**ROVATVEZETŐK**: *dr. Buzáné dr. Dénes Margit és dr. Klug Ottó*

VERŐ BALÁZS – JANÓ VIKTÓRIA

# Szabad asszociációk a tudomány és a művészet kölcsönhatásáról

***A tudomány és a művészet művelése jelenti az ember szellemi tevékenységének legmagasabb szintjét. Ez a két tevékenység agyunk két elkülönült területéhez kötődik, amelyek között az ún. kérgestest teremt szerves kapcsolatot. Dolgozatukban a szerzők arra a kérdésre keresnek választ, hogy a tudomány és a művészet között csak formális kapcsolat létezik, vagy az emberi tevékenység két meghatározó területe szinergiában, kölcsönhatásban fejlődik.***

## 1. Bevezetés

Az emberi agy az egyetlen olyan anyagi struktúra, amely képes felismerni önnön létét. Ez az egyedi képesség teszi alkalmassá tanulásra és sok-sok fejlődési lépcső megtétele után a tudomány és a művészet művelésére.

Azt is tudjuk az emberi agy felépítéséről és működéséről – amint az az *1. ábrán* is látható, illetve tanulmányozható – hogy az jobb- és bal féltekére osztható, amelyek között funkcionális kapcsolat van. A bal félteke a racionális, logikus gondolkodás területe, míg a jobb félteke az érzelmek megszületésének színtere. A két féltekét összekötő kérgestest léte azt jelzi, hogy működésük nem lehet független egymástól, sőt – a legújabb agykutatási eredmények szerint – fejlődésük is csak szoros együttműködésük révén teljesedik be. Közismert, hogy a matematikai és zenei tehetségek sok esetben a jobb féltekéjüket is együttesen használják olyankor, amikor az átlagos képességűek csak a bal féltekéjükkel dolgozzák fel az információkat.

Mindezt röviden összefoglalva mondhatjuk: a bal féltekét az IQ, míg a jobbat az EQ jellemzi. Az emberi tevékenység összetett voltát az is igazolja, hogy az IQ és az EQ mellett még egy tényezőt, a belső késztetést, a motivációt is figyelembe kell venni, amit az MQ-val szokás megadni.

Dolgozatunkban a tudomány és a kultúra fejlődéstörténetéből vett példák segítségével azt vizsgáljuk, hogy emocionális állapotunknak hatása van-e kognitív képességünkre, illetve azt szemléltetjük néhány példával, hogy a tudomány eredményei hogyan tükröződnek vissza művészi alkotásokban. Vizsgálódásunk során olyan művészeti teljesítményekkel is szembetalálkozhatunk, amelyek a jövőbelátás képességének bizonyítékául szolgálnak.

A dolgozatunk címében szereplő szabad asszociációk megfogalmazás arra utal, hogy a két, kizárólag az ember által művelhető tevékenység egyes elemeit bemutató ábrák és az ezekhez fűzött gondolatok sorrendje akár tetszőleges is lehetne, ezekhez sokféle összefüggés lenne hozzárendelhető. A szabad asszociációk csomópontjait úgy választottuk meg, hogy azok között lehetőség szerint minél több legyen a magyar kötődésű. A legkülönbözőbb hálózatokkal átszőtt világunkban ez a megközelítési mód szinte önként adódik.

## 2. A tudomány és a művészet kapcsolata szabad asszociációk tükrében

A szabad asszociáció lehetővé tenné, hogy az idő- és térbeli kötöttségeket félretéve, a kapcsolatrendszer tetszőleges eleméből kiindulva közelítsünk témánkhoz. A jobb érthetőség miatt mégis egy kronologikus megközelítéssel élünk, utalva egyben ezzel arra is, hogy az emberi társadalom fejlődése elválaszthatatlan a korábbi tapasztalatokra épülő szellemi teljesítménytől.

Induljunk el – időtartamát tekintve szinte a meghatározhatatlan – évezredeket átfogó utunkra. Kiinduló pontokat jelenthet a nagy gízai piramis vagy a Stonehenge-i megalitikus szentély. Az emberben korábbi élményeiktől, ismereteiktől függően számos érzés, gondolat fogalmazódhat meg a *2. ábrán* is látható képek láttán. Ezek érzékeltetésére talán az alábbi fogalmak alkalmasak: dimenzionalitás, téridő, geometria, aranyarány, építőelem, csillagászat, szépség, harmónia, szám.

A felsorolt fogalmak közül a nagy gízai piramissal kapcsolatban csak az aranyarány és a geometria fogalmát

***Verő Balázs** technológus szakos okl. kohómérnök, egyetemi tanár, az MTA doktora. 1993–2007-ig a Bay Zoltán ATI tudományos igazgatóhelyettese, 2015-ig a Dunaújvárosi Főiskola Műszaki Intézetében egyetemi tanár volt. Másfél évtizeden át a BKL Kohászat felelős szerkesztője volt. Az ME és a BME habilitációs és doktori tanácsának tagja, az MTA Anyagtudományi és Technológiai bizottságának elnöke.*

***Dr. Janó Viktória** 2003-ban szerzett anyagmérnöki diplomát a Veszprémi Egyetem Mérnöki Karán. 2003-tól a Bay Zoltán ATI munkatársa volt, 2011-től a Dunaújvárosi Főiskola oktatója. 2012 októberétől a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0027 „Nagy teljesítőképességű szerkezeti anyagok kutatása” c. projekt vezetője. 2014 júniusában szerzett PhD-fokozatot.*

* Jelen cikk anyaga lényegében megegyezik a X. Országos Anyagtudományi Konferencián elhangzott elnöki megnyitóéval.

emeljük ki. A piramisok építői minden bizonnyal birtokában voltak az alapvető geometriai ismereteknek, sőt – valószínűleg nem tudatosan – éltek az aranyarányból adódó esztétikummal is. Kimutatható ugyanis, hogy a piramis négyzetalapjának fele és az egyik háromszög oldallapjának magassága az aranyarány szerinti, illetve a piramis négyszögalapja pontosan tájolt az égtájak szerint.

