

EDWARD FRENKEL

CSÓK ÉS MATEK

A világ rejtett szíve

Fordította

Michaletzky György, Rejtő Lídia és Tusnády Gábor

A fordítást szakmailag ellenőrizte

Stipsicz András



Szüleimnek

Tartalomjegyzék

Előszó	9
A fordítók előszava	18
1. Egy varázslatos bestia	21
2. A szimmetria lényege	27
3. Az ötödik probléma	42
4. A Kerozinka	55
5. A megoldás fonata	62
6. A matematikustanonc	74
7. A Nagy Egyesített Elmélet	90
8. Mágikus számok	101
9. A rozetta-kő	120
10. Élet a hurokban	133
11. A csúcs meghódítása	153
12. A tudás fája	161

13. A Harvard hív	172
14. A bölcsesség kévéinek összerakása	185
15. Nemes keringők	201
16. Kvantumdualitás	219
17. Feltárjuk a rejtett kapcsolatokat	243
18. Keressük a szerelem képletét	270
Epilógus	286
Jegyzetek	288
Glosszárium	340
Szótár	345
Útmutató az olvasónak	357
Köszönetek	359

Előszó

Van valahol egy rejtett világ. A szépség és elegancia eldugott univerzuma, amely ezer szállal kötődik a mindennapi világunkhoz. Ez a matematika világa. És ez legtöbbünknek láthatatlan. Ez a könyv meghívó ennek a világnak a felfedezésére.

Nézzük a következő paradoxont: a matematika át- meg átszövi a mindennapi életünket. Ha vásárolunk valamit online, vagy kérésünk valamit az interneten, vagy GPS alapján tájékozódunk, akkor mindez valójában matematikai formulák és algoritmusok segítségével történik. Közben a legtöbb ember fél a matematikától. Hans Magnus Enzensberger költő szavaival a matematika „fehér folt a kultúránkban – idegen terület, ahol csak a kiváltságosok, a kevés beavatott érzi jól magát”. Ahogyan mondja, igen ritkán „találni olyan embert, aki határozottan állítaná, hogy elviselhetetlen szenvedés számára a regényolvasás pusztá gondolata, egy festmény vagy egy film megtekintése”. Ugyanakkor „értelmes, tanult emberek” gyakran kijelentik, mégpedig „büszkén és kihívóan”, hogy a matek „tisztá gyötrelem” már-már „rémálom” számukra, ami teljesen „letöri az embert”.

Hogyan lehetséges ez az ellentmondás? Két fő okot látok. Először is a matematika sokkal elvontabb, mint a többi tudomány, így kevésbé megközelíthető. Másodszer, az iskolában csak igen kis részét tanuljuk a mateknak, annak is a legnagyobb hányada már több mint egy évezrede ismert. A matematika hihetetlen sokat fejlődött azóta, de a modern matek kincsei legtöbbünk előtt rejtve vannak.

Mi lenne, ha az iskolában olyan „képzőművészeti órára” kéne járni, ahol csak azt tanítják, hogyan kell kerítést festeni? Mi lenne, ha sohasem mutatnák meg Leonardo da Vinci és Picasso festményeit? Értékelné-e akkor a képzőművészetet? Akarnál-e többet tanulni róla? Kétlem. Valószínűleg azt mondanád, „az iskolában elvesztegetett idő volt képzőművészetet tanulni. Ha a kerítésemet valaha is festeni kell, felveszek majd valakit, aki megcsinálja”. Talán nevetségesen hangzik, de a matematikát így tanítják, és legtöbbünk szemében ez olyan, mint azt nézni, hogyan szárad meg a festék a kerítésen. Míg a nagy mesterek festményei könnyen elérhetők mindenki számára, a nagy mesterek matekja legtöbbünk elől el van zárva.

Jóllehet nem csupán a matek szépsége megkapó. Galilei szerint „a Természet törvényei a matematika nyelvén íródtak”. A matek a valóság leírásának univerzális módja, segítségével megfejtethetjük, hogyan működik a világ, egy egyetemes nyelv, amely az igazság alapja. Világunkban, melyet egyre inkább a tudomány és technológia vezérel, a matematika egyre inkább a képesség, a haladás és az érték forrásává válik. Így azok, akik tökéletesen beszélik ezt a nyelvet, a haladás élén állnak.

