

**Jim Holt**

**AMIKOR  
EINSTEIN  
GÖDELLEL  
SÉTÁLT**

fordította: Jakabffy Éva és Jakabffy Imre

**Jim Holt**

**AMIKOR  
EINSTEIN kirándulás  
GÖDELLEL az értelem  
SÉTÁLT peremén**

**TYPOTEX**



A könyv kiadását  
a Magyar Tudományos Akadémia  
támogatta.

A fordítás a következő kiadás alapján készült:

*When Einstein Walked with Gödel:*

*Excursions to the Edge of Thought*

Farrar, Straus and Giroux, New York, 2018

Copyright © 2018 by Jim Holt. All rights reserved.

Hungarian translation © Jakabffy Éva, Jakabffy Imre, 2019

Hungarian edition © Typotex, Budapest, 2019

Engedély nélkül semmilyen formában nem másolható!

Kontrollszerkesztő: dr. Máté András

ISBN 978 963 493 055 6

# TARTALOM

Előszó	7
<b>I. Az örökkévalóság mozgó képmása</b>	11
1 Amikor Einstein Gödellel sétált	13
2 Idő – a Nagy Illúzió?	25
<b>II. Számok az agyban, a platóni égben és a társadalomban</b>	31
3 A számok embere: a matematika idegtudománya	33
4 Riemann zéta-sejtése és a prímek kacaja	47
5 Sir Francis Galton, a statisztika atyja – és az eugenikáé	63
<b>III. Tiszta és tisztátalan matematika</b>	79
6 Egy matematikai románc	81
7 A magasabb matematika avatárjai	91
8 Benoit Mandelbrot és a fraktálok felfedezése	103
<b>IV. Magasabb dimenziók, absztrakt térképek</b>	115
9 Geometriai teremtmények	117
10 Színek komédiája	131
<b>V. Kis és nagy végtelenség</b>	143
11 Végtelen víziók: Georg Cantor vs David Foster Wallace	145
12 Miért imádják az oroszok a végtelent, és miért nem a franciák?	153
13 Az infinitezimálisok veszélyes gondolata	165

<b>VI. Heroizmus, tragédia és a számítógép-korszak</b>	183
14 Zavar Ada körül: Byron lánya lett volna az első programkódoló?	185
15 Alan Turing az életben, a logikában és a halálban	197
16 Dr. Strangelove gondolkodó gépet készít	211
17 Okosabb, boldogabb, produktívabb	221
<b>VII. Újragondolni a kozmoszt</b>	235
18 A húrelméleti háborúk: Ami szép, az igaz?	237
19 Einstein, a „kísérteties hatás” és a tér realitása	249
20 Hogyan fog végződni az univerzum?	261
<b>VIII. Kis tanulmányok: válogatás rövidebb esszékből</b>	275
Kis nagy ember • Hamarosan itt a vég • Valóban rossz a halál? • A tükör-háború • Az asztrológia és a demarkáció problémája • Gödel nekimegy az USA alkotmányának • A legkisebb hatás elve • Emmy Noether gyönyörű tétele • Kényszerítő erejű-e a logika? • Newcomb problémája és a választás paradoxona • A nemlétezés joga • Nincs, aki Heisenberget észhez térítené? • Túlzott önbizalom és a Monty Hall probléma • Az eponimia kegyetlen törvénye • Egy szikla elméje •	
<b>IX. Isten, szentség, igazság, bullshit</b>	317
21 Dawkins és az istenség	319
22 A morális szentségről	327
23 Igazság és referencia: egy filozófiai viszály	335
24 Mondhatsz akármit	355
Jegyzetek	367
Név- és tárgymutató	368

# ELŐSZÓ

– *Bob Silvers Emlékének*

A könyvben szereplő esszéket három szempont alapján válogattam ki. Először is az általuk közvetített gondolatok mélysége, erőteljessége és pusztá szépsége miatt.

Einstein relativitáselmélete (mind a speciális, mind az általános), kvantummechanika, csoportelmélet, a végtelen és az infinitezimális, Turing kiszámíthatóság-elmélete és a „döntési probléma”, Gödel nemteljességi tételei, prímszámok és Riemann-sejtés, kategóriaelmélet, magasabb dimenziók, fraktálok, statisztikai regresszió és a „haranggörbe”, igazságelmélet: mindezek az általam megismert legizgalmasabb – és leginkább alázatra készítő – intellektuális teljesítmények közé tartoznak. Tanulmányaimban mindegyiket elmagyarázom. Eszményem a koktélparti-beszélgetés: amikor a mély gondolatot szórakoztató módon, a lényegére lecsupasztva közvetítjük egy érdeklődő barátnak (esetleg egy gyors rajzzal is kísérve a szalvétán). A cél az, hogy az újonc fejében világosságot gyűjtsünk, de vigyünk a témába egy olyan csavart, amellyel a szakértő tetszését is elnyerjük. És persze soha ne untassunk.

