

HÉJJAS István

## Tudományos elméletek logikai megalapozottsága

A tudományos elméletek alapvető célja: megfigyelt jelenségek racionális magyarázata. Felmerülhet a kérdés, hogy a magyarázat mennyire megbízható, mennyire bizonyul igaznak, vajon a természet visszaigazolja-e az elméletet.

A **racionalizmus** alapelveit René Descartes, Benedict de Spinoza és Gottfried Wilhelm Leibniz fogalmazták meg a XVII. században. Eszerint a világ logikai következtetések útján megismerhető és megérthető. Velük szemben az empirikusok, így John Locke, George Berkeley és David Hume az érzékszervi tapasztalások prioritását hangsúlyozták, és a logikus gondolkodást ezek másodlagos következményének tekintették.

A modern racionalizmus a két irányzat kombinációja. Eszerint a materiális világról nyerhető közvetlen vagy közvetett (pl. műszeres) megfigyelésekre, tapasztalásokra épülő logikai következtetésekkel – vagyis „tudományos” módszerrel – lehet a világot megismerni és megérteni.

A racionalizmus legradikálisabb irányzata a pozitívizmus, azon belül is a logikai pozitívizmus, amely szerint létezik az, ami tudományos módszerrel igazolható, és nem létezik, ami nem igazolható. Ezen irányzat klasszikus képviselői a XIX. században Ernst Mach és Herbert Spencer, a XX. század elején pedig a 1920-as években működött Bécsi Kör alapítói, elsősorban Moritz Slick és Rudolf Carnap voltak.

Szigorúan racionális alapon azonban a XX. század tudományos eredményeinek jelentős része meg sem születhetett volna. Az igazán nagy horderejű felfedezések általában ellenkeznek azokkal az elméletekkel, amelyeket logikai alapon már bizonyítottnak tekint a „hivatalos” tudomány.

Amikor az egyetemista Max Planck közölte a professzorával, hogy fizikus szeretne lenni, a tanár úr azzal igyekezett lebeszélni, hogy a fizika lezárt tudomány, további jelentősebb felfedezés már nem várható.

Az 1880-as években pedig a francia Parlamentben arról vitatkoztak, hogy meg kellene szüntetni a Szabadalmi Hivatalt. A betérjesztők indoka az volt, hogy nem érdemes fenntartani az adófizetők pénzén ilyen költséges intézetet, hiszen már minden fel van találva, ami egyáltalán feltalálható.

Sigmund **Freud** vetette fel a kérdést, vajon az ember tekinthető-e racionális lénynek. Szerinte az ember, bár rendelkezik racionális gondolkodási képességgel, ezt azonban általában nem arra használja, hogy optimális döntéseket hozzon, inkább arra, hogy tudattalan eredetű, érzelmi-indulati indíttatású döntéseihez racionálisnak tűnő homlokzatot kreáljon.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Erre a felismerésre épül Kahneman jóval későbbi elmélete (Gyors és lassú gondolkodás).

Behaviorista megfigyelések szerint az igazán logikus emberi döntéseknél is a legfeljebb néhány hónap „döntési távlat”. Nem lehet egy idült nikotínistát a dohányzásról leszoktatni azzal, hogy 10-15 év múlva tüdőrákot kaphat. Ekkora távlatot az ember figyelmen kívül hagy.

Racionális világunkban a logikai készség mérésére dolgozták ki az intelligenciavizsgálati módszereket, ún. IQ-teszteket. Ezek elterjedését az sem akadályozza, hogy az esetek számottevő részében az ember tudományos vagy művészi kreativitása csak nagyon gyenge korrelációt mutat az IQ-pontszámmal. Akad Nobel-díjas tudós 130-as IQ-val és szállodai portás 160-as IQ-val.

A valódi kreativitás a logikai készségen kívül sok más mentális képességtől is függ, mint a jó memória, a megfigyelőképesség, a fantázia, az intuíciós készség, a kockázatvállalási hajlam, az akaraterő és kitartás, a szellemi erőfeszítés és összpontosítás képessége stb.

Végeztek IQ-teszteket „gyenge értelmi képességű” gyerekeken. Ehhez meghatározott időn belül (viszonylag gyorsan) kellett megválaszolni logikai feladatokat. Egy második IQ-tesztnél azonban a válaszadásra már nem volt kikötve időkorlát. Ezzel a „könnyítéssel” a gyerekek többsége csaknem hibátlanul oldotta meg a feladatokat. A „bűnük” tehát az volt, hogy lassabban gondolkodtak, mint az „okosabbak”.