Általános tévhit a matematikával kapcsolatban, hogy csupán mint eszköz használható; mondjuk, ha egy biológus kutató, adatot gyűjt, akkor megpróbál felépíteni egy matematikai modellt, ami illeszkedik az adataira (ezt talán matematikus segítségével teszi meg). Bár ez fontos alkalmazási terület, a matek ennél *sokkal többet kínál*, olyan felfedezéseket tesz lehetővé, amelyek új alapokat teremtenek, paradigmákat döntenek meg, amelyek máshogy el sem képzelhetők. Például Albert Einstein nem adatokra próbált egyenleteket illeszteni, amikor megértette, hogy a tömegvonzás okozza a tér görbületét. Ilyen adat nem létezett. Abban az időben senki sem tudta elképzelni, hogy a terünk görbül, mindenki úgy „tudta”, hogy a világunk nem görbe. De Einstein megértette, hogy ez az egyetlen út: általánosítani kell a speciális relativitáselméletet nem inerciális rendszerekre; majd ezt a követelményt zseniális módon kiegészítette egy másikkal, nevezetesen hogy a tömegvonzásnak és gyorsulásnak ugyanaz a hatása. Ez magas szintű intellektuális feladat volt

a matematika birodalmában. Einstein itt egy matematikus, Bernhard Riemann ötven évvel azelőtti munkájára támaszkodott. Az emberi agy úgy van felépítve, hogy egyszerűen nem tudunk elképzelni kettőnél több dimenziós görbült tereket – ilyeneket csak matematikai módszerrel tudunk leírni. És láss csodát, Einsteinnek igaza volt – világegyetemünk *valóban* görbült, sőt még tágul is. Ez a matematika ereje, erről beszélek.

Sok hasonló példát hozhatnánk, nemcsak a fizikából, hanem más tudományágakból is (fogunk még néhányról beszélni). A történelem azt mutatja, hogy a matematikai gondolatok egyre gyorsabban változtatják a tudományt és technikát. Matematikai elméletek, melyeket kezdetben elvontnak és ezoterikusnak tartottak, később nélkülözhetetlenné váltak az alkalmazásokban. Charles Darwin, akinek a munkája kezdetben nem matematikán alapult, később ezt írta önéletrajzában: „Nagyon sajnálom, hogy nem jutottam elég messzire abban a törekvésemben, hogy legalább valamit megértsek a matematika fontos elméleteiből; egy újabb érzékre tesznek szert azok, akik ezzel a tudással vannak megáldva.” Ezt a következő generációnak szóló, előremutató tanácsnak tartom arról, hogyan éljünk a matematikában rejlő óriási lehetőségekkel.

Gyermekként még nem figyeltem fel a matematika rejtett világára. Mint a legtöbb ember, azt gondoltam, hogy a matematika száraz és unalmas. De szerencsés voltam, a gimnázium utolsó évében megismertem egy hivatásos matematikust, aki megnyitotta előttem a matematika mágikus világát. Megtanultam, hogy a matematikában végtelen sok lehetőség van, ugyanakkor elegáns és szép, mint a költészet, a művészet és a zene. Szerelmes lettem a matekba.

Kedves olvasó, ezzel a könyvvel azt akarom elérni nálad, amit a tanáraid és mentoraid nálam, azaz meg akarom láttatni veled a matematika erejét és szépségét, képessé szeretnék tenni *téged*, hogy belépj ebbe a varázslatos világba, ahogy én tettem, még akkor is, ha sohasem használtad a „matek” és „csók” szavakat ugyanabban a mondatban. A matematika ugyanúgy bele fog kerülni az életedbe, a bőröd alá, ahogy nekem, és a világlátásod gyökeresen meg fog változni.

* * *

A matematikai tudás merőben különbözik minden más tudástól. A fizikai világról alkotott képünk talán mindig torzított lesz, de a matematikai igazságok sohasem azok. Ezek objektív, örök és szükségszerű igazságok. Egy matematikai képlet vagy egy tétel mindenkinek, mindenhol ugyanazt jelenti – lényegtelen, férfi vagy-e vagy nő, milyen a vallásod vagy a bőröd színe; és mindenkinek ugyanazt fogja jelenteni ezer év múlva is. És ami még nagyon fontos, hogy egy csapásra mindannyiunké. Senki sem szabadalmaztathat egy matematikai formulát, az mindannyiunk közös értéke. Nincs más a földön, ami ennyire mély és különleges – mégis mindenki számára könnyen elérhető. Szinte hihetetlen, hogy a tudásnak ilyen szinte kifogyhatatlan tárháza létezik. Túl drága ahhoz, hogy ráhagyjuk a „kiválasztott kevesekre”. Mert mindannyiunké.

A matematika egyik kulcsszerepe az információ elrendezése. Van Gogh ecsetvonásait is ez különbözteti meg egy pusztá mázolólmánytól. Annak köszönhetően, hogy már képesek vagyunk 3D-ben nyomtatni, megszokott világunk gyökeres változáson megy át: a fizikai tárgyak szférájából minden átköltözik az információ hordozóiba. És megfordítva: hamarosan ugyanolyan könnyen materializálhatjuk az információt a 3D-nyomtatókon, mint ahogyan most könyv lesz egy PDF fájlból, avagy az MP3 fájlból muzsika. Ebben a szép új világban a matematikusok szerepe, ha lehet, még fontosabb lesz: nekik kell rendben tartaniuk az információt, és megtalálni hasznosításának módjait.