A második szempontom az emberi tényező. A fenti eszmék hús-vér emberektől származnak, akik igencsak drámai életet éltek. Nem voltak mentesek az abszurditásoktól sem. A modern statisztika megalkotója (akitől az „öröklés vagy környezet” kifejezés is származik), Sir Francis Galton gögös viktoriánus volt, akit expedíciói során komikus balesetek értek az afrikai vadonban.

A négyszín-tétel történetének központi alakjai közé tartozott egy kirívóan excentrikus matematikus, Percy Heawood, akit macskabajsának köszönhetően barátai csak „Pussy” Heawoodnak neveztek.

Még gyakoribb, hogy az élet tragikus fordulatot vesz. A csoportelmélet szerzőjét, Évariste Galois-t párbajban megölték, mielőtt megülhette volna a huszonegyedik születésnapját. Az elmúlt fél évszázad legforradalmibb matematikusa, Alexander Grothendieck viharos életét kiábrándult remeteként fejezte be a Pireneusokban. A végtelen elméletének megalkotója, Georg Cantor kabbalista misztikus volt, aki elmebetegintézetben halt meg. Ada Lovelace-t, a kiber-feminizmus kultikus istennőjét (és az Amerikai Védelmi

Minisztérium által használt programozási nyelv névadóját) idegrohamok gyötörték, amiért úgy érezte: vezekelnie kell apja, Lord Byron vérfertőző kicsapongásaiért. A végtelent kutató nagy oroszokat, Dmitrij Jegorovot és Pavel Florenszkijt elítélték antimaterialista spiritualizmusukért, és megölték Sztálin Gulágjában. Kurt Gödel, a modern logikusok legnagyobbika, halálra éhezette magát ama paranoiás meggyőződése miatt, hogy egyetemes összeesküvés folyik a megmérgezésére. David Foster Wallace (akinek azt a kísérletét vizsgálom, hogy megküzdjön a végtelennel) felakasztotta magát. És Alan Turing, aki a számítógépet kitalálta, megoldotta korának legnagyobb logikai problémáját, és számtalan életet mentett meg a náci „Enigma” kód feltörésével, saját életét ma is titokzatos okok miatt eldobta: beleharapott egy cianidos almába.

Harmadik megfontolásom az esszék összeválogatásában filozófiai természetű. Az általuk bemutatott gondolatok döntő befolyást gyakorolnak a világ legáltalánosabb koncepciójára (metafizika); arra, ahogyan tudásunkra szert teszünk és azt igazoljuk (episztemológia), sőt arra is, ahogyan életünket vezetjük (etika).

Kezdjük a metafizikával. A végtelenül kicsi – az infinitezimális – ideája elvezet ahhoz a kérdéshez, hogy a valóság inkább egy hordó szörpre emlékeztet (azaz folytonos) vagy egy halom homokra (diszkrét). Einstein relativitáselmélete vagy kikezdi időfogalmunkat, vagy – ha Gödel zseniális érvelését el kell fogadni – teljesen meg is szünteti. A kvantummos összefonódás megkérdőjelezi a tér valóságát, és felveti annak lehetőségét, hogy „holisztikus” univerzumban élünk. Turing kiszámíthatóság-elmélete arra kényszerít bennünket, hogy újragondoljuk, hogyan keletkezik az anyagból elme és tudat.

Nézzük azután az episztemológiát. A legtöbb nagy matematikus állítja, hogy olyan absztrakt formák örök birodalmába lát bele, amelyek túllépnek a mi megszokott világunkon. Hogyan lépnek kapcsolatba ezek a tudósok e feltételezett „platonikus” világgal, hogy matematikai tudáshoz jussanak? Vagy talán gyökeres tévedésbe esnek, és a matematika végső soron ugyanúgy tautológia, mint az „egy barna tehén az tehén” állítás? A megvitátást élenkítendő új megközelítést alkalmazok, azt vizsgálom meg, amit egyetemesen a matematika legnagyobb megoldatlan problémájának tartanak – a Riemann-sejtést.

A fizikusok is szívesen ápolnak romantikus képet arról, hogyan tesznek szert az ismeretekre. Ha nem rendelkeznek kísérleti vagy



megfigyelésen alapuló bizonyítékkal, esztétikai intuíciójukra támaszkodnak – arra, amit a Nobel-díjas Steven Weinberg arcátlanul a fizikusok „szépérzékének” nevez.