A logikai következtetések szabályait **Arisztotelész** dolgozta ki a Kr. e. IV. században, majd a XIX. században George Boole megalkotta a logika matematikai szimbólumrendszerét.

A Boole-féle logikai algebrát elterjedten alkalmazzák számos helyen, így elektronikus számítógépek tervezésénél és programozásánál.

Az Arisztotelész- és Boole-féle logika kétállapotú. Ez azt jelenti, hogy egy megállapítás lehet igaz, vagy lehet hamis, de harmadik eset nem létezik.

A tudósok sokáig hittek a **kétállapotú logika** mindenhatóságában, mígnem 1931-ben Kurt **Gödel** kimutatta ennek korlátait. Gödel abból indult ki, hogy bármely logikai rendszerben léteznek axiómák, vagyis bizonyítás nélkül elfogadott „alapigazságok”, valamint következtetési szabályok, amelyekkel az axiómákból újabb meg újabb helyes megállapításokat lehet leszámaztatni.

Mind az axiómák, mind pedig a következtetési szabályok megfogalmazhatók véges számú írásjelkészletből (betűkből, számokból, műveleti jelekből stb.) összeválogatott írásjelsorozatokkal.

Gödel kitalált egy módszert, hogyan lehet egy írásjelsorozatot egyetlen pozitív egész számmal kifejezni. Az ötlet alapja az, hogy bármely pozitív egész szám felírható törzstényezősz alakban, prímszámok hatványainak szorzataként, és az egyes prímszámokhoz tartozó hatványok sorozatával az írásjelek kódolhatók.

Gödel definiált két fogalmat. Az egyik a konzisztencia, a másik a teljesség.

Egy logikai rendszer konzisztens, ha nincs benne ellentmondás. Ez azt jelenti, hogy ha az axiómákból kiinduló következtetésekkel kimutatjuk, hogy egy kijelentés igaz, akkor nem létezhet egy másik olyan következtetési láncolat, amely ugyanezt a kijelentést hamisnak minősíti.

A logikai rendszer teljessége azt jelenti, hogy a rendszer keretein belül megfogalmazható bármely értelmes kijelentésről mindig egyértelműen kimutatható, hogy igaz vagy hamis.

Ha egy logikai rendszer nem teljes, akkor létezik olyan szintaktikailag értelmes kijelentés, amelynek igazsága vagy hamissága nem bizonyítható, de nem is cáfolható. Ilyen esetben

a rendszert kiegészíthetjük oly módon, hogy az illető kijelentés helyességét vagy hamisságát önkényesen előírjuk és axiómának tekintjük. Ilyen kiegészítésekkel a rendszer teljessé tehető.

Gödel a prímszamos kódolás alapján számelméleti módszerrel kimutatta, hogy ha egy logikai rendszert újabb meg újabb axiómák felvételével teljessé egészítünk ki, akkor a rendszer elveszíti konzisztenciáját és önellentmondóvá válik, úgy, hogy ettől kezdve bármely kijelentés igazolható is és cáfolható is egyszerre. *Valamely logikai rendszer teljessége és konzisztenciája tehát egyszerre nem állhat fenn.* Ez azonban nem jelenti azt, hogy ha egy rendszer nem teljes, akkor biztosan konzisztens. Egy nem teljes rendszer is lehet önellentmondó.

A logika, amelyet a tudományokban használnak, biztosan nem teljes, de nem biztos, hogy ellentmondásmentes. E gyanút erősíti, hogy gyakran ugyanazt a jelenséget több, egymásnak logikailag ellentmondó elmélettel meg lehet magyarázni, és hogy ugyanabból az elméletből gyakran ellentmondó következtetéseket is le lehet vonni.

A tudományos elméletek nélkülözhetetlen logikai eszköze **a matematika**. Van olyan felfogás, amely szerint a világ a matematika törvényei szerint, annak engedelmessé működik. A valóság azonban az, hogy a matematika csupán az emberi intellektus konstrukciója. A fizikai jelenségeket azért lehet matematikai eszközökkel több-kevesebb pontossággal leírni, mert a matematikusok létrehozták azokat a spekulatív elméleti fogalmakat, amelyek alkalmasak arra, hogy a valóságot tűrhető pontossággal modellezzék.