Ebben a könyvben az egyik legnagyobb gondolatot vázolom, amely a matematikában az utóbbi ötven évben született: ez a Langlands-program, amiről sokan úgy gondoljuk, hogy a matematika nagy egyesített elmélete. Ez nagyon izgalmas elmélet, amely kapcsolatot sző a matematika látszólag fényévekre levő ágai: az algebra, a geometria, a számelmélet, a függvénytan, valamint kvantumfizika között. Ha úgy tekintünk ezekre a témákra, mint a matematika rejtett világának a földrészeire, akkor a Langlands-program az az eszköz, amely átvisz az egyik földrészről a másikra, és vissza is hoz onnan.

A Langlands-programot az 1960-as évek végén Robert Langlands kezdeményezte, ő az a matematikus, aki Princetonban Albert Einstein szobájában dolgozott. Ez a program a szimmetria alapvető matematikai elméletén alapszik. Ezt az elméletet két évszázaddal korábban egy francia fiatalember vetette papírra húszéves korában, mielőtt megölték egy párbajban. Az elméletet később egy újabb lélegzetelállító felfedezés gazdagította, amely nemcsak a nagy Fermat-tétel bizonyításához vezetett, de a számokról és egyenletekről való gondolkodásunkat is forradalmasította. Ezt követte annak felismerése, hogy a matematikában is van rozetta-kő, és még mindig tele van rejtélyekkel és metaforákkal. Ezeket az analógiákat követve, mintha a matematika rejtett szakadékaiban bolyonganánk, a geometria és a kvantumfizika birodalmába hatolunk be, rendet és harmóniát teremtünk ott, ahol addig csak káosz volt.

Ezekről fogok írni, és bemutatom a matematika olyan ritkán látott oldalait, amelyek lelkesítők, tele vannak ötletekkel és hihetetlen felismerésekkel. George Cantor, a halmazelmélet atyja írta: „a matematika lényege a szabadság”. Arra tanít, hogy a valóságot vizsgáljuk, a tényeket; és kövessük őket, bárhova vezetnek is. Megszabadít a dogmáktól és előítéletektől, fejleszti az innovatív képességeinket. Így teremtem olyan eszközöket, amelyekkel feltárhatjuk a dolgok lényegét.

Aztán, hogy ezeket az eszközöket helyes vagy helytelen célok szolgálatába állítjuk-e, az egészen más kérdés. Például nemrég gazdasági válsághoz vezetett bizonyos pénzügyi matematikai egyenletek felelőtlen alkalmazása. Sok döntéshozó, aki matematikai analfabéta volt, merő mohóságból arrogánsan hagyatkozott ezekre az egyenletekre, egészen addig, amíg az egész rendszer majdnem összedőlt. Felhasználták az információ megszerzéséhez való aszimmetrikus viszonyukat, blöfföltek ezekkel az egyenletekkel abban a reményben, hogy mások úgysem értik. Talán, ha néhányan hamarabb megértették volna ezeknek az egyenleteknek a feltételeit, nem boldíthattak volna minket ilyen sokáig.

Vagy vegyük a következő példát: 1996-ban egy, a kormány által felkért bizottság az USA-ban megváltoztatta a fogyasztói árindexet,

amely befolyásolja az inflációt és alapja az adókulcsoknak, a társadalombiztosításnak, az egészségügynek és sok más indexelt kifizetésnek. Emberek tízmillióinak szóltak bele az életébe, de sem az új formulát nem tették közzé, sem a következményeit. És napjainkban az USA gazdaságának a hátsó kapuin keresztül újra megpróbálták visszacsempészni ezt az ásatag formulát.¹

A matematikusok közösségében az ilyen titkos tanácskozások sokkal ritkábbak. A matematikát úgy kapjuk, hogy a szigorúsághoz hozzáadjuk az intellektuális teljesség és a tényekre való támaszkodás szorzatát. Mindannyian hozzáférünk a matematikai ismeretekhez, a matematika eszköztárához, és ez megvéd minket attól, hogy néhány kivételezett hatalmasság önkényes döntésének legyünk az áldozatai. Ahol nincs matematika, ott szabadság sem lehet.

* * *

A matematika ugyanúgy a kulturális örökségünk része, mint a képzőművészet, az irodalom és a zene. Emberek lévén, izgat a vágy, hogy valami újat fedezzünk fel, új értelmet találjunk, jobban megértsük az univerzumot, amelyben élünk, és megtaláljuk a helyünket benne. Sajna nem fedezhetünk fel új földrészeket, mint Kolombusz, vagy léphetünk elsőként a Holdra. Mit szólnál, ha azt mondanám, nem kell vitorlásra szállnod, nem kell óceánokat átszelned vagy kirepülnöd az űrbe ahhoz, hogy felfedezd a világ csodáit? Ezek a csodák itt fekszenek előttünk, átszöve napjaink tényeivel. Bizonyos értelemben bennünk rejlenek. Matematika irányítja az univerzum folyamatait, ott bujkál a formákban és ívekben, mindennek az alapja a piciny atomoktól a legnagyobb csillagokig.

