

## Javaslatok a villámgyömb megfigyelésére vagy előállítására

Mindenekelőtt meg kell figyelni vagy elő kell állítani a hidrodinamikai örvénygyűrűt. Ehhez a következő kísérleteket kell elvégezni:

1. Az elektromos kisülést hirtelen kell lefékezni, ami egy nagy csattanással jár. A villám merőlegesen csap le egy kiterjedt sík felületre, ahol a földben nagy fémrács van elhelyezve.

2. Az örvénygyűrűt fel kell szakítani az egyik irányban egy nem vezető (szigetelő) akadály elhelyezésével.

3. Az örvénygyűrű megfigyeléséhez közel 2 másodperc áll rendelkezésre. A megfigyelés végezhető infravörös kamerával, a Schlieren-féle optikai módszerrel vagy lézer-anemometriával. Így később a villámgyömb megfigyelése is lehetővé válik.

A fenti kísérletek – kisebb méretekben – valószínűleg laboratóriumban is elvégezhetők.

## Zárszó

A Természet féltve őrzi az ő gyönyörű villámgyömbjét. Csak akkor mutatja azt meg nekünk, ha már más kiutat nem talál.

## Irodalom

1. J.D. BARRY: *Ball Lightning and Bead Lightning: Extreme Forms of Atmospheric Electricity* – Plenum Press, 1980
2. K. BERGER: *Kugelblitz und Blitzforschung* – Naturwissenschaften 60 (1973) 485
3. G. DIJKHUIS, J. PIJPELINK: *Performance of high voltage test facility. Science of Ball Lightning* – First Intern. Symp. on Ball Lightning, Tokyo, 1988, Word Scientific Publ. 1989, p. 337
4. GY. EGELY: *Hungarian Ball Lightning Observations* – Hungarian Academy of Science, KFKI, 1987

5. M.S. HOWE: *Theory of Vortex Sound* – Cambridge Univ. Press, 2003, p. 91
6. K. KAHLER: *Die Elektrizität der Gewitter* – Sammlung Borntraege, Band 3 (1924)
7. P. KAPITZA – Dokl. Acad. Nauk, USSR, 101 (1955) 245–248
8. H. KIKUCHI: *Ball Lightning, Handbook of Atmospheric Electrodynamics, Vol. 1* – ed. Volland, H., CRC Press, 1995, p. 167–187
9. P. KOLOC: *The Plasma Configuration and Ball Lightning* – In: *Science of Ball Lightning*, ed. Y. Ohtsuki, Japan, Word Scientific Publ., 1989, p. 289–309
10. V. KOPIEV: *Theory of Vortex Ring Noise* – In: *Advances in Aeroacoustics*, ed. J. Anthoine, C. Schram, Karman Institute for Fluid Dynamics, 2001, p. 10, Fig. 8
11. J. LINGEMANN, G. PREMINGER: *New Developments in the Management of Urolithiasis* – Igaku-Shoin Press, 1996, p. 29
12. L. LOEB: *Static electrification* – Berlin, Springer, 1958
13. R. MUHLEISEN, H. FISCHER: *Elektrische Aufladung von Hubschraubern* – Bonn, 1978, Forschungsbericht aus der Wehrtechnik: BMWg-FBWT 78-7
14. K. NICKEL: *A fluid dynamical model for ball lightning* – ed. Y. Ohtsuki, 1988, p. 156; *The Lifetime of Hill's Vortex* – Word Scientific Publ. Press, 1988, p. 177
15. Proc. of First Intern. Symp. on Ball Lightning, ed. Y. Ohtsuki, in: *Science of Ball Lightning*, Tokyo, 1988, Word Scientific Publ., 1989
16. Proc. of 5th Intern. Symp. on Ball Lightning, 1997, ed. Y. Ohtsuki, Tsugawa, Japan, 1997
17. V. RAKOV, M. UMANN: *Lightning Physics and Effects* – Cambridge Univ. Press, 2003
18. M. SANDULOVICIU, ET AL.: *Ball lightning like structures formed under controllable laboratory conditions* – Proc. of 5th Intern. Symp. on Ball Lightning, Tsugawa, Japan, (1997) p. 170–75
19. S. SINGER: *The Nature of Ball Lightning* – Plenum Press, New York, 1971
20. M. STENHOFF: *Ball Lightning. An unsolved problem in atmospheric physics* – Kluwer Acad. Plenum Publ., 1999
21. S. STEPANOV: *On the Energy of Ball Lightning* – Proc. of 5th Intern. Symp. on Ball Lightning, Tsugawa, Japan, 1997, p. 61–62
22. S. STEPANOV, ET AL.: *Electric Machine in Ball Lightning* – Proc. of 5th Symp. on Ball Lightning, Tsugawa, Japan, 1997, p. 183–187
23. K. SUSLICK: *Die chemischen Wirkungen von Ultraschall* – Spektrum der Wissenschaft, Apr. 1989, p. 60–66
24. A. VLASOV: *A ball lightning is a natural nuclear reactor?* – Proc. of 5th Symp. on Ball Lightning, 1997, p. 75–79
25. H. VOLLAND (ed.): *Handbook of Atmospheric Electrodynamics, Vol. 1.* – CRC Press, London, 1995