Ami a matematikai alapokra épülő fizikai modellek megbízhatóságát illeti, ezzel is merülhetnek fel kétségek. Íme egy példa: **Einstein** 1911-ben publikált általános relativitáselméletéből logikusan következett az univerzum tágulása. Einstein azonban nem hitte el, hogy a világegyetem tágul, ezért a kiindulási axiómakészletét kiegészítette azzal, hogy a tágulás mértéke legyen zérus. Sikerült is az elméletet továbbfejleszteni, hogy a tágulás eltüntethető legyen. Ezt az eredményt Einstein 1917-ben publikálta. Három évvel később Edwin Hubble a távoli csillagok fényének színeképtelődése alapján kimutatta, hogy az univerzum mégis csak tágul.

A logikai következtetés azt jelenti, hogy egy vagy több önmagában helyesnek elfogadott kijelentésből – azaz premisszából – újabb helyes kijelentést állítunk elő. Az utóbbi neve: konklúzió.

A premissza és konklúzió viszonya hasonlít az ok és okozat (következmény) viszonyához. A két fogalompár azonban nem azonos.

Tanultuk például az iskolában az Ohm törvényt:  $U = I * R$ .

Ez azt jelenti, hogy ha az **R** ellenálláson keresztül **I** áram folyik, akkor az ellenállás kapcsain **U** feszültség mérhető. Jelentheti azonban azt is, hogy ha az **R** ellenállás kapcsaira **U** feszültséget kapcsolunk, akkor az ellenállásban **I** áram fog folyni.

Vilfredo **Pareto** szerint, ha felírunk egy egyenletet, hajlamosak vagyunk a bal oldalon álló függő változót következménynek, a jobb oldali kifejezésben lévő független változókat pedig oknak tekinteni. Az egyenlet átrendezésével azonban az okok és következmények szerepe felcserélődhet.

A gyakorlatban leginkább azt a jelenséget tekintik oknak, amelyik időben megelőzi a másikat. Ez azonban önkényes, mivel a dolgok egymással kölcsönhatásban lehetnek, vagy közös okuk van.

Sokan úgy hiszik, hogy a villámlás okozza a mennydörgést, mivel a villanást hamarabb észleljük, mint a hangot. Az időbeli sorrend azonban csupán a fény és hang eltérő terjedési sebességéből ered.

David **Hume** szerint, amit oknak és okozatnak tekintünk, az legtöbbször valószínűségi korrelációs kapcsolat.

Max **Planck** szerint az okság elve sem nem igaz, sem nem hamis, de ez a legértékesebb olyan heurisztikus előfeltevés, amely a tudományos fejlődést elősegíti.

R. G. H. **Siu** szerint a racionális logikánk főleg arra a hitre épül, hogy a jövő hasonlítani fog a múltra, vagyis, hogy a jelenségek, amelyek a múltban együtt fordultak elő, a jövőben is együtt fognak előfordulni.

Sigmund Freud szerint a pszichológiában nem nagyon lehet egyértelmű ok-okozati összefüggésekről beszélni, mivel minden oknak sok következménye, és minden következménynek sok oka van.

Carl Gustav **Jung** szerint, amit okságnak tekintünk, az legtöbbször inkább szinkronicitás, a dolgok együtt-története egyirányú oksági kapcsolat nélkül.

Az ok-okozati összefüggések kérdését tovább bonyolítja, hogy *a természeti törvények általában nem determinisztikus, hanem inkább valószínűségi összefüggéseket fogalmaznak meg.*

A gáztörvények például nagy számú gázmolekula statisztikus mozgásából levezethetők. Régebben úgy gondolták, hogy ha adott pillanatban pontosan ismernénk minden egyes gázmolekula helyét és sebességét, ki lehetne számítani egy jövőbeli állapotot, a részecskék egyenkénti elrendeződését. Schrödinger és Heisenberg óta azonban tudjuk, hogy ez elvileg sem lehetséges. Akkor sem, ha a „gáz” mindössze egyetlen részecskéből áll.

Hogy a megszokott szemléleten alapuló „józan paraszti ész” mennyire félrevezető lehet, arra álljon itt néhány példa:

Mintegy 200 évvel ezelőtt az akkori mértékadó tudományos tekintélyek babonás hiedelemnek tartották, hogy kövek (meteoritok) potyoghatnak az „égből”.