Mit is jelenthet az adott esetben a szabad asszociáció, amely elvezethet bennünket napjaink egyik legígéretesebb technikai eljárásához, a szelektív lézersugaras olvasztáshoz, az SLM-hez, amelyről olvasóink nemrég *Prof. B. Buchmayr* cikkéből tájékozódhattak.

Míg Egyiptomban hatalmas kőtömbökből mint építőelemekből „rakták" össze a piramisokat, addig napjainkban néhányszor 10 μm-es fém- vagy kerámiapor részecskék egymáshoz való hegesztésével építünk fel 3D-s alkatrészeket, például a turbófeltöltők turbináit.

A tudomány és a művészet kapcsolatrendszerének elemzésekor a 2. ábrán felsorolt fogalmak közül választunk ki egyet-egyet, mintegy csomópontként. A nagy gízai piramis tárgyalásakor választott fogalmak szinte sugallják, hogy a klasszikus görög kultúra világába a geometria fogalmának segítségével lépjünk át. A platóni iskola felirata szerint a geometria jelentette az ókori tudományok összességét. Bár egyes kultúrtörténészek szerint a platóni szabályos testek rendszerét nem maga *Platón* alkotta meg, de iskolájának tekintélye miatt az ő nevével fémjelezték a hét, szabályos sokszögekkel határolt testeket, a tetraédertől egészen az ikozaéderig. A gízai piramis alakja egy félbevágott platóni testnek, egy fél oktaédernek feleltethető meg.

A platóni testeket határoló szabályos sokszögek szerkeszthetősége – természetesen a problémát az n oldalú sokszögek szerkeszthetőségére kiterjesztve – évszázadokon át foglalkoztatta a matematikát. *Carl Friedrich Gauss* német matematikus például csak a 18–19. század fordulóján bizonyította be a 17 oldalú szabályos sokszög szerkeszthetőségét. Ez az eredmény azért is figyelemre méltó volt, mert a 17 prímszám. Később a megoldást kiterjesztette az n oldalú sokszögek szerkeszthetőségére is, mintegy betetőzve a platóni iskola két évezreddel korábbi eredményét.

A hetedik platóni test, az ikozaéder segítségével átléphetünk a tudomány világából a művészetek, pontosabban a táncművészet világába. *Lábán Rudolf* – aki 1959-ben halt meg az Egyesült Államokban – úgy vélte, hogy a mozdulatok esztétikai szépsége összefüggésben van az ikozaéder jellegzetes pontjainak helyzetével, illetve a pontok által meghatározott irányokkal. A mozdulatok akkor szépek, ha azok ezekbe a kitüntetett pontokba irányulnak. Ezt az elméletét a Koreutika című művében foglalta össze. Elméletének alapgondolatát a *3. ábra* szemlélteti.

A tánc nem képzelhető el zene nélkül. Szabad kalandozásunk során most visszanyúlunk a platóni időkbe, de nem *Platónhoz*, hanem *Püthagoraszhoz*. Mindannyiunknak erről az ókori filozófusról, tudósról a Püthagorasz-tétel ötlik fel, amit már az egyiptomiak is – ha nem is a matematikai összefüggés ismeretének birtokában – a piramisok négyzet alakú alapjának kijelölésekor, a piramis tájolásakor alkalmaztak.

Püthagorasz ismerte fel ugyanis, hogy a megpendített húrok hossza és az azok megpendítésekor megszólaló hangok magassága között szigorú összefüggés van. Azt is felismerte, hogy mely hangok együttes megszólaltatása jelent speciális hangzást, harmóniát. Így – kis túlzással – Püthagorasz tekinthető a rezgéstan megalapozójának is. Ő volt tehát az első, aki a hangokhoz számokat, számsorozatokat rendelt.

A ma embere számára szinte természetes, hogy a platóni testeket, vagy az azokat határoló szabályos sokszögeket három vagy kétdimenziós koordináta-rendszerben képzeljük el, látjuk. Az euklideszi posztulátumok eredeti megfogalmazása világosan mutatja azonban, hogy ez a hozzárendelés teljesen hiányzik. A talán leghíresebb, az 5. posztulátum (követelmény), amely így szól: „...ha egy egyenes úgy metsz két másikat, hogy az egyoldalon fekvő belső szögek összege két derékszögnél kisebb, akkor a két másik egyenes találkozzon egymással, ha végtelenül meghosszabbítjuk őket, éspedig azon az oldalon, ahol a szögek összege kisebb két derékszögnél".

A Bolyai–Lobacsevszkij-féle geometria megalkotásáig, vagyis a 19. század közepéig az euklideszi posztulátumokra épült a világképünk. Szemléletmódunk alakításában meghatározó szerepe volt *Descartes*-nak, aki a 16-17. század fordulóján a geometriai elemeket – a pontot, az egyenest és a kört – derékszögű koordináta-rendszerben tüntette fel, megteremtve ezzel a geometria és a matematika kapcsolatát.

A 18–19. század fordulóján jutott el a geometria és a matematika tudománya a térbeli, a 3D-s ábrázoláshoz. A térbeli elrendezéshez használt koordináta-rendszerek ténylegesen csak helykoordinátákat tüntettek fel. A térbeli láttatás, illetve a térbeli mozgás szemléltetése vezette *Rubik Ernőt* egy demonstrációs eszköz kigondolására. Az építészmérnök hallgatói térlátásának fejlesztésére dolgozta ki a méltán világhírűvé vált – a *4. ábrán* is látható – bűvös kockáját. A térbeli mozgások leírásának összetett voltát jól bizonyítja, hogy magának a feltalálónak is először hosszú órákba tellett a feladat megoldása.