A „szépség = igazság” egyenlőség a múlt század nagy részében jól kiszolgálta a fizikusokat.

De nem lehet, hogy az utóbbi időben éppen ez vitte félre őket? Ezt a kérdést *Hürelméleti háborúk* című esszémben tárgyalom.

Végül az etika. Ezek az esszék sok szempontból érintik az életvitelt. Az eugenika-programok Európában és az Egyesült Államokban, melyeket Sir Francis Galton elméleti spekulációi indítottak el, kegyetlenül illusztrálják, hogyan térítheti az etikát rossz útra a tudomány. Szokásaink számítógép általi folyamatos átalakulása kapcsán pedig alaposan el kell tűnődnünk a boldogság és a kreatív beteljesülés természetéről (ahogy én az *Okosabb, boldogabb, produktívabb* fejezetben). És a szenvedésnek a világon mindenütt való jelenléte el kell, hogy gondolkoztasson minket arról, vajon milyen korlátaik vannak – ha vannak – a velünk szembeni erkölcsi elvárásoknak (ahogyan *A morális szentségről* című részben teszem).

A kötet utolsó esszéje, a *Mondhatsz akármit*, Harry Frankfurt híres bullshitter-jellemzésével kezdődik: olyan ember, aki nem ellenséges az igazsággal szemben, hanem közömbös iránta. Majd kitérít a képet azt vizsgálva, hogyan szóltak a filozófusok az igazságról (tévesen?), mint a nyelv és a világ közötti „megfelelésről”.

Némileg játékosan, ez az esszé hidat ver a metafizika, az episztemológia és az etika közé; remélem, nem csak látszatra egységesebb ettől a kötet.

És nehogy következetlenséggel vádoljanak, hadd fejezzem ki azt a (túl szilárd?) meggyőződésemet, hogy a „Kopernikuszi elv”, a „Gödel-féle nemteljességi tételek”, „Heisenberg határozatlansági relációja”, a „Newcomb-probléma” és a „Monty Hall probléma” mind kivételt képez Stigler eponímia törvénye alól.

J.H.

New York, 2017



I.

**AZ  
ÖRÖKKÉVALÓSÁG  
MOZGÓ KÉPMÁSA**



# 1

## AMIKOR EINSTEIN GÖDELLEL SÉTÁLT

1933-ban, nagy tudományos felfedezésekkel a háta mögött, Albert Einstein Amerikába érkezett. Élete utolsó huszonkét évét Princetonban (New Jersey) töltötte, ahol az Institute for Advanced Study sztárolt tagja lett. Einstein meglehetősen elégedett volt új miliójével, nem zavartatta magát annak sznobságától. „Princeton csodálatos földdarab, ugyanakkor rendkívül szórakoztató ceremoniális állóvíz kis pipaszár lábú félistenekkel” – jegyezte meg. Napirendje a házától (112 Mercer Street) intézeti irodájába tett ráérős sétával kezdődött. Akkorára a világ egyik leghíresebb és – elfeküdt üstökével, kitérdelt, hőcentrágeres nadrágjával – leginkább felismerhető embere lett.

Egy évtizeddel Princetonba érkezése után, Einstein sétapartnerre talált: a nála sokkal fiatalabb ember, fehér vászonruhájával és ahhoz illő fedora kalapjával, kimondottan elegánsnak tűnhetett a topis Einstein mellett. Reggelente, miközben együtt ballagtak be az intézetbe, élénk beszélgetésbe merültek német nyelven; s pont ugyanígy tettek hazafelé is. Az öltönyös embert a városban nem sokan ismerhették, de Einstein magával egyenrangúnak tekintette, olyasvalakinek, aki hozzá hasonlóan fél kézzel indított el egy konceptuális forradalmat. Míg Einstein a relativitás-elméletével forgatta fel a fizikai világról alkotott hétköznapi fogalmainkat, a fiatalabb férfi, Kurt Gödel a matematika absztrakt világával kapcsolatos fel-fogásunkra hatott hasonlóképpen.