Ezzel a könyvvel vendégségbe hívlak ebbe a gazdag és izgalmas világba. Könyvem olvasásához nincs szükség semmilyen előismeretre. Ha azt gondolod, hogy a matek nehéz, hogy nem vagy képes megérteni, de ugyanakkor csábít is, szeretnél a közelébe kerülni, akkor pontosan neked írtam ezt a könyvet.

Mindenki azt gondolja, hogy hosszú éveken át kell tanulmányoznia a matematikát, hogy megragadja a lényegét. Néhányan eleve úgy gondolják, hogy a matematika nem értése velük született rendellenesség. Ezzel nem értek egyet: mindannyian hallottunk olyan

fogalmakról, mint a Naprendszer, az atomok, az elemi részecskék, a DNS kettős spirálja; még valami homályos elképzelésünk is van ezekről a fogalmakról anélkül, hogy hosszú előadásokat hallgattunk volna végig fizikából vagy biológiából. Senkit nem is lep meg, hogy ezek a bonyolult konstrukciók a kultúránk és közös tudatunk részei. Ehhez hasonlóan a matematika alapvető fogalmait is mindenki megértheti, feltéve, hogy jól mondják el neki. Az esetek többségében ehhez nem kell éveken át matematikát tanulni, nagyon sokszor egyenesen eljuthatunk a dolgok lényegéhez.

A következő a baj: Miközben az egész világ kötetlenül beszél a bolygókról, az atomokról, a DNS-ről, semmi remény sincs arra, hogy valaha is beszélne neked valaki a modern matematika olyan izgalmas tényeiről, mint például a szimmetriacsoportok, a váratlan számrendszerek – amelyekben ha kettőhöz kettőt adsz, nem négy az eredmény –, vagy a Riemann-felületek gyönyörű geometriai formái. Ez pontosan olyan, mintha folyton egy kiscicát tartanának eléd, mondván, hogy az a tigris. Pedig a tigris egészen másképpen néz ki. Én meg fogom mutatni neked teljes pompájában, látni fogod „ész-bontó szimmetriáját” – ahogyan azt William Blake olyan közérthetően mondta.

Ne érts félre! Attól, hogy elolvasod ezt a könyvet, még nem válsz matematikussá. Még azt sem mondom, hogy mindenkiből legyen matematikus. Tudhatod, ha megtanulsz néhány húron pötyögni, még nagyon kevés dalt fogsz tudni eljátszani a gitárodon. Nem te leszel a világ legjobb gitárosa, csak egy picit gazdagabb leszel az életed. Ebben a könyvben megmutatom neked a modern matematika húrjait, amelyeket eldugtak előled. És megígérem, hogy gazdagabb leszel az életed.

Egyik tanítómától, a nagy Israel Gelfandtól hallottam: „Az emberek azt szokták mondani, hogy nem értik a matematikát, pedig ez csak azt mutatja, milyen rosszul tanítják nekik a matematikát. Ha egy iszákostól megkérdezzük, melyik szám nagyobb, a $\frac{2}{3}$ vagy a $\frac{3}{5}$, biztosan nem fog tudni válaszolni. De ha választania kell, hogy két üveg vodkán osztozzon harmadmagával, vagy három üvegen ötödmagával, kapásból kivágja: „két üveg háromra, testvér.”

Céлом úgy mesélni el mindent, hogy meg is értsd.

Arról is fogok mesélni, mi történt velem azon a helyen, amit akkoriban Szovjetuniónak neveztek, s ahol egy tökéletesen elnyomó rendszerben élve, a matematika volt szinte az egyetlen lehetséges út, amely a szabadságba vezetett. Megtagadták tőlem, hogy a Moszkvai Állami Egyetemen tanuljak, mert akkoriban a Szovjetunióban nagyon erős volt a diszkrimináció. Az orrom előtt csapták be az ajtót. De én nem adtam fel. Belopakodtam az egyetemre, részt vettem az előadásokon és a szemináriumokon. Egyedül, csak magamra utalva olvastam a matekkönyveket, sokszor késő éjszakáig. Végül kifogtam a rendszeren. Nem engedtek be az ajtón, berepültem hát az ablakon! Mert ha szerelmes vagy, ki állíthatna meg?

Két ragyogó matematikus vont engem védőszárnyai alá, ők lettek a mentoraim. Irányításuk alatt matematikai kutatásokba fogtam. Még csak gimnazista voltam, de máris az ismeretlen határait feszegettem. Életem legszebb szakasza volt ez, miközben biztosan tudtam, a Szovjetunióban soha nem lehetek kutató matematikus.