A dimenzionalitás érzékeltetése is évezredes probléma. Az egyiptomiak például nem voltak képesek a térbeli láttatásra síkfelületen, holott szobraik, például a fáraó írnokának szobra, vagy akár a szfinxek térbeli alkotások.

A térbeli megjelenítés különleges esetét jelenti, ha síkbeli alakzatokkal sikerül térhatást elérni. Az iszlám művészetben – mivel ott az emberábrázolás tiltott – a geometrikus elemekből álló díszítéseknek nagy a kultusza. Azt, hogy síkban, síkbeli alakzatokból térhatást is ki lehet váltani, jól illusztrálják az észak-magyarországból származó ún. Leonardo-csempék, amelyek az *5a ábrán* láthatók. Talán ezekben a csempékben lehet megtalálni *Vásárhelyi Győző* optikai művészetének, opartjának gyökereit. Egy jellegzetes Vasarely művet mutat az *5b ábra.*

A síkbeli és a térbeli ábrázolás lehetősége mellett a tér és az idő, a téridő filozófiai vetülete is átszövi a 19. és 20. század tudományos gondolkodásmódját, ami a művészetekben is visszatükröződik. A térről vallott euklideszi, vagy akár newtoni felfogásnak a Bolyai–Lobacsevszkij-féle geometria teremtett alternatívát. Legismertebb axiómájuk, posztulátumuk szerint geometriai rendszerükben a háromszögek belső szögeinek összege kisebb mint 180°, ahogy azt a *6a ábra* is szemlélteti.

Geometriai rendszerük ihlette meg Maurits Cornelis Escher holland grafikust, aki képes volt az *6b ábra* szerinti konstrukcióval vizuálisan is megjeleníteni az új geometriai elvet.

A Bolyai–Lobacsevszkij–Poincare-féle elmélet a 20. század elején *Albert Einstein* munkásságában teljesedett ki. Bizonyította, hogy nagy tömegű testek közelében a téridő görbült, a nagy tömegű testek mellett elhaladó fénysugár sem egyenes, hanem a görbült téridő megszabta pályán terjed. A téridő Einsteintől származó elméletének fényes bizonyítékát adta az a napjainkban megismert korszakos jelentőségű eredmény, hogy – például két neutroncsillag összeolvadásakor – valóban keletkeznek gravitációs hullámok. Talán az sem tekinthető véletlennek, hogy Albert Einsteinről számos olyan felvétel maradt ránk, amelyeken éppen hegedül vagy hegedűt tart a kezében. Egy ilyen felvételt láthatunk a *7. ábrán*.

A világegyetemben uralkodó törvényszerűségek, törvények megismerésében viszonylag már messze jutottunk. Ennek ellenére a világegyetemet alkotó anyag jelentős részéről, az abban működő energiák természetéről csak feltevéseink vannak. A fizikusok az átlagember számára felfoghatatlan bonyolult rendszert a hipertér fogalmával írják le, amelyet a következőképpen definiálnak: a hipertér négynél több téridő-dimenziós multi-univerzum.

A hipertér fogalmat talán közelebb lehet hozni az átlagemberhez, ha lehet olyan művészeti alkotásokat találni, amelyek – alkotóik szerint – a hipertér képzetét keltik. Ilyen művészeti, pontosabban építőművészeti alkotásnak tekintik Párizs ultramodern kerületében, a La Défense negyedben megvalósult új diadalív, a Grande Arche egyik elemét, egy hatalmas kockát, amely hiperkocka néven vonult be a köztudatba. A *8. ábrán* látható hiperkocka élei által kijelölt három térbeli dimenzió mellett talán a kocka monumentalitása tekinthető a negyedik, elvonatkoztatott dimenziónak, létrehozva egy 4D-s hipertér képzetét.

Az univerzumról, illetve az egyes univerzumok alkotta multiverzumról beszélve, nem feledkezhetünk meg *Stephen Hawking* munkásságáról, aki szerint „Ha valaki tudja, miként működik az univerzum, akkor bizonyos értelemben uralja az egész mindenséget”. Ő súlyos betegsége miatt csak számítógép segítségével tudja gondolatait közölni, továbbítani. Hawking a fekete lyukak elméletének megteremtője. A Hawking által is használt számítógép „karrierje” *Gottfried Wilhelm Leibnitz* német matematikus munkásságával vette kezdetét. Ő adta meg a kettes számrendszer pontos leírását, és *Isaac Newtonhoz*, a matematika másik úttörőjéhez képest sokkal kezelhetőbb, szemléletesebb szimbólumrendszert alkalmazott matematikájában.

És innen már csak néhány századot kell átugornunk, hogy eljussunk annak a modern számítástechnikai eszköznek a megalkotójához, amely nélkül Hawking nem tudná a kozmológiával kapcsolatos felismeréseit közölni. A modern számítógép nem születhetett volna meg *Neumann János* nélkül, aki szerint a számítógép csak úgy működhet hatékonyan, ha az képes a futtatandó program tárolására is. A *9. ábra* Neumann Jánost mutatja az IAS típusú számítógéppel.

Az emberi agy működése olyan, hogy a külvilágból származó információ 90%-a képi információként jelenik meg a tudatunkban. Nem lehet tehát véletlen, hogy a nagy adattömegek feldolgozására oly alkalmas számítógép a digitális képmegjelenítéssel vált mindannyiunk hasznos és nélkülözhetetlen segítőtársává.