# EGY MEGKÉSETT ÉBREDÉS: GÖDEL A FIZIKÁBAN

Jáki Szaniszló

Seton Hall University, South Orange, New Jersey

Ha valaki későn ébred fel reggel, általában nem alszik el újra, vagy nem kezd el szundikálni. Úgy tűnik, ennek az

---

Jáki Szaniszló bencés pap 1924-ben született Győrben. A győri bencés gimnázium elvégzése után 1942-ben lett a rend tagja. Teológiai tanulmányokra a rend Rómába küldte, ahol 1950-ben doktorált teológiából. Mivel politikai okokból nem térhetett haza, az Egyesült Államokba ment, ahol különböző egyetemeken teológiát tanított. Egy gégeműtét, amely évekig megakadályozta abban, hogy tanítson, alkalmat kínált számára, hogy fizikával foglalkozzék. Victor Hessnek, a kozmikus sugárzás felfedezőjének vezetése alatt 1957-ben New Yorkban fizikából is doktorált. Jelenleg a Seton Hall Egyetem (South Orange, New Jersey) tanára. Az elmúlt harmincöt évben tudománytörténettel és tudományfilozófiával foglalkozott. Vendégprofesszor volt Amerika, Európa és Ausztrália számos egyetemén. 1970-ben a Lecomte du Nouy-díjjal, 1987-ben pedig a Templeton-díjjal tüntették ki műveiért. 1990-ben a Pápai Tudományos Akadémia tagjává választották. Az írást angolból fordította: *Hetesi Zsolt*.

ellenkezője valósult meg egy nagyon késői ráébredésben, nevezetesen hogy mi jelentősége van a fizikában Gödel matematikai nemteljességi tételének. Mégis, ennek a ráébredésnek több szempontból is nagy fontossággal kellett volna bírni. Először is *Hawking* professzor kimagasló státusa miatt, aki mindig nagy hallgatóságot vonz, bármikor is beszéljen nyilvános fórumon. Aztán pedig, egy beszéd, mely a *Gödel és a fizika vége* címet viseli, elég provokatívnak kellene, hogy tűnjön. Valamint a találkozó, ahol a beszéd elhangzott, szintén elég rangos volt. *Dirac* születésének századik évfordulójáról van szó, melyet a Cambridge-i Egyetem Matematikai Tudományok Központjában tartottak 2002. július 23-án.

Mindezeknek meg kellett volna zsongítani a fizikusok világát, de ez nem történt meg, habár Hawking előadásá-

nak szövege letölthető az internetről.<sup>1</sup> A fizikusok reakciójának hiánya részben azzal magyarázható, hogy legtöbbjük nagyon speciális problémákon dolgozik. Ezek a problémák megoldhatók bármilyen utalás nélkül azokra az elméletekre, melyek a mindent felölelő elmélet igényével lépnek fel, vagy legalábbis nagy lépést tesznek e cél felé. De még ha a legtöbb fizikus közömbös is marad, a tudományos újságírók vagy legalább néhányan közülük, akik gyakran megemlítik, ami említésre méltó, biztosan úgy találnák, hogy legalább a vezető fizikusok szava tele van a legváratlanabb újdonságokkal.

