

NEUMANN JÁNOS KORAI ÉVEI, A LOS ALAMOS-I ÉVEK ÉS A SZÁMÍTÁSTECHNIKÁHOZ VEZETŐ ÚT

Lax Péter

az MTA tiszteleti tagja – lax@cims.nyu.edu

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

Neumann sokmindennel foglalkozott, de elsősorban matematikus volt.

Zsenialitása a matematikában gyökerezett, és hihetetlen ismeretanyaga és intuícóra támaszkodó 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 a gazdaságtudományi Nobel-díjat, amelyet csak halála után alapítottak meg. Ha pedig 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 mégiscsak létre kell hozni őket. 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, felsőközéposztálybeli zsidó családban, Neumann Miksa bankár legidősebb fiaként. A 19. és 20. század fordulója mámoros időszak volt, mint

azt John Lukács – Lukács János írja *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 huszonöt éven belül születtek. A Kármán Tódor 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 hívta fel „Jancsi” szüleinek, valamint Kürschák Józsefnek, a magyar matematikai közösség nesztorának figyelmét a páratlan tehetségre, így az ifjú Neumann különleges oktatásban részesülhetett. Első tanára a korábban szintén csodagyerek Szegő 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 lett 1922-ben, amikor Neumann tizenkilenc éves volt; Fekete egész hosszú tudományos pályafutását ennek a témának szentelte.

A csodagyereknek nem ritkák a matematikában. Ennek legvalószínűbb oka a speciá-

lisan a 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 megjednek azoktól a matematikai problémáktól, melyek nincsenek matematikai köntösbe öltöztetve. Ez biztosan nem igaz minden matematikusra, de kevesen vonzódnak a való világ feladatainak megoldásához annyira szívvel-lélekkel, mint azt Neumann tette. Legjobb barátja, Stan Ulam matematikus szerint Neumann gondolkodása nem volt sem geometriai, sem taktilis, 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. Ugyanekkor egy 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 XIX. század végén és a XX. 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 meggondolásoknak kevesebb létjogosultsága, mint az elmélet jól működő részeinek.”

Ez a válság két részre osztotta a matematikai közösséget: az intuicionistákra, akik egyszerűen körülírták, hogyan kezelik a végtelen halmazokat, valamint a formalistákra, akik hittek abban, hogy Euklidész szellemében, megfelelő axiomatizálással szívünk szerint bánhatunk a végtelen halmazokkal, és egy szersmind mentesülünk az ellentmondásoktól. A formalisták élén a göttingeni David Hilbert állt, aki a berlini vezető matematika-professzor, Erhardt Schmidt tanára volt. Schmidt támogatta az ifjú Neumannt; sok évvel később, 1954-ben Neumann azzal fejezte ki háláját, hogy közreműködött a már koros Schmidt tiszteletére szervezett ünnepi kiadvány készítésében, noha ekkoriban Neumann egyáltalán nem foglalkozott technikai matematikával, és számos más irányú kötelezettsége miatt egyébként sem jutott ideje cikke írására.

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

A halmazelmélet alapjaihoz kapcsolódó munkássága Göttingenben felhívta rá a korosodó Hilbert figyelmét, 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 tisztázásához 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 neumannni vonás volt – nemcsak lefektette az alapokat, hanem megmutatta, hogyan lehet azokat alkalmazni speciális, fizikailag érdekes helyzetekben.

Ekkor Neumann hírneve már szárnyalt. Magántanárnak nevezték ki 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 mélységesen bizalmatlan volt, és aggódott a bizonytalan európai 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 egyformán osztotta meg Princeton és Németország között.

Neumann számára tudományosan jelentős esemény volt Kurt 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 egy még gazdagabb rendszerhez. Ezzel véget ért Neumann kapcsolata az axiómákkal és a halmazelmélettel. Erőfeszítései azonban mégsem voltak hiábavalóak: segítettek őt a számítógép megalkotásában. A második, a jövő szempontjából döntő esemény 1932-ben történt: James Chadwick felfedezte a neutronokat.