Lehet, hogy a digitális képmegjelenítésben a művészet megelőzte a tudományt. Nem kell nagyon megerőltetni magunkat, ha az aquincumi mozaikok egyes színes kerámiadarabkáit egy Descartes-féle koordináta-rendszerben elhelyezett színes pixelenként fogjuk fel, vagy a pointillista festők műveit színes digitális képek színfelbontásával rokonítjuk. Egy kevéssé ismert magyar pointillista festő, *Kővári-Kacsmarek Szilárd 10. ábrán* látható festménye illusztrálja mindezt.

Még a filmművészet kezdeti időszakában is a mozgásnak állóképen való ábrázolása legalább akkora kihívást jelentett a 20. század első harmadában a festőművészek számára, mint a térábrázolás, a perspektivikus ábrázolás a kora középkorban. A mozgás ábrázolása szükségszerűen egy negyedik dimenzió, az idő érzékeltetését teszi szükségessé. *Moholy-Nagy László 11. ábrán* látható hármas portréja ennek a törekvésnek a jellegzetes példája.

Az eddigi ábrákon látható festményekre pillantva, a piramissal kapcsolatban említett fogalmak közül a szemlélők többségében valószínűleg a „szép” fogalma ötlik fel. A szép fogalmának esztétikai jelentésén túl van azonban egy másik értelmezési lehetősége is, nevezetesen az, amit *Leonardo da Vinci* fogalmazott meg tanítványának, amikor az egy repülő szerkezet nem esztétikus tervét mutatta meg a mesterének. A tanítványnak arra a kérdésére, hogy „Mester, mi a véleménye, tud-e majd ez a szerkezet repülni?” A mester csak annyit felelt: „Nem, mert nem szép. Ami nem szép, az nem is működik”.

Egy matematikai bizonyítás, de még egy metallográfiai felvétel is lehet szép. A nagy Fermat-sejtés nemrég megszületett 93 oldalas bizonyítása igaz ugyan, de nem szép, nem elegáns. Előbb vagy utóbb minden bizonnyal megszületik ennek a sejtésnek egy elegáns, szép, a matematikusok szélesebb köre számára is jobban átlátható bizonyítása.

Azt, hogy egy metallográfiai felvétel esztétikailag is szép lehet, jól bizonyítják az ilyen felvételek megítélésére szolgáló „szépségversenyek”. A metallográfiai felvétel azonban csak akkor tekinthető szakmai értelemben is szépnek, ha az a vizsgált minta szövetét torzításmentesen tükrözi vissza.

Egy saválló acél szövetszerkezetéről készített szép, és a *12. ábrán* látható felvétel és néhány századnyi időugrás segítségével visszajuthatunk *lord Kelvinhez*, aki definiálva az egyensúlyi szemcsealakot – mintegy betetőzve a platóni akadémia eredményeit – azt a nem egybevágó sokszögekkel határolt térbeli testet, amely a teret folytonosan kitöltheti. Egy tetrakaidekaéderekből felépülő test lord Kelvin arcképével együtt látható a *13. ábrán.*

Az ilyen testekben a lapszögek átlaga megfelel az egyensúlyi helyzetnek, vagyis ≈ 120°-nak. Az egyensúlyi szemcsealak a kvantitatív metallográfia egyik alapvető fogalma lett. A szemcsehatárok tulajdonságainak, a szemcsék orientációs viszonyainak hatékony vizsgálati lehetősége csak a 20. század utolsó negyedében született meg az OIM-technikával, illetve az EBSD-eljárás elterjedésével. Ma már maratlan csiszolaton is képesek vagyunk azonosítani a szemcsehatárok helyzetét, megkülönböztetve a kis- és nagyszögűeket.

A programozható számítógép birtokában – amely nélkül az EBSD-eljárás sem lenne alkalmazható – joggal merül fel az a kérdés, hogy – ha van egyáltalán – hol van a határ a tudomány és a művészet között. Egyszerű alakzatok, ún. fraktálok szisztematikus ismétlésével ábrák, képek hozhatók létre számítógép segítségével. Kérdés lehet az, hogy az ilyen képek, – amelyeket megszámlálhatatlan változatban lehet generálni, és amelyek akár esztétikai élményt is nyújthatnak a szemlélőnek – művészi alkotásnak tekinthetők-e, vagy az algoritmust kell művészi teljesítménynek tekinteni. Az ún. Mandelbrot-ábrák, amelyre egy példát a *14. ábra* mutat, művészi alkotások-e? Holott jól tudjuk, a művészet ott fejeződik be, ahol a másolás elkezdődik. A tudományos eredményekre, a tézisekre nézve az előbbi állítás még egyértelműbb, ugyanazt még egyszer felfedezni nem lehet.

A computational art különböző változatainak térhódítása minden bizonnyal számos új kérdést vet fel. Mielőtt gyors döntést hoznánk az előbb felvetett kérdésre, gondoljuk meg például, hogy *Gross Arnold* sorszámmal ellátott rézkarcai minek minősülnek.

### 3. Záró gondolatok: kapcsolat vagy kölcsönhatás

Szabad asszociációk révén térben és időben kalandozva a tudomány és a művészet kapcsolatának számos elemét érintettük. Abban is biztosak vagyunk, hogy ezeket az elemeket egy, a most tárgyalttól teljesen eltérő összefüggésrendszerben is elemezhettük volna. Ezek között többszörös kapcsolat is felismerhető. Az ilyen típusú, komplex hálózatok elméletének megalkotója *Barabási Albert László*, aki Erdélyből indulva lett e terület nemzetközileg elismert egyik vezetője.

Dolgozatunkban egy mélyebb matematikai megalapozottságú elemzésre nem vállalkozhattunk. Ezért dolgozatunk utolsó akkordjában – és nem véletlenül használjuk ezt a zenei kifejezést – olyan példát mutatunk be, amely nem csak az egyes elemek kapcsolatára, hanem azok kölcsönhatására, szinergizmusára is bizonyítékul szolgál.