Várt rám azonban egy nagy meglepetés: a cikkeimet kicsempészték a Szovjetunióból, híres lettem, és huszonegy évesen két évre meghívtak a Harvard Egyetemre. Láss csodát, ekkor jött a *peresztrojka*, amikor is a Szovjetunió szabadjára engedte a polgárait. Én pedig ott álltam megint, a Harvard oktatójaként, akinek még PhD-je sincs, és aki megint homokot szór a rendszerbe. Rendületlenül folytattam a kutatást, alapvető eredményekre jutottam a Langlands-programban, és az utóbbi húsz évben elértem, hogy meghatározó szerepem legyen benne. Elmondom, milyen fontos eredményekre jutottak briliáns tudósok, és azt is, ami közben a kulisszák mögött történt velük.

Ám ez a könyv tulajdonképpen a csók regénye. Egyszer álmodtam egy formuláról, amelytől mindenki szerelmes lesz, ez a formula lett a *A szerelem és a matematika rítusai* című filmem ígérete, amelyről majd mesélek a könyvben. Egyszer megkérdezte tőlem valaki a filmmel kapcsolatban, hogy „valóban létezik-e a szerelem képlete”.

A válaszom: „Nálunk minden képletben szerelem bujkál.” A matematika teszi lehetővé azt az időn túli, mindenén áthatoló tu-

dást, amely az anyag szívébe hatol, és egyesíti a kultúrákat, kor-
szakokat és kontinenseket. Van egy álmom: egyszer majd minden
ember megérti ezeknek a képleteknek és egyenleteknek a mágikus
szépségét, és szerelembe esik a valósággal, benne minden emberrel.

A fordítók előszava

Habent sua fata libelli. Hol volt, hol nem volt, volt egyszer egy nagyon öreg pszichiáter, akinek egyszersak az a kényszerképzelete támadt, hogy le kell fektetnie a 21. század filozófiájának az alapjait. Annyit világosan látott, hogy nem kerülheti meg Alexander Grothendiecket. Aztán kiderült, hogy ez a drága ember csak azt akarta bizonyítani, hogy nincs Isten. Egyszer egy pszichológus arról írt drámát, hogy ő lelőtte Istent. Freud óta tudjuk, hogy valami alapvető átok telepedett a lélek orvosaira. Mi viszont keresni kezdtük, ki tudna minket Grothendieckre megtanítani, de csak annyit értünk el, hogy egyik barátunk felhívta a figyelmünket erre a könyvre. Mihelyt a kezünkbe került, láttuk, hogy többet kaptunk annál, mint amit kerestünk, és kedvünk szottyant a könyvet lefordítani. Igen ám, de nagyon keveset tudunk az algebrai geometriából, ezért megkértük Stipsicz Andrást, ellenőrizze szakmailag a munkánkat.

Teljesen egyetértünk a szerzővel abban, hogy csekély értelme van még mindig csupán a nagy görög matematikus, Eukleidész műveit tanítani. Beleborzong minden magyar ember, amikor Bolyai Jánost emlegetik, de itt is csak a turáni átok kénköves szaga érvényesül. Az atombombát mindenki ismeri, sokan meg is tudják csinálni kis konyhájukban. Valamennyi matematika biztosan kell hozzá, de inkább csak a keverési arányok pontos beállításához. A kettős spirált ékszerként a nyakunkban hordjuk. Karinthy révén agy kutatásban világhatalom vagyunk. De azt örök homály fedi, hogy mit csinál a matematikus. Vannak közismert elemi feladatok, köztük még

megoldatlanok is, ezek azonban csak a jéghegy csúcsai. Ebben a könyvben egy hús-vér fiatalemberrel ismerkedhetünk meg, akinek az eredményei révén belecseppenhetünk a modern matematika közepebe. Sokan megkérdezték tőlünk, miért fáradozunk ezzel a szerzővel, aki képes volt meztelenre vetkőzni egy oktatófilmben. Válaszunk a következő.

Tétel (Anaxagorasz) A legbutább embertől is lehet valamit tanulni.

I. Bizonyítás (Tusnády) Én ezt a tételt Komlóstól tanultam.

II. Bizonyítás (Komlós) Én Surányitól azt tanultam, hogy előadás után hideg vízben, szappan nélkül kell kezet mosni.

III. Bizonyítás (Surányi) Én Pólyától azt tanultam, hogy nem szükségszerű az, hogy a matematikát a legbutább emberek tanítsák.

