelent-e majd a sebészeknek. Gyanítom, hogy igen, bár az a kórházi tanácsadóm, akihez a kérdéssel fordultam, kissé szkeptikusan nyilatkozott. Ugyanez a sebész úgy utal magára és gyomorspecialista kollégáira, mint afféle vízvezetékszerelőkre. Maguk a vízvezetékszerelők olykor az endoszkóp nagy léptékű változataival derítik fel a vízvezetéseket, és Amerikában még mechanikus „görényeket” is leküldenek a vezetékbe, hogy átrágják magukat a csatornák dugulásain. Az általam a sebész számára elképzelt módszer nyilvánvalóan a vízvezetékszerelő esetében is beválna. A szerelő be tudná „járni” (vagy „úszni”?) a virtuális vízvezeték virtuális bányáslámpájával a sisakján és virtuális csákánnyal kezében a

dugulások eltakarítására.

Első példám, a Parthenon, kizárólag a számítógépben létezett. A számítógép be tudná mutatni az angyalokat, a háрпиákat vagy mondjuk a szárnyas egyszarvúakat. Hipotetikus endoszkopistám és vízvezetékszerelőm másfelől egy olyan virtuális világban közlekedne, amelyik a valóság egy feltérképezett szeletére korlátozódik, a csatornahálózat illetve a beteg bélrendszerének belsejére. Ezt a sztereo képernyőkön látható virtuális világot a számítógép konstruálja, de a valóság számos feltételének kell megfelelnie. A sebész igazi lézert vezérel, bár az eszköz láncfűrészként jelenik meg, mert adott helyzetben ez tűnik alkalmas szerszámnak a tumor kivágásához, hiszen annak látszólagos mérete összevethető lenne a sebész testével. A virtuális konstrukció a sebész tevékenységének legmegfelelőbbben jelenik meg, a beteg belső világának részleteként. Ebben a fejezetben döntő szerep jut az ilyen *korlátozott* virtuális valóságnak. Véleményem szerint minden idegrendszerrel rendelkező faj hasonlóképp építi fel a maga adott világának modelljét, melyet az érzékszervek révén folyamatosan „frissít”, napra készsége tesz.

Képzeljünk el egy vitorlázó sirályt, amint ügyesen meglovagolja a szelet egy tengeri sziklaszirtről. Nem csapkod a szárnyával, de ez nem jelenti azt, hogy tétlenkednek a szárnyizmai; folyamatosan apró igazításokat végeznek, a levegő legapróbb változásaira is érzékenyen „áthangolják” a madár röptét. Ha az ezen izmokat vezérlő idegek állapotáról szóló információt pillanatról pillanatra számítógépbe táplálnánk, a számítógép elvileg rekonstruálni tudná a légáramlatok minden részletét, amelyekkel a madár kapcsolatba kerül. Ezt annak a feltételezésével végezné el, hogy a madár a levegőben maradásra szerkesztett konstrukció, és erre a feltételezésre építené a körülötte áramló levegő folyamatosan frissített modelljét. Dinamikus modell lenne, mint az időjárás-előrejelzés modellje a világ időjárási rendszeréről, amelyet a meteorológiai jelzőhajók, műholdak és lokátor-állomások által nyújtott új adatoknak megfelelően folyamatosan átdogoznak, és kivetíthető a jövő megjóslására. Az időjárási modell a holnap időjárásáról tájékoztat; a sirálymodell elméletileg képes „tájékoztatni” a madarat, milyen szabályozásokat kell végrehajtania a szárny- és farkizmaival, hogy a következő másodpercben is tovább vitorlázzon.

Természetesen oda akarunk kilyukadni, hogy bár emberi

programozó még nem készített olyan számítógépes modellt, amelyik a szárny- és a farkizmai szabályozását illető tanácsokkal látná el a sirályt, bizonyos, hogy sirályunk és minden más repülő madár agyában folyamatosan működik egy pontosan ilyen modell. Hasonló, a gének és a múlt tapasztalata által előre programozott és ezredmásodpercről ezredmásodpercre folyamatosan új érzékszervi adatokkal frissített modellek működnek minden úszó hal, minden vágató ló, minden visszhangbemérő denevér koponyájában.

Paul MacCready feltalálót leginkább elképesztően takarékos repülő gépezeteiről, az emberi erővel hajtott *Gossamer Condorról* és *Gossamer Albatrossról*, valamint a napenergiával hajtott *Solar Challengerről* ismerik. 1985-ben megépítette a krétakori óriás pteroszaurusz, a *Quetzalcoatlus* repülő másolatát. Ennek a hatalmas repülő gyíknak, melynek szárnyfeszávja egy kisebb repülőgéppel vetekszik, szinte egyáltalán nem volt farka, következésképpen igen instabilnak kellett lennie a levegőben. John Maynard Smith, aki repülőgépmérnöknek tanult, mielőtt átváltott volna zoológiára, kimutatta, hogy ez a megoldás ugyan a manőverezhetőség előnyével jár, ám a repülőfelületek egészen pontos, pillanatról pillanatra történő kontrollját követeli meg. A kiegyenlítőlapokat folyamatosan szabályozó gyors számítógép nélkül MacCready másolata lezuhant volna. Az igazi *Quetzalcoatlus*nak ugyanezen okból a fejében kellett működnie egy ilyen jellegű számítógépnek. A korábbi pteroszauruszoknak hosszú farkuk volt, egyes esetekben pingpongütőre emlékeztető végződéssel, ami nagy stabilitást biztosított a manőverezhetőség rovására. Úgy tűnik, a kései, csaknem fark nélküli pteroszauruszok – amilyen a *Quetzalcoatlus* – evolúciójában elmozdulás történt a stabil, de kevésbé manőverezhető felépítéstől a manőverezhető, de instabil felépítés felé. Az ember alkotta repülőgépek fejlődésében is megfigyelhető ugyanez az irányzat, melyet mindkét esetben csak a számítógép-teljesítmény növekedése tesz lehetővé. Ahogy a sirálynak, úgy a pteroszaurusz koponyájában működő fedélzeti számítógépnek is futtatnia kellett az állat és az állatot övező levegő modelljét.

Te és én, mi emberek, mi emlősök, mi állatok, olyan elemekből felépülő virtuális világot lakunk, amelyek, egyre magasabb szinteken, a való világ megjelenítése szempontjából hasznosak. Természetesen úgy érezzük, mintha szilárdan állnánk a való világban – aminek

pontosan így is kellene lennie, amennyiben elég jó a korlátozott virtuális valóság szoftverünk. Meg kell mondani, hogy nagyon jó, és csak azon ritka alkalmakkor vesszük észre a létét, amikor valamit elront. Ilyenkor illúziót vagy hallucinációt élünk át, mint a humorú maszk előzőleg kifejtett illúziója esetében.

Richard Gregory brit pszichológus az agyműködés tanulmányozásának eszközeként vizsgálta a vizuális illúziókat. Az *Eye and Brain* (Szem és agy, ötödik kiadás, 1998) című könyvében aktív folyamatnak tekinti a látást, melynek során az agy hipotéziseket állít fel arról, ami odakint folyik, majd az érzékszervektől érkező adatokkal összevetve teszteli ezeket a hipotéziseket. Minden vizuális illúzió közül a Necker-kocka a legismertebb. Üres belsejű kockát ábrázoló egyszerű vonalrajz; olyan, mint egy acélrudakból összerakott kocka. A rajz kétdimenziós minta a papíron. Az ember azonban kockának látja. Az agy a papíron lévő kétdimenziós minta alapján készít egy háromdimenziós modellt. Az agy tulajdonképpen szinte minden alkalommal így jár el, valahányszor egy képre nézünk. A lapos minta a papíron két alternatív háromdimenziós agymodellnek felel meg. Figyeljük erősen a rajzot néhány másodpercen át, és látni fogjuk, ahogy egyszer csak kifordul. Az előzőleg a legközelebbinek látszó oldala most a legtávolabbinak fog látszódni. Nézzük tovább, és visszaáll az eredeti kockává. Az agy azt a feladatot igyekszik teljesíteni, hogy – tetszőlegesen – ragaszkodjék a két kockamodell közül az egyikhez, mondjuk az elsőhöz, amelyekre ráakad, még ha a másik modell ugyanolyan mértékben kompatibilis is a retináról érkező információval. Valójában azonban az agy mindkét modellt vagy hipotézist külön-külön lefuttatja néhány másodpercre, és mindkettőt egyformán jónak találja. Ezáltal a megjelenő kocka módosul, ami felfedi, mi zajlik a háttérben. Az agyunk felépít egy háromdimenziós modellt: a virtuális valóságot a fejünkben.

Amikor egy valóságos fadobozt nézünk, további adatokkal is ellátjuk szimulációs szoftverünket, ami lehetővé teszi, hogy egyértelműen döntsön a két belső modell közül az egyiknek a javára. Így aztán csak egyféleképpen látjuk a dobozt, és nem következik be a váltakozás. Ez azonban nem csorbítja a Necker-kockából levonható általános következtetés igazságát. Valahányszor ránézünk valamire, az agyunk ténylegesen annak az objektumnak az érzékelési adatokból felépített modelljét fogja használni. Ez a modell, akárcsak korábbi

példában a Parthenon, konstruált. Viszont ellentétben a Parthenonnal (és talán az álmunkban látott látomásokkal), ez inkább olyan, mint a sebész modellje a betege belsejéről, vagyis nem teljes mértékben kitalált, hanem a külvilágból betáplált információval korlátozott.

A térbeliség erőteljesebb illúzióját közvetíti a sztereoszkópia, a bal illetve a jobb szemünkkel látott két kép közötti csekély eltérés. Ezt használja ki a virtuális valóság sisak két képernyője. Emeljük fel a jobb kezünket, felénk mutató hüvelykujjal, úgy harminc centiméternyire az arcunktól, és nézzünk közben minkét szemmel egy távolabbi tárgyra, mondjuk egy fára. Két kezet fogunk látni. Ezek a két szemünkkel látott egy-egy képnek felelnek meg. Gyorsan rájövünk, melyik melyik, ha először az egyik, majd a másik szemünket hunyjuk le. A két kéz kissé eltérő helyen látszik, mert a két szemünk különböző szögekből tekint rá, és a két retinán a képek ennek megfelelően különbözőek. A két szem is kissé eltérő képet kap a kézről. A bal szem valamelyest többet lát a tenyérből, a jobb szem valamelyest többet a kézfejből.

Most ne a távoli fát nézzük, hanem a kezünket, ismét mindkét szemünkkel. Két kéz helyett az előtérben és egy fa helyett a háttérben egy térbelinek látszó kezet és két fát látunk. Ám a kéz képe változatlanul különböző helyekre esik a két retinán. Ez azt jelenti, hogy a szimulációs programunk *megkonstruálta* a kéz egyetlen, háromdimenziós modelljét. Ez az egyetlen háromdimenziós modell a mindkét szemből érkező információt felhasználta. Az agy finoman egyesíti a két információhalmazt és egyetlen háromdimenziós, térbeli kéz használható modelljévé rakja össze. Mellesleg, minden retinára vetülő kép fejjel lefelé áll, de ez nem számít, mert az agy úgy konstruálja meg a szimulációs modelljét, ahogy az a legjobban megfelel a céljának és a modellt a helyes állásban határozza meg.

Az agy által a kétdimenziós képekből háromdimenziós modell építésére használt számítási folyamatok elképesztően bonyolultak és minden illúziók közül talán a leglenyűgözőbb alapját képezik. Ez Julesz Béla magyar pszichológus 1959-es felfedezése óta ismert. Egy szokásos sztereoszkóp ugyanazt a fényképet mutatja a bal és a jobb szemnek, de kissé eltérő szögből felvéve. Az agy összerakja a kettőt, és meggyőzően háromdimenziós látványt fog látni. Julesz ugyanazt tette, azzal a különbséggel, hogy az általa használt képek

véletlenszerűen elszórt pontokból álltak. A bal és a jobb szem ugyanazt a véletlenszerű mintát látta, ám egy döntő különbséggel. Egy tipikus Julesz-kísérletben a minta valamely területén, mondjuk egy négyzetben, az egyik oldalra megfelelő távolságra elmozdított pontok hozzák létre a sztereoszkopikus illúziót. És az agy látja az illúziót – egy négyzet alakú folt ugrik elő –, még ha négyzetnek a két kép egyikén sincs a legcsekélyebb nyoma sem. A négyzet csak a két kép közötti eltérésben van jelen. A négyzet teljesen valóságosnak látszik a megfigyelőnek, jóllehet az agyán kívül nincs sehol. A Julesz-effektus az alapja a manapság oly divatos „mágikus szem” illúzióknak. Steven Pinker a *How the Mind Works*ben (Hogyan működik az elme?, 1998) egy kis részt szentel az ilyen képek mögött húzódó elvnek. Fölösleges megkísérelnem, hogy nála jobban megmagyarázzam.

Könnyen bemutatatható, hogy az agy bonyolult virtuális valóság számítógépként működik. Először nézzünk körül a szemünk mozgatásával. Ahogy forgatjuk a szemünk, úgy mozognak a retinánkon a képek, mintha rengene körülöttünk a föld. Számunkra azonban a helyszín olyan szilárdnak látszik, mint a kőszikla. De másképp is megmozgathatók a képek a retinán. Óvatosan nyomjuk meg a szemgolyónkat a szemhéjon át. A retinán megjelenő kép ugyanúgy fog mozogni, mint azelőtt. Megfelelő ügyességgel és gyakorlattal az ujjunkkal utánozhatjuk a tekintet elmozdításának hatását; ekkor azonban tényleg azt gondoljuk, hogy reng a föld, mivel az egész kép megmozdul.

Mi a különbség e két eset között? Az, hogy az agy-számítógép arra lett beállítva, hogy számoljon a szokásos szemmozgásokkal és a világ kiszámított modelljének megszerkesztésekor vegye ezeket tekintetbe. A modell nyilvánvalóan nemcsak a szemből érkező, hanem a szem mozgatására szolgáló utasítások információit is felhasználja. Valahányszor az agy kiad egy parancsot a szemizmoknak a szem mozgatására, ennek a parancsnak egy másolatát megkapja az agynak a világ belső modelljét szerkesztő része. Ezután, amikor a szem mozog, az agy virtuális valóság szoftvere figyelmeztetést kap: *számítson rá*, hogy a retinális képek éppen a megfelelő mértékben mozognak, és a modell ezt kompenzálja. Így a világ konstruált modellje olyan benyomást fog kelteni, mintha mozdulatlan maradna. Ha a bekalkulálандó mozgásról a modellnek adott tájékoztatáson kívül is megmozdul a föld, a virtuális modell annak megfelelően mozog. Ez

azért nagyszerű, mert valóban bekövetkezhet földrengés. (Attól az esettől eltekintve, amikor a szemgolyó nyomkodásával a bolondját járatjuk a rendszerrel.)

Végző demonstrációként legyünk egy időre tengeri malacok, és forogjunk körbe szédülésig. Aztán álljunk meg és szegezzük a tekintetünk a világra. Úgy tűnik, mintha forogna, noha az eszünk tiltakozik. A retinára vetülő képeink nem mozognak, ám a fülünkben lévő gyorsulásmérők (amelyek az úgynevezett félkörös ívjáratban található folyadék mozgásának érzékelésével működnek) azt mondják az agynak, hogy forgunk. Az agy tájékoztatja a virtuális valóság szoftvert, hogy számítson a világ forgásának látványára. Amikor aztán a retinán nem forognak a képek, a modell észleli az ellentmondást, és kompenzálásként az ellenkező irányba kezd forogni. Megszemélyesítve valami ilyesmit mondhatna magának a virtuális valóság szoftver: „A fül közléséből tudom, hogy forgok; tehát, hogy a modellt megtartsam mozdulatlanok, a szem által küldött adatokhoz viszonyítva ellenkező irányú forgást kell adni neki.” A retina azonban ténylegesen nem jelez forgást, így a modell kompenzációs forgása az, amit látunk. Barlow kifejezésével, ez a váratlan, ez a „hír”, és ezért látjuk.