Utolsó példánkban a tudomány, benne a fizika, a matematika és a művészet, benne a zene és a festészet kölcsönhatásáról szólunk. Ahogy azt már Püthagorasz munkásságának bemutatása kapcsán említettük, ő ismerte fel a megfeszített, majd megpendített húr hossza és a keletkező hang közötti matematikai kapcsolat lényegét. Így ő tekinthető a zenetudomány megalapítójának, és nem véletlen, hogy már a középkorban ezt a tudományágat a „septem artes liberales" quadriviumához tartozó „magasabb" tudományok egyikének tartották, ahogy azt a *15. ábra* középkori ábrázolása is bizonyítja. Az sem tekinthető véletlennek, hogy a kép alján Püthagorasz szobra is látható.

Püthagorasz volt az első tehát, aki a hangokhoz számokat, a harmóniához pedig számarányokat rendelt. A harmónia, akár az isteni szépség eredetének és forrásának keresése az ember alkotó tevékenységének állandó motívuma.

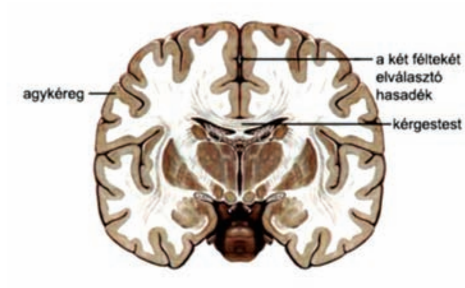
A természet jelenségeiben – például a nautilus csiga felépítésében – is felismerhető az isteni szám, a $\phi$ amely *Pheidiász* görög építőművész nevének kezdőbetűjéből származik. Műveiben szinte mindig felismerhető az aranyarány, vagy az aranyarány törvényeinek érvényesülése, amely azt mondja, hogy „az aranymetszés egy szakaszt úgy bont két részre, hogy a kisebbik rész úgy aránylik a nagyobbhoz, mint a nagy az egészhez". Bár már az egyiptomiak is éltek ezzel a szépségérzetet keltő szabályszerűséggel, a $\phi$ értékéhez vezető számsort csak évszázadokkal később *Leonardi Fibonacci* találta meg.

Mi is mindennek a köze a zenéhez azon túlmenően, hogy *Bartók Béla* is gyakran élt ezzel a ritmikai képlettel? Talán *Euler* német matematikus volt az, aki a harmonikus hangzás mögött megtalálta a számokkal, számarányokkal kifejezhető matematikai rendet, ahogy azt a következő idézet is mutatja: Music and Number Theory. To simplify calculations in his Tentamen, Euler was one of the first to apply logarithms to musical ratios. This fairly obvious musical application then induces Euler to take a new mathematical step, because expressing a logarithm's magnitude calls for the use of irrational numbers in general. For example, Euler notes that „since the measure of the octave is log 2, which is 0.3010300 according to the table, and since the fifth is log 3 – log 2, or 0.1760913, the ratio of the octave to the fifth will be approximately 0.3010300/0.1760913" [18]. Az idézet magyar fordítása: A zene- és a számelmélet. A számítások leegyszerűsítése érdekében Euler Tentament című művében az elsők között alkalmazta a logaritmusfüggvényt a zenei arányok leírására. Ez a nyilvánvalóan zenetudományi kihívás arra késztette Eulert, hogy merőben új matematikai lépést tegyen. Ennek lényege az volt, hogy az irracionális számok helyett általában az egész számok logaritmusát vezesse be. Például, Euler szerint „az oktávot log 2-vel jellemezhetjük, ami természetesen megfelel 0,3010300-nak, a hétjegyű logaritmustáblázat szerint. Mivel pedig a quint log 3 – log 2, vagyis 0,1760913, az oktáv és a quint aránya hozzávetőleg 0,3010300/0,1760913."

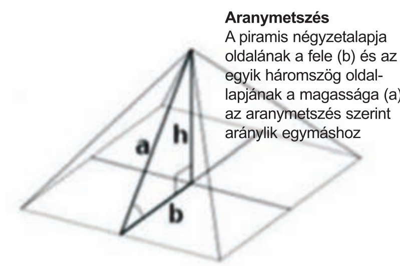
E kapcsolat felismerésével a zene kódolhatóvá válik. Ez a folyamat az MP3 lejátszás Fourier transzformációs kódolásában csúcsosodott ki napjainkban.

Visszatérve az 1. ábrán felvetett kérdéshez, nevezetesen ahhoz, hogy az univerzum vagy akár a multiverzum megismerhetőségében a bal vagy a jobb agyfélteke szerepe a meghatározó-e, illetve az ember emocionális vagy kognitív teljesítménye között csak kapcsolat vagy kölcsönhatás is érvényesül, *Werner Heisenberg* német atomfizikusnak, a határozatlansági reláció megfogalmazójának visszaemlékezéséből vett idézettel válaszolunk. Egy komolyzenei koncerttel kapcsolatos élményeiről beszámolva az alábbiakat írta: „A lárma elhalt, míg a hegedűs magasan felettünk *Bach* első csodálatos d-moll chaconne-jának akkordjait intonálta. És én hirtelen és teljes bizonyossággal éreztem az eddig hiába vágyott középpontot. A zene tiszta frázisait hűvös szellő gyanánt érzékeltem, szétoszlatta a ködöt, hogy meglássam a mögötte tornyosuló struktúrákat." Az igazi tudás nemcsak élhet a művészet bűvöletében, hanem sugallatot is meríthet onnan.

