

Neumann János korai évei, a Los Alamos-i évek és a számítástechnikához vezető út*

Lax Péter

Ezen írásnak kettős célja van: képet alkotni Neumann elméjének termékenységéről, teljesítményéről és elsöprő erejéről továbbá megmutatni, hogy ötletei és tettei hogyan formálták a jövőt. Ma, közel 50 évvel a halála után, egyre inkább a technológia korának prófétájaként emelkedik elénk.

Neumann sok mindennel foglalkozott, de elsősorban matematikus volt. Zsenialitása a matematikában gyökerezett, és valami szédületes józan ésszel párosult matematikai gondolkodásmód hatotta át észjárását az élet minden területén. Neumann-nak igazán nem kellett volna szokatlanul magas kort elérnie ahhoz, hogy biztosan megkapja gazdaságtudományi Nobel-díjat, amelyet csak halála után alapítottak meg. Ha pedig egy igazán szokatlanul magas életkort ért volna el, biztosan megkapja a matematikai és számítástudományi Nobel-díjat is, mert bár ezek a díjak még nem léteznek, végül meg kell alakulniuk. Így most egy háromszoros Nobel-díjasról beszélünk, esetleg három és félszeresről, ha számításba vesszük a kvantummechanika megalapozásában elért eredményeit; de inkább térjünk rá a történetre.

A történet most is, mint mindig, a főhős születésével kezdődik. 1903. december 28-án Budapesten látta meg a napvilágot egy felső-középosztálybeli zsidó családban, Neumann Miksa bankár legidősebb fiaként. A 19. és 20. század fordulója mámoros időszak volt, mint azt Lukács János írja a *Budapest 1900* című könyvében. Különösen a matematika és a fizika számára. Fejér Lipót, a Riesz testvérek, Pólya György, Szegő Gábor, Haar Alfréd, Polányi Mihály, Kármán Tódor, Szilárd Leó, Hevesi György, Wigner Jenő, Teller Ede, Gábor Dénes és Békésy György mind ugyanazon 25 éven belül születtek. A Kármán apja által megreformált iskolarendszer érzékenynek bizonyult a kiemelkedő tehetségekre, így nem meglepő, hogy Rácz László, az Evangélikus Gimnázium matematikatanára azonnal felismerte a Neumann fiú különleges adottságait. Ő értesítette „Jancsi” szüleit, valamint Kürschák Józsefet, a magyar matematikai közösség nesztorát, és így az ifjú Neumann különleges oktatásban részesülhetett. Első tanára a korábban szintén csodagyerek Szegő

*Megjelent a Magyar Tudomány 2003. decemberi számában.

Gábor volt, aki később professzor lett Königsbergben majd Stanfordban; Szegő felesége szívesen emlegette, hogy férje könnyes szemekkel jött haza a fiatal zsenivel való első találkozásról. Amikor Szegő Németországba ment, Fekete Mihály, a jeruzsálemi héber egyetem majdani tanára vette át az oktatást. Neumann első publikációja egy Feketével közös, transzfinit átmérőről szóló cikk volt 1922-ben, amikor Neumann 19 éves volt; Fekete egész hosszú tudományos pályafutását ennek a témának szentelte.

A csodagyerekek nem ritkák a matematikában. Ennek legvalószínűbb oka a speciálisan logikai összefüggések felismerésére alkalmas agyon kívül az lehet, hogy a matematikai problémák megértéséhez és megoldásához nem szükséges olyan tágabb összefüggések megértése, amely csak széles körű tapasztalatokon keresztül szerezhető meg. Ennek a legtöbb matematikus számára az a szomorú következménye, hogy megijednek azoktól a matematikai problémáktól, melyek nincsenek matematikai köntösbe öltöztetve. Ez biztosan nem igaz minden matematikusra, de kevesen vonzódnak a való világ feladatainak megoldáshoz annyira teljes szívvel, mint azt Neumann tette. Legjobb barátja, Stan Ulam matematikus szerint Neumann gondolkodása nem volt sem geometriai, sem taktilis, hanem inkább algebrai: eljátszott egyrészt az algebrai szimbólumokkal, másrészt jelentésük egy-egy értelmezésével. Talán ez magyarázza azt a képességét, hogy olyan sok területen tudott gondolkodni.

A gimnázium elvégzése után édesapja úgy döntött, hogy a matematika nem alkalmas életpályának, a vegyészmérnöki szakma többet ígér. Így a fiatal Neumann előbb Berlinbe majd két év múlva Zürichbe ment. Közben beiratkozott a Budapesti Tudományegyetemre is azzal a céllal, hogy doktori fokozatot szerezzen matematikából. Ezt úgy szerezte meg, hogy alig tartózkodott Budapesten.