Skóciában 1840-ben Kirkpatrick Macmillan feltalálta a pedálos kerékpárt. A szabadalmi bejelentést azzal próbálták elutasítani, hogy a megoldás működési elve ellenkezik a fizika törvényeivel. A kerékpár kiegyensúlyozásához ugyanis a kormányt a dőlés felé kell fordítani, de ugyanez a kormány szolgál arra is, hogy a kerékpárt irányítani lehessen. A Szabadalmi Hivatal véleménye az volt, hogy a két követelmény egymással ellentétes, ezért a kerékpár vagy eldől, vagy letér az útról, de a kettő együtt nem működik.

Robert Mayer 1842-ben publikálta az energiamegmaradás törvényét. Ez az „áltudományos spekuláció” azonban annyira felháborította az akkori tudósok jelentős részét, hogy egy agresszív lejárató kampánnyal Mayert több hónapra elmeógyógyintézetbe juttatták.

És itt nem csupán az emberi logika korlátairól van szó, hanem arról is, hogy *a megfigyeléseink nem mindig tükrözik a valóságot.* Más szóval: a valóság általában nem olyan, amilyennek látszik.

Különösen igaz ez, ha kilépünk az emberi léptékű megszokott világunkból, és meg akarjuk érteni, hogy mi történik a mikrovilágban, vagy a felfoghatatlanul hatalmas kozmológiai tér-idő tartományokban.

Tudjuk például, hogy az anyagot atomok alkotják, amelyek atommagból és elektronokból épülnek fel. Az atom külső átmérője a milliméter tízmilliomod része körül van, ezen belül

azonban az atommag ennél is százezerszer kisebb. Egy hidrogénatom méretarányai olyanok, mintha egy futball-labda körül keringene egy porszem, egy 30 kilométer átmérőjű gömb felszínén cikázva olyan hatalmas sebességgel, hogy az atommagot körülvevő összefüggő buroknak látszana. Az atom által a térből ténylegesen elfoglalt gömb térfogata ezért legalább 1.000.000.000.000.000-szor nagyobb, mint az atomot alkotó részecskék valóságos helyigénye.

Az atom megdöbbenő belső ürességének első kísérleti bizonyítékát 1911-ben szolgáltatotta Ernest **Rutherford**, aki vékony aranyfóliát bombázott alfarészecskékkel, és azt találta, hogy bár a részecskék túlnyomó része a fólián áthatol, egy csekély részük azonban visszapattan, visszaverődik, mint tükörről a fény. Olyan ez, mintha vékony papírlapra géppuskával lövöldöznénk, és a lövedékek túlnyomó része a papíron akadálytalanul áthatolna, méghozzá úgy, hogy a papír meg sem sérül, azonban némelyik lövedék – például minden milliomodik – arról visszapattanna.

Rutherford ebből vonta le a következtetést, hogy az atomok tömegének túlnyomó része (legalább 99,95%-a) az atom közepében lévő magban koncentrálódik.

Kívülről nézve – az elektron által keltett villamos tér hatására – az atom úgy viselkedik, mintha tömör golyó lenne. Ha azonban az atommagokat és elektronokat szorosan egymás mellé lehetne helyezni, az anyag sokkal kisebb helyen elférne. Hogy mennyivel kisebb helyről van szó, azt egy példával lehet szemléltetni:

Képzeljünk el egy tömör vasoszlopot, amely olyan magas, hogy a teteje eléri a Holdat. Ha az oszlopot függőlegesen annyira összenyomnánk, hogy benne az atomokat alkotó részecskék szorosan egymás mellé kerüljenek, miközben az oszlop átmérője változatlan maradna, az oszlopból olyan lapos korong válna, amely 100-szor vékonyabb, mint a cigarettapapír.

Hasonló anyagsűrűség a természetben ténylegesen előfordul. A fehér törpe típusú csillagok sűrűsége több tízezer tonna/cm<sup>3</sup>. A neutroncsillagok sűrűsége ennél is jóval nagyobb, nem is beszélve a fekete lyukakról, amelyek elvileg pontszerűvé zsugorítva tartalmaznak sok ezermilliárd tonna anyagot.

A tömör anyag ürességének története itt még nem ér véget, hiszen a példákból úgy tűnhet, hogy bármennyire is üres a tömör anyag, azért annak részecskéi tömör kis golyócskák. Azonban ez sem igaz. A kvantumelmélet szerint az atomokat alkotó részecskék a teret határozatlan körvonallal kitöltő, állandóan mozgó, lüktető, pontosan nem lokalizálható, hullámszerű energiacsomagok.

No de ha a „tömör” anyag ennyire üres, akkor vajon mi a helyzet a bolygóközi, csillagok közti, sőt galaxisok közötti „még üresebb” térrel. Nos, a válasz meglepő.