IV. Bizonyítás (Pólya) Én Szókratésztől azt tanultam, hogy a gondolatoknak csakis a csírái ültethetőek el a lélekben.

V. Bizonyítás (Szókratész) Én Anaxagoraszról azt tanultam, hogy nem tudok semmit.

A hasonló bizonyítások sora bármeddig folytatható – kérünk tőled, kedves olvasó, te is adj néhányat. Tapasztalatunk szerint nem a matematikusok és a rendes emberek között tátong igazi szakadék, hanem Giordano Bruno és VIII. Kelemen között: egy nagyon okos diákunk elutasította kérésünket, hogy vegyen részt ebben a munkában, mert úgy gondolja, neki ehelyett cikkeket kell írnia. A nyolcadik kelemenek csakis a részletekben érzik jól magukat, miközben a giordano brunók máglyára mennek azért a meggyőződésükért, hogy mindig mindenki mindenért felelős. Érdekes, hogy még senki sem vette észre a *A szerelem és a matematika rítusainak* a kapcsolatát Kafka *Kivégzőtelep* című novellájával.

Felgyorsult világunkban ennek a könyvnek máris jelentős utóélete van. Úgy gondoljuk, nekünk az a dolgunk, hogy az eredeti könyvet adjuk a magyar olvasók kezébe, az új fejleményeket mindenki megkeresheti. Nem a mi dolgunk az sem, hogy vitát kezdjünk a matematika oktatásában, vagy általában az oktatásban meglevő különböző irányzatok között, netán békét teremtsünk. Noha csábító lehetőség új magyarázatokkal kiegészíteni azt, amit a szerző

elmondani jónak látott, ezt mégis akkorra halasztjuk, amikor esetleg a magunk nevében beszélhetünk.

Műhelytitkaink Tusnády Gábor honlapján olvashatóak az L&M cím alatt.

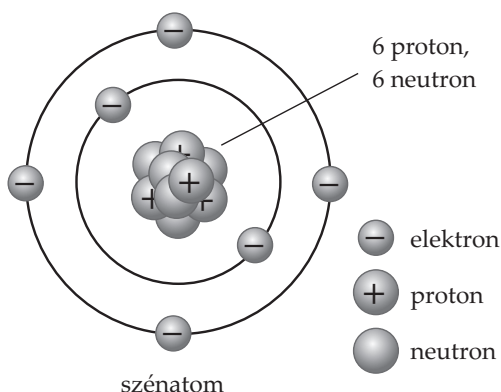
1. fejezet

Egy varázslatos bestia

HOGYAN LESZ VALAKIBŐL MATEMATIKUS? Ez sokféleképpen megeshet. Hadd meséljem el, velem hogyan történt. Talán meg fogsz lepődni, ha megtudod, hogy az iskolában utáltam a matematikát. Jó, az, hogy „utáltam”, talán kicsit erős. Inkább mondjuk azt, hogy nem nagyon szerettem. Unalmasnak találtam. Megtettem, amit elvártak tőlem, de nem értettem, hogy mire jó az egész. A tananyag céltalannak, érdektelennek tűnt. Ami valóban izgatott, az a fizika volt, különösen a kvantumfizika. Minden könyvet mohón elolvastam erről a témáról, ami csak a kezembe került. Oroszországban nőttem fel, ott könnyű volt ilyen könyveket beszerezni.

Izgatott a kvantumvilág. Ősidőktől kezdve arról álmodoztak a tudósok és filozófusok, hogy egyszer képesek lesznek megragadni az univerzum lényegét. Néhányan feltételezték, hogy az anyag picike építőkövekből épül fel, amiket atomoknak neveztek el. Az atomok létezését a huszadik század elején bizonyították be, de ugyanakkor arra is rájöttek, hogy az atomok tovább bonthatók. Minden egyes atomnak középen van egy magja, és vannak elektronjai, amelyek a mag körül keringenek. A mag protonból és neutronból áll, ahogyan azt a következő diagram mutatja.¹

No de mi van a protonokkal és a neutronokkal? Azok a népszerűsítő könyvek, amiket elolvastam, azt állították, hogy ezeket is elemi, „kvarkoknak” nevezett részecskékre lehet bontani.



Szerettem ezt a nevet, különösen születésének körülményei miatt. A fizikus, aki az új részecskék ötletével előállt – Murray Gell-Mann – a nevet James Joyce *Finnegans Wake* (*Finnegan ébredése*) című könyvéből vette, amelyben a következő mókás versike található:

Three quarks for Muster Mark!
Sure he hasn't got much of a bark
And sure any he has it's all beside the mark.

