

Kétezer-öttszáz! És ez a szám egyre növekszik. Vagyis lehet, hogy az érdeklődés felkeltéséhez egy ilyen berendezésre volt szükség, amelyik lenyűgözi a fiatalokat. Annak idején az Apollo-program hatására nagyon sok fiatal választotta a mérnöki pályát. Szerintem ugyanígy, az LHC is felkeltette a fiatalok érdeklődését a fizikusi pálya iránt.

Egyébként elindítottunk egy tanárképző programot is, amire büszke vagyok. Programokat szervezünk középiskolai tanároknak, aki odajönnek a CERN-be, húsz-harminc tanár egy hétre, mondjuk Magyarországról – a költségek egy részét az ország fedezi, de egy másik részét a CERN –, és a tanárok előadásokat hallgathatnak a modern fizikából. Természetesen a részecskefizikára alapozva, hiszen mi részecskefizikával foglalkozunk. Emellett viszont találkoznak különböző kutatócsoportokkal, hogy lássák, hogyan megy a kutatás a gyakorlatban. És amikor elmennek,

az ember látja, hogy csillog a szemük. Tényleg! (Egyébként elértük a lehetőségeink határát, évente ezer tanárt fogadunk. Jó lenne még többet, de nincs elég kutatónk, aki foglalkozik velük.) Ezek a tanárok otthon hálózatokat hoznak létre, és ennek a hatására még több tanár jön, és a tanárok mindig hozni akarnak osztályokat is a látogatásra, és ez fantasztikus módja az oktatás érdekessé tételének. A tanárokkal kell kezdeni, mert a tanárok multiplikátorok. Rajtuk keresztül tudjuk eljuttatni a társadalomhoz az üzenetünket, megmutatni, hogy mivel foglalkozunk – megérttetni mondjuk, hogy mi is az a Higgs-bozon, és miért kell megkeresnünk –, és rajtuk keresztül tudjuk megmutatni a kutatói pálya érdekességét is, rajtuk keresztül elérhetjük azokat a fiatalokat, akikből a jövő kutatói lesznek.

Kulcsszavak: *CERN, LHC, Higg bozon, sötét anyag, antianyag, sötét energia*



## HEGYCSÚCSOK ÉS MÉRFÖLDKÖVEK

### A matematika szükséges ahhoz, hogy megértsük a világot

Jurij Ivanovics Manyinnal Egyed László beszélget

Jurij Ivanovics Manyin szovjet–oros–német matematikus 1937-ben született Szimferopolban. 1960-ban doktorált a Sztjeklov Matematikai Intézetben. Jelenleg a bonni Max Planck Matematikai Intézet professzora és igazgatója, valamint a Northwestern Egyetem professzora. Algebrai, geometriai és a diophantosi geometriával foglalkozó munkái a legismertebbek.

A Magyar Tudományos Akadémia a világhírű magyar matematikus, Bolyai János születése 100. évfordulójának tiszteletére, 1902-ben alapította meg a tízezer koronás, ötévente odaítélendő nemzetközi elismerést a kiemelkedő matematikai munkák díjazására. A díjjal akkor a hiányzó matematikai Nobel-díjat is pótolni akarták.

Az első díjazott 1905-ben a francia Henri Poincaré volt, majd 1910-ben David Hilbert német tudós kapta meg a díjat. Sokan úgy vélik, hogy 1915-ben Albert Einstein lett volna a következő díjazott, de erre az első világháború kitörése miatt már nem került sor. A Magyar Tudományos Akadémia 1994-ben alapította újjá az elismerést Bolyai János Nemzetközi Matematikai Díj elnevezéssel, és azzal, hogy az elmúlt tizenöt évben írt legjobb matematikai monográfia szerzőjének ítéljük oda. Idén, a díj történetében ötödikként Jurij Ivanovics Manyin vehette át a kitüntetést,

*Frobenius Manifolds, Quantum Cohomology, and Moduli Spaces* c. könyvéért. A díj átvétele után sikerült leülni vele rövid beszélgetésre.