De ilyen utalás nem található abban a cikkben, amely a *The New Scientist*, egy a tudomány legfrissebb eredményeit tartalmazó folyóirat 2003. április 5-i számában jelent meg. Biztos, hogy ha valami említésre méltó történet volna abban a hét hónapban, mely Hawking beszéde óta eltelt, azt megemlégették volna ebben a számban, melynek címlapján a következő két felirat utalt a cikkre: ISTEN ELMÉJE ÉS HAWKING EPIFÁNIÁJA. Sokkal helyénvalóbb lett volna a következőt kiírni: HAWKING KÉSEI ÉBREDÉSE, vagy MÉRT SZUNDIKÁLT HAWKING ILYEN SOKÁIG?, vagy HAWKING VÉGRE FELÉBREDT!. Vagy az igen pozitív jelentésű „epifánia” szó helyett ezt a kijózanító kifejezést írni: KIJÓZANODÁS.

Kétségtelenül szükség volt valamiféle kijózanodásra. A *The New Scientist*-beli cikk, melynek *M. Brooks* a szerzője, és *The Impossible Puzzle* (A lehetetlen talány) a valódi címe, egy komoly emlékeztetővel kezdődött: „Tizenöt évvel korábban Hawking, *Az idő rövid története* című könyvében igényt tartott arra annak lehetőségére, hogy kidolgozható egy végső elmélet a fizikában, mely elérhetővé tenné számunkra »Isten elméjének« ismeretét.” Brooks nem tette fel a kérdést, hogy vajon Hawkingnak valóban tizenöt évre volt szüksége ahhoz, hogy észrevegye egy ilyen várakozás illuzórikus voltát. Még többször tizenöt év sem elegendő rendbe jönni egy elmének, melynek egy olyan primitív képe van csak Istenről, mely engedve az önhittségnek vallja, hogy Isten gondolatai valaha is olvashatók lesznek egy egyszerű halandó számára. De sokkal azelőtt, hogy az a tizenöt év kezdetét vette volna, Hawkingnak és a többi fizikusnak észre kellett volna venni, hogy nem szükséges specialistának lenni a fekete lyukak fizikájában ahhoz, hogy felfogják annak a tételnek a jelentőségét, melyet Gödel fogalmazott meg 1930-ban.

Mindenesetre forrását Hawking ébredésének a fekete lyukak fizikájáról folytatott megfontolásaiban jelöli meg. Az információt vagy számolható adatmennyiségét arányosnak találta a fekete lyuk határfelületével, mely eltűnik, amikor a fekete lyuk összehúzódik egy pontba, ahol az anyagsűrűség végtelenné válik. De, ahogy látható lesz ebben a cikkben, a fizikusnak nem kell elképzelnie fekete lyukakat, vagy bármi mást a fizika legújabb elméleteiből ahhoz, hogy felfogja: nincs fizikai elmélet, mégoly átfogó is, mely végső lehetne.

Az ilyen elméletekre törekvő fizikusoknak komoly intelmet kellett volna találni, attól kezdve, hogy Gödel felolvasta írását a Bécsi Matematikai Társaság ülésén 1930. november 24-én. Az írás fontosnak kellett, hogy

<sup>1</sup> Ogg orbis formátumban (\*.ogg)

tűnjön, leginkább címe alapján: *Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme I*, vagyis *A Principia Mathematica és a kapcsolódó I Rendszerek formálisan eldönthetetlen állításai*. A cím nem kevesebbet vetett fel, mint azt, hogy komoly hiányosság van a matematika főrangos három kötetes axiomatizálásában, melyet *Whitehead* és *Russel* publikált 1910 és 1931 között. De november 24-én Gödel írása már egy hete a *Monatshefte für Mathematik und Physik* szerkesztői előtt volt, akik gyorsan ki is adták azt, a következő számban: 38. kötet, 1931, 173–198. o. Mivel a *Monatshefte* havi kiadású matematikai és fizikai folyóirat volt, és matematikából és fizikából egyaránt közölt cikket, fizikusok és matematikusok egyaránt olvasták.