A vákuum kvantumfluktuációja során ugyanis az üres térben állandóan spontán keletkeznek részecske–antirészecske párok, amelyek rövid időn belül rekombinálódva ismét eltűnnek az „ürességben”. A vákuum, vagyis a légüres tér nem más, mint a lét és a nemlét határán szüntelenül ide-oda billegő részecskék óceánja, amelyben a részecskesűrűség végtelenül nagy.

Logikai ellentmondás? Az emberi logika szerint az. És a természet logikája szerint?

A kétállapotú, igen-nem típusú logikák feltűnő hiányosságai miatt kidolgoztak **többállapotú és valószínűségi típusú logikákat** is. Ezek az „igaz” és „hamis” minősítésen kívül megengedik a kijelentések olyan minősítését, mint „valószínű”, „lehetséges, de nem

biztos”, „valószínűtlen” stb. Az ilyen „nem tradicionális” logikai rendszerek közül a gyakorlatban leginkább a *fuzzy-logika* terjedt el. Ennek alapjait Thomas **Bayes** valószínűségelméleti tételeinek felhasználásával Lofti **Zadeh** professzor dolgozta ki és publikálta 1965-ben. Ma már az iparban és a haditechnikában jelentős számban alkalmaznak olyan elektronikus szabályozó készülékeket, amelyek működési elve a fuzzy-logikára épül.

Logika és valóság között további ütközést jelent, hogy *a logikus és nem logikus nem fedik a tapasztalható és nem tapasztalható, illetve a hétköznapi tapasztalás alapján hihető és nem hihető fogalmát.*

Einstein szerint kétféle tudományos ismeret van. Az egyik közvetlenül tapasztalható és felfogható, míg a másikat csak a fantáziánk segítségével tudjuk értelmezni. A kék szín pl. megfigyelhető, de a hozzá tartozó elektromágneses frekvencia nem tapasztalható. A gyakorlati tapasztalattól ezért a helyes elméleti modell levezethetősége kétséges. Tisztázatlan ezért, hogy *meg lehet-e a ismerni valóságot tudományos módszerekkel, fel lehet-e építeni a tudományt szilárd és megbízható axiomatikus alapokra.*

A modern tudomány kezd olyanná válni, mint egy levegőben lebegő hatalmas épület, amelyben egyik téglát tartja a másikat, és a másik az egyiket.

Az oksági összefüggésekkel kapcsolatban felvethető még **a teleologikus elv**, vagyis az ún. „cél-ok” kérdése is. Mint tudjuk, a **kauzalitás** azt jelenti, hogy a világban okok és következmények szigorú láncolata érvényesül oly módon, hogy az ok megelőzi a következményt. Ezzel szemben a *teleológia* azt jelenti, hogy a világ jelenségeinek célja van, vagyis a dolgok úgy alakulnak, hogy azzal egyre közelednek egy előre meghatározott állapothoz.

Általános a felfogás, hogy a kauzalitás a tudomány módszere, a teleológia pedig inkább a vallásé. Kizárja-e a két megközelítés egymást? Elképzelhető-e közöttük kompromisszum?

A probléma vizsgálatához célszerű feltenni a kérdést, létezik-e olyan rendszer, amelyben a két fajta oksági kapcsolat egyszerre megfigyelhető.

Vegyünk példaként a lakások fűtésszabályozását. Ha a szabályozón beállítjuk például a 20 °C-ot, a szabályozó érzékeli, hogy a lakásban a hőmérséklet 20 °C felett van, vagy alatta. Ha alatta van, a fűtést bekapcsolja, ha felette van, kikapcsolja. A szabályozó tehát arra „törekszik”, hogy a hőmérsékletet 20 °C közelében tartsa. A hőfokszabályozó minden egyes műveleti lépése a kauzalitás elve szerint zajlik, az egész rendszer viszont teleologikus módon viselkedik.

Vegyünk egy másik példát, a cirkáló rakéta (cruising missile) működését. Ez olyan hadászati megsemmisítő eszköz, amellyel 2000 km távoli célt lehet 1 méteres pontossággal eltalálni. Működési elvét tekintve a cirkáló rakétának nevezett eszköz voltaképpen nem rakéta, hanem robotrepülőgép, amely fel van szerelve számos érzékelővel, képfelismerő és -feldolgozó egységgel, helyzetmeghatározó technikával, és a fedélzeti számítógépnek köszönhetően rendelkezik bizonyos „mesterséges intelligenciával” is. A cirkáló rakéta manőverezési készsége kiváló. Képes az ellenséges radarok közelében észrevétlen maradni, az útjába kerülő akadályokat kikerülni, a haladási útvonalát és célkeresési stratégiáját az időjárástól és egyéb körülményektől függően önműködően megváltoztatni. A cirkáló rakéta szerkezetében végbemenő mechanikai, elektromos, optikai, és egyéb események lezajlása kauzális. Az egész rendszer viselkedése viszont teleologikus.