Gödel, akit gyakran tekintettek Arisztotelész óta a legnagyobb logikusnak, különös és végső soron tragikus sorsú ember volt. Míg Einsteint társas lénynek ismerték, aki nagyokat hahotázott, Gödel különc volt, magányos és pesszimista. Einstein, a szenvedélyes amatőr hegedűművész, Beethovent és Mozartot szerette. Gödel ízlése merőben más volt: a filmek közül Walt Disney *Hófehérke és a hét törpéje* volt a kedvence, és amikor felesége egy rózsaszín flamingót hozott az udvarukba, azt mondta: *furchtbar herzig* (roppant elbűvölő). Einstein gond nélkül csillapította étvágyát nehéz, német ételekkel; Gödel egészségmániás étrenden, vajon, bébiételeken és hashajtókon tartotta fenn magát. Bár Einstein magánélete nem volt bonyodalmaktól

mentes, kifelé vidámnak mutatkozott, és otthonosan mozgott a világban. Ezzel szemben Gödel hajlott a paranoiára. Hitt a kísértetekben, s morbid módon attól rettegett, hogy megmérgezik a hűtőszekrény gázával. Mikor egyes ismert matematikusok megjelentek a városban, ő nem volt hajlandó elhagyni otthonát: nyilvánvalóan tartott tőle, hogy az életére törnek. „Minden káosz a rossz megjelenése” – hangoztatta (a paranoiás első axiómája).

Noha az intézet többi tagja rejtélyesnek és megközelíthetetlennek látta a komor logikatudóst, Einstein azt mondta nekik, „csakis azért a kiváltságért jár be az irodába, hogy Kurt Gödellel mehessen haza”. Ez azért is lehetett, mert Gödelt nem bántottalanította el Einstein hírneve, és nem habozott megkérdőjelezni barátja ötleteit. Az intézet másik tagja, a fizikus Freeman Dyson mondta: „Gödel volt [...] az egyetlen olyan munkatársunk, aki egyenrangúként járt-kelt és beszélt Einsteinnel.” Úgy tűnhetett, hogy Einstein és Gödel magasabb síkon léteznek, mint az emberiség többi része. Másfelől az is igaz, hogy – Einstein szavaival – „muzeális darabokká váltak”. Einstein soha nem fogadta el Niels Bohr és Werner Heisenberg kvantumelméletét. Gödel pedig hitt abban, hogy a matematikai absztrakciók éppolyan valóságosak, mint az asztalok és a székek – e nézet a filozófusok körében nevetségesen naivnak számított. Mind Gödel, mind Einstein ragaszkodott ahhoz, hogy a világ független a tudatunktól, de racionálisan szervezett és nyitott az emberi megértés számára. Osztozva az intellektuális elszigeteltség érzésében, egymás társaságában letek vigaszt. „Senki mással nem akartak beszélni – mesélte az intézet egy másik tagja. – Csakis egymással.”

S az emberek kíváncsiak voltak, miről beszélgethetnek. Egyik témájuk feltehetően a politika lehetett (Einstein, aki támogatta Adlai Stevensont, felháborodott, amikor Gödel 1952-ben Dwight D. Eisenhowerre szavazott); a másik kétségtelenül a fizika. Gödel ebben igencsak jártas volt; osztotta Einstein kvantumelmélettel szembeni bizalmatlanságát, de azt már szkepszissel fogadta, hogy az idősebb fizikus a kvantumelméletet „egységes mezőelmélettel” akarta helyettesíteni, amely minden ismert erőt magában foglalna egy determinisztikus keretben. Mindkettejüket az olyan problémák vonzották, amelyek – Einsteint idézve – „eredendő fontossággal” rendelkeztek, és a valóság legalapvetőbb elemeihez kapcsolódtak. Gödelt mindenek felett foglalkoztatta az idő természete; ahogy egy barátjának mondta,

számára ez volt *a* filozófiai kérdés. Hogyan képezheti – tűnődött – egy ilyen „titokzatos és látszólag önmagának ellentmondó dolog a világ és saját létezésünk alapját?” E téren Einstein már szerzett némi szakértelmet.

Évtizedekkel korábban, 1905-ben Einstein bebizonyította, hogy az, amit akár a tudósok, akár a laikusok időn értenek, fikció. De messze nem ez volt egyetlen eredménye abban az évben. Úgy kezdődött, hogy a huszonöt éves Einstein egy svájci hivatalban, Bernben dolgozott szabadalomvizsgálóként. Miután nem szerezte meg doktorátusát fizikából, ideiglenesen feladta tudományos pályafutását. Egy barátjának ennyit mondott erről: „Az egész komédia kezdett unalmassá válni”. Akkoriban olvasta az óriási hírnévvel rendelkező Henri Poincaré, francia matematikus könyvét, amely három fő megoldatlan problémát jelölt meg a tudományban. Az első a „fényelektromos hatással” volt kapcsolatos: hogyan lök ki az ultraibolya sugárzás elektronokat egy darab fém felszínéről? A második a „Brown-mozgást” érintette: miért mozognak a vízben lebegő pollenrészecskék egy véletlenszerű cikkcakk mintázat szerint? A harmadik a „fényvivő éterről” szólt, melynek ki kell töltenie az összes teret, és olyan közegül kell szolgálnia, amelyen át a fényhullámok úgy áramlanak, ahogy a hanghullámok a levegőn, vagy az óceán hullámai a vízen keresztül. Vajon miért nem sikerült kísérletileg kimutatni a Földnek ezen az éteren való áthaladását?