*Egyik elődje a díjazottak között David Hilbert volt, aki összeállított egy huszonhárom pontból álló listát a matematika megoldandó nagy problémáiból. Ezek vajon különálló hegycsúcsok voltak, amelyeket meg kellett mászni, vagy pedig mérföldkövek, amelyek kijelölték a matematika útját?*

Több esszét is írtam, hogy mit gondolok erről. Mármost Hilbert listájáról. Mindenekelőtt, a problémákat én két csoportba sorolom. Az egyik típus nagy kérdéseket tesz fel, amelyekre határozott választ lehet adni. Igen vagy nem, vagy valami hasonló. Hilbertnek ezek a problémái valóban hegycsúcsokhoz hasonlíthatók, amelyeket meg kell mászni, és ez fáradságos feladat, de dicsőséget hoz annak, akinek sikerül. De vannak másfajta problémák, amelyeket én jobban szeretek programoknak vagy projekteknek nevezni. Például a fizika matematikai alapjainak a lefektetése. Persze nagyon hamar világossá vált, hogy nincs ilyen konkrét matematikai alap, a fizika halad előre, és időnként újra kell gondolni mindent, az alapokkal kezdve. Én jobban szeretem ezeket a programokat vagy projekteket, mint a problémákat...

... pedig vannak matematikusok, akik hatalmas győzelemnek tartják, amikor sikerül megtalálni valamelyik probléma bizonyítását...

...ez valóban hatalmas győzelem, de mindannyiunknak megvannak a preferenciáink, és én a projekteket szeretem, számomra ezek az igazán vonzóak. De az az igazság, hogy amikor egy hihetetlen értelemben vett probléma felmerül egy nagy matematikus agyában, akkor az többnyire egy program is, csak amikor végül is megfogalmazzuk a lényegét egy fél oldalban, az emberek többnyire nem érzékelik a víziót, ami mögötte van. Persze előfordul, hogy ez a vízió a probléma megfogalmazásának a pillanatában még nem is létezik, például nekem a Fermat-sejtés valóban egy probléma, de a vízió, ami mögötte van, csak jóval később formálódott meg, amikor már sikerült a sejtést bizonyítani. Akkor derült ki, hogy ez a probléma egy óriási program egyik eleme.

*A huszadik század a különböző tudományokban, a kémiában, fizikában, biológiában fantasztikus eredményeket, fantasztikus áttöréseket hozott. De a matematika áttöréseiről nem nagyon hallottunk, kivéve talán Neumann Jánost és a számítógép elméletét. Mi lehet ennek az oka? A matematikusok a háttérben dolgoznak? Vagy tényleg nem volt ilyen áttörés a matematikában?*

Szerintem ennek alapvetően az az oka, hogy a matematika tárgya, hogy úgy mondjam, nem az anyagi világ. Ha az ember a biológiáról vagy a kémiáról beszél, akkor hozzá tudja kapcsolni az ismereteket az anyagi világhoz, ami körülöttünk van. Vagyis ha az ember soha nem hallott a kémiáról vagy a biológiáról, akkor is megérti, hogy miről szólnak ezek a tudományok. De ha a matematikáról beszél-

lünk, akkor semmilyen mód nincs arra, hogy valahogyan kézzel foghatóvá tegyük a tárgyát. A kémikus azt mondhatja, hogy erről és erről a dologról beszélek, és akkor az ember, ha nem is érti, de látja, hogy ott van az a dolog, amiről beszél. Persze nekünk, matematikusoknak az agyunkban létezik ez a világ, Plátón ideáinak a világa, de ahhoz, hogy valaki ezt lássa, az életének egy jelentős részét azzal kell töltenie, hogy ezt a világot megalkossa, vagy újraalkossa az agyában. Ha ezt valaki nem csinálja meg, akkor fogalma sem lesz, hogy miről is szól ez az egész.

*Igen, de jól sejtem, hogy azért a matematika nélkül az egész természettudományos fejlődés sem mehetett volna így végbe? Például Albert Einsteinnek nagyon nagy szüksége volt a nemeukleidészi geometriára, hogy megalkothassa az általános relativitáselméletet.*

Így van, ő nem is tudta, hogy létezik ez a nemeukleidészi geometria, illetve hogy hogyan kellene ezt megfogalmazni. Amikor megvolt az általános relativitáselmélet átfogó víziója, meg kellett kérdeznie egyik barátját, Marcel Grossmann-t, hogy létezik-e ilyen geometria.