A madaraknak egy további problémával is meg kell küzdeniük, amivel az emberek rendszerint nem találkoznak. A faágon üldögélő madár folyamatosan billeg fel-le, ide-oda, és ennek megfelelően hintáznak a retinára vetülő képei; mintha állandó földrengés közepette élne. A madarak a nyakizmok szorgalmas használatával igyekeznek egy adott ponton tartani a fejüket, ezáltal a nézőpontjukat. Ha filmre veszünk egy madarat a szélben himbálózó ágon, már-már az a benyomásunk támad, hogy a fejet a háttérre tűzték, és a nyakizmok mintegy forgáspontként használják a fejet a test többi részének mozgatásához. Amikor a madár járkál, ugyanezzel a fogással éri el, hogy az észlelt világ egyenletes maradjon körülötte. Ezért járnak a tyúkok szaporán bólogatva a fejükkel, ami számunkra meglehetősen komikus szokásnak tűnhet. Valójában inkább ügyes. Ahogy a test előre mozdul, a nyak visszahúzza a fejet, méghozzá olyan ütemben, hogy a retinális képek mozdulatlanok maradjanak. Azután a fej előrelökődik, és a ciklus kezdődik előlről. És itt el kell tünődnöm, nem jár-e ez a módszer azzal a kellemetlen következménnyel, hogy a madár képtelen meglátni az igazi földrengést, mivel a nyakizmai

automatikusan kompenzálják. Komolyabbra fordítva a szót, azt mondhatnánk, hogy a madár a Barlow-féle tételnek megfelelően használja a nyakizmait: megtartja állandónak a világ nem hírértékű részeit, így szembetűnik az igazi mozgás.

A rovarok és sok más állat hasonló szokással próbálja állandónak megtartani vizuális világát. A kísérletek ezt az úgynevezett „optomotor készülékkel” igazolták: a rovar egy asztalra helyezték és üreges hengerrel vették körül, melynek a belső oldalára függőleges csíkokat festettek. Ha most megforgatjuk a hengert, a rovar a hengerrel lépést tartva elfordul. Azon igyekszik, hogy vizuális világát állandónak tartsa meg.

A rovarnak közölnie kell a szimuláló szoftverével, hogy számítson mozgásokra, amikor megy, máskülönben az elkezdené kompenzálni a mozgását. Ez a gondolat ösztönzött két leleményes németet, Erich von Holstot és Horst Mittelstaedtet egy ördögien körmönfont kísérletre. Aki látta már, hogyan „mosakszik” egy légy, az tudja, hogy a legyek képesek teljesen elfordítani a fejüket. Von Holstnak és Mittelstaedtnak sikerült ragasztóval fordított helyzetben rögzíteniük a légy fejét. Az olvasó már sejtheti is, mi történt. Szokásos körülmények között, valahányszor a légy elfordítja a testét, a modell az agyában értesül róla, hogy számítson a vizuális világ megfelelő mozgására. De amint a boldogtalan légy felfelé fordított fejjel tesz egy lépést, a szimuláló szoftver adatokat kap, melyek szerint a világ a várttal ellentétes irányban mozdult el. Kompenzálásként tehát tovább lépeget ugyanabba az irányba. Ennek eredményeként a világ látszólagos pozíciója még tovább elmozdul. A légy végül körbe-körbe forog, mint egy bűgőcsiga, egyre nagyobb sebességgel – legalábbis a gyakorlati határokon belül.

Ugyanez az Erich von Holst kimutatta, hogy hasonló zavarral kell számolnunk, ha – például a szemmozgató izmok narkotizálásával – semlegesítődnék a szemünk mozgatására adott akaratlagos utasításaink. Ha parancsot adunk a szemnek, hogy mozduljon jobbra, a retinán a képek balra mozognak. Ennek kompenzálására és a stabilitás látszatának megteremtése érdekében az agyban a modellnek jobbra kell mozognia. De ha a szemmozgató izmok narkotizáltak, a modell jobbra mozog annak a kompenzálásaként, ami nem létező retinális mozgásnak bizonyul. Vegye át a szót maga Von Holst, tanulmányában, a *The Behavioural Physiology of Animals and*

Manben (Az állatok és az ember viselkedésfiziológiája, 1973):

És valóban erről van szó! Évek óta tudott egyes emberekről, akiknek megbénultak a szemizmaik és megerősítették Kornmuller önmagán elvégzett kísérletei, hogy minden szándékozott, ám teljesületlen szemmozgás a környezet ugyanazon irányba történő kvantitatív mozgásának észlelését eredményezi.

Így tehát hozzászoktunk, hogy szimulált világunkban élünk, és az olyan szépen szinkronban áll a való világgal, hogy nem jövünk rá szimulált mivoltára. Csak a von Holstéhoz és munkatársaiéhoz hasonló leleményes kísérletek révén ébredhetünk a tudatára.

És ennek is megvan a maga sötét oldala. Az agyat, mely olyan jól szimulál képzeletbeli modelleket, elkerülhetetlenül fenyegeti az önccsalás veszélye. Hányan vacogtunk gyermekkorunkban rémülten az ágyban, mert azt hittük, egy szellem vagy szörny ábrázata mered ránk a hálószoba ablakából, amíg végre felfedeztük, hogy csak fényjáték ijesztget! Már szoltam arról, milyen buzgón fog az agy szimuláló szoftvere domború arcot konstruálni ott, ahol a valóságban homorú az arc. Ugyanilyen odaadón fog szellemarcot létrehozni, ahol a valóság a holdfénytől megvilágított ráncok sora egy fehér csipkefüggönyön.

Életünk minden éjszakáján álmodunk. Szimulációs szoftverünk nem létező világokat épít fel; embereket, állatokat és helyeket, amelyek soha nem léteztek, esetenként nem is létezhetnek. Az adott pillanatban valóságként éljük át ezeket a szimulációkat – különös tekintettel arra, hogy a valóságot is ugyanígy éljük meg: szimulációs modellekként. A szimulációs szoftver olyankor is becsaphat, amikor ébren vagyunk. Az illúziók, például a homorú arcé, önmagukban ártalmatlanok, és értjük a működésüket. De a szimulációs szoftver drogok hatására, lázas állapotban, vagy éhezéstől hallucinációkat hoz létre. A történelem során sokan láttak angyalokat, szenteket és isteneket, és ezek nagyon is valóságosaknak tűntek számukra. Nem is tűnhetnek másnak, hiszen ezek ugyanolyan modellek, mint amilyeneket a szokásos szimulációs szoftver rak össze, ugyanazokkal a modellező eljárásokkal, amelyeket a szokásos körülmények között használ, amikor a valóság folyamatosan frissített kiadását nyújtja. Nincs is mit csodálkoznunk ezeknek a látomásoknak a hatásosságán. Nem csoda, hogy megváltoztatták egyesek életét. Ha olyan történetet

hallunk, hogy valakit meglátogatott egy arkangyal vagy hangokat hallott a fejében, azonnal feltámad a gyanakvásunk, készpénznek vehetjük-e. Ne feledjük, hogy mindannyiunk feje nagy teljesítményű és ultrarealista szimulációs szoftvert tartalmaz. A szimulációs szoftverünk pillanatok alatt összetákolhat egy szellemet, egy sárkányt vagy egy szent szüzet. Egy ennyire bonyolult és fejlett szoftvernek az ilyesmi igazán gyerekjáték.

És még valami. A virtuális valóság metaforája többféle értelemben is félrevezető és többféle értelemben is találó. De fennáll az olyan jellegű félreértés veszélye, hogy azt gondoljuk, egy „apró ember” vagy „homunkulusz” ül az agyunkban, aki a virtuális valóság műsort nézi. Nem egy filozófus, többek között Daniel Dennett, és kimutatta, hogy semmit nem magyaráz meg, ha azt állítjuk, hogy a szem úgy van összekötve az aggyal, hogy valahol az agyban egy kis vetítövásznon folyamatosan veszi a retinára vetülő képeket. Ki nézi a vásznat? Ez a kérdés semmivel sem csekélyebb súlyú, mint az eredeti kérdés, amit hitünk szerint megválasztunk. Ezzel az erővel akár a retinát néző apró emberkébe is belenyugodhatunk, ami ugyanúgy nem jelent megoldást. Ugyanez a probléma vetődik fel, ha szó szerint értjük a virtuális valóság metaforát, mintha a fejünkbe zárt valamiféle ágens „átélné” a virtuális valóság előadást.

Minden filozófiában talán a szubjektív tudat által felvetett problémák a leginkább zavarba ejtőek, és a megoldásuk messze meghaladja az ambíciómat. Az én javaslatom szerényebb: minden fajnak minden szituációban úgy kell felhasználnia az információját a világról, hogy az abból fakadó cselekvés számára a leghasznosabb legyen. A „modellszerkesztés az agyban” érzékletesen fejezi ki, hogyan megy végbe a folyamat, az emberek esetében pedig különösen hasznos a virtuális valósághoz hasonlítani. Mint az imént kifejtettem, a világnak az a modellje, amelyet egy denevér használ, valószínűleg hasonló lesz a fecske által alkalmazotthoz, még ha az egyik a füle, a másik a szeme révén kapcsolódik is a való világhoz. Az agy úgy szerkeszti meg a modellvilágát, ahogy az a cselekvéshez a legalkalmasabb. Mivel a nappal repülő fecskék és az éjszaka repülő denevérek cselekedetei hasonlóak – nagy sebességű navigálás három dimenzióban, a szilárd akadályok elkerülése és a rovarok elkapása –, minden bizonnyal ugyanolyan modelleket használnak. Ehhez nem kell feltételeznem, és nem is tételezek fel a modellt leső holmi „apró

denevért” vagy „apró fecskét” a fejben. A modell valamiképp vezérli a szárnyizmokat és ennél tovább nem megyek.

Mindazonáltal nagyon jól tudjuk, milyen erős a valahol az agy mélyén tanyázó magányos ágens illúziója. Gyanítom, ez az eset hasonló lehet az egységes test illúziójának létrehozására egyesülő, jóllehet alapvetően független ágens gének „önző kooperátor” modelljéhez. A következő fejezet vége felé röviden vissza fogok térni ehhez az elképzeléshez.

Ez a fejezet azt a tételt fejtette ki, hogy az agy részben átveszi a DNS-től a környezet megörökítésének feladatát – vagy inkább környezetekét, mert sok van belőlük és a közeli és távoli múltra egyaránt kiterjednek. Egy feljegyzés a múltból csak annyira hasznos, amennyire segít a jövő előrejelzésében. Az állat teste olyan jóslatot jelenít meg, mely szerint a jövő nagy vonalakban az ősi múltjára fog hasonlítani. Az állat valószínűleg aszerint marad fenn, hogy igaznak bizonyul-e ez a jóslat. És a világ szimulációs modelljei lehetővé teszik az állatnak, hogy úgy cselekedjék, mintha arra számítana, hogy a világ minden bizonnyal a szokásos mederben folytatja útját a következő néhány másodpercben, órában vagy napban. A teljesség kedvéért meg kell jegyeznünk, hogy maga az agy és a virtuális valóság szoftvere végső soron az ősök génjeinek természetes kiválasztódásának terméke. Azt mondhatnánk, hogy a gének jóslatai korlátozott érvényességűek, mivel a jövő csak nagy általánosságban hasonlít a múltra. A részletekért és az árnyalatokért ellátják az állatot az idegrendszer hardverével és virtuális valóság szoftverrel, mely folyamatosan teszi naprakésszé és módosítja a jóslatait, hogy igazodjanak a környezetekben bekövetkező nagy sebességű változásokhoz. Valahogy úgy, mintha a gének azt mondanák: „Modellálni tudjuk a környezet alapvető formáját, azokat a dolgokat, amelyek nemzedékeken át nem változnak. A gyors változásokat illetően azonban rajtad a sor, agy.”

Áthaladunk egy virtuális világon, amelyet az agyunk épít fel. Konstruált modelljeink a kövekről és a fákról annak a környezetnek a részei, amelyben mi, állatok élünk, nem kevésbé, mint az igazi kövek és fák, amelyeket megjelenítenek. És érdekes módon a mi virtuális világainkat egyúttal azon környezet részének is kell tekinteni, ahol génjeink kiválasztódtak. Leírtuk a tevegéneket, mint az ősi világok arra szelektálódott bennszülöttjeit, hogy fennmaradjanak az ősi

sivatagokban és még ősbibb tengerekben, hogy fennmaradjanak más tevegének kompatibilis szövetségének társaságában. Génjeink igaz történeteket mesélnek a miocén fáiról és a pliocén szavannáiról. És most még az ősi agyakban felépített virtuális világokat is hozzá kell tennünk azokhoz a világokhoz, ahol a gének fennmaradtak.

Az olyan nagymértékben társas lények esetében, mint mi magunk vagyunk és az őseink, a virtuális világaink legalábbis részben csoportkonstrukciók. A génjeinknek, különösen a nyelv feltalálása és a szerszámkészítés és technika megjelenése óta olyan komplex és változó világokban kellett fennmaradniuk, amelyek legtakarékosabb leírása a közös virtuális valóság. Meglepő gondolat, de ahogy elmondható a génekről, hogy fennmaradnak sivatagokban vagy erdőkben, és ugyanúgy, ahogy elmondható róluk, hogy fennmaradnak a génállományban található más gének társaságában, az is elmondható róluk, hogy azokban a virtuális, vagy akár költői valóságokban is fennmaradnak, amelyeket az agyunk hoz létre. És ezzel eljutottunk magának az emberi agynak a rejtélyéhez, amellyel az utolsó fejezet foglalkozik.

12. A túltengő agy

Az agy mintegy háromfontnyi anyag; elférne az ember kezében, mégis képes átfogni a százmilliárd fényévnyi univerzumot.

MARIAN C. DIAMOND

Tudománytörténeti közhely, hogy az élő test működését megérteni próbáló biológusok – éljenek bármelyik korban – mindig koruk fejlett technikájával hasonlítják össze vizsgálatuk tárgyát. A tizenhetedik század óráitól a tizennyolcadik táncoló figuráiig; illetve a viktoriánus hőerőgépektől a modern, elektronikus vezérlésű hőkövető rakétáig minden korszak technikai újdonságaira igaz, hogy megmozgatták a biológusok képzeletét. Az pedig, hogy a digitális számítógép minden korábbi találmányt elhomályosítani ígérkezik, egyszerűen megmagyarázható. A számítógép ugyanis több, mint egyszerűen csak egy gép a sok közül. Pillanatok alatt átprogramozható, és felhasználója kívánságának megfelelő szerkezetté válik: lehet számológép, szövegszerkesztő, kartotékozó, sakkmester, hangszer, automata mérleg, sőt – sajnos – akár csillagjós is. Képes szimulálni az időjárást; egy lemming-populáció ciklusait, egy hangyabolyt; műholdak pályára állítását; vagy éppenséggel Vancouver városát.

A tudományos munkák bármely állat agyát az adott élőlény fedélzeti számítógépeként írják le, bár nem pontosan úgy működik, mint elektronikus megfelelője, hiszen merőben mások az alkotóelemei. Igaz ugyan, hogy egyenként sokkal lassúbbak, viszont óriási, párhuzamos hálózatokat alkotnak az agyban, és nagy számuk ellensúlyozza viszonylagos lassúságukat – bár még ma sem értjük teljesen a mechanizmust. Bizonyos területeken tehát az élő agy jobb teljesítményt nyújthat a digitális számítógépeknél. A részletek terén tapasztalható eltérések azonban nem érvénytelenítik a metaforát. Az agy a test fedélzeti számítógépe, de nem a működése miatt, hanem azért, amit a szervezet élete során elvégez. A szerephasonlóság az állati szervezet ökonómiájának számos részét érinti: ezek közül talán éppen az a leglátványosabb, hogy az agy képes virtuális valóság szoftverként szimulálni a világot.