E problémák mindegyikében ott volt a lehetőség, hogy feltárul az, amiről Einstein úgy vélte: a természet alapját képező egyszerűség. Egymagában, a tudományos közösségen kívül dolgozva az ismeretlen, ifjú hivatalnoknak rövid idő alatt mindhárom problémát sikerült elintéznie. Megoldásait négy, 1905 márciusában, áprilisában, júniusában és júliusában írt tanulmány mutatta be. A fényelektromos hatásról szóló márciusi dolgozatában levonta a következtetést: a fény diszkrét részecskék formájában érkezik. Ezeket később fotonoknak nevezték el. Az áprilisi és a májusi írás egyszer s mindenkorra igazolta az atomok valóságát, elméleti becslést adott a méretükről, és megmutatta, hogy ütközéseik hogyan hozzák létre a Brown-mozgást. Az éter-problémáról szóló júniusai tanulmányában Einstein ismertette relativitáselméletét. Majd szeptemberben – egyfajta ráadás-ként – közzétett egy három oldalas írást minden idők leghíresebb egyenletével, az  $E = mc^2$ -el.

Mind a négy művét némileg mágikusnak találták; felforgattak bizonyos, a fizikusok világában mélyen rögzült meggyőződések. Azonban tárgykör és merészség tekintetében Einstein júniusi írása kiemelkedett a többi közül. Harminc rövid oldalon teljesen újraírta a fizika törvényeit. Két szigorú elvvel kezdte. Először is, a fizika törvényei abszolútak: ugyanazoknak a törvényeknek kell érvényesnek lenniük minden megfigyelő számára. Másodszor, a fény sebessége abszolút; az is minden megfigyelő számára ugyanaz. A második alapelv, bár kevésbé nyilvánvaló, ugyanazt a logikát követi. Mivel a fény elektromágneses hullám (ezt a XIX. század óta tudták), sebességét az elektromágnesség törvényei rögzítik; ezeknek a törvényeknek minden megfigyelő számára ugyanazoknak kell lenniük; ezért mindenkinek úgy kell látnia, hogy a fény azonos sebességgel mozog, függetlenül az ő referenciakeretétől. Valójában Einsteintől nagy merészség volt, hogy ilyen elvet hangoztatott a fényről, mivel ennek következményei tökéletesen abszurdnak tűntek.

Az életszerűség kedvéért tegyük fel, hogy a fénysebesség óránként száz mérföld. Most képzeljük el, hogy én az út szélén állok, és azt látom, hogy egy fénysugár ezzel a sebességgel halad. Aztán látom, hogy te üldözőbe veszed ezt egy hatvan mérföld per perccel haladó autóval. Számomra úgy tűnik, hogy a fénysugár óránként negyven mérfölddel előz meg téged. De neked a kocsi belsejéből azt kell látnod, hogy a sugár óránként száz mérfölddel hagy le, ahogyan akkor is ezt látnád, ha állnál: ezt követeli meg a fény elve. Mi van, ha bedurrantod a motort, és a sebességed óránként kilencvenkilenc mérföldre nő? Most azt látom, hogy a fénysugár csak egy mérföld per órával jár előtted. Mégis, az autó belsejéből számodra úgy tűnik, hogy a sugár, megnövekedett sebességed ellenére, továbbra is óránként száz mérfölddel hagy le. Hogy lehet ez? A sebesség természetesen a távolság osztva az idővel. Nyilvánvaló, hogy minél gyorsabban mész az autóval, annál rövidebb lesz a vonalzód, és annál lassabban ketyeg az órad az enyémhez képest. Ez az egyetlen mód arra, hogy továbbra is egyetértsünk a fény sebességéről. (Ha kihúzok egy távcsövet, és azon át nézem a felgyorsult autodat, azt látom, hogy a hossza lerövidül, és te lassan mozogsz benne.) Einstein tehát nekilátott, hogy a fentieknek megfelelően átdolgozza a fizika törvényeit. Hogy e törvények abszolútak lehessenek, a teret és az időt tette relatívvá.