**Ábrák Verő Balázs – Janó Viktória:** Szabad asszociációk a tudomány és a művészet kölcsönhatásáról c. cikkéhez



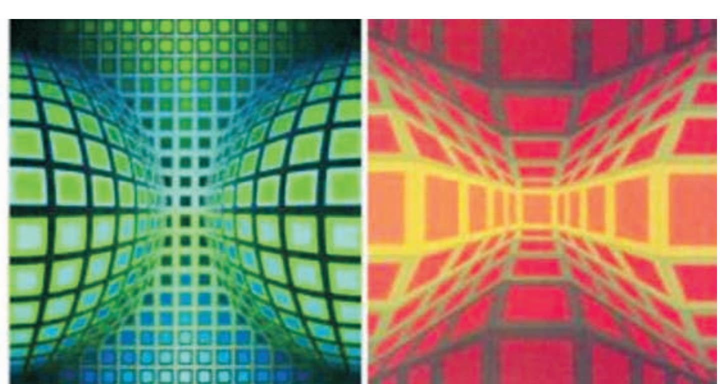

**1. ábra.** Az emberi agy két féltekéjét az ún. kérgestest funkcionálisan is összeköti [1]



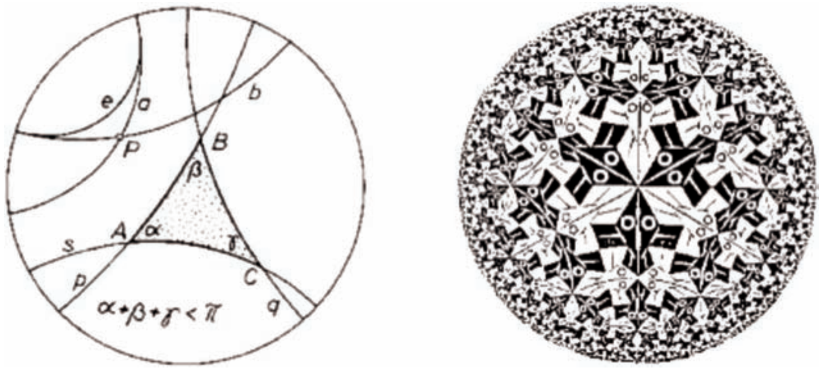

**2. ábra.** a) A gízai piramis építői már éltek az aranymetszés törvényéből adódó esztétikummal [2], b) A stonehenge-i megalitikus szentély [3]

**3. ábra.** A Lábán-féle táncelmélet által szépnek tartott mozdulatok ábrázolása egy ikozaéderben [4]

**4. ábra.** Rubik Ernő és bűvös kockája, a térbeli láttatás világszerte ismert és elismert eszköze [5]



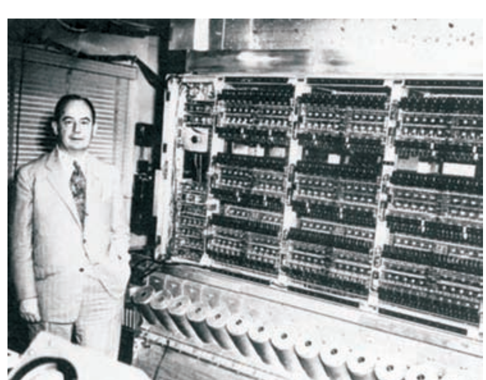
**5. ábra.** a) Az észak-magyarországi ún. Leonardo-csempék [6], b) Vasarely jellegzetes op-art műve. Az a) ábra szerinti csempék az op-art előfutárának tekinthetők [7]




**6. ábra.** a) A Bolyai–Lobacsevszkij-féle geometria szerint a háromszög belső szögeinek összege kisebb, mint 180°, b) Maurits Cornelis Eschernek a Bolyai–Lobacsevszkij-geometriát szemléletesen megjelenítő konstrukciója [8]

**7. ábra.** Albert Einstein hegedűvel a kezében [9]

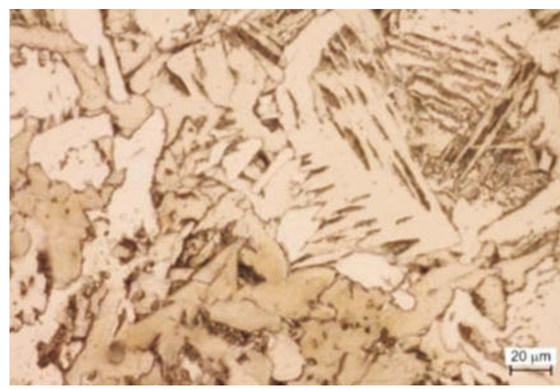
**8. ábra.** Párizs Défense városnegyedében található a Grande Arche hiperkockája, amely egy 4D-s tér képzetét veti fel [10]