Ezek a példák ember által előállított műszaki eszközökre vonatkoznak. Az ember azonban eddig még soha nem volt képes feltalálni olyasmit, amit a természet már évmilliókkal korábban megnevelésített volna. Kézenfekvő ezért, hogy hasonlóan „kettős természetű” rendszerek a természetben is előfordulnak.

Jó példát szolgáltat a DNS-molekula működési elve. A megtermékenyített petesejtben a DNS-molekula hordozza a genetikai kódot. A DNS-molekula nem a létrehozandó élő szervezet „tervrajza”, hanem olyan műveletsorozat kódja, amelynek során, a fraktálgeneráló algoritmusokhoz hasonlóan, lépésről lépésre kialakul a magzat szerkezete. A kialakulás során a véletlen is szerepet játszik. Bár a párhuzamosan lezajló lépések időben nem pontosan szinkronizáltak, és a magzatot hordozó anya fizikai állapota és környezete is ki nem számítható módon változhat, a magzati fejlődés stratégiája ezeket a tényezőket úgy igyekszik kompenzálni, hogy végül egészséges és életképes újszülött jöhessen a világra. Erre a példára is igaz, hogy az elemi műveletek kauzálisak, a rendszer viselkedése azonban teleologikus elvet követ.

Feltehető a kérdés, vajon az egész világegyetem vonatkozásában érvényesülhet-e a teleologikus elv. A kérdésre határozott választ adni nem lehet. A választ esetleg a **káoszelméletben** kereshetjük, feltéve, hogy a káoszelméleti modellek az univerzumra is alkalmazhatók.

Egy rendszer viselkedése akkor lehet kaotikus, ha a rendszer állapotának leírásához minimum három független paraméter szükséges, továbbá, ha a rendszer működését leíró differenciálegyenlet-rendszer nem lineáris, és ha a rendszer viselkedése erősen függ a kezdeti feltételektől.

Egy  $n$  szabadságfokú ( $n \geq 3$ ) kaotikus rendszerben a rendszer pillanatnyi állapotát egy  $n$  dimenziós koordináta-rendszerben, az ún. fázistérben, más szóval állapot térben elhelyezkedő pont reprezentálja. A rendszer állapotának változása során ez a pont elmozdul és összefüggő vonalat, ún. trajektóriát ír le.

Kaotikus rendszerekre jellemző, hogy a trajektóriáik nem periodikusak és a fázistér egymáshoz közeli pontjaiból kiinduló trajektóriák egymástól gyorsan divergálnak. Ezért, bár a rendszer viselkedése elvileg determinisztikus, a hosszú távú előrejelzés mégsem lehetséges, mivel a pontos prognózishoz végtelen pontosságú számítás lenne szükséges, ami elvileg lehetetlen. A problémát tovább bonyolítja, hogy a kaotikus rendszerek tiszta matematikai modelljeitől eltérően a gyakorlatban létező kaotikus rendszerek nem determinisztikusak, mivel egy ilyen rendszer mindig ki van téve véletlen perturbációk zavaró hatásainak is.

Mindezek ellenére a kaotikus rendszerek viselkedésére mégis lehet bizonyos prognózisokat adni.

Az ilyen rendszerekhez ugyanis általában tartozik egy vagy több ún. attraktor, az  $n$  dimenziós állapot térben elhelyezkedő olyan geometriai alakzat, amelyhez a rendszer állapota konvergál, vagy azt újra meg újra rendszeresen megközelíti. Kaotikus rendszerek attraktorára jó hasonlat valamely földrajzi területen az átlagos napi hőmérséklet éves ingadozását leíró diagram, amely alapján nem tudjuk ugyan kiszámítani, hogy január 15-én mennyire lesz hideg, de azt nagy valószínűséggel jósolhatjuk, hogy sokkal hidegebb lesz, mint júliusban.