A cikk nem lehetett könnyű olvasmány a legtöbb fizikus, de még sok matematikus számára sem. Am az írás lényege hamarosan beszédtemává kezdett válni, legalábbis néhány vezető matematikus körében. Gödel cikkében az volt megadva, hogy nem lehetséges elérni a matematikának egy olyan axiomatizálását, mely magában foglalja saját következetességének bizonyosságát. Ebből kifolyólag bármely elmélet a fizikában, amely a matematika triviális formájánál többet tartalmazott, Gödel tételének megszorítása alá esett. Sokkal azelőtt, hogy a fekete lyukak feltűntek a fizikusok horizontján, a fizika már erősen matematikai jellegű volt. Valójában sok fizikus azt a – pozitivistá – nézetet vallotta a fizikáról, hogy a fizika csupán az adatok és mérések matematikai összerendezése.

Ezért amikor Hawking rámutatott a fizika pozitivistá nézőpontjára, mint annak a problémának a távoli eredetére, mellyel foglalkozott, valójában beleértette – bár akaratlanul –, hogy az így kapható probléma figyelmen kívül hagyható a fekete lyukak elképzelése szempontjából. Ezért, és ismételtén Hawking ellenében, a probléma nem származtatható a határozatlansági elvből, mely nem enged meg precíz méréseket a fizikában, és így kizár egy végső elméletet is. Hawking ezután felsorolta azokat a főbb modern törekvéseket, melyek a fizika főbb ágait egy végső elméletbe kívánják egyesíteni. Ezek pedig az elektromágneses kölcsönhatás, a szupergravitáció, az alapvető részecskék standard modellje, a QCD vagy kvantum-szindinamika, a húrelmélet, és végül a minden dolgok elmélete (Theory of Everything) együtt ennek sarjával, az M-teóriával. Az M-teória fogalmi ellentmondásossága Hawking szerint analóg azzal a problémával, melyet Gödel mutatott ki híres dolgozatában. Más szavakkal, Hawkingnak két elképzelése is van kezdőpontként bevezetni Gödel tételét, de világos, hogy egyikhez sem volt szüksége arra, hogy felfogja ennek a tételnek a jelentőségét a fizikában.

Tekintet nélkül arra, hogy milyen jelentést tulajdonítunk a „pozitivistá” szónak, nem nehéz észrevenni, hogy – Hawkingot idézve – „egy fizikai elmélet egy matematikai modell”. Az is nyilvánvaló kell legyen, hogy minél fejlettebb egy fizikai elmélet, annál több matematikát tartalmaz és annál előrehaladottabb matematikailag. Ebből már könnyen következik a Gödel-tétel és a fizika kapcsolatának alapja. Amennyiben Gödel tétele azt állítja, hogy nincsenek olyan nem triviális aritmetikus állításokat tartalmazó rendszerek, melyek saját konzisztenciá-

jük bizonyosságát magukban hordják, minden matematikai rendszer e megszorítás alá esik, mert mind tartalmaz felsőbb matematikát, ami végül is egyszerű aritmetikán alapul. Ebből következik, hogy nem lehetséges végső fizikai elmélet, amely szükségszerűen igaz, legalábbis matematikai részében.