Általánosságban szólva minden állat számára hasznosnak tűnhet, ha nagy agya alakul ki. De valóban minden téren előnyt jelent a nagyobb számítási kapacitás? Talán igen, ám meg kell fizetni az árát. A súlyért súllyal: az agyszövetek energiaszükséglete nagyobb a többinél. Ráadásul a megszületésünket is az agyunk mérete teszi olyan keservessé. Az a feltételezésünk pedig, hogy okosnak lenni biztosan jó, részben a fajunknál tapasztalható agytúltengés (hipertrófia) fölött érzett önteltség következménye. Érdekes és megválaszolatlan kérdés viszont a következő: miért nőtt ilyen különlegesen nagyra az emberi agy?

Egy szaktekintély szerint az elmúlt mintegy egymillió évben az emberi agy „az élet teljes története során talán a leggyorsabban fejlődött a komplex szervek közül.” Meglehet, ez túlzás, az viszont tagadhatatlan, hogy az emberi agy evolúciója igen gyorsan zajlott. Más emberszabású majmok koponyáival összehasonlítva a mai ember koponyája – vagy legalábbis az a boltozatos része, ahol az agy található – mintegy léggömbként fúvódott fel. Ha pedig valaki felteszi a kérdést, miért következett ez be, válaszként nem elegendő általánosságban beszélni a nagyméretű agy előnyeiről. Hiszen ezek az előnyök minden bizonnyal számos olyan állatfajra is érvényesek lennének, amelyek – a legtöbb főemlőshöz hasonlóan – gyorsan tájékozódnak az erdei lombkorona bonyolult, háromdimenziós világában. A kielégítő magyarázatnak meg kell világítania, mi vezetett oda, hogy az emberszabásúak egyik ága – amelyik lekerült a fáról – olyan robbanásszerű fejlődésnek indult, hogy szinte állva hagyta a többi főemlőst.

Egy időben divat volt azon sopánkodni – vagy szemlélettől függően kárörvendezni –, milyen csekély a *Homo sapiens*, illetve az emberszabásúak közötti kapcsolatot igazoló őskori leletek száma. Mára azonban megváltozott a helyzet. Kiváló kövületsorozatok állnak a tudósok rendelkezésére, melyeken az időben visszafelé haladva nyomon követhető az agykoponya fokozatos zsugorodása a különböző *Homo*-fajokon és az ember ősén, az *Australopithecuson* át. Utóbbi agykoponyájának mérete körülbelül a ma élő csimpánzokénak felelt meg. A legjelentősebb eltérés Lucy és Mrs. Ples (nevezetes *Australopithecus* nők), illetve egy csimpánz között egyáltalán nem az agy, hanem az, hogy az *Australopithecus*oknak szokásuk volt felegyenesedve, két lábon járni, amire a csimpánz ritkán szánja rá

magát. Hárommillió éven át tartott az „agy-léggömb” felfúvódása: az *Australopithecus*nál kezdődött, és a *Homo habilis*en, a *Homo erectus*on, és az ősi *Homo sapiens*en át egészen a mai *Homo sapiens*ig tartott.

Úgy tűnik, valami hasonló zajlott le a számítógépek teljesítményének növekedésében is, azzal a különbséggel, hogy ha az emberi agyat léggömbhöz hasonlítjuk, a számítógépek fejlődése inkább az atombomba robbanását idézi. Moore törvényének értelmében egy adott fizikai méretű számítógép kapacitása másfél évente duplázódik meg. (Valójában ez már a törvény modern változata, hiszen, amikor több mint három évtizeddel ezelőtt Moore kimondta, akkor az egy integrált áramkörön elhelyezett tranzisztorok számáról beszélt, és – saját számításait véve alapul – két évet említett. A számítógépek teljesítményének növekedése viszont még gyorsabbnak bizonyult, hiszen az integrált áramkörök és a tranzisztorok nemcsak gyorsabbak, hanem kisebbek és olcsóbbak is lettek.) A néhai Christopher Evans, a számítógépek világában is otthonosan mozgó pszichológus érzékletesen fejezte ki:

A mai autók számos tekintetben eltérnek a közvetlenül a háború után használtaktól: olcsóbbak, áruk figyelembe veszi az inflációt, gazdaságosabbak, illetve hatékonyabbak... De gondoljuk csak el egy pillanatra, hogy az autóipar ugyanolyan léptékkal fejlődött volna ez idő alatt, mint a számítástechnika: mennyivel lennének akkor olcsóbbak és hatékonyabbak a mai modellek? Aki még nem hallotta ezt a példát, annak megrendítő lesz az eredmény: ma 1 font 35 pennybe kerülne egy Rolls-Royce; egy gallon [kb. 4 liter] üzemanyaggal hárommillió mérföldet lenne képes megtenni, és a motorteljesítménye elég lenne ahhoz, hogy elvontassa a Queen Elizabeth II-t. Ami pedig a miniatürizálást illeti: fél tucat ilyen autó férne el egy tű hegyén.

A hatalmas mikro (1979)

Természetes és elkerülhetetlen, hogy a biológiai evolúció időskáláján lényegesen lassabban mennek végbe a folyamatok. Ennek egyik oka, hogy akármilyen fejlődésről legyen is szó, a feltétele bizonyos egyedek halála, illetve riválisaik szaporodása. Ezért nem lehet összehasonlítani a kétféle jelenség abszolút sebességét. Ha viszont

összemérjük az *Australopithecus*, a *Homo habilis*, a *Homo erectus* és a *Homo sapiens* agyát, megkapjuk Moore törvényének körülbelüli megfelelőjét – hat nagyságrenddel lassabban. Lucytól a *Homo sapiens*ig az agy mérete nagyjából másfél millió év alatt nőtt a duplájára. Ellentétben azonban a számítógépekre alkalmazható törvénnyel, itt nincs különösebb okunk feltételezni, hogy az emberi agy tovább fog duzzadni. Ez az esemény azt igényelné, hogy a nagy aggyal rendelkező embereknek több gyerekük legyen, mint a kisebb agyúaknak, márpedig igencsak vitatható, zajlik-e ilyen folyamat. Lejátszódása az ősidőkre tehető; le kellett játszódnia, máskülönben az emberi agy nem nőtt volna meg ekkorára. Véletlen lehetett, hogy őseink között a genetikailag meghatározott tulajdonságok közé tartozott az okosság. Más esetben ugyanis nem állt volna nyersanyag a természetes szelekció rendelkezésére, és az evolúció során nem növekedhetett volna meg az agy. Valamilyen oknál fogva, sokan politikailag sértőnek találják a feltételezést, hogy egyesek genetikailag okosabbak másoknál. Az agy fejlődésében azonban megkerülhetetlen ez a tényező, és semmi okunk feltételezni, hogy a tények egy csapásra megváltoznának, pusztán azért, hogy ne sértsék egyesek politikai érzékenységet.

A számítógép fejlődéséhez számos olyan tényező is hozzájárult, amely egyáltalán nincs segítségünkre az agy mélyebb megismerésében. Az egyik nagy lépés az átállás volt az elektroncsőről a sokkal kisebb tranzisztorra; ezt követte az utóbbi látványos miniatürizálása és integrált áramkörökbe építése. Az agy vizsgálata szempontjából figyelmen kívül hagyhatjuk ezeket a lépéseket, hiszen – nem győzöm hangsúlyozni – az agy nem elektronikus berendezés. A számítógépek fejlődésének azonban van egy olyan mozgatórugója is, amely az agy szempontjából is fontos lehet. Ezt a jelenséget *öntápláló koevolúciónak* nevezem.

A koevolúció fogalmát már ismerjük: különböző egyedek fejlődnek együtt (például a zsákmányállat a ragadozóval a fennmaradásért folytatott küzdelemben), vagy pedig ugyanazon élőlény különböző szervei (ez a speciális eset a koadaptáció). Egy újabb példa a jelenségre az ugrópók külsejét utánzó, kisméretű légyfaj. Esetükben a legyeknél általános látószerv, az összetett szem mellett reflektorszerűen előre álló, hatalmas álszemeket is találunk. Az igazi pókok veszélyt jelentenek ugyan az ekkora méretű legyekre, ám ez a

faj annyira hasonlít hozzájuk, hogy sikerül távol tartania őket. És ezzel még nem állt meg a mimikri fejlődése: a legyek integetnek is lábaikkal, mégpedig az ugrópók udvarlaskor használt, hivalkodó szemaforjelzésekhez hasonló mozdulatait utánózva. Valószínűnek látszik tehát, hogy ennél a fajnál a pókokhoz hasonló testfelépítési sajátosságokért felelős gének együtt fejlődtek az integetést átörökítő külön gécsoporttal. Az ilyen együttes fejlődést nevezzük koadaptációnak.

Az „öntáplálás” kifejezést minden olyan folyamatra értem, amelyik a „minél többed van, annál többet kapsz” elven alapszik. Jó példa erre az atombomba. Az atombomba működésének alapja ugyanis a láncreakció – a láncmetafora viszont túlságosan finom ahhoz, hogy pontosan érzékeltesse, mi is történik valójában. Az uránium²³⁵ instabil magja széthasad, és energia szabadul fel. A magból kiszakadó neutronok más magoknak ütköznek, és azokat is széthasítják; általában mindössze ennyi történik. A legtöbb neutron ugyanis ártalmatlanul elsűvít az üres térbe anélkül, hogy másik magnak ütközne, hiszen, bár az uránium az egyik legsűrűbb fém, a legtöbb anyaghoz hasonlóan leginkább üres terekből áll össze. (Agyunk virtuális fémmodellje a sűrű szilárdságot feltételező makacs illúzió alapul. Tudniillik, a fennmaradás szempontjából a szilárdság képzetének ez a leghasznosabb belső megjelenítése.) Atomi szinten azonban a magok sokkal távolabb helyezkednek el egymástól a térben, mint mondjuk a szúnyogok egy rajban, tehát a széthasadó atomból kiszakadó részecske nagy valószínűséggel ütközés nélkül halad kifelé a „rajból”. Mindemelllett egy meghatározott tömegű (a híres „kritikus tömeg”) uránium²³⁵ bizonyos mennyiségében valószínű, hogy egy magból kiszakadó, átlagos neutron egy másik magba ütközik, mielőtt elhagyná a fémet. Röviden: úgynevezett láncreakció indul el. Átlagosan minden egyes hasadó mag egy újabbat is széthasít, a maghasadási folyamat tehát „ragályos”, és ennek során hő- és más pusztító energiák szabadulnak fel hihetetlen gyorsasággal. A folyamat eredményét, sajnos, túlságosan is jól ismerjük. Minden robbanási folyamat ilyen „ragályos”, a járványok pedig gyakran emlékeztetnek robbanásra – azzal a különbséggel, hogy időben lassabban haladnak. Kritikus tömegű, alkalmas áldozatra van szükségük a kitörésükhöz, de ha ez már bekövetkezett, akkor érvényesül a „minél többed van, annál többet kapsz” elv. Ezért olyan fontos beoltani a lakosság kritikus

hányadát. Ha a „kritikus tömeg”-nél kevesebb azok száma, akik nem kapták meg a vakcinát, a járvány nem jöhet lendületbe. (Ezért lehetséges az is, hogy a másokkal mit sem törődő „törvényen kívüliek” elkerülhetik az oltást, mégis védve lesznek azáltal, hogy a többség megkapta.)

A *vak órásmester*ben írtam, hogy a populáris kultúrában is működik a robbanáshoz szükséges kritikus tömeg elve. Sokan csupán azért vásárolnak meg bizonyos lemezeket, könyveket, vagy ruhákat, mivel sokan mások is ezeket veszik. Egy bestseller-lista megjelenését tekinthetjük a vásárlói magatartásról készített, tárgyilagos jelentésnek. De jóval több annál, hiszen a lista, az emberek vásárlási szokásaiból kiindulva, a jövőbeli eladási mutatókat is befolyásolja. Az ilyen listák tehát – legalábbis potenciálisan – öntápláló spirálokat képeznek. Ez indokolja, hogy a kiadók a könyv útra bocsátása utáni korai szakaszban rengeteg pénz áldozva igyekeznek áttaszítani a könyvet a bestseller-lista kritikus küszöbén, abban a reményben, hogy ezt átlépve „beindul” a vásárlás. Lám, megint csak „minél többed van, annál többet kapsz”, itt azonban ez az elv kiegészül a hirtelen „robbanással”: ez utóbbi párhuzam miatt szükséges. Az ezzel ellentétes irányba mozgó öntápláló spirál drámai példája a Wall Street-i tőzsdekrach valamint más olyan esetek, amikor a tőzsdén a pánikszerű eladás egyszer csak rohamosan ereszkedő spirált követ.

Az evolúciós koadaptáció nem szükségszerűen foglalja magában az öntáplálás ráadásaként jelentkező, robbanásszerű vonását. Semmi okunk feltételezni, hogy a pókutánzó legyen esetében robbanásszerűen következett volna be a pók külsejének és magatartásának koadaptációja. Ehhez arra lett volna szükség, hogy a kezdeti hasonlóság a pókokhoz – mondjuk a testfelépítésben mutatkozó valamilyen hasonlatosság – a magatartás utánzására is *növekvő* nyomást fejtsen ki. Ez utóbbi pedig válaszként *még erősebben* hatna a pók alaki utánzásának irányába, és így tovább. Mint azonban említettem, nincs okunk feltételezni, hogy tényleg így is zajlott ez a folyamat, vagyis hogy a nyomás önmagát táplálta, és ezért növekedett is, ahogy egyszer az egyik, másszor pedig a másik irányba hatott. Amint a *vak órásmester*ben is kifejtettem, lehetséges, hogy a paradicsommadár, illetve a páva farktollainak evolúciója – a szexuális szelekció más, kirívó díszeihez hasonlóan – eredetileg öntápláló és robbanásszerű volt. Erre az esetre különösen érvényes lehet a „minél

többed van, annál többet kapsz” elve.

Gyanítom, hogy az emberi agy evolúciójában ugyancsak valami robbanásszerű és öntápláló tényezőt keresünk; olyasmit, mint az atombomba láncreakciója vagy a paradicsommadár farktollai, nem pedig olyasmit, amiről a pókutánczó legyek kapcsán esett szó. A gondolat vonzereje abban rejlik, hogy magyarázatot kínál, hogy a csimpánzokéihoz hasonló méretű aggyal rendelkező, afrikai emberszabásúak számos faja közül az egyik miért vághatott egyszer csak minden nyilvánvaló ok nélkül a többi elé a fejlődésben. Úgy tűnik, mintha valamilyen véletlen esemény átlökte volna az emberszabású agyat egy küszöbön (mondjuk úgy, hogy a maga „kritikus tömegén”), majd – öntápláló mivoltából következően – robbanásszerű rajtot vett a folyamat.

De miből állhatott a fenti öntápláló folyamat? A Royal Institution karácsonyi előadásain körvonalazott felvetésem a „szoftver-hardver koevolúció”. Ahogy azt az elnevezés is jelzi, a számítógép analógiája segíthet a megvilágításban. Sajnos azonban egyetlen öntápláló folyamat sem magyarázza a Moore-törvényt. Az integrált áramkörök fejlődése rendezetlen változások egész sorát hozta magával az évek során, és ez érthetatlenné teszi, miért állandó és exponenciális a fejlődés. Mindemellett biztos, hogy a számítógépek fejlődéstörténetének mozgatórugója a szoftver-hardver koevolúció. Különösen igaz lehet abban a tekintetben, hogy kell itt rejtőznie valaminek, ami a „felhalmozódott szükséglet” érzését követő, a küszöbértéken történő áttörésnek felel meg.