Kézenfekvő lehet a következtetés, hogy ha az Univerzum viselkedése leírható olyan káoszelméleti modellel, amelynek fázisterében attraktor található, akkor *az univerzumban egyidejűleg jelen van a kauzalitás, a sztochasztikus működés és a teleologikus viselkedés.*

Ez azonban nem jelenti semmiféle világnézeti doktrína igazolását vagy cáfolatát, és azt sem, hogy létezik az anyagi világon túl valamiféle transzcendens szellemi princípium, azonban azt sem, hogy ilyen nem létezhet. Mindössze azt jelenti, hogy az Univerzum viselkedése sokkal bonyolultabb, mint hisszük.

Ami pedig az ideológiákat és világnézeteket illeti, azt sem lehet állítani, hogy a materialista világnézet a kauzalitást, míg a vallásos, idealista világnézet a teleológiai felfogást preferálja, hiszen erre is akadnak ellenpéldák.

A radikálisan marxista ideológia pl. a teleológia elvét követi, amikor azt állítja, hogy az emberi társadalom törvényszerűen és szükségszerűen a szocializmus és kommunizmus irányában fejlődik.

A hindu védánta bölcselet pedig – amely oly mértékben idealista, hogy az anyagi világ pusztaságát is kétségbe vonja – a kauzalitás elvét követi a karmáról szóló tanításával, amely szerint a jelenlegi sorsunkat a múltbeli cselekvéseink, a jövőbeli sorsunkat pedig a jelenlegi cselekvéseink következményei határozzák meg.

A racionális logikát szokás szembeállítani az **irracionálissal**. Az utóbbi a köznapi értelmezés szerint azt jelenti, hogy logikátlan. Pedig ami nem racionális, az nem feltétlenül irracionális. Létezik szuperracionális, vagyis racionális feletti is. Erre az alábbi példát érdemes felhozni:

Évariste **Galois** francia matematikus mindössze 21 évet élt (1811–1832), de rövid pályafutása alatt kidolgozta a magasabb fokú algebrai egyenletek elméletét. Galois matematikai levezetéseiben az volt a különös, hogy ha felírt egy egyenletet, alája mindjárt odaírta, hogy mi következik ebből 20-30 lépéssel később. Fejben átlátta több tucat lépés eredményét, mint a sakknagymester, aki képes sok lépéssel előre gondolkodni. Galois gyakran néhány oldalon vezetett le olyan matematikai gondolatmenetet, amely részletesen kifejtve több száz oldalt igényelne. Hagyatékát több évtized alatt fejtették meg kiválóan felkészült matematikusok, de abban nem találtak logikai hibát.

**Szuperracionális** az a gondolkodás, amely képes közvetlen lényeglátással kreatív szellemi alkotást úgy létrehozni, hogy a spekulatív következtetési lépések sorozata részben vagy teljesen elmarad. Ez a képesség az **intuíció**. Selye János intuitív sejtésnek nevezi, és ilyen teljesítményekre példaként hozza fel Henri Poincaré, Max Planck, és Erwin Schrödinger több ilyen módon született tudományos eredményét.

Művészi teljesítményeknél az intuitív sejtés váratlan és spontán lehet. Önéletrajzi adatokból ismerjük Raffaello „Sixtusi Madonna” című festményének történetét. **Raffaello** becsukott szemmel ábrándozott, amikor hirtelen megjelent a szeme előtt az egész kép, minden részletében, színesen. Meg sem mert moccanni. Sokáig nézegette a csodálatos képet, igyekezett megjegyezni annak minden részletét, majd azt később emlékezetből lefestette.

Hasonló spontán módon jött létre Wolfgang Amadeus **Mozart** számos híres zeneműve.

Az intuitív sejtés gyakran **álomban** aktivizálódik. Közismert példa, ahogyan Friedrich August Kekulé von Stradonitz 1865-ben felfedezte a benzol gyűrűt. Kekulé sokáig kutatta a benzolmolekula szerkezetét, késő estig dolgozva a laboratóriumban, ahol gyakran el is aludt. Több olyan álmot látott, amelyek fokozatosan nyomra vezették. Egyik jellemző álma arról szólt, hogy hat afrikai bennszülött asszony egymás kezét fogva körültáncolt egy tábortüzet,



és mindegyikük hátán batyuban egy-egy csecsemő volt. A benzolmolekulában hat szénatom kapcsolódik gyűrűszerűen össze és mindegyikhez egy-egy hidrogénatom vegyül. A szénatom jóval nagyobb, mint a hidrogénatom. Méretarányuk hasonló egy felnőtt és egy csecsemő arányához.