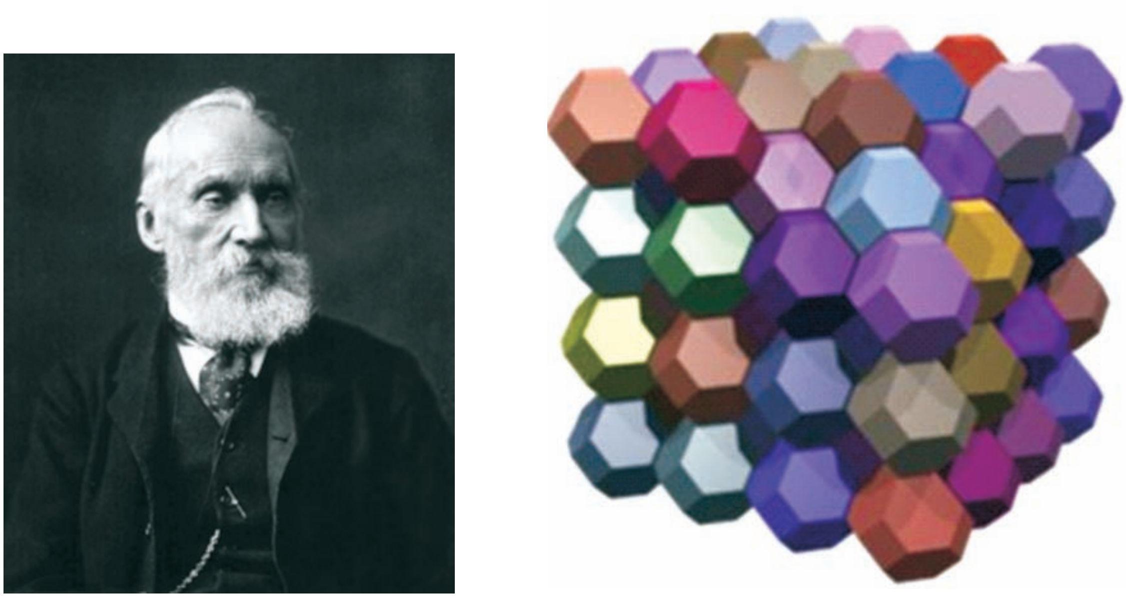
**9. ábra.** Neumann János és az általa megalkotott programozható számítógép [11]

10. ábra. Egy kevéssé ismert magyar pointillista festő, Kővári-Kacsmarek festménye, amely többek között a digitális képalkotás előfutárának tekinthető [12]

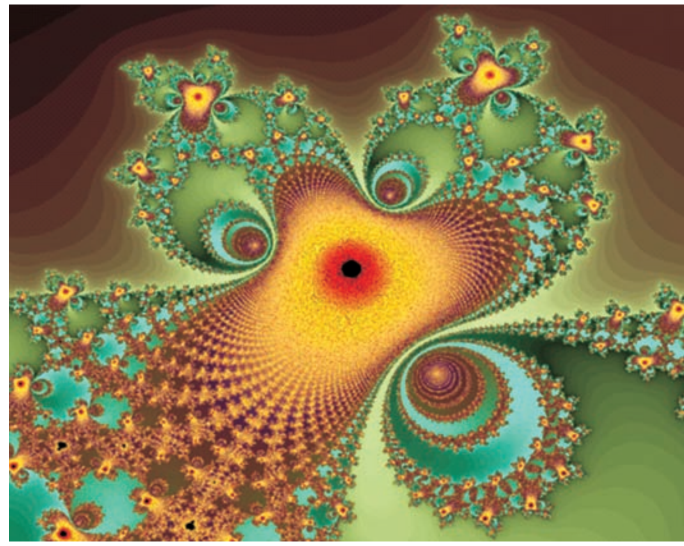
**11. ábra.** Moholy-Nagy László hármas portréja a negyedik dimenzió, az idő érzékeltetésére irányuló törekvés példája [13]



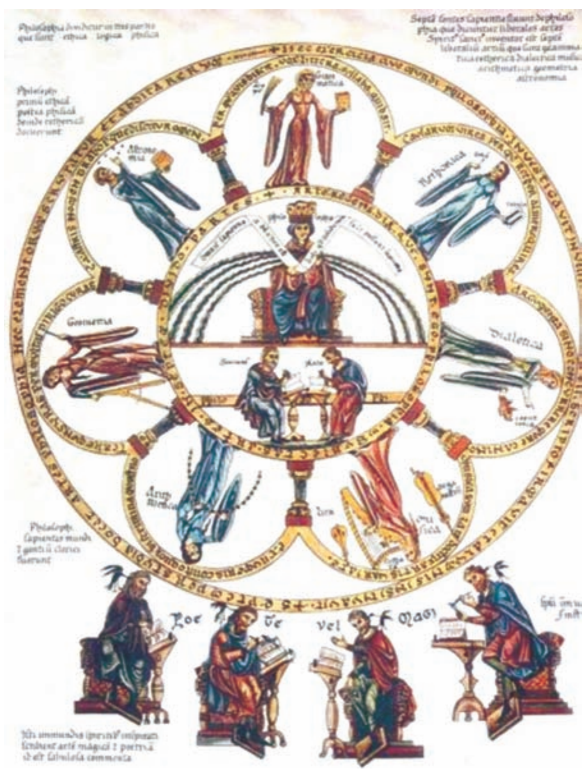

**12. ábra.** Egy metallográfiai felvétel csak akkor lehet szép, ha az a szövetről hiteles információt nyújt. Egy saválló acél hegesztési varratáról maratott állapotban készített fénymikroszkópos felvétel [14]



**13. ábra.** Lord Kelvin és az általa definiált, a teret folyamatosan kitöltő tetrakaidekaéderekből álló rendszer [15]



**14. ábra.** Egy jellegzetes, ún. Mandelbrot-ábra [16]



**15. ábra.** A „Septem artes liberales” egy középkori ábrázolás szerint. Nem lehet véletlen, hogy a képen Püthagorasz is látható a többi ókori bölcs között [17]

**16. ábra.** a) Werner Heisenberg német fizikus, a határozatlansági reláció megfogalmazója [19], b) Claude Monet-nak a roueni székesegyházról készített sorozatának három jellegzetes festménye [20]

Aki járt a Louvre-ban – talán a Petit Palais-ban – valószínűleg *Claude Monet*-nek a rouen-i székesegyházról a legkülönbözőbb fényviszonyok és éghajlati körülmények között alkotott pointillista festménysorozata sejlik fel. Különösen azok a képek, amelyekben a gótikus székesegyház kontúrja, struktúrája a ködös hajnali fényben a háttérből a szemlélőt lenyűgöző módon megérinti, ahogy az a *16. ábra* szerinti festményen is észlelhető.