*Szóba került az előbb Neumann és a számítógép. Hogyan változtatta meg a számítógép a matematikusok gondolkodását? Merthogy a számítógép lehetővé teszi egy-egy megoldás keresésénél a nyers erő módszerének az alkalmazását: ki tud próbálni minden lehetséges megoldást egy elegáns bizonyítás helyett. Ahogyan nemrégiben olvasni lehetett, egy neves matematikai sejtést például úgy bizonyított valaki, hogy számítógéppel végigvizsgáltatta az összes lehetséges stratégiát.*

Szerintem azért nincs olyan sok olyan probléma, amelyet a számítógéppel véglegesen meg-

lehetne oldani. Egyik volt ezek közül a híres négyszín tétel. De az emberek elfelejtik, hogy sokkal az előtt, hogy a számítógépet bevonták ennek megoldásába, már megszületett az elmélet, mely szerint e probléma megoldásához nagyon sok speciális esetet meg kell vizsgálni. Nagyon sok, de véges számú esetet. És azután ezt a feladatot végeztették el a számítógéppel. A számítógép a matematikában abban segít nagyon sokat nagyon sok embernek, hogy a segítségével könnyen fel lehet fedni például egy probléma megoldása során bizonyos mintázatokat, ellenőrizni lehet bizonyos feltételezések érvényességét speciális esetekben, közelítéseket lehet tenni, és hasonlókat.

*Eldönteni, hogy egyáltalán érdemes-e gondolkodni a problémán?*

Igen, valami ilyesmi. Érdemes-e ebben az irányban továbbmenni, vagy csináljunk valami mást. Egyébként a matematika történetében sokan vannak, akiknek nagyon jól jött volna a számítógép. Például ha Leonhard Eulernek lett volna egy számítógépe, biztosan sok időt töltött volna a képernyő előtt. És biztosan több eredménye született volna, mert több ideje maradt volna az érdemi gondolkodásra. Magam egyébként nem használom erre a számítógépet.

*Ha a régi nagy matematikusoknak lett volna számítógépük, ez megváltoztatta volna a gondolkodásukat is?*

Némelyekét igen, másokét valószínűleg nem. Szerintem Euler vagy Carl Friedrich Gauss a számítógép nélkül is valami hasonló módon gondolkodott, a gép csak a produktív idejüket növelte volna. Sokkal többet alkothattak volna, de hasonló dolgokat. Ezt persze mindig nehéz utólag megítélni. De vannak, akiknél valószínűleg semmi nem változott volna.

*Valahol olvastam azt a véleményét, hogy vannak jó bizonyítások, és vannak rosszak. Mi különbözteti meg ezeket?*

Mindenekelőtt azt kell mondanom: a bizonyítás az egyetlen módja, hogy megmutassam, helyesen gondolkozom. Nemcsak egy képzelte vitapartner meggyőzésére szolgál, hanem a matematikai igazság továbbadására. De amikor kidolgozok egy bizonyítást, akkor többféle utat járhatok. Elindulok egy pontból, a probléma megfogalmazásától, és eljutok egy másik pontba, a bizonyításhoz. Bizonyos esetekben az egyik pontból közvetlenül eljutok a másikba, de van, amikor a megoldáshoz hosszú út vezet ismeretlen tartományokon, „hegyen-völgyön át”, és közben látom a „tájat” magam körül. Nekem ez a második lehetőség az, amelyik tetszik, amikor sokkal többet látok „útközben”, mint amire a probléma felvetésekor gondoltam. Olyan dolgokat látok, amelyekre előtte nem gondoltam. Vagyis a jó bizonyítás olyan, hogy bölcsebb leszek tőle.

*Véleménye szerint mi lesz a matematika szerepe a 21. században? Változni fog?*

Nem látom, hogy nagyon megváltozna. Persze ez attól függ, merre megy tovább az emberiség. Tudjuk, hogy a világ jelentős részén a kulturális fejlődés során nem volt nagy szerepe a matematikának, de importálták a matematikai és tudományos fejlődés eredményeit a világ más részeiről. El tudom képzelni azt is, hogy az emberiség úgy dönt: ami elég, az elég, nem kell több matematika. De ha nem így döntünk, akkor a történet folytatódik, és a matematikára továbbra is szükség lesz ahhoz, hogy megértsük a világot.

*Kulcsszavak: matematika, Bolyai János, bizonyítás, számítógép, Euler, a matematika jövője*