Tudományos és művészeti alkotások gyakran kapcsolódnak álmokhoz. Álomban találta meg a megoldást Elias Howe, a varrógép feltalálója, álomban született meg a Mengyelejev-féle periódusos rendszer alapgondolata, az Einstein-féle általános relativitáselmélet több fontos részeredménye, Dante *Isteni Színjátékának*, Voltaire *Candide*-jének és Edgar Allan Poe „Holló” című versének ötlete is.

Jung szerint *az intuíció nem más, mint gondolkodás analógiákban és szimbólumokban a kollektív tudattalanból származó intuitív bölcsesség segítségével.*

Az intuíciót elő lehet segíteni imaginációs és meditációs technikákkal. Bár ilyen módszereket az emberiség több ezer éve ismer, Jung is kidolgozott ilyen technikákat, hozzáillesztve azokat a modern európai ember életmódjához és mentalitásához. Hasonló módszereket több kiváló tudós és feltaláló alkalmazott. Példaként említhető Niels Bohr, Wolfgang Pauli és Nicola Tesla.

Nem túlzás azt állítani, hogy intuíció nélkül az emberiség tudományos, művészeti és filozófiai alkotásainak jelentős része ma nem létezne.

## Források és további információk

Max BORN: Válogatott tanulmányok, Gondolat, Budapest, 1973.

Niels BOHR: Atomic Physics and Human Knowledge, John Wiley, New York, 1958.

Irwing M. COPY, James A. GOULD: Kortárs tanulmányok a logika elmélet kérdéseiről, Gondolat, Budapest, 1985.

Fritjof CAPRA: The Tao of Physics, Fontana-Collins, 1976.

Paul DIRAC: Az elektron relativisztikus hullámegyenlete, Fizikai Szemle, 1977. évfolyam 443. o.

Albert EINSTEIN:

– Mein Weltbild, Querido, Amsterdam, 1934.

– Essays in Science, Philosophical Library, New York, 1934.

FÉNYES Imre: Modern fizikai kisenciklopédia, Gondolat, Budapest, 1971.

Richard P. FEYNMAN: Mai fizika, Műszaki Könyvkiadó, 1978.

Sigmund FREUD: Civilization and its Discontents, Anglobooks, 1952.

Gennagyij Jefimovics GORELIK: Miért háromdimenziós a tér? Gondolat, Budapest, 1987.

George GAMOW: Mr. Tompkins in Paperback, Cambridge University Press, 1973.

Fred HOYLE: The Nature of the Universe, Penguin Books, 1965.

Stephen W. HAWKING: A Brief History of Time from the Big Bang to Black Holes, Bantam Books, 1988.

Werner HEISENBERG:

– A rész és az egész, Gondolat, Budapest, 1978.

– Physics and Philosophy, Allen and Unwin, London, 1963.

– Physics and beyond, Allen and Unwin, London, 1971.

- Carl Gustav JUNG: Bevezetés a tudattalan pszichológiájába, Európa, Budapest, 1990.
- Leon LEDERMAN: The God Particle, Houghton Mifflin Co, Boston, 1993
- MARX György: Kvantummechanika, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1957.
- MAYER István: Fejezetek a kvantumkémiából, BME Mérnöki Továbbképző Intézet, Budapest, 1987.
- J. NEUMANN: The Computer and the Brain, Yale University Press, York, 1959.
- Joseph NORWOOD: Századunk fizikája, Műszaki Könyvkiadó, 1981.
- J. R. OPPENHEIMER: Science and the Common Understanding, Oxford University Press, 1954.
- Henri POINCARÉ: Foundation of Modern Physical Science, Reading, Mass, Addison-Wesley, 1958.
- SIMONYI Károly: A fizika kultúrtörténete, Gondolat Kiadó, 1978.
- R. G. H. SIU: The Tao of Science, John Wiley and Sons, 1957.
- Tom STONIER: Information and the Internal Structure of the Universe, Springer-Verlag, London, 1990.
- René THOM: Structural Stability and Morphogenesis, W. A. Benjamin Inc, 1975.
- Robert Anton WILSON: Kvantumpszichológia, Mandala-Véda, Budakeszi, 2002.
- HÉJJAS István:
- Buddha és a részecskegyorsító, Édesvíz Kiadó, 2004.
  - A megismerés útjai, Bioenergetic Kiadó, 2009.
  - Isten veled materializmus, Eötvös József Kiadó, 2017.