Berlinben Neumann a Szövetségi Technológia Intézet felvételi vizsgájára készült, ahol 1923-ban kiemelkedő eredményt ért el; húsz évvel korábban az ifjú Einstein elbukott ezen a vizsgán. Ugyanabban az időben a fiatal Neumann matematikai értekezést kezdett írni egy technikai hangzású, ám mélységesen filozófiai témáról, a transzfinit rendszámok bevezetéséről. A dolgozat végül *A halmazelmélet axiomatizálása* címmel jelent meg. Célja az volt, hogy feloldjon egy lassan érlelődő krízist a matematikában. Neumann a következőt írta problémáról: „*A 19. század végén és 20. század elején az absztrakt matematika új ága, Georg Cantor halmazelmélete számos nehézséggel küszködött. Nevezetesen egyes okfejtések ellentmondásra vezettek; és noha ezek nem tartoztak a halmazelmélet központi vagy hasznos részéhez, és mindig könnyű volt formailag kiküszöbölni őket bizonyos kritériumokkal, mindazonáltal nem volt világos, miért lenne ezen ellentmondásos megfontolásoknak kevesebb létjogosultsága, mint az elmélet jól működő részeinek.*”

Ez a válság két részre osztotta a matematikai közösséget: az intuicionis-

tákra, akik egyszerűen körülírták, hogyan kezelik a végtelen halmazokat, valamint a formalistákra, akik hittek abban, hogy Euklidész szellemében megfelelő axiomatizálással felszabadulhatunk az alól, hogy szívünk szerint bánjunk a végtelen halmazokkal, és egyszersmind mentesülünk az ellentmondásoktól. A formalisták élén a göttingeni David Hilbert állt, a berlini vezető matematika professzor, Erhardt Schmidt tanára volt. Schmidt támogatta az ifjú Neumannt; sok évvel később, 1954-ben Neumann azzal fejezte ki hálóját, hogy közreműködött egy a már koros Schmidt tiszteletére készített ünnepi kiadvány készítésében, noha ebben az időben Neumann egyáltalán nem foglalkozott technikai matematikával, és számos más irányú kötelezettségei miatt egyébként sem jutott ideje cikkek írására.

1923-ban Neumann Zürichbe ment, hogy megkezdje vegyészmérnöki tanulmányait. Ott került kapcsolatba két jelentős matematikussal, (vagy inkább ők vele,) Pólya Györggyel és Hermann Weyl-lel, aki az intuicionisták vezetője volt. 1926-ban előbb Zürichben vegyészmérnöki, majd kevéssel ezután Budapesten matematikusi diplomát kapott. Ekkor még 23 éves sem volt.

A halmazelmélet alapjaihoz kapcsolódó munkássága magára vonta a korosodó Hilbert figyelmét Göttingenben, és egyre növekedő hírneve egy egyéves göttingeni ösztöndíjat hozott neki a Rockefeller Alapítványtól. Odaérkezésekor szembesült azzal, hogy a nap legégetőbb kérdése nem a halmazelmélet, hanem az újdonsült kvantummechanika megalapozása. A Heisenberg és Schrödinger elméleteinek letisztázásához szükséges matematika egész további életében foglalkoztatta Neumannt. A Hilbert-téren értelmezett nem korlátos önadjungált operátorok általa megalkotott elmélete a kvantummechanika logikailag kielégítő bázisát adja, és alapköve a modern matematikának is. Továbbá - és ez jellegzetesen neumanni vonás volt - nem csak lefektette az alapokat, hanem megmutatta, hogy lehet azokat alkalmazni speciális, fizikailag érdekes helyzetekben.

Ekkor Neumann hírneve már szárnyalt. Kinevezték magán docensnek Berlinben, majd Hamburgban; Európa minden tájára hívták előadónak. Ám a húszas évek végén Amerikára irányította figyelmét, részint az Európában elérhető állások nem megfelelő volta miatt, részint azért, mert mélysegesen bizalmatlan volt, és aggódott az európai bizonytalan politikai helyzet miatt, amit másoknál sokkal hamarabb átlátott. Így, amikor 1929-ben meghívást kapott Princetonba, hogy matematikai fizikai, illetve főleg kvantummechanikai előadásokat tartson, nem habozott. Az ezt követő négy évben idejét egyenletesen osztotta be Princeton és Németország között.

Neumann számára tudományosan jelentős esemény volt Gödel bizonyítása, melynek következtében Hilbert formalizmusa romba dőlt. Gödel ugyanis 1931-ben megmutatta, hogy egy elég gazdag logikai rendszerről soha nem lehet bebizonyítani az ellentmondás-mentességet, hacsak nem folyamodunk

még gazdagabb rendszerhez. Ezzel véget ért Neumann kapcsolata az axiómákkal és halmazelmélettel. Erőfeszítései azonban mégsem voltak hiábavalóak: segítették őt a számítógép megalkotásában. A második, a jövő szempontjából döntő esemény 1932-ben az volt, hogy Chadwick felfedezte a neutronokat.

Az idilli fele-fele időelosztásnak 1933-ban hirtelen vége lett. Ennek két oka volt: Hitler hatalomra kerülése, valamint Neumann kinevezése az akkor alapított szintén princetoni Institute of Advanced Study professzorává. Ez nagypresztízsű pozíció volt; Albert Einstein és Hermann Weyl társprofesszorok voltak, és később Gödel is csatlakozott hozzájuk.

Harmincas éveinek dereka termékeny időszak volt Neumann számára. Francis Murray közreműködésével kidolgozta legmaradandóbb felfedezését, azon operátoralgebra elméletét, amelyeket ma Neumann-algebráknak hívunk. Ugyanebben az időben a sűrűsödő politikai válságok meggyőzték őt, hogy a háború elkerülhetetlen, és hamarosan bekövetkezik. Azt is előre látta, hogy ez az európai zsidók pusztításához vezet, nagyon hasonlóan ahhoz a fajirtáshoz, amelyet az örmények szenvedtek el a törököktől az első világháború alatt.

Nem meglepő tehát, hogy érezve a háború közeledtét, azon gondolkodott, hogy milyen módon használhatja matematikai tehetségét a háborúra készülődő Amerika megsegítésére. Abban az időben a háborúval kapcsolatos problémák leginkább matematikainak mondható része a ballisztika volt. Az Aberdeen Proving Grounds nevű kísérleti lőtér kényelmes közelségben volt Princetonnal; így Neumann nagy energiával vetette bele magát a robbanások és lökéshullámok tanulmányozásába. Eközben majdnem főhadnagy lett a hadsereg hadianyagügyi osztályánál, de már túllépte a 35 éves felső korhatárt, és a hadügyminiszter nem kivételezett. Így Neumann szerencsésen megmenekült a hadsereg béklyóitól, és szabadon kalandozhatott terveinek széles skáláján. Számos bizottságba kinevezték, és aktívan részt vett a tanácskozásokon. Hamarosan gyakorlati alkalmazott matematikusi hírneve éppúgy kezdett terjedni, akárcsak tizenöt évvel azelőtt briliáns elméleti matematikusi hírneve. Új csodálói között volt Simon tábornok a hadianyagügyi osztályról és Vannevar Bush, a tudományos kutatás és fejlesztés hivatalának vezetője. 1943 elején Angliába küldték, hogy segítséget nyújtson az angoloknak egy tengeralattjárók elleni és légvédelmi háborúban, cserébe sokat tanult a britektől a detonációkról. Hamarosan alkalma nyílt rá, hogy frissen szerzett tudását a háború legfontosabb tervéhez, az atombomba, illetve még pontosabban nukleáris bomba készítéséhez hasznosítsa.

Amikor Neumann megérkezett Los Alamosba, még sok megoldatlan probléma volt, melyek mindegyikén úrrá kellett lenni, hogy sikeresen elkészíthessék a plutónium bombát. Egy plutónium izotóp spontán maghasadás során neutronokat bocsát ki, elegendő mennyiségben ahhoz, hogy megfelelő összeállítás-

ban berobbantson bármilyen bombát. A megoldáshoz az implózió (láncreakciót előidéző robbantás) tűnt a legígéretesebb módszernek. Ennek biztonságos és gyors végrehajtásához volt szükség Neumann nagy erejű robbanószerekről szerzett ismereteire. Emellett sok gyakorlati segítséget nyújtott fizikai és mérnöki problémák megoldásához, ami széles körben megszilárdította hírnevét és azt a meggyőződést, hogy érdemes hozzá fordulni. Los Alamos legnagyobb hírességei csodálták őt: Oppenheimer, Bethe, Feynman, Peierls, Teller és sokan mások. Elméjének abszolút ereje miatt elismerték fölényét.

A nukleáris fegyverek nem tervezhetők a fokozatos közelítés módszerével, minden elgondolás csak elméletben tesztelhető. Ez megköveteli az összenyomható áramlás nemlineáris egyenleteinek megoldását. Neumann arra a következtetésre jutott, hogy az analitikus módszerek nem alkalmasak erre a feladatra, és a kontinuummechanika egyenleteinek megoldásához vezető egyetlen út az, hogy diszkrétizáljuk őket, és numerikusan megoldjuk a kapott egyenletrendszert. Az ilyen számolások hatékony és nagy sebességű elvégzéséhez szükség van programozható elektronikus számítógépekre, nagy kapacitású tároló rendszerekre, programnyelvekre, valamint a differenciálegyenletek stabil diszkrétizálásának elméletére, és a diszkrétizált egyenletek megoldására alkalmazható sokféle algoritmusra. Ezekre a feladatokra szánta Neumann energiáinak nagy részét a háború után. Pontosán tudta, hogy az új számítási módszertan nemcsak fegyverek tervezésében döntő jelentőségű, hanem számos tudományos és mérnöki probléma megoldásában. Különösen az időjárás és az éghajlat megértése izgatta. Ugyanakkor azt is realizálta, hogy a számítástechnika többre képes annál, hogy csupán nyers erővel kikényszerítsük a választ egy konkrét kérdésre.

1945-ben egy montreal-i előadásán, amikor a nagysebességű elektromos számítógép készítése még csak ábránd volt, azt mondta: *„Természetesen sorolhatnánk még az erőfeszítéseinket igazoló példákat arra, hogy mind az elméleti és mind az alkalmazott matematikának számos ágában nagy szükség van számító műszerekre, hogy átlendítsenek minket azon a holtpontra, amit a nemlineáris problémák tisztán analitikus megközelítésének bukása okozott. Ehelyett csak azt a végkövetkeztetést említjük meg, hogy a valóban hatásos nagysebességű számító berendezések a nemlineáris parciális differenciálegyenletek területén éppúgy, mint sok más nehezen megközelíthető vagy teljesen hozzáférhetetlen területen, olyan heurisztikus útmutatásokat nyújthatnak, amelyek a matematika minden ágában szükségesek a valódi haladáshoz. Az áramlástan speciális esetében ezek az útmutatások nem álltak az utóbbi két generáció rendelkezésére pusztán a matematikusok elméleti intuícióira alapozva, noha nagyszámú igazán első osztályú matematikai törekvés irányult a patthelyzet áttörését célzó kísérletekre. Ha egyáltalán előkerültek a megfelelő útmutatások (és ez jóval kevesebbszer fordult elő, mint kellett volna), ezek*

bizonyos fizikai kísérletezésre voltak visszavezethetők, ami valójában egyfajta számításnak tekinthető. Mi most annyiival hatásosabb, gyorsabb és rugalmasabb számításokat tudunk végezni, hogy számítógépek használatával a szükséges heurisztikus útmutatások nyújtásának lehetővé kell válnia. Ennek végül fontos analitikus haladáshoz kell vezetnie.”

Mindenki tudja, hogy Neumann János volt a modern számítógép alapító atyja, de nem mindenki realizálja, hogy ő volt az alapító atyja az áramlások numerikus modellezésének is. A továbbiakban ezen területen elért eredményeiről ejtünk szót. Neumann differenciaegyenletek elméletéhez való alapvető hozzájárulásai közül az egyik a stabilitás fogalma volt, és egy erre vonatkozó fontos kritérium is az ő nevét viseli. Ő eredetileg azt bizonyította, hogy ez a kritérium csak az állandó együtthatós lineáris egyenletek stabilitását vonja maga után; de egyúttal merészen azt állította, hogy ez a változó együtthatójú rendszerekre is vonatkozik – amint ez később be is bizonyosodott.

Neumann legnagyobb ötlete az összenyomható áramlás számításáról a lökések elnyelésére vonatkozott. Ez azt jelenti, hogy az ütközések és más diszkontinuitások, amelyek elkerülhetetlenül feltűnnek ezekben az áramlásokban, a diszkrét közelítésekben nem diszkontinuitásokként, hanem gyors átmenetekként jelennek meg, és az áramlási tér minden pontját általános pontként kezeljük.

Ha Neumann ma felébredne, mit találna legmeglepőbbnek? A félelmetes erejű, kis költségű és mindenütt jelenvaló személyi számítógépeket? Az internetet? A számítógépek és számítástudomány előrehaladását? A géntérképeket? A holdra szállást? A Szovjetunió összeomlását? Vagy azt, hogy a világ eddig még nem robbantotta fel magát?

Neumann tragikusan korai halála a matematika és egyéb tudományok természetes vezéregyéniségét és ékesszóló szónokát rabolta el, valamint megfosztotta az ifjabb generációkat a 20. század legsziporkázóbb intellektusával való találkozás lehetőségétől.

Fordította: Réffy Júlia