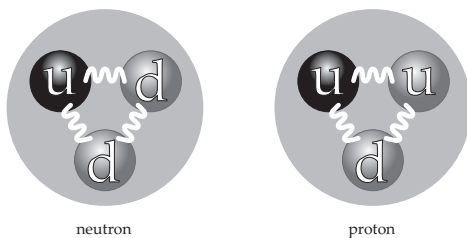
Három quarkot, tartsd a markod!
Ne hallgassuk el Mister Markot,
bizony csúnyán belemart ott.*

Úgy gondoltam, az valóban trendi, hogy egy fizikus valamit egy regény alapján nevez el. Különösen olyan regény alapján, ami összetett és nehezen érthető, mint a *Finnegan ébredése*. Noha még csak tizenhárom éves voltam, de azt már pontosan tudtam: a tudósoktól elvárható, hogy kizárólag a saját területükre koncentrálják minden energiájukat, és ne pazarolják azt olyan csacschaságokra, mint a művészet és a bölcsélet. Én sajnos nem ilyen voltam. Sok barátom volt, szerettem olvasni, és szinte minden érdekelt a tudományon kí-

*Ferenczy Győző fordítása

vül. Szerettem focizni, órák hosszat kergettem a labdát a barátaimmal. Ekkor fedeztem fel az impresszionistákat (az ismerkedés egy nagy kötettel kezdődött, amit apám könyvtárában találtam). Van Gogh volt a kedvencem. Hatására még festeni is elkezdtem. Sokirányú érdeklődésem miatt kétkedtem abban, hogy valaha is tudós lesz belőlem. Ezért amikor megtudtam, hogy van egy Nobel-díjas fizikus, Gell-Mann, akit olyasmi is érdekel, mint az irodalom (továbbá a nyelvészet, az archeológia és sok egyéb dolog), nagyon megörültem.

Gell-Mann szerint kétfajta kvark van, az „up” és a „down”, a protonok és neutronok pedig abban különböznek egymástól, hogy más a kvark-összetételük. A neutronban két down- és egy up-kvark van, a protonban két up- és egy down-kvark, ahogyan a képeken látható.²

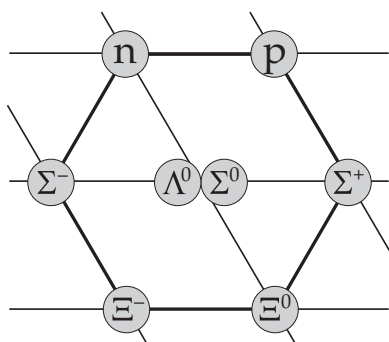


Mindez meglehetősen világos volt előttem. Ellenben teljesen ködös, hogy honnan szedték a fizikusok, hogy a neutronok és protonok nem oszthatatlanok, hanem apró részecskékre bonthatók.

A helyzet az, hogy az 1950-es évek végén aránylag sok elemi részecskét fedeztek fel, s ezeket hadronoknak nevezték. A neutronok és a protonok mindketten hadronok, és jelen vannak a hétköznapi életünkben mint az anyag építőkövei. Ami a többit illeti, senki sem tudta, hogy miért léteznek (egyáltalán „ki rendelte őket” – ahogyan valaki fogalmazott). Olyan sokféle hadront fedeztek fel, hogy a neves fizikus, Wolfgang Pauli azzal viccelődött, hogy a fizikából immár növénytan lett. Elkerülhetetlen volt, hogy a fizikusok valahogy úrrá legyenek a helyzeten, megtalálják azokat az elveket, amelyek segítségével értelmezni lehet e részecskék zavarba ejtő sokféleségét.

Gell-Mann – és tőle függetlenül Yuval Ne'eman – egy új osztályozást javasolt. Mindketten feltételezték, hogy a hadronokat kisebb csoportokra oszthatjuk, és ezekben a csoportokban nyolc vagy tíz elem van. Ezeket nyolcasoknak és tízeseknek nevezték el. Egy-egy csoporton belül a részecskék hasonlóak voltak.

Azokban a népszerű könyvekben, amiket akkoriban olvastam, ilyesféle diagramokat találtam:



Itt a protont p , a neutront n jelöli, a további hat hadron furcsa nevére egy-egy görög betű utal.

Na de miért pont 8 és 10, miért nem 7 vagy 11? Az általam olvasott könyvekben erre nem találtam kielégítő magyarázatot. Valami misztikus ideát emlegettek, amit Gell-Mann „nyolcas útnak” nevezett (amivel Buddha „nemes nyolcas útjára” utalt). De eszükbe sem jutott megmondani, mi is ez az egész.

Úgy hozta a szerencse, hogy családom egyik barátjától kaptam segítséget. Kis, ipari városban nőttem fel, a neve Kolomna, lakossága 150 000 fő, Moszkvától úgy hetven mérföldre található, ami két óra vonatozást jelentett. Szüleim egy vállalatnál dolgoztak, amely nehézgépeket gyártott. Kolomna két folyó találkozásánál fekszik, 1177-ben alapították (csupán 30 évvel később, mint Moszkvát). Még mindig van ott néhány templom és fal, amelyek ezekre az időkre emlékeztetnek. De nem igazán oktatási vagy intellektuális központ. Csupán egy tanárképző főiskola volt ott abban az időben, amelyben

tanítókat képeztek. Az egyik professzor azonban, Jevgenyij Jevgenyijevics Petrov, a szüleim barátja volt. Egy napon anyám hosszú idő után összefutott vele az utcán, és beszélgetni kezdtek. Anyám szívesen beszélt rólam a barátainak, így ezúttal is szóba kerültem. Hallván, hogy érdeklődöm a tudományok iránt, Jevgenyij Jevgenyijevics azt mondta, hogy okvetlenül találkozni akar velem. Megpróbál megtéríteni a matematikának.