Ezek a képek a Heisenberg-féle visszaemlékezésben szereplő „tornyosuló struktúrákra” emlékeztetnek. Mindezek a gondolatok *Kodály Zoltán* bölcs meglátását igazolják: legyen „a zene mindenkié”.

**Irodalom**


[1] Az emberi magatartás alapjai, [hozzáférés:] web, www.sulinet.hu, (2015.09.20)

[2] *Balláné Zs.:* Matematika a művészetekben, [hozzáférés:] web, www.slideplayer.hu, (2015. 09. 15)

[3] Szakrális geometria, spirál tudat [hozzáférés:] web, www.holdlanya.hupont.hu, (2015.08.22)

[4] *Vitéz V.:* Lábán Rudolf, a táncírás korszerűsítője és a Lábán-rendszer (utó)élete az információs társadalomban, [hozzáférés:] web, www.slideplayer.hu, (2015. 08. 28)

[5] *Straub Á.*: Még ma is sokakat meglep a Rubik-kocka belseje, [hozzáférés:] web, www.origo.hu, (2015. 09. 20)

[6] Iparművészeti Múzeum, Kerámia- és üveggyűjtemény, ltsz. 6558 [hozzáférés:] web, www.gyujtemeny.imm.hu, (2015. 09. 23)]

[7] *Victor Vasarely* Op-Art, [hozzáférés:] web, www.blog.graphis.com, (2015.09.26)

[8] Eukleidész a pszeudoszférán, [hozzáférés:] web, www.termeszetvilaga.hu, (2015. 09. 26)

[9] Einstein, a géniusz, [hozzáférés:] web, www.cultura.hu, (2015. 09. 26)

[10] Grande Arche, [hozzáférés:] web, www.bhmpics.com, (2015. 09. 30)

[11] A számítógép története, [hozzáférés:] web, www.hu.wikipedia.org, (2015.10. 03)

[12] *Kővári-Kacsmarek:* Summer morning [hozzáférés:] web, www.commons.wikimedia.org, (2015. 10. 03)

[13] [hozzáférés:] web, www.dromfie.top, (2015. 08. 26)

[14] „Nagy teljesítőképességű szerkezeti anyagok kutatása”, TÁMOP-4.2.2./A-11/1/KONV-2012-0027

[15] William Thomson (matematikus), [hozzáférés:] web, www.hu.wikipedia.org, (2015. 09. 30)

[16] [hozzáférés:] web, www.stolaf.edu, (2015. 09. 15

[17] Septem-artes-liberales Herrad-von-Landsberg Hortus-delicioum 1180 [hozzáférés:] web, www.commons.wikimedia.org, (2015. 09.15)

[18] *Peter Pesic:* Euler’s Musical Mathematics. Springer Science+ Business Media New York, Volume 35, Number 2, p. 35–43, DOI 10.1007/s00283-013-9369-5, 2013

[19] Werner Heisenberg [hozzáférés:] web, www.hu.wikipedia.org, (2015. 09. 16)

[20] Rouen Cathedral (Monet series) [hozzáférés:] web, www.en.wikipedia.org, (2015. 09. 30)


---


HLINKA JÓZSEF – WELTSCH ZOLTÁN


# Többszöri újrahevítés hatása Sn-alapú ólommentes forraszanyag nedvesítési tulajdonságaira


***Az újraömlesztéses (reflow) forrasztás felületszerelt alkatrészek korszerű és nagy termelékenységet biztosító, tömeggyártására alkalmas forrasztási technológiája, melyet az elektronikai ipar kiterjedten alkalmaz. A forrasztási folyamat során, a nyomtatott áramköri lapot (NYÁK) több alkalommal érheti a forrasztási hőmérséklet, amely változásokat idézhet elő a bevonattal ellátott vagy bevonat nélküli NYÁK felületén. A felületi változások hatással vannak az alkalmazott ólommentes forraszanyag nedvesítési viszonyaira. A cikk ólommentes forraszpaszta nedvesítésének változását mutatja be felületi ón bevonatú NYÁK és réz szubsztrátot ért újrahevítések száma, valamint különböző atmoszféra függvényében.***



***Hlinka József*** *okleveles járműmérnök. BSc-oklevelét 2012-ben, MSc-oklevelét 2014-ben járműgyártás és javítás szakirányon, a BME Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Karán szerezte meg. A Kandó Kálmán Doktori Iskola PhD-hallgatója a BME Gépjárművek és Járműgyártás Tanszéken. Fő kutatási területe a határfelületi jelenségek vizsgálata fémolvadék/fém rendszerben, forraszanyagok vizsgálata, lézersugaras felületkezelések hatása a határfelületi jelenségekre.*

***Weltsch Zoltán*** *okleveles gépészmérnök. 2014-ben szerzett PhD-fokozatot a BME Kandó Kálmán Doktori Iskolában. A Kecskeméti Főiskola Anyagtechnológia Tanszékének tanszékvezetője. Az akkreditált Anyagvizsgáló és Méréstechnikai Laboratórium laboratóriumvezetője. A BME Gépjárművek és Járműgyártás Tanszék adjunktusa félállásban. Fő kutatási területei a határfelületi jelenségek vizsgálata, kötéstechnológiák.*


## 1. Bevezetés

A forrasztás a diffúziós kötés egyik fajtája. Forrasztás alatt olyan technológiát értünk, amely során szilárd anyagokat kötünk össze a hegesztéshez hasonlóan oldhatatlan kötéssel. A forrasztott (adhéziós-diffúziós) kötés a felmelegítési ciklusban alakul ki. A forrasz megömlik, nedvesíti az összekötendő fémek felületét, létrejön a for-