A személyi számítógépek elterjedésének kezdetén csak primitív formában léteztek a szövegszerkesztő szoftverek: az enyém még „tördelni” sem tudta a sorokat. Akkoriban a gépi kódú programozás megszállottja voltam, és (bár kissé szégyellem bevallani) teljesen belemerültem a magam szövegszerkesztő szoftverének az elkészítésébe. Az „Írnok” névre kereszteltem, és ezzel írtam a *vak órásmestert* – ha nem így történt volna, valószínűleg korábban elkészülök vele! A szoftver kifejlesztése során egyre elégedetlenebbé telt, hogy a kurzort a billentyűzet segítségével kell mozgatnom ide-oda a képernyőn. *Ki akartam jelölni* egy pontot. Eljátszadoztam a játékokhoz gyártott joystickkal is, de sehogy sem tudtam rájönni, hogyan is kellene használnom. Egyre erősödött bennem az érzés, hogy áhított szoftverem elkészítését valamilyen kritikus hardveres áttörés

hiánya gátolja. Később jöttem rá, hogy azt az eszközt, amelyre olyan nagy szükségem lett volna, de odáig is képtelen voltam eljutni, hogy legalább fejben megalkossam, tulajdonképpen, már sokkal korábban felfedezték. Természetesen ez volt az egér.

Az egér ötlete az 1960-as években született meg Douglas Engelbart fejében, aki már akkor látta, hogy újfajta szoftverek elkészítését tenné lehetővé. Ma már ismerjük e szoftverújítás kifejlesztett formáját: ez a „grafikus felhasználói felület” (a GUI – *Graphical User Interface*), amelyet a Xerox PARC-nak, a modern kor Athénjának, káprázatosan találékony csapata fejlesztett ki az 1970-es években. Gazdasági sikerre az Apple vitte 1983-ban, majd más cégek is átvették VisiOn, GEM, vagy – a manapság legsikeresebb – Windows néven. A történet tanulsága, hogy az újszerű szoftver „robbanása” előtt felgyülemlett már ugyan az igény, de csak akkor bukkanhatott a felszínre, amikor feltalálták az egeret, azaz a kritikus hardvereszközt. Ezután viszont, a GUI szoftver terjedése támasztott új igényeket a hardverrel szemben: gyorsabbá és nagyobb kapacitásúvá kellett válnia, hogy megfelelhessen a grafikus felület igényeinek. A fejlettebb hardver pedig válaszként lehetővé tette az új, kifinomultabb szoftverek gyors fejlődését, különösen azokat, amelyek képesek voltak kihasználni a gyors grafikai megjelenítés előnyeit. A szoftver-hardver spirál fejlődésének legújabb eredménye a világháló. És ugyan ki tudná megmondani, mit tartogat még a jövő?

Ha a jövőbe tekintünk, láthatjuk, hogy sokféle cél szolgálatába állítják majd a számítógépek kapacitását. Bizonyos dolgokat egyre hatékonyabban, és könnyebben fogunk használni; aztán egyszer csak átlépünk egy küszöböt, ahol valami alapvetően újszerű válik lehetségessé. Hiszen a grafikus felhasználói felület esetében is ez történt. Minden program, minden output grafikussá vált: ez hatalmas kapacitást követelt a processzoroktól, de megérte... Bevallom, nekem is van egy szoftver-törvényem, Nathan törvénye, és ez kimondja: „a szoftver gyorsabban fejlődik, mint Moore gondolta.” És pontosan ezért van szükségünk Moore törvényére.

NATHAN MYHRVOLD, a Microsoft Corporation műszaki igazgatója (1998)

De térjünk vissza az emberi agy evolúciójához: mivel is tehetjük teljessé az analógiát? Talán egy kisebb lépéssel a hardverfejlődés

terén, mondjuk az agyméret csekély növekedésével, amely akár észrevétlen is maradhatott volna, ha nem tett volna lehetővé újfajta szoftvertechnikát, amiből viszont szédületes fejlődéssel indult útnak a koevolúció spirálja? Hiszen ez az új szoftver megváltoztathatta az agyi hardver természetes szelekciójának közegét. Erős darwini nyomás kezdett tehát hatni a hardver fejlődése és méretbeli növekedése irányába, hiszen így lehetett a lehető legnagyobb előnyt kihozni az új szoftverből: és az öntápláló spirál máris robbanásszerű gyorsasággal hozta az eredményeket.

De mi lehetett az emberi agy esetében ez a roppant gyümölcsözőnek bizonyuló előrelépés a szoftver terén? Mit tekinthetünk a grafikus felhasználói felület megfelelőjének? A tölem telhető legvilágosabb példán mutatom be, milyen *típusú* dologról is lehetett szó – de egy pillanatig sem állítom, hogy valóban ebből indult ki a spirál. *Példám:* a nyelv. Nem tudni, hogyan jött létre. Az állatoknál nyomát sem találni semmi szintaxishoz hasonló jelenségnek; de azt is nehéz elképzelni, hogy lett volna valamilyen evolúciós előfutára. Ugyanilyen homályos a szemantika – azaz a szavak és jelentésük – eredete. Az állatok között gyakoriak ugyan az „Etess meg!”, a „Menj el!”, és az ezekhez hasonló hangjelzések, az emberi nyelv azonban alapvetően eltérő jellegű. Más fajokhoz hasonlóan az embernek is megvan az alaphangokból álló zárt repertoárja (ezek a fonémák), a különbség viszont az, hogy csak az ember hoz létre ezekből újabb és újabb kombinációkat, és fűzi őket össze hangsorokká: a lehetséges jelentések számának tehát kizárólag az önkényes megállapodás szab határt. Az emberi nyelv szemantikája nyitott: az újabb és újabb módokon kombinált fonémákból végül kialakulhat a lezáratlan, folyamatosan növekvő szókincs. De a szintaxis sem zárt: meghatározhatatlanul sok mondatot alkothatunk például, ha úgynevezett „rekurzív (visszatérő) beágyazással” kombináljuk újra meg újra a szavakat: „Jön a férfi. Jön a férfi, aki elfogta a leopárdot. Jön a férfi, aki elfogta azt a leopárdot, amelyik megölte a kecskéket. Jön a férfi, aki elfogta azt a leopárdot, amelyik megölte azokat a kecskéket, amelyekből a tejet kaptuk.” Látható, hogyan terebélyesedik a mondat, miközben az alapelemei változatlanok maradnak. És minden egyes beágyazott mellékmondat is ugyanígy növekedhet tovább anélkül, hogy ebben bármi is korlátozná. Ez a fajta, egyetlen szintaktikai újítással lehetővé tett, potenciálisan

soha véget nem érő növekedés pedig minden jel szerint az emberi nyelv egyedi vonása.

Nem tudni, létezett-e őseink nyelvében prototípusos fázis, csekély szókinccsel és egyszerű nyelvtannal, mielőtt lépésről lépésre elérte volna a mai állapotát. Manapság a világ minden nyelve igen összetett (egyesek szerint *pontosan ugyanolyan mértékben*, ám ez a kijelentés ideológiailag túlságosan tökéletesnek hangzik ahhoz, hogy elképzelhető legyen). Én magam a fokozatosság felé hajlanék, de egyáltalán nem magától értetődő, hogy ténylegesen így zajlott le a nyelv fejlődése. Egyesek úgy vélik, hirtelen kezdődött, és szinte a szó szoros értelmében egyetlen lángelme találánya: azaz egy bizonyos helyen, meghatározott időpontban jött létre. Hogy fokozatos volt-e, avagy hirtelen? Jusson eszünkbe a szoftver-hardver koevolúció. Az a társadalmi valóság ugyanis, ahol jelen van a nyelv, gyökeresen eltér attól, amelyikben nincs. A kiválasztódás génekre gyakorolt nyomása sohasem ismétli önmagát. A gének egyszerre olyan világokban találhatják magukat, amelyek között még annál is nagyobb a különbség, mintha, mondjuk, egyik percről a másikra véget érne egy jégkorszak, vagy egy addig sosem látott, rettenetes ragadozó bukkanna fel a vidéken. Abban a társadalomban pedig, ahol elsőként jelent meg a nyelv, valószínűleg szélsőséges módon zajlott le a természetes kiválasztódás, és azok kerültek ki belőle győztesen, akik jobb genetikai felkészültséggel rendelkeztek az új módszer kiaknázásához. Hasonlít ez a jelenség az előző fejezet összefoglalásában említetthez: a gének úgy választódnak ki, hogy képesek legyenek a fennmaradásra a társadalom tudata által létrehozott virtuális világban. Mondhatni, lehetetlen túlzásokba esni azt illetően, mekkora előnyben voltak azok, akik leginkább élni tudtak a nyelv által megnyitott, új világ adta lehetőségekkel. Hiszen itt nemcsak arról van szó, hogy a nyelvhasználat érdekében megnőtt az emberi agy, hanem arról is, hogy a beszéd felfedezése őseink egész világát átalakította.

A nyelv példáját azonban csupán a szoftver-hardver koevolúció gondolatának megvilágítására hoztam fel. Elképzelhető, hogy nem a nyelv segítette át az emberi agyat a túltengéshez szükséges, kritikus küszöbön – bár, az az érzésem, hogy jelentős szerepet játszott a folyamatban. Azt is vitatják, hogy a torok hangmoduláló hardvere képes volt-e nyelv létrehozására abban a korban, amikor

növekedésnek indult az agy mérete. Néhány lelet arra utal, hogy a *Homo habilis*nak és a *Homo erectus*nak, azaz a mai ember valószínű őseinek gégefője – mivel még mindig nem ereszkedett le – feltehetően nem volt képes a magánhangzók teljes, a modern ember torka által rendelkezésre bocsátott skálájának artikulációjára. Egyesek ezt úgy értelmezik, hogy a nyelv csak későn jelent meg az emberi evolúció folyamatában. Szerintem ez a megközelítés sehová sem vezet. Ha ugyanis tényleg létezik szoftver-hardver koevolúció, nem az agy az egyetlen olyan hardver, amelyik hatással lehetett a spirálra. Valószínűleg vele párhuzamosan fejlődtek a hangképző szervek is, a gégefő evolúciós leereszkedése pedig azon hardverváltozások egyike, amelyeket maga a nyelv idézett elő. A szegényes magánhangzórendszer nem ugyanaz, mint a magánhangzók teljes hiánya. Ha tehát a *Homo erectus* beszéde mai, igényes normáinkhoz képest monoton volt is, mindenképpen megfelelő színteret kínált a szintaxis és a szemantika evolúciójához, valamint a gégefő leereszkedésének öntápláló folyamatához. Vagyis a *Homo erectus*nak, mellesleg, már mindene adott volt ahhoz, hogy minden hidat feléigessen maga mögött; hiba volna alábecsülnünk ennek a ténynek a jelentőségét.

Egy időre most tegyük félre a nyelvet: vajon milyen egyéb szoftverújdonságok segítették át őseinket a kritikus küszöbön és indították el a koevolúció kiteljesedését? Hadd említsek két tényezőt, amelyek a legnagyobb természetességgel fakadhattak abból, hogy őseink szerették a húst és szívesen vadásztak. A földművelés viszonylag új keletű tevékenység. Emberszabású őseink legnagyobb része vadászó-gyűjtögető életmódot élt. Akik manapság is így szerzik meg a táplálékukat, köztudottan kiváló nyomkövetők. Tudnak olvasni a nyomokból, a megbolygatott növényzetből, trágyakupacokból és elhullott szőrszálakból; nagy területen és részletesen képesek így rekonstruálni az eseményeket. Számukra a nyomok ábrák, amolyan térképek; vagyis szimbolikusan ábrázolják az állatok cselekvéseinek sorát. Emlékeznek képzeletbeli zoológusunkra, aki az állat testéből, és DNS-éből következtetve rekonstruálja a múltbeli környezetet, és ezzel azt az állítást igazolja, hogy az állat a környezete modellje? Nem mondhatunk-e valami hasonlót egy hozzáértő kung san nyomkövetőről, aki a Kalahári-sivatagban pusztán a nyomok olvasásából részletesen leírja, modellezi, hogy mit csináltak az adott

helyen az állatok? Ha pedig megfelelően olvassa ezeket a nyomokat, térképeket, ábrákat kap, és elképzelhetőnek tartom, hogy őseink már a szavakban történő beszéd kialakulása előtt rendelkeztek ezek olvasásának képességével.

Tegyük fel, hogy egy csoport *Homo habilis* vadásznak meg kell terveznie, hogyan működnek majd együtt a zsákmány elejtésében.

1992-ben készült emlékezetes és dermesztő tévéfilmjében, a *Too Close for Comfort*-ban David Attenborough mai csimpánzokat mutat be, amint egy kolóbusz majom gondosan megtervezettnek látszó és sikeres becserkészését és megtámadását hajtják végre, majd ízekre tépik és felfalják áldozatukat. Semmi okunk sincs feltételezni, hogy a vadászat kezdete előtt a csimpánzok bármilyen részletes tervet „beszéltek volna meg”; az viszont sokkal valószínűbb, hogy amennyiben ezt a *Homo habilis* végre tudta hajtani, abból előnye származott. De hogyan fejlődhetett ki az efféle kommunikáció?

Tegyük fel, hogy a vadászok egyikének – tekintsük vezérnek – van valamilyen terve (mondjuk egy tehénantilop elejtése), és ezt közölni szeretné társaival. Kézenfekvő, hogy utánozhatja a préda mozgását, vagy magára veheti egy elejtett egyed bőrét – ahogyan azt vadászó népek rituális vagy szórakoztató céllal manapság is megteszik. De eljátszhatta a többi vadásztól kívánt mozdulatokat is: az eltúlzott, óvatos lopakodást; majd az egyértelműség kedvéért zajos üldözést; végül pedig – az akció utolsó fázisában – a hirtelen rajtaütést. De ez még nem minden: akár egy mai katonatiszt, a terület térképén mutathatta meg az egyes műveletek terveit.

Feltételezhetjük, hogy vadászaink remek nyomkövetők, és a kétdimenziós rajzokon, illetve a láb-, vagy más nyomok között is jól kiismerik magukat: ez a kiváló térbeli tájékozódási képességük pedig minden képzeletünket felülmúlhatta (hacsak a kedves olvasó történetesen nem maga is kung san vadász). Mindannyiuk számára teljesen természetes tehát egy csapás követése, és annak elképzelése életnagyságú térképként, mintha az állat mozgásának időbeli grafikonjaként lenne a földre terítve. Ebben az esetben pedig mi lehetne természetesebb a vezér számára, mint megragadni egy botot, és egy ilyen mérethű modellbe, azaz a porba rajzolni a mozgás térképét? A vezér és vadászai számára semmi különös nincs abban, hogy a folyó sáros partján látható patanyomok sorozata vándorló gnúcsordát jelent. Miért ne rajzolhatna tehát a vezér olyan vonalat,

amelyik magát a folyót jelképezi a földön, mint térképen? És mivel az emberi lábnyomok követéséhez is hozzászoktak, saját barlangjuktól a folyóig, miért ne mutathatna a vezér a térképen a barlangnak a folyóhoz viszonyított helyére? A bot mozgatásával pedig jelezheti a rajzon a téhenantilop közeledésének irányát; azt, hogy merre akarja üzni; illetve a rajtaütés helyét – mindezt azzal, hogy rajzol a porba.