– Jaj ne! – mondta anyám. – Nem szereti a matematikát. Azt hiszi, hogy unalmas. Kvantumfizikus szeretne lenni.

– Nem baj – válaszolta Jevgenyij Jevgenyijevics –, azt hiszem, tudom, hogyan győzzem meg.

Megbeszélték, hogy találkozunk. Nem vártam túl sokat a dologtól, de elmentem Jevgenyij Jevgenyijevics irodájába.

Éppen tizenöt éves voltam, kilencedikbe jártam, ami a gimnázium utolsó előtti éve. (Egy évvel fiatalabb voltam az osztálytársaimnál, mert a hatodikat átugrottam.) Jevgenyij Jevgenyijevics akkor a negyvenes éveiben járt, barátságos volt és közvetlen.

Kiderült, hogy Jevgenyij Jevgenyijevicsnek pontos terve volt arra nézve, hogyan nyerjen meg a matematikának. Mihelyt beléptem az irodájába, így fogadtott:

– Hallom, érdekel a kvantumfizika. Hallottál Gell-Mannról és az ő nyolcas útjáról?

– Igen, erről több népszerűsítő könyvben is olvastam.

– De tudod-e, mi volt ennek a modellnek az alapja? Honnan jutott erre az elképzelésre?

– Nos...

– Hallottál az SU(3) csoportról?

– SU micsoda?

– Hogy képezed, hogy megértheted a kvarkokat, ha azt sem tudod, mi az SU(3) csoport?

Levett néhány könyvet a polcról, beléjük lapozott, és formulákat mutatott oldalakon át. Észrevettem azt az oktett-diagramot is, amit korábban mutattam, s bár nem volt olyan csinos, mint a népszerűsítő könyvekben, de szemmel láthatóan itt minden el volt magyarázva.

Noha egy szót sem értettem a formulákból, de az már ott világossá vált előttem, hogy megadják a választ a kérdéseimre. Olyan volt, mintha maga Isten jelent volna meg előttem. Megbabonázott mindaz, amit láttam és hallottam, megérintett egy ismeretlen érzés, amit képtelen voltam szavakba önteni, de éreztem az energiáját. Olyan érzés volt, mint amikor zenét hallgatunk, vagy megnézünk egy képet, ami felejthetetlen benyomást gyakorol ránk. Csupán egy „húha!” tört fel belőlem.

– Biztos azt hitted, hogy az a matematika, amit az iskolában tanítanak neked – mondta Jevgenyij Jevgenyijevics. – Nem – s a könyv képleteire mutatott. – Ez a matematika. És ha valóban meg akarsz érteni a kvantumfizikát, ebből kell kiindulnod. Gell-Mann a kvarkokat gyönyörű matematika alapján jósolta meg. Ez tulajdonképpen matematikai felfedezés volt.

– De hogyan fogom én ezt az egészet megérteni?

Az egész kicsit ijesztő volt.

– Ne félj. Az első dolog, hogy megtanuld a szimmetriacsoportot. Az a fő gondolat. A matematika nagy része, de az elméleti fizika is azon alapszik. Adok neked néhány könyvet. Kezdd el olvasni, és jelöld meg azokat a mondatokat, amelyeket nem értesz. Hetente találkozhatunk, és beszélgethetünk ezekről a dolgokról.

Adott egy könyvet a szimmetriacsoportokról, és néhány másikat is, különböző témákban: valami p -adikus számokról (ezek gyökeresen különböznek azoktól a számoktól, amiket használunk), meg topológiáról (ami a geometriai formákat tanulmányozza). Jevgenyij Jevgenyijevicsnek kiváló ízlése volt: olyan válogatást állított össze számomra, hogy ennek a varázslatos bestiának – a Matematikának – minden oldalát láthassam, és lelkesedni tudjak érte.

Az iskolában olyan dolgokat tanultunk, mint a másodfokú egyenletek, valamennyi kalkulus, euklideszi geometria, trigonometria. Azt hittem, ez az, amivel a matematika foglalkozik, esetleg elmélyültebben, de megmarad abban a körben, amit tanultunk. Jevgenyij Jevgenyijevics könyvei azonban rányitották a figyelmemet egy olyan világra, amelyet addig el sem tudtam képzelni.

Egy pillanat alatt hívő lett belőlem.