Ez eleminek és nyilvánvalónak látszik. Valakinek az az érzése támadhat, hogy pusztán arról van szó, hogy kettő meg kettő, az négy. Kellott volna bárkinek is várnia Hawking cikkére és annak hamis okfejtésére azért, hogy beláthassa és kikövetkeztesse a kapcsolatot? Hawking írása azt a benyomást kelti, hogy előtte senki sem következtette ki ezt a kapcsolatot. Pedig ezt már érthetően elvégezte valaki, 1966-ban és azóta többször is, nevezetesen ezen sorok írója. Feldolgozta ezt több oldalon keresztül *A fizika látóhatára* című könyvében, mely 1966-ban jelent meg a Chicago University Press kiadásában, *The Relevance of Physics* címen, majd 1970-ben újranyomták, noha több mint 600 oldal volt. Majd 1992-ben egy új kiadás látott napvilágot a Scottish Academic Press kiadásában. Magyarul először 1996-ban jelent meg, és ismét meg fog a 2004-es könyvnapon a Kairosz kiadásában.

Első publikációja után a *Látóhatárt* több mint száz különböző periodika ismertette. Egyik recenzió sem fűzött megjegyzést a 127–129. oldalakhoz a könyvben, ahol összeadtam azt a bizonyos kettőt meg kettőt, hogy úgy mondjam. Ez pusztán csak annyit mutat, hogy a legtöbb bíráló nem olvassa át figyelmesen a vizsgált könyvet, és némelyikük még csak végig sem olvassa, vagy csak azokat az oldalakat olvassa el, amelyek fontosnak tűnnek saját érdeklődése szempontjából.

Ennek egy tökéletes példája volt *Abdus Salam* áttekinthetése, aki tizenkét évvel később elnyerte a Nobel-díjat. Úgy tűnt, hogy csak a negyedik fejezet érdekelte, mely azoknak a reményeknek a hiábavalóságával foglalkozott, melyek szerint megtalálhatók az anyag végső rétegei, vagy a fundamentális részecskék valódi alapja. A könyvről általánosságban pusztán annyit jegyzett meg Abdus Salam, hogy szerzője szép stílusát olyanra pazarolta, amit mindenki tud, nevezetesen, hogy a fizika egy nyílt kutatási terület marad mindvégig.

Pedig én afelé érveltem a harmadik fejezet végén, hogy a fizika végső formáját célzó elvárások illuzórikusak, azaz egy olyan tény felé, amelyet a fizikusok, úgy látszik, nem ismernek. Érvem egy Gödel tételének egyfajta bemutatása, a matematika beépített nemteljességéről. Ezt az érvet soron következő könyveimben továbbfejlesztettem. Ezek közül az első a *The Road of Science and the Ways to God* cím alatt jelent meg, mely az Edinburgh Universityn 1975-ben és 1976-ban tartott Gifford-előadásaim szövege. A könyvet az University of Chicago Press adta ki az Egyesült Államokban, és a Scottish Academic Press Edinburgh-ben. Ismételtlen összefoglaltam Gödel tételét és a fizika kapcsolatát *Cosmos and Creator* című könyvemben (1980). Egy egész fejezetet szenteltem az érveknek *Gödel árnyéka* címmel egy előadássorozatban, melyet Oxfordban tartottam, 1988-ban. Az előadásokat a Scottish Academic Press adta ki *God and the Cosmologists* címmel, amely magyarul 1992-ben jelent meg, *Isten*

és a *kozmológusok* címmel. A Gödel-tétel ezen alkalmazását további két könyvemben is bemutattam. Az egyik filozófiai nézeteim szintézise, a *Means to Message* (1999), magyarul az *Eszközadta üzenet* (2002), a másik pedig szellemi önéletrajzom, az *A Mind's Matter: An Intellectual Autobiography* (2002), magyarul *Egy elme világa* (2003). Mindkettőt az Eerdmans adta ki, egy olyan kiadó, mely világszerte terjeszti könyveit.

Nem az itt a célom, hogy az elsőség kérdését eldöntsem, nem is szólva a „felfedezés” dicsőségéről. Valójában 1972 körül belebotlottam egy könyvbe, melyet az 1960-as évek elején adtak ki, és szerzője arra használta Gödel tételét, hogy egy végső fizikai elmélet ellen érveljen. Sajnos azóta sem jut eszembe, hogy mi volt a címe annak a könyvnek. Engedtessék meg, hogy folytassam tudománytörténeti feladatokat, akit különösen érdekel a prominens tudósok vaksága a nyilvánvalóra