Lehetséges, hogy így született meg az állatnyomok olvasásának igen fontos készségéből, mintegy természetes általánosításként, a kétdimenziós, arányosan kicsinyített ábrázolás gondolata? Elképzelhető, hogy az állatokat megjelenítő rajzok ötlete is ugyanebből a forrásból fakad. Nyilvánvaló, hogy a gnúpata lenyomata a sárban a valós objektum negatív formája. Az oroszlánmancs friss nyomának látványa viszont bizonyára félelemmel töltötte el a vadászokat. Vajon ugyanebből fakadt-e az a villámcsapásszem megvilágosodás is, hogy rajzzal ábrázolni lehet az állat egy részét, azaz, mintegy kivetítve, az egész állatot? Az első egészalakos állatrajz ötletét talán egy tetem keményre szikkadt lenyomata adta. Vagy egy nehezebben kivehető lenyomat a fűben, hiszen ezt is könnyűszerrel kitölthette anyaggal az elme virtuális valóság szoftvere.

Mivel a zöld gyepen

Látszik, ahol imént

A hegyi nyúl pihent.

W B. YEATS:

Emlék (1919)

Minden valóságábrázoló művészet (és feltehetőleg a többi művészeti ág is) arra épül, hogy egy adott dolognak a megjelenítése egy másik dologgal segítheti a gondolkodást vagy a kommunikációt. Az ahhoz kapcsolódó párhuzamok és metaforák, amit – jó vagy rossz – költői tudománynak nevezek, az ember szimbólumalkotó képességének újabb megjelenési formái. Vegyük észre a folytonosságot – ez akár evolúciós folyamatot is jelölhet. A kontinuum egyik végén azok a dolgok állnak, amelyek emlékeztetnek arra, amit jelölnek; ilyenek például a barlangfestmények bölényei. A másik végén viszont olyan szimbólumok helyezkednek el, amelyek nem idézik fel egyértelműen jelöltjeiket – ilyen például maga a „bölény” szó: ez csupán azért jelentheti azt, amit jelent, mert létezik ilyen jellegű, az adott nyelv minden beszélője által tiszteletben tartott önkényes megállapodás. Az

átmenetek pedig – mint mondtam – az evolúciós előrehaladás folyamatát jelölik. Talán sosem fogjuk megtudni, hogyan is kezdődött az egész. De elképzelhető, hogy a lábnyomokról szóló fenti történet egy olyan *típusú* meglátást érzékeltet, amely akkor bukkant fel, amikor az ember először kezdett analógiákban gondolkodni, és így felismerte a szemantikai reprezentáció lehetőségét. És akár ebből alakult ki végül is a szemantika, akár nem, a nyelv mellett vadászaim térképe a második jelöltem az agynövekedésért felelős, evolúciós spirált elindító szoftverújításként. Valóban a térképrajzolás segítette volna át őseinket azon a kritikus küszöbön, amelyen a többi emberszabásúnak nem sikerült átlépnie?

Jelöltemet a harmadik szoftverújításra William Calvin egyik elképzelése ihlette. Szerinte ugyanis a ballisztikus mozgások – például a hajítófegyverek dobása távoli célpontra – különleges számítási követelményeket támasztanak az idegrendszerrel szemben. Úgy gondolta, ezen probléma – eredetileg, talán vadászati célzatú – megoldása során tett szert az agy, mintegy mellékhatásként, számos egyéb fontos képességre.

Calvin egy kavicsos partszakaszon éppen azzal mulattatta magát, hogy köveket hajigált egy kidőlt fatörzs felé, mikor próbálkozásai egyszerre termékeny gondolatsort „indítottak el” (a metafora, ha közhelyszerűen hangzik is, ezúttal tökéletesen helyénvaló). Vajon miféle számításokat kell végeznie az agynak, amikor valaki célzó és hajít – ahogyan azt őseink egyre gyakrabban tették a vadászat szokásának kifejlesztése során. A pontos dobás egyik kulcsfontosságú eleme az időzítés. Történjék bármelyik karral; alulról felfelé; ívesen, fentről, vagy csuklóból: minden esetben a hajítófegyver eldobásának pillanata jelenti a különbséget. Gondoljunk csak a labdadobó krikettjátékos felsőkarjának mozgására! (A krikettben a labdahajítás annyiban tér el a baseballban megszokott dobástól, hogy a karnak nyújtottnak kell maradnia, tehát jobban kiszámítható a mozdulat.) Ha a dobó túl hamar ereszti el a labdát, az elszáll az ütőjátékos feje felett, ha viszont túl későn, akkor a földbe csapódik. Hogyan éri el vajon az idegrendszer, hogy a kéz, a kar mozgásának sebességéhez igazodva, pontosan a megfelelő pillanatban eressze el az eldobandó tárgyat? A vívásból ismert kitöréstől eltérően – mikor is a vívó egészen a célig vezérelheti a célzást – a dobás (akár alulról, akár fentről) ballisztikus. Az eldobandó tárgy tehát elhagyja a kezét, és ettől kezdve

irányíthatatlan. Vannak más, szintén begyakorolt, lényegüket tekintve ballisztikus mozgások is, mint például a szögelés – bár ilyenkor a szerszám – a „fegyver” – mindvégig a kézben marad. Tehát, „hozzávetőlegesen” előre el kell végezni minden számítást.

A fenti időzítési probléma megoldásának egyik módja (legyen szó akár kő-, akár lándzsahajításról) az lenne, ha kiszámítanánk az egyes izmok szükséges összehúzódását lendületvételnél, tehát miközben a kar mozgásban van. A modern, digitális számítógépek képesek ugyan erre, az emberi agy azonban túlságosan lassú hozzá. Calvin más megoldásra jutott: úgy vélte, mivel az idegrendszer lassú, egy közbeeső tárolóban ott kell lenniük a gépies izommozgások parancsainak. Tehát a krikettlabda vagy a lándzsa elhajításának egész folyamata, az egyes izom-összehúzódások parancsaiként, előre beprogramozott utasítássorként ott van az agyban, mégpedig a végrehajtási sorrendjükben.

Természetesen minél távolabbi a célpont, annál nehezebb eltalálni. Calvin leporolta a fizikakönyveit, és utánabogarászott, hogyan lehet kiszámítani azt a bizonyos indítási időtartamot, a „kilövési ablakot”, amely egyre kisebb lesz, ahogy az ember minél messzebből próbál ugyanolyan pontossággal dobni. A „kilövési ablak” kifejezés az űrkutatás szakzsargonjából származik. A rakétatudósok (közmondásosan tehetséges emberek) kiszámítják azt az időperiódust, amikor fellöhetik az űrhajót, hogy eltalálják vele a kiválasztott célt, például a Holdat. Ha túl korán, vagy túl későn lövik fel, mellé találnak. Calvin négy méter távolságban felállított, nyúl méretű célpontokra dolgozta ki a számításait: az ő „kilövési ablaka” körülbelül 11 ezredmásodperc hosszú lett. Ha túl korán engedte el a követ, elzúgott a nyúl felett. Ha viszont túl későn, nem lett elég hosszú a dobás. A túl rövid, és túl hosszú között mindössze 11 ezredmásodperc volt a különbség, vagyis nagyjából a másodperc századrésze. Ez nem hagyta nyugodni Calvint, hiszen az idegsejtek időzítésének szakértője lévén tudta, hogy az idegsejt normális hibahatára hosszabb a kilövési periódusnál. Ugyanakkor azzal is tisztában volt, hogy a jól dobó ember akár futás közben is képes eltalálni ilyen távolságról egy ekkora célpontot. Jómagam sosem felejttem el, hogy oxfordi éveim alatt milyen csodákat művelt az egyetem csapatában a pataudi Nawab (minden idők egyik legnagyobb indiai krikettjátékosa volt, még azután is, hogy fél szemére

megvakult) a mezőnyben; milyen irtózatossággal és pontossággal célozta meg újra és újra a kaput, még akkor is, amikor úgy vágtatott, hogy attól az ütőjátékosoknak láthatóan inukba szállt a bátorságuk, társai viszont egyre inkább magukra találtak.

Calvin tehát ott állt a megoldandó talánnyal: hogyan tudunk ilyen jól dobni? Végül arra a következtetésre jutott, hogy a nagy számok törvényében rejlik a válasz. Egyetlen időzítő kör önmagában sosem képes elérni, hogy egy dárdahajító kung vadász, vagy egy labdát dobó krikettjátékos pontosan célozzon. Tehát sok párhuzamosan működő időzítő kört kell feltételeznünk: az egyes körök hatásának átlagolása után születik majd meg a végső döntés arról, hogy mikor is kell eldobni az elhajítandó tárgyat. És most következik a legfontosabb lépés. Ha már egy bizonyos célra úgyis kifejlődött az időzítő és sorba rendező körök sokasága, miért ne használhatnánk őket valami másra is? Hiszen maga a nyelv is a pontos sorba rendezésen alapul. Ahogy a zene, a tánc és a jövő tervezgetése. Lehetséges, hogy a hajítás lenne az előrelátás előfutára? Úgy értem, hogy miközben elképzelünk valamit, tehát mintegy „elhajítjuk” valamerre az elmét, nem pusztán metaforikusan, hanem szó szerint is így kellene értelmeznünk ezt a tettünket? Amikor valaki, valahol Afrikában, kimondta a legelső szót, talán azt képzelte, hogy a szája elhajít valamit a hallgatója felé?

A szoftver-hardver koevolúcióban részt vevő szoftverek közé a kulturális öröklődés alapegységét, a mémet sorolnám negyediknek. Már érintettük ezt a témát, amikor a bestsellerek ragályszerű „berobbanásáról” esett szó. A továbbiakban kollégáimra, Daniel Dennettre és Susan Blackmore-ra hagyatkozom, akik 1976 óta (ekkor született meg ugyanis maga a „mém” terminus) a memetika tudósainak élvonalába tartoznak. A gének generációról generációra öröklődnek – az utód másolatot kap belőlük szüleiktől. Maga a mém szó tehát, a fentiek analógiájára, bármi, ami az egyik agyból a másikba másolódik át – mindegy, milyen eszközzel. Az viszont vitatott, megfelelő-e tudományos szóalkotásként, tekintettel a gén és a mém szavak alaki hasonlóságára. Úgy vélem, körültekintő használat esetén nincs vele semmi baj, bár, ha valaki rákeres az interneten, számos példáját láthatja, mi is történik, ha valakit elragad a hév és átesik a ló túlsó oldalára. Úgy tűnik, mintha kialakulófélben volna egyfajta memetikus vallás – nemigen tudom eldönteni, nem egyszerűen vicc-e az egész.

Időről időre feleségem is, én is álmatlanságban szenvedünk: leginkább olyankor, amikor befészkei magát az agyunkba egy-egy dallam, és megállás nélkül, könyörtelenül zsong benne egész éjszaka. Bizonyos dallamok különösen megátalkodottak: például Tom Lehertről a *Mazochista tangó*. Nem valami értékes dallam (ellentétben a dal szövegének csodálatosan csengő rímeivel), de ha egyszer tanyát vert a fejünkben, szinte képtelenség megszabadulni tőle. Ezért feleségemmel egyezséget kötöttünk, hogy ha nap közben valamelyikünk agyában megragad egy-egy ilyen veszélyes dallam (John Lennon és Paul McCartney dalai is az efféle elvetemültek közé tartoznak), semmilyen körülmények között nem énekeljük vagy füttyöljük lefekvés előtt, nehogy megfertőzzük vele egymást. Maga a jelenség – mármint hogy az egyik agyban duruzsoló dallam egy másik agyat is „megfertőzhet” – nem más, mint memetikus kommunikáció.

De lefekvés előtt is megtörténhet ugyanez. Dennett a következő anekdotát beszéli el a *Darwin's Dangerous Idea* (Darwin veszélyes ideája, 1995) című könyvében:

A napokban zavarba jöttem, és kicsit kétségbe is estem, hogy sétálás közben egy dallam dúdolgatásán kaptam magam. Nem Haydn, Beethoven, vagy Charlie Parker, vagy akár Bob Dylan volt: erélyesen dúdoltam az It Takes Two To Tango, ezt a teljesen sivár és fülbemászó dallamot, mely rejtélyes módon igen népszerű volt valamikor az 1950-es években. Biztos, hogy soha életemben nem szerettem, de valamiért jobbnak ítélttem, mint a csöndet, és aztán ímhol, fel is bukkant, szörnyű zenei vírus, a mémkészletem oly szépen kifejlődött egyede, mint bármely általam igazán értékelt melódia. És most, csak hogy tetézzem a bajt, sokakban feltámasztottam a vírust, és semmi kétség, átkozni fognak azokban az elkövetkezendő napokban, amikor majd azon kapják magukat, hogy harminc év eltelte után először dúdolják ezt az unalmas dallamot.

Az én esetemben nem csupán dallam lehet ez az örjítően ismétlődő, csengő-bongó valami, hanem egy-egy kifejezés is; és még csak nem is valami okból lényeges, hanem csupán holmi nyelvi töredék, amelyet talán éppen én mondtam ki napközben, vagy valaki más szájából hangzott el. Nem látom tisztán, miért pont azok a bizonyos nyelvi töredékek vagy dallamok ragadnak meg: csak annyi bizonyos, hogy ha

egyszer az egyikük befészkelte magát az agyba, hihetetlenül nehéz megszabadulni tőle, konokul ismétlődik a végtelenségig. Mark Twain 1876-ban írta a „Micsoda rémálom!” című novelláját. Arról szól, hogyan borította el teljesen az elméjét egy ellenőr verse szedett utasításának nevetséges töredéke, melyet a buszon hallott. Így szólt a refrénje: „Lyukasszon jegyet is, jóember”.

*Lyukasszon jegyet is, jóember,
Lyukasszon jegyet is, jóember.*

A fenti töredék ritmusa leginkább egy mantrára emlékeztet – szinte félttem leírni, nehogy megfertőzzem olvasóimat. Miután elolvastam a novellát, egy álló napon át keringett a fejemben ez a sor. Mark Twain elbeszélője végül úgy szabadul meg tőle, hogy továbbadja a lelkesnek, akit aztán sikeresen megőrjít. A történetnek ezt a „gadari disznókat” idéző elemét, vagyis hogyha továbbadjuk a mémet, azzal el is veszítjük, nem igazolják a tények. Hiszen ha az ember megfertőz valaki mást is egy mémmel, az nem jelenti egyúttal azt is, hogy sikeresen száműzte volna a maga agyából.

A mém lehet egy jó gondolat, dallam, vers – de ugyanígy valamiféle eszelős mantra is. És mém mindaz, ami, a testi reprodukció vagy a vírusfertőzés útján terjedő génekhez hasonlóan imitáció útján terjed. E tekintetben az a legfontosabb kérdés, hogy – legalábbis elméletileg – körükben is működhetett-e (a gének szelekciójához hasonlóan) valódi darwini kiválasztódás avagy sem. A terjedő mém azért terjed, mert jól csinálja. Dennett végtelenül ismétlődő dallama – akárcsak a miénk – történetesen tangó volt. Elképzelhető, hogy magában a tangóritmusban rejlik valami alattomoság? Jelen pillanatban nincs rá elegendő bizonyítékunk. Annál ésszerűbbnek tűnik viszont az az általános elképzelés, hogy egyes mémek, belső tulajdonságaik következtében, fertőzőbbek másoknál.

Akárcsak a gének esetében, várható, hogy a világot azok a mémek fogják megtölteni, amelyek hatékonyan képesek agyba agyba másolódni. Észrevehetjük, hogy bizonyos mémek (akárcsak Mark Twain rigmusa) rendelkeznek ugyan ezzel a tulajdonsággal, ám képtelenek vagyunk megmagyarázni, miért. Csak annyi bizonyos, hogy a darwini kiválasztódás szempontjából eltérő a mémek fertőző ereje. Olykor azonban meg lehet fejteni, mi segíti a terjedésüket.

Dennett említi, hogy az összeesküvés-elmélet mémjében található egy beépített válasz arra az esetre, ha valaki ellenevetné, hogy nincs döntő bizonyíték az összeesküvés tényére: „Persze, hogy nincs! Na látod, milyen jól megszervezték!”

A gének terjedését, akárcsak a vírusokét, kizárólag a parazita hatékonyság irányítja. Azt gondolhatnánk, hogy egyedül a terjedés érdekében végrehajtott terjedésnek nincs semmi haszna, a természetet azonban nem érdeklik sem a hasznosságról, sem az egyebekről alkotott emberi ítéletek. Ha tehát egy kódarabban adott az, ami szükséges a terjedéséhez, el is fog terjedni. A gének terjedésének azonban lehetnek emberi szempontból „igazolhatóbb” okai is, mondjuk, hogy javítják a sólyom látását. A darwinizmusról többnyire ilyen példák ötlenek az eszünkbe. A *Climbing Mount Improbable* című könyvemben kifejtettem, hogy egy elefánt és egy vírus DNS-e egyaránt egy-egy „Másolj le!” program. Annyi köztük a különbség, hogy az első egy elképesztően nagy kitérőt is magában foglal: „Másolj le azzal, hogy először létrehozol egy elefántot!” De mindkétfajta program terjed, mivel mindkettő hatékony a terjedés terén, melyik-melyik a maga eszközeivel. Ugyanez érvényes a mémekre is. A csengő-bongó tangók kizárólag parazita hatékonyságuk okán megmaradnak egyesek agyában, és másokat is megfertőznek. Ezek, a spektrum „vírus-végéhez” állnak közel. A filozófia nagyszerű gondolatai, ragyogó matematikai felismerések, a csomózás és edényformázás leleményes módszerei a darwini spektrum „indokolt” vagy „elefánt” végéhez közelebb álló mémállományában maradtak fenn.

A mémek terjedésének egyetlen oka az a tendencia, hogy az utánzás biológiailag értékes az egyedek számára. Sok alapos oka van, miért részesíti előnyben a gének között működő szokásos természetes szelekció az utánzást. Az utánzásra genetikailag fogékonyabb egyedek ugyanis sokkal rövidebb úton sajátíthatnak el másoknak csak hosszú idő alatt elsajátítható készségeket. Ennek egyik legszebb példája a tejesüvegek felnyitásának a szécinkék körében elterjedt szokása. Angliában kora reggel hordják ki és a bejárati lépcsőkre teszik a teli tejesüvegeket, tehát általában eltelik némi idő, amíg a háziak beviszik. Egy kistermetű madár képes átlukasztani a csőrével a kupakot, jöllehet ez a cselekedet a legkevésbé sem magától értetődő egy madár számára. Ám a kék szécinkék körében bizonyos földrajzilag

behatárolható pontokból kiindulva, koncentrikus körökben kifelé terjedve, valóságos kupaklyukasztási járvány tört ki. Igen, a „járvány” szó fedi a legjobban a jelenséget. James Fisher és Robert Hinde zoológusok meggyőzően dokumentálták, ahogy az 1940-es években utánzás révén terjedt a szokás az említett néhány pontból kifelé haladva – a fortélyra valószínűleg egy-egy példány jött rá először: a leleményesség szigetei és egy mémjárvány kiobbantói.

A csimpánzoknál is ismertek hasonló esetek: ugyancsak utánzáson alapul, ahogy a természetvárba szúrt ágakkal természet „horgásznak”. Akárcsak az a készség, hogy kövel fatönkön, vagy egy „üllöként” használt másik kövön törik fel a diót; ez a szokás csupán Nyugat-Afrika bizonyos területein fedezhető fel, másutt nem. Valószínűleg emberszabású őseink is egymás utánzása révén sajátítottak el az életben maradáshoz nélkülözhetetlen bizonyos készségeket. A sikeresen fennmaradt törzsi közösségekben pedig ez lehetett az alapja a kőszerszámok készítésének, a szövésnek, bizonyos halászati módszereknek, a zsúpkészítésnek; a fazekasság, a tűzcsiholás, a főzés, és a fémmegmunkálás ismeretének. A mester-tanítvány kapcsolat tehát a géneknél ismert „ős – leszármazott” eredetvonal memetikus megfelelője. Jonathan Kingdon zoológus szerint az ember készségei akkor indultak fejlődésnek, amikor más fajokat kezdett utánozni. Lehetséges például, hogy a halászhálók, a zsinór vagy a fonás felfedezését a pókhálók; a csomók és a zsúpkészítés kifejlesztését pedig a szövőmadarak fészkei inspirálták.

Úgy tűnik, a génektől eltérően a mémek nem csoportosulnak, hogy közös élőhelyük és fennmaradásuk biztosítására nagyméretű „hordozókat”, testeket építsenek fel, hanem a gének által létrehozott gazdatesteket használják (kivéve azt az esetet, ha valaki – ahogy arról már szó esett – az internetet is mémhordozónak tekinti) – de ugyanolyan hatékonyan manipulálják az élő testek viselkedését, mint a gének. A genetikus és a memetikus közötti párhuzam akkor válik igazán érdekessé, ha újra elővesszük az „önző kooperátor” fogalmát. A mémek ugyanis – akárcsak a gének – csak bizonyos más mémek jelenlétében képesek fennmaradni. Egyes mémek jelenléte tehát valamely agyban elősegíti bizonyos más mémek befogadását. Ahogyan egy faj génállománya az egyes gének együttműködő szövetségévé válik, úgy lesz több elme csoportja (egy-egy „kultúra” vagy „hagyomány”) a mémek kooperatív együttese: egy-egy

mémkomplexum. A génekhez hasonlóan, nem helyes ezt a tömörülést körülhatárolható, önálló entitásként kezelni. Inkább azt kell felismernünk, hogy a mémek kölcsönösen segítik egymást: mindegyik olyan környezetet teremt, amely előnyös a többiek számára. És bár a mémelméletnek is lehetnek korlátjai, úgy vélem, ez a része (vagyis hogy valamely kultúra vagy hagyomány; egy-egy vallási vagy politikai egység az „önző kooperátor” modellje alapján fejlődik) minden bizonnyal legalábbis fontos része a teljes igazságnak. Dennett roppant élénk színekkel festi le az elmét a mémek termékeny melegágyaként. Tulajdonképpen egészen odáig megy, hogy védelmére kel annak az elképzelésnek, miszerint „maga az emberi tudat nem más, mint mémek óriási komplexe...” Egyebek mellett mindezt meggyőzően és részletesen kifejti a *Consciousness Explained* (A tudat magyarázata, 1991) című munkájában. Jómagam nemigen lennék képes összefoglalni a mű komplex érvrendszerét, ezért meglegszem egy jellemző idézettel:

Az emberi elme az a kikötő, melynek elérésétől minden mém sorsa függ; maga az elme viszont úgy keletkezik, hogy a mémek átstrukturálják a tudatot, hogy jobb élőhelyet hozzanak létre maguknak. Úgy alakítják át a ki- és bejárás útjait, hogy igazodjanak a helyi feltételekhez, és olyan mesterséges eszközökkel erősítik meg, amelyek elősegítik a replikáció megbízhatóságát és tömeges mivoltát: a született kínai elméje tehát gyökeresen eltér a született franciáétól; az írni-olvasni tudóé pedig az írástudatlanétól. A mémek cserében az előnyök felmérhetetlen tárházát biztosítják az élőhelyükként szolgáló szervezet számára – és ráadásként, egynéhány trójai falovat is... Ha viszont igaz az, hogy magát az emberi elmét nagyrészt a mémek hozzák létre, nem tartható fent eddigi nézetünk, vagyis az a fajta polaritás, amelyben „egyik oldalon a mémek, a másikon az ember” foglal helyet, mivel a korábbi mémfertőzések már igen jelentős szerepet játszottak annak meghatározásában, hogy kik és mik is vagyunk.

A mémek esetében ökológiáról is beszélhetünk: mémek trópusi esőerdejéről vagy mém-termeszvárról. Egy-egy kultúrán belül pedig nem csupán átugranak egyik elméből a másikba – ez csak a jéghegy azonnal szembeötlő csúcsa. Hiszen a mémek tenyésznek, sokasodnak

és versenyeznek is egymással az elmén belül. Valahányszor egy értelmes gondolatot tudatunk a külvilággal, ki tudja, milyen tudattalan, kvázi-darwini szelekció ment már végbe addigra a színfalak mögött a fejünkben? Elmének úgy szállják meg a mémek, ahogyan az ősi vírusok szállták meg őseink sejtjeit és váltak aztán mitokondriummá. Vigyorgó Fakutya-szerű mémek bukkannak fel az agyunkban; sőt egyenesen az elménkké válnak – pontosan úgy, ahogy az eukarióta sejtek is mitokondriumok, kloroplasztiszok és más baktériumok kolóniái lettek. Úgy tűnhet, ez a recept tökéletes a koevolúciós spirálokhoz és az agyméret növekedéséhez, de egészen pontosan mi mozgatja a spirált? Hol rejlik az öntáplálás, azaz a „minél többed van, annál többet kapsz” eleme?

Susan Blackmore úgy közelíti meg a kérdést, hogy egy másikat tesz fel: „Kit utánozz?” Természetesen azokat az egyedeket, amelyek a legjobbak a kérdéses készségben – de létezik átfogóbb válasz is erre a kérdésre. Blackmore szerint a legjobb utánpótlást kell utánozni, hiszen valószínűleg ők sajátították el legjobban a készségeket. Második kérdésére: „Kivel párosodj?”, hasonló a válasz: a leggyakoribbá váló mémek legjobb imitátorával. Tehát nem csak a mémek szelekciója zajlik terjedési képességük szerint, hanem a gének is a hagyományos darwini szelekcióval választódnak ki aszerint, hogy képesek-e a mémeket hatékonyan terjesztő egyedeket létrehozni. Nem kívánom ellopni dr. Blackmore ötletét, csak azért, mert láthattam készülő könyve, *The Meme Machine* (A mémgépezet, 1999) vázlatát. Egyszerűen csak annyit jegyeznék meg, hogy ezúttal is szoftver-hardver koevolúcióval van dolgunk. A gének hozzák létre a hardvert és a mémek jelentik a szoftvert. Ez a koevolúció biztosíthatta az emberi agy megnövekedésének táptalaját.

Említettem, hogy vissza fogok térni az „agyban tanyázó emberke” illúziójához. Nem azért, hogy megoldjam a tudatosság problémáját – ez meghaladná a képességeimet –, hanem hogy újabb párhuzamot vonjak a mémek és a gének között. A *The Extended Phenotype* (A hódító gén) című könyvemben úgy érveltem, hogy ne vegyük magától értetődőnek az élőlények individualitását. Itt nem a „tudatos” értelemben használom a szót, hanem egyetlen, koherens, böljével bevont testet meghatározó jelentésében; melynek többé-kevésbé világos a célja: a fennmaradás és a szaporodás. Kifejtettem, hogy az élő egyed nem az élet alapvető egysége: akkor jön létre, amikor az evolúció

kezetén még elkülönülő, egymással harcban álló gének „önző kooperátorokként” együttműködő csoportokba tömörülnek. Ám azt sem állíthatjuk, hogy az élő egyed illúzió – ahhoz túlságosan konkrét. De mindenképpen másodlagos jelenség, és alapvetően különálló, netán egyenesen egymással harcban álló ágensek összefogása révén alakul ki. Nem mélyedek el a fentiekben, csak követem Dennettet és Blackmore-t, és a mémekkel való összehasonlítás gondolatmenetét. Elképzelhető, hogy a szubjektív „én”, tehát az a személy, akinek érzem magam, ugyanilyen jellegű félillúzió. Hiszen az elme alapvetően szabad, mi több, egymással rivalizáló ágensek összessége. A mesterséges intelligencia atyja, Marvin Minsky *The Society of Mind* (Az elme társadalma) címet adta 1985-ös könyvének. Úgy vélem, akár azonosítjuk a fenti ágenseket a mémekkel, akár nem; a lényeg az, hogy a „valaki van odabent” szubjektív érzése az evolúció során a gének együttműködésének eredményeként létrejövő testhez hasonló, félilluzórikus egység lehet.

De elkalandoztam a tárgytól. Még mindig azokat a szoftverújításokat keresem, amelyek elindíthatták az emberi agy megnövekedését indokoló hardver-szoftver koevolúció öntápláló spirálját. Esett már szó a nyelvről, a térképolvasásról, a dobásról és a mémekről. További lehetőség a szexuális szelekció – ezt azért vezetem be, hogy analógiaként szolgáljon a robbanásszerű koevolúció elvének magyarázatához –, de lehetett-e ez a jelenség az agynövekedés hajtóereje? Őseink talán mentális pávatollakkal igyekeztek meghódítani kiszemeltjüket? Hivalkodó szoftver-megnyilvánulásai miatt valóban előnyben részesítették a nagyobb agyat? Esetleg azért, mert a nagyobb agy a legfélelmetesebben bonyolult rituális tánc lépéseit sem felejtette el? Sokan talán úgy találják, hogy a nyelv a legmeggyőzőbb, egyúttal a legegységesebb jelölt az agy növekedését elindító szoftver szerepére; most egy másik nézőpontból szeretném megközelíteni ezt a vélekedést. A *The Symbolic Species* (A szimbolikus faj, 1997) című művében Terrence Deacon memetikusan értelmezi a nyelvet:

A konstruktív, illetve a destruktív hatások között mutatkozó ellentétől eltekintve nem túlzás némiképp úgy gondolni a nyelvre, mint a vírusokra. A nyelv mesterséges termék; hangok mintázata, írásjelek cserépen vagy papíron, mely véletlenül férközött be az emberi agy

tevékenységei közé: ez pedig másolja a részeit, rendszert állít össze belőlük és továbbadja. Az a tény, hogy a nyelvet alkotó, másolt információ nem szerveződik élőlénné, egyáltalán nem mond ellent annak, hogy maga a nyelv integrált, alkalmazkodó entitás, amely az emberi gazdaszervezetek viszonylatában fejlődik.

Deacon okfejtése a szimbiotikus, nem pedig az ártalmasan élősvíró modell helyezi előtérbe: összehasonlítási alapját tehát a mitokondrium, és a sejtek más, velük szimbiózisban élő baktériumai képezik. A nyelv olyanná fejlődik, hogy hatékonyan meg tudja fertőzni a gyerekek agyát. De a gyerekek, e mentális hernyók agya válaszként úgy fejlődik, hogy könnyedén megfertőzhesse a nyelv – és lám, ismét a koevolúcióra lyukadtunk ki.

C. S. Lewis *Bluspels and Flalansferes* (1939) című írásában a filológusról szóló anekdotát eleveníti fel, hogy bemutassa, mennyire átítatják a nyelvet a halott metaforák. A költő-filozófus, Ralph Waldo Emerson így fogalmaz 1844-es esszéjében, a *költőben*: „A nyelv kővé vált költészet”. És ha minden szavunk nem is, nagy részük kezdetben mindenképpen metafora volt. Lewis az egykor „kinyújt” jelentésű „figyel” (*attend*) szót említi. Vagyis: ha figyelek rád, „kinyújtom feléd a fületem”. „Felfogom”, amit mondasz, ahogy „végighaladsz” a mondandódon, és az „eszembe vésed”, amire „ki akartál lyukadni”. „Belemélyedünk” egy témába, „elindítunk” egy „gondolatmenetet”. Szándékosan választottam olyan kifejezéseket, amelyek metaforikus eredete még nem homályosult el teljesen. A filológusok még mélyebbre ásnak (nicsak, megint egy metafora!), amikor kimutatják, hogy valaha a kevésbé világos eredetű szavak is metaforákként kezdtek – esetleg valamelyik holt (figyelik?) nyelvben. Maga az angol *language* („nyelv”) szó a latin *linguá*ból származik, és eredetileg testrész értelemben jelentette az ember nyelvét.

Nemrégiben vettem egy kortárs szleng szótárat, mivel kéziratom amerikai olvasói szerint néhány kedvenc angol szavam nem értik majd meg az óceán túlsópartján. A „buta, balek” jelentésű *mugot* például nem ismerik odaát. Általában azonban elmondhatom, a szótár meggyőződött arról, hogy igen sok szleng szót minden angolul beszélő nép használ. De sokkal jobban megragadott az emberi faj elképesztő ötletessége az új szavak és használati körük kialakításában. Hogy csak a következőket hozzam fel példaként: közöszlnei: „vegyes párost

játszani”, „becsövezni a nőt”; televízió: „dilandoboz”; hányni: „kitenni a betevőt”; öntelt ember: „hidroglóbusz”; csal: „Nixont játszik”; rendőrautó: „zsarukonzerv” – mindezek a szleng kifejezések a szemantikai újítások elképesztően gazdag tárházának legújabb tagjai. És tökéletesen példázják C. S. Lewis nézetét. Lehet, hogy minden szavunk így kezdte?

Ami a „lábnyomtérméket” illeti, azon tűnődöm, elképzelhető-e, hogy az a kulcsfontosságú szoftveres újítás, amely átsegítette a koevolúciós spirál kritikus küszöbén az emberi agy fejlődését, tényleg az analógiák meglátásának képessége volt-e; illetve az, hogy más dolgokhoz való szimbolikus hasonlóságok révén is ki tudjuk fejezni magunkat? Nyelvünkben melléknévként is használjuk a „mamut” szót a nagyon nagy méret kifejezésére. Őseink talán azzal az áttöréssel fedezhették fel maguknak a szemantikát, amikor egy *Homo sapiens* előtti költői lángelme rátalált a mamut utánzására vagy lerajzolására, mialatt azzal küszködött, hogy *igen eltérő összefüggés-rendszerekben* sikerüljön átadnia a „hatalmas” fogalmát. Jelenthetett ez olyan típusú szoftveres előrelépést, amelynek révén az emberiség megkapta a kezdőlökést a robbanásszerű szoftver-hardver koevolúcióhoz? Talán nem pontosan a fenti fogalomé a dicsőség, hiszen a nagy méret elég egyszerűen kifejezhető azzal a széles kézmozdulattal, amelyet oly előszeretettel alkalmaznak a fogásukkal hencegő horgászok. Ám a vadon csimpánz-kommunikációjához képest már ez is jelentős szoftveres előrelépésnek számít. Vagy mit szólna a kedves olvasó a gazella utánzásához egy lány finom, szemérmes szépségének jelzéseként, Yeats sorainak – „Két lány... szép a kettő, gazella az egyik” – pliocén kori előfutáraként? Vagy ha valaki vizet spriccel egy lopótökből, de nem pusztán esőt ért alatta (ez túlságosan kézenfekvő lenne), hanem könnyeket is, azaz szomorúságot? Lehetséges, hogy távoli *habilis* vagy *erectus* őseink elképzelték és fontos kifejezésmódként fel is fedeztek olyan költői képet, mint John Keats zokogó esője? (Egyébként, ami azt illeti, a könny máig megoldatlan evolúciós talány.)

De bárhogyan kezdődött is, és bármilyen szerepet játszott is a nyelv evolúciójában, az állatvilágban egyedül az embernek adatott meg a metafora költői ajándéka, az a felfedezés, hogy az egyik dolog hasonlít egy másikhoz, és hogy a közöttük lévő kapcsolatot képes gondolatok és érzések támpontjaként alkalmazni. Ez a képzelet

ajándékának egyik megnyilvánulása. Talán éppen ebben állt az a döntő jelentőségű szoftveres újítás, amely elindította a koevolúciós spirált. Felfoghatjuk az előző fejezetben tárgyalt világszimulációs szoftver legfontosabb újításaként. Meglehet, ez a lépés vezetett a korlátozott virtuális valóságtól – ahol az agy olyan modellt szimulál, amilyenről az érzékszervek beszámolnak neki – a korlátlan virtuális valósághoz, mely esetben az agy olyan dolgokat szimulál, amelyek az adott pillanatban valójában nincsenek jelen: képzelet, álmodozás, „mi lenne, ha” jellegű tervezgetések a feltételezett jövőről. És ez végül visszavezet a költői tudományhoz és a könyv fő témájához.

Kiszabadítjuk a fejünkben lévő virtuális valóság szoftvert a célelvű valóság szimulációjának zsarnoksága alól. Elképzelhetünk lehetséges és való világokat is. Szimulálhatunk lehetséges jövőket és ősi múltakat. Külső emlékeztetők és szimbólumkezelő eszközök (papír, toll, abakusz, számítógép) segítségével megalkothatunk egy működő univerzummodellt és halálunkig futtathatjuk az agyunkban.

De ki is léphetünk az univerzumból. Úgy értem, abban az értelemben, hogy a modelljét a fejünkben tartjuk. Nem babonás, szűk látókörű, provinciális modellekre gondolok, amelyeket szellemek és manók, hamis aranybevonattól csillogó asztrológia és mágia tölt meg ott, ahol véget ér a szivárvány. Nagyszabású modellre gondolok, mely érdemes az öt irányító, megújító és nemesítő valóságra; olyanra, amelyben Einstein méltóságteljes téridő-görbéje beárnyékolja és a maga helyére teszi Jahve szövetségének égboltra helyezett ívét; olyan hatékony modellre, amely magába foglalja a múltat, átvezet minket a jelenen és képes messzire előreszáguldani, hogy választhassunk az általa felkínált részletesen kidolgozott, alternatív jövőképek közül.

Csak az ember irányíthatja a magatartását annak tudatában, ami a születése előtt történt, és annak elképzelésével, hogy mi jöhet majd a halála után. Így csak az embert segíti tájékozódásában olyan fény, amely nem csupán azt a földdarabkát világítja meg, ahol áll.

P. B. és L. S. Medawar: The Life Science (Az élettudomány, 1977)

A reflektorfény továbbhalad, de szívderítő módon még hagy arra elég időt, hogy felfogjunk valamennyit a helyből, ahol egyszer csak találjuk magunkat, és abból, hogy miért. Az állatok közül egyedül mi látjuk utunk végét. És azt is csak mi mondhatjuk el, mielőtt

meghalunk: Igen, ezért érdemes volt világra jönni.

*De most, most volna a legédesebb
elmúlni, kín nélkül, az éjfelen,
míg lelked a dal omló ütemén
rajongva tépdersed!*

JOHN KEATS:

Óda egy csalogányhoz (1820)

Ha figyel egymásra Keats és Newton, meghallhatják a galaxisok énekét.

Irodalom

- Alvarez, W. (1997) *T. rex and the Crater of Doom*. Princeton, NJ, Princeton University Press.
- Appleyard, B. (1992) *Understanding the Present*. London, Picador.
- Asimov, I. (1979) *The Book of Facts*, vol 2. London, Hodder & Stoughton.
- Atkins, P. W. (1984) *The Second Law*. New York, Scientific American.
- Atkins, P. W. (1992) *Creation Revisited*. Oxford, W. H. Freeman.
- Attneave, F. (1954) Informational aspects of visual perception. *Psychological Reviews*, 61, 183-93.
- Barkow, J. H., Cosmides, L., & Tooby, J. (1992) *The Adapted Mind*. New York, Oxford University Press.
- Barlow, H. B. (1963) The coding of sensory messages. In W. H. Thorpe & O. L. Zangwill (szerk.): *Current Problems in Animal Behaviour*. Cambridge, Cambridge University Press, 331-60.
- Barrow, J. D. (1998) *Impossibility: The Limits of Science and the Science of Limits*. Oxford, Oxford University Press.
- Blackmore, S. (1999) *The Meme Machine*. Oxford, Oxford University Press.
- Bodmer, W. & McKie, R. (1994) *The Book of Man: The Quest to Discover Our Genetic Heritage*. London, Little, Brown.
- Bragg, M. (1998) *On Giants' Shoulders*. London, Hodder & Stoughton.
- Brockman, J. (1995) *The Third Culture*. New York, Simon & Schuster.
- Brockman, J., & Matson, K. (szerk.) (1996) *How Things Are: A Science Toolkit for the Mind*. London, Phoenix.
- Cairns-Smith, A. G. (1996) *Evolving the Mind*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Calvin, W. H. (1989) *The Cerebral Symphony*. New York, Bantam Books.
- Calvin, W. H. (1996) *How Brains Think*. London, Weidenfeld & Nicolson.
- Carey, J. (1995) *The Faber Book of Science*. London, Faber & Faber.
- Cartmill, M. (1998) Oppressed by evolution. *Discover*, March, 78-83.
- Clarke, A. C. (1982) *Profiles of the Future*. London, Victor Gollancz.
- Conway Morris, S. (1998) *The Crucible of Creation*. Oxford, Oxford University Press.
- Cook, E. (1990) *John Keats*. Oxford, Oxford University Press.
- Craik, K. J. W. (1943) *The Nature of Explanation*. London, Cambridge University Press.

- Crick, F. (1994) *The Astonishing Hypothesis*. New York, Scribners.
- Cronin, H. (1991) *The Ant and the Peacock*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Darwin, C. (1859) *On the Origin of Species*. London (1968), Penguin Books.
- Davies, N. B. (1992) *Dunnock Behaviour and Social Evolution*. Oxford, Oxford University Press.
- Dawkins, M. S. (1993) *Through Our Eyes Only?* Oxford, W. H. Freeman.
- Dawkins, R. (1982) *The Extended Phenotype*. Oxford, Oxford University Press.
- Dawkins, R. (1986) *The Blind Watchmaker*. London, Penguin Books.
- Dawkins, R. (1989) *The Selfish Gene*. Second Edition. Oxford, Oxford University Press.
- Dawkins, R. (1995) *River Out of Eden*. London, Weidenfeld & Nicolson.
- Dawkins, R. (1996) *Climbing Mount Improbable*. Newark, Norton.
- Dawkins, R. (1998) The values of science and the science of values. In J. Ree & C. W. C. Williams (szerk.): *The Values of Science: The Oxford Amnesty Lectures 1997*. Boulder, Colo., Westview Press.
- de Waal, E. (1996) *Good Natured*. Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- Deacon, T. (1997) *The Symbolic Species*. London, Allen Lane.
- Dean, G., Mather, A., & Kelly, I. W. (1996) Astrology. In G. Stein (szerk.): *The Encyclopedia of the Paranormal*. Amherst, NY, Prometheus Books, 47-99.
- Dennett, D. C. (1991) *Consciousness Explained*. Boston, Little, Brown.
- Dennett, D. C. (1995) *Darwin's Dangerous Idea*. New York, Simon & Schuster.
- Deutsch, D. (1997) *The Fabric of Reality*. London, Allen Lane.
- Dunbar, R. (1995) *The Trouble with Science*. London, Faber & Faber.
- Durham, W. H. (1991) *Coevolution: Genes, Culture and Human Diversity*. Stanford, Stanford University Press.
- Dyson, F. (1997) *Imagined Worlds*. Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- Eddington, A. (1928) *The Nature of the Physical World*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Ehrenreich, B., & McIntosh, J. (1997) The new creationism. *The Nation*, június 9.
- Einstein, A. (1961) *Relativity: The Special and the General Theory*. New York, Bonanza Books.
- Eiseley, L. (1982) *The Firmament of Time*. London, Victor Gollancz.
- Evans, C. (1979) *The Mighty Micro*. London, Victor Gollancz.
- Feller, W. (1957) *An Introduction to Probability Theory and Its Applications*. New York, Wiley International Edition.
- Feynman, R. P. (1965) *The Character of Physical Law*. London, Penguin.
- Feynman, R. P. (1998) *The Meaning of It All*. London, Penguin Books.
- Fisher, J., & Hinde, R. A. (1949) The opening of milk bottles by birds. *British Birds*, 42, 347-57.
- Ford, E. B. (1975) *Ecological Genetics*. London, Chapman & Hall.
- Frazer, J. G. (1922) *The Golden Bough*. London: Macmillan.
- Freeman, D. (1998) *The Fateful Hoaxing of Margaret Mead: An Historical Analysis of Her Samoan Researches*. Boulder, Colo., Westview Press.

- Fruman, N. (1971) *Coleridge, the Damaged Archangel*. London, Allen & Unwin.
- Good, I. J. (1995) When batterer turns murderer. *Nature*, 375, 541.
- Gould, S. J. (1977) Eternal metaphors of paleontology. In A. Haliarn (szerk.): *Patterns of Evolution, As Illustrated by the Fossil Record*. Amsterdam, Elsevier, 1-26.
- Gould, S. J. (1989) *Wonderful Life: The Burgess Shale and the Nature of History*. London, Hutchinson Radius.
- Gregory, R. L. (1981) *Mind in Science: A History of Explanations in Psychology and Physics*. London, Weidenfeld & Nicolson.
- Gregory, R. L. (1998) *Eye and Brain*. Ötödik kiadás. Oxford, Oxford University Press.
- Gribbin, J., & Cherfas, J. (1982) *The Monkey Puzzle*. London, The Bodley Head.
- Gross, P. R., & Levitt, N. (1994) *Higher Superstition: The Academic Left and Its Quarrels with Science*. Baltimore, Johns Hopkins University Press.
- Hamilton, W. D. (1996) *Narrow Roads of Gene Land: The Collected Papers of W. D. Hamilton. Vol 1. Evolution of Social Behaviour*. Oxford, W. H. Freeman/Spektrum.
- Hardin, C. L. (1988) *Color for Philosophers: Unweaving the Rainbow*. Indianapolis, Hackett.
- Heath-Stubbs, J., & Salman, P. (szerk.) (1989) *Poems of Science*. London, Penguin Books.
- Hoffmann, B. (1973) *Einstein*. London, Paladin.
- Holldobler, B., & Wilson, E. O. (1990) *The Ants*. Berlin, Spnnger-Verlag.
- Hoyle, F. (1966) *Man in the Universe*. New York, Columbia University Press.
- Hume, D. (1748) *An Enquiry Concerning Human Understanding*. „Of Miracles”. Oxford, Oxford University Press (szerk. L. A. Selby-Bigge, 1902).
- Humphrey, N. (1995) *Soul Searching*. London, Chatto & Windus.
- Humphrey, N. (1998) What shall we tell the children? In J. Ree & C. W. C. Williams (szerk.): *The Values of Science: The Oxford Amnesty Lectures 1997*. Boulder, Colo., Westview Press.
- Huxley, T. H. (1894) *Collected Essays*. London, Macmillan.
- Jenson, H. (1973) *Evolution of the Brain and Intelligence*. New York, Academic-Press.
- Jones, S. (1993) *The Language of the Genes*. London, Harper-Collins.
- Jones, S., Martin, R., Pilbeam, D., & Bunney, S. (szerk.) (1992) *The Cambridge Encyclopedia of Human Evolution*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Julesz, B. (1995) *Dialogues on Perception*. Cambndge, Mass., MIT Press.
- Jung, C. G. (1969) *Memories, Dreams, Reflections*. London, Fontana.
- Kauffman, S. (1993) *The Origins of Order*. New York, Oxford University Press.
- Kauffman, S. (1995) *At Home in the Universe*. New York, Oxford University Press.
- Keller, H. (1902) *The Story of My Life*. New York, Doubleday.
- Kelly, I. W. (1997) Modern astrology: A critique. *Psychological Reports*, 81, 1035-66.

- Kendrew, S. J. (szerk.) (1994) *The Encyclopedia of Molecular Biology*. Oxford, Blackwell.
- Kingdon, J. (1993) *Self-made Man and His Undoing*. London, Simon & Schuster.
- Koertge, N. (1995) How feminism is now alienating women from science. *Skeptical Inquirer*, 19, 42-3.
- Koesder, A. (1972) *The Roots of Coincidence*. New York, Random House.
- Krawczak, M., & Schmidtke, J. (1994) *DNA Fingerprinting*. Oxford, Bios Scientific Publishers.
- Kurtz, P., & Madigan, T. J. (szerk.) (1994) *Challenges to the Enlightenment*. Buffalo, New York, Prometheus Books.
- Lamb, T., & Bourriau, J. (1995) *Colour: Art & Science*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Leakey, R. (1994) *The Origin of Humankind*. London, Weidenfeld & Nicolson.
- Leakey, R., & Lewin, R. (1992) *Origins Reconsidered*. London, Little, Brown.
- Leakey, R., & Lewin, R. (1996) *The Sixth Extinction*. London, Weidenfeld & Nicolson.
- Lettvin, J. Y., Maturana, H. R., Pitts, W. H., & McCulloch, W. S. (1961) Two remarks on the visual system of the frog. In W. A. Rosenblith (szerk.): *Sensory Communication*. Cambridge, Mass., MIT Press.
- Lewis, C. S. (1939) *Bluspels and Flalansferes*. C. S. Lewis, *Rehabilitations and other Essays*, 7. fejezet. Oxford, Oxford University Press.
- Lieberman, P. (1991) *Uniquely Human: The Evolution of Speech, Thought, and Selfless Behavior*. Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- Lofting, H. (1929) *Doctor Dolittle in the Moon*. London, Jonathan Cape.
- Lovelock, J. E. (1979) *Gaia*. Oxford, Oxford University Press.
- Margulis, L. (1981) *Symbiosis in Cell Evolution*. San Francisco, W. H. Freeman.
- Margulis, L., & Sagan, D. (1987) *Microcosmos: Four Billion Years of Microbial Evolution*. London, Allen & Unwin.
- Maynard Smith, J. (1972) The importance of the nervous system in the evolution of animal flight. In *On Evolution*. Edinburgh, Edinburgh University Press.
- Maynard Smith, J. (1993) *The Theory of Evolution*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Maynard Smith, J. (1995) Genes, Memes, and Minds. *The New York Review of Books*, 1995. november 30., 46-8.
- Medawar, P. B. (1982) *Pluto's Republic*. Oxford, Oxford University Press.
- Medawar, P. B., & J. S. (1977) *The Life Science*. London, Wildwood House.
- Medawar, P. B., & J. S. (1984) *Aristotle to Zoos*. London, Weidenfeld & Nicolson.
- Miller, G. F. (1996) Political Peacocks. *Demos*, 10, 9-11.
- Minsky, M. (1985) *The Society of Mind*. New York, Simon & Schuster.
- Mollon, J. (1995) Seeing colour. In T. Lamb & J. Bourriau (szerk.), *Colour: Art and Science*. Cambridge, Vambridge University Press. 127-50.
- Monod, J. (1970) *Chance and Necessity: An Essay on the National [sic] Philosophy of Modern Biology*. Glasgow, Fontana.

- Morris, D. (1979) *Animal Days*. New York, William Morrow & Co.
- Muller, R. (1988) *Nemesis: The Death Star*. London, William Heinemann.
- Myhrvold, N. (1998) Nathan's Law (interjú Lance Knobel). *Worldlink*, World Economic Forum, 17-20.
- Nesse, R., & Williams, G. C. (1994) *Evolution and Healing: The New Science of Darwinian Medicine*. London, Weidenfeld & Nicolson.
- Partington, A. (szerk.) (1992) *The Oxford Dictionary of Quotations*. Oxford, Oxford University Press.
- Peierls, R. E. (1956) *The Laws of Nature*. New York, Scribners.
- Penrose, A. P. D. (szerk.) (1927) *The Autobiography and Memoirs of Benjamin Robert Haydon, 1786-1846*. London, G. Bell.
- Penrose, R. (1990) *The Emperor's New Mind*. London, Vintage.
- Pinker, S. (1994) *The Language Instinct*. London, Viking.
- Pinker, S. (1997) *How the Mind Works*. London, Allen Lane.
- Polkinghorne, J. C. (1984) *The Quantum World*. Harlow, Longman.
- Randi, J. (1982) *Flim-Flam*. Buffalo, NY, Prometheus Books.
- Rees, M. (1997) *Before the Beginning*. London, Simon & Schuster.
- Rheingold, H. (1991) *Virtual Reality*. London, Seeker & Warburg.
- Ridley, M. (1996) *Evolution*. Oxford, Blackwell.
- Ridley, M. (1996) *The Origins of Virtue*. London, Viking.
- Rothschild, M., & Clay, T. (1952) *Fleas, Flukes and Cuckoos*. London, Collins.
- Sagan, C. (1980) *Cosmos*. London, Macdonald.
- Sagan, C. (1995) *Pale Blue Dot*. London, Headline.
- Sagan, C. (1996) *The Demon-Haunted World*. New York, Random House.
- Sagan, C., & Druyan, A. (1992) *Shadows of Forgotten Ancestors*. New York, Random House.
- Scott, A. (1991) *Basic Nature*. Oxford, Basil Blackwell.
- Shermer, M. (1997) *Why People Believe Weird Things*. New York, Freeman.
- Singer, C. (1931) *a Short History of Biology*. Oxford, Clarendon Press.
- Smith, D. C. (1979) From extracellular to intracellular: the establishment of a symbiosis. In M. H. Richmond & D. C. Smith (szerk.): *The Cell as a Habitat*. London, The Royal Society of London.
- Smolin, L. (1997) *The Life of the Cosmos*. London, Weidenfeld & Nicolson.
- Snow, C. P. (1959) *The Two Cultures and a Second Look*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Sokal, A., & Bricmont, J. (1998) *Intellectual Impostures*. London, Profile Books.
- Stannard, R. (1989) *The Time and Space of Uncle Albert*. London, Faber & Faber.
- Stenger, V. J. (1990) *Physics and Psychics*. Buffalo, NY, Prometheus Books.
- Storr, A. (1996) *Feet of Clay: A Study of Gurus*. London, HarperCollins.
- Sutherland, S. (1992) *Irrationality: The Enemy Within*. London, Constable.
- Thomas, J. M. (1991) *Michael Faraday and the Royal Institution*. Bristol, Adam Hilger.
- Tiger, L. (1979) *Optimism: The Biology of Hope*. New York, Simon & Schuster.
- Twain, M. (1876) a literary nightmare. *Atlantic*, január.

- Vermeij, G. J. (1987) *Evolution and Escalation: An Ecological History of Life*. Princeton, Princeton University Press.
- von Holst, E. (1973) *The Behavioural Physiology of Animals and Man: The Selected Papers of Erich von Holst*. London, Methuen.
- Vyse, S. A. (1997) *Believing in Magic: The Psychology of Superstition*. New York, Oxford University Press.
- Watson, J. D. (1968) *The Double Helix*. New York, Atheneum.
- Weinberg, S. (1993) *Dreams of a Final Theory*. London, Vintage.
- Whelan, R. (1997) *The Book of Rainbows: Art, Literature, Science, and Mythology*. Cobb, Calif., First Glance Books.
- White, M., & Gribbin, J. (1993) *Einstein: A Life in Science*. London, Simon & Schuster.
- Williams, G. C. (1996) *Plan and Purpose in Nature*. London, Weidenfeld & Nicolson.
- Wills, C. (1993) *The Runaway Brain*. New York, Basic Books.
- Wilson, E. O. (1998) *Consilience*. New York, Alfred A. Knopf.
- Wolpert, L. (1992) *The Unnatural Nature of Science*. London, Faber & Faber.
- Yeats, W. B. (1950) *Collected Poems*. London, Macmillan.

MAGYAR NYELVŰ IRODALOM

- Calvin, William H.: *A gondolkodó agy: Az intelligencia fejlődéstörténete*. – Budapest: Kulturtrade, 1997
- Darwin, Charles: *A fajok eredete természetes kiválasztás útján*. – Budapest: Typotex 2000, 2000
- Dawkins, Richard: *Az önző gén*. – Budapest: Gondolat, 1986
- Dawkins, Richard: *A hódító gén*. – Budapest: Gondolat, 1989
- Dawkins, Richard: *A vak órásmester: gondolatok a darwini evolúcióelméletről*. – Budapest: Akadémiai, 1994
- Dawkins, Richard: *Folyam az Édenkertből: darwinista elméletek az életről*. – Budapest: Kulturtrade, 1995
- Dawkins, Richard: *A valószínűtlenség hegyének meghódítása*. – Budapest: Műszaki, 2001
- Dennett, Daniel C.: *Darwin veszélyes ideája*. – Budapest: Typotex, 1998
- Einstein, Albert: *A speciális és általános relativitás elmélete*. – 5. kiad. – Budapest: Gondolat, 1978
- Feller, William: *Bevezetés a valószínűségszámításba és alkalmazásaiba*. – Budapest: Műszaki, 1978
- Feynman, Richard Phillips: *A fizikai törvények jellege*. – Budapest: Magvető, 1984
- Frazer, James George: *Az Aranyág*. – Budapest: Századvég, 1993
- Hume, David: *Tanulmány az emberi értelemről*. – Budapest: Nippon, 1995

- Jung, Carl Gustav: *Emlékek, álmok, gondolatok*. – Budapest: Európa, 1997;
- Keller, Helen: *Csendes, sötét világom: egy siket-néma-vak leány önéletírása*. – Budapest: Pont, 1997
- Leakey, Richard: *Az emberiség eredete*. – Budapest: Kulturtrade, 1995
- Leakey, Richard, & Lewin, R.: *Fajunk eredete*. – Budapest: Gondolat, 1986.
- Lewis, C. S.: *Viták és vallomások*. – Budapest: Szent István Társulat, 1985
- Lovelock, J. E.: *Gaia: A földi élet egy új nézőpontból*. – Budapest: Göncöl, 1990
- Penrose, R.: *A császár új elméje*. – Budapest: Akadémiai Kiadó, 1993
- Pinker, Steven: *A nyelvi ösztön: hogyan hozza létre az elme a nyelvet?*. – Budapest: Typotex, 1999
- Rees, Martin: *A kezdetek kezdete: világegyetemek titkai*. – Budapest: Athenaeum, 1999
- Sagan, Carl: *Korok és démonok*. – Budapest: Typotex, 1999
- Sagan, Carl: *Elfeledett ősök árnyai: kutatás önmagunk után*. – Budapest: Európa, 1995
- Sokal, Alan, & Bricmont, J.: *Intellektuális imposztorok: posztmodern értelmiségiek visszaélése a tudománnyal*. – Budapest: Typotex, 2000
- Yeats, William Butler: *William Butler Yeats versei*. – Budapest: Európa, 2000

A KÖTET IDÉZETEINEK FORDÍTÓI ÉS FORRÁSAI

AKENSIDE, M.:

A képzelet hatalma (ford.: Láng Zsuzsa Angéla)

Kiszámíthatatlan, ám sorsszerű (*Loren Eiseley-nek*) (ford.: Láng Zsuzsa Angéla)

Biblia: a Szent István Társulat Biblikus Bizottsága által javított fordítás; Szent István Társulat, 1996

BLAKE, W:

Az ártatlanság jövődölései (in *Versek és prófécíák*, Európa, 1959, ford.: Kálnoky László)

Bacon, Newton és Locke (ford.: Láng Zsuzsa Angéla)

DENNETT, D. C.: *Darwin veszélyes ideája* (Typotex, 1998, ford.: Kampis György, Kavetzky Péter)

DICKINSON, E.: *1484* (ford.: Láng Zsuzsa Angéla)

CARROLL, L.: *Aliz Csodaországban* (Móra Ferenc Könyviadó, 1974, ford.: Kosztolányi Dezső)

DARWIN, CH.: *A fajok eredete* (Magyar Helikon, 1973, ford.: Mikes Lajos)

DAWKINS, R.: *Az önző gén* (Gondolat, 1986, ford.: Síklaki István)

DONNE, J.: *A lélek fejlődéséről* (ford.: Láng Zsuzsa Angéla)

ELIOT, T. S.: *J. Alfred Prufrock szerelmes éneke* (in *T. S. Eliot versei*. Lyra Mundi, Európa, 1996, ford.: Kálnoky László)

FRAZER, J. G.: *Az Aranyág* (válogatás) (Századvég Kiadó, Budapest, 1993, ford.: Bodrogi Tibor és Bónis György)

KEATS, J.:

Álom és költészet (ford.: Eörsi István)

Amikor először pillantottam Chapman Homerosába (ford. Szabó Lőrinc)

Charles Cowden Clarke-hoz (ford.: Végh György)

Endümión (ford.: Somlyó György)

Heves, rugaszkodó vihar (ford.: Weöres Sándor)

Lamia (ford.: Nemes Nagy Ágnes)

A melankóliáról (ford.: Tóth Árpád)

Oda egy csalogányhoz (ford.: Tóth Árpád)

Óda egy görög vázához (ford.: Tóth Árpád)

(valamennyi in *John Keats versei*. Lyra Mundi, Európa Könyvkiadó, 1975)

LAWRENCE, D. H.: *Rímtelen versek* (ford.: Láng Zsuzsa Angéla)

SHAKESPEARE, W.:

Hamlet, dán királyfi (Interpopulart Könyvkiadó, 1998, ford.: Arany János)

János király (in *Shakespeare összes drámái*, Állami Irodalmi és Művészeti Kiadó, Bukarest, 1955, ford.: Arany János)

Lear király (Interpopulart Könyvkiadó, 1998, ford.: Vörösmarty Mihály)

IV. Henrik (in *Shakespeare összes drámái*, I. kötet, Királydrámák, Állami Irodalmi és Művészeti Kiadó, Bukarest, 1955, ford.: Vas István)

SHELLEY, P. B.: *Ozymandiás* (in *Tóth Árpád összes versei, versfordításai és novellái*, Magyar Helikon, 1967)

SITWELL, S.: *Agamemnón sírja* (ford.: Láng Zsuzsa Angéla)

THOMSON, J.: *Sir Isaac Newton emlékére* (ford.: Láng Zsuzsa Angéla)

WORDSWORTH, W.:

Az előszó (1815) (ford.: Láng Zsuzsa Angéla)

Az előszó (1850) (in *Wordsworth és Coleridge versei*. „Lyra Mundi”, Európa Könyvkiadó, Budapest, 1982, ford. Tandori Dezső):

A szivárvány (in *Wordsworth és Coleridge versei*. „Lyra Mundi”, Európa Könyvkiadó, Budapest, 1982, ford. Kálnoky László)

Lírai balladák, előszó (in Horváth: *A romantika*, 2. kiadás. Gondolat Kiadó, Budapest, 1978, ford.: Kálnoky László)

YEATS, W. B.:

A Ben Bulben alatt (in *W. B. Yeats versei*. „Lyra Mundi”, Európa Könyvkiadó, Budapest, 2000, ford.: Gergely Ágnes)

Emlék (ford.: Bohács Ákos)

Hosszú lábú légy (in *W. B. Yeats versei*. „Lyra Mundi”, Európa Könyvkiadó, Budapest, 2000, ford.: Varró Dániel)

Saját szívéhez, kérve hogy ne féljen (in *W. B. Yeats versei*. „Lyra Mundi”, Európa Könyvkiadó, Budapest, 2000, ford.: Weöres Sándor)