Az idilli fele-fele időelosztás 1933-ban hirtelen véget ért. Ennek két oka volt: Hitler hatalomra kerülése valamint Neumann kinevezése az akkor alapított szintén princetoni Institute of Advanced Study professzorává. Ez nagy presztízsű pozíciónak számított; 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 operátoralgebraik elméletét, amelyeket ma Neumann-algebraknak 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, 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 amerikai hadsereg Aberdeen Proving Grounds nevű kísérleti lötere kényelmes közelségben volt Princetonhoz; így Neumann nagy energiával vetette bele magát a robbanások és lökéshullámok tanulmányozásába. Eközben majdnem főhadnagy lett a hadsereg hadianyagügyi osztályánál, de már túllépte a harmincöt éves felső korhatárt, és a hadügyminiszter vele sem tett kivételt. Így szerencsésen megmenekült a hadsereg béklyóitól, és szabadon kalandozhatott terveinek széles skáláján. Számos bizottságba nevezték ki, és aktívan részt vett a tanácskozáson. Hamarosan alkalmazott matematikus hírneve éppúgy terjedni kezdett, akárcsak tizenöt évvel azelőtt a brilliáns elméleti mate-

matikusé. Új csodálói között volt Leslie E. Simon ezredes a hadianyagügyi osztályról és Vannevar Bush, a tudományos kutatás és fejlesztés hivatalának vezetője. 1943 elején Angliába küldték, hogy segítséget nyújtson az angoloknak a tengeralattjárók elleni és a 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 a nukleáris bomba készítéséhez hasznosítsa.

Amikor Neumann megérkezett Los Alamosba, még sok megoldatlan problémával küzdöttek a fejlesztők, melyek mindegyikén úrrá kellett lenniük, hogy sikeresen elkészíthessék a plutóniumbombát. Egy plutóniumizotóp spontán maghasadás során neutronokat bocsát ki, elegendő mennyiségben ahhoz, hogy megfelelő összeállításban berobbantson bármilyen bombát. A megoldáshoz az implózió (láncreakciót előidéző robbantás) tűnt a legígéretesebb módszernek. Ennek biztonságos és gyors végrehajtásához volt szükség Neumann nagyerejű robbanószerekről szerzett ismereteire. Emellett sok gyakorlati segítséget nyújtott fizikai és mérnöki problémák megoldásához, ami széles körben szilárdította meg a hírnevét és azt a meggyőződést, hogy érdemes hozzá fordulni. Los Alamos legnagyobb hírességei – Robert Oppenheimer, Hans Bethe, Richard Feynman, Rudolf Peierls, Teller Ede és sokan mások – csodálták őt. Elméjének abszolút ereje miatt elismerték fölényét.

A nukleáris fegyverek nem tervezhetők a fokozatos közelítés módszerével, minden elgondolás csak elméletben tesztelhető. Ehhez az összenyomható áramlás nemlineáris egyenleteinek megoldására van szükség. Neumann arra a következtetésre jutott, hogy az analitikus módszerek nem alkalmasak erre a feladatra. A kontinuum-mechanika egyenleteinek megoldásához vezető egyetlen út az, hogy diszkretizáljuk őket, és nume-

rikusan megoldjuk a kapott egyenletrendszert. Az ilyen számolások hatékony és nagy sebességű elvégzéséhez szükség van programozható elektronikus számítógépekre, nagykapacitású tároló rendszerekre, programnyelvekre, valamint a differenciálegyenletek stabil diszkretizálásának elméletére és a diszkretizált egyenletek megoldására alkalmazható sokféle algoritmusra. Neumann a háború után ezekre a feladatokra szánta energiáinak nagy részét. Pontosan tudta, hogy az új számítási módszertan nemcsak a fegyverek tervezésében döntő jelentőségű, hanem számos tudományos és mérnöki probléma megoldásában is. Különösen az időjárás és az éghajlat megértése izgatta. Ugyanakkor azt is felismerte, hogy a számítástechnika többre képes annál, mint hogy csupán nyers erővel kényszerítsük ki a választ egy-egy konkrét kérdésre.

1945-ben egy montreali előadásán, amikor a nagysebességű elektronikus számítógép készítése még csak ábránd volt, azt mondta: „Természetesen sorolhatnánk még az erőfeszítéseinket igazoló példákat arra, hogy mind az elméleti, mind az alkalmazott matematikának számos ágában nagy szükség van számítói 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 számítói 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 törek-

vés 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 annyival 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 nincs mindenki tisztában vele, 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 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 teljesítményű, olcsó 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

Kulcsszavak: *matematikatörténet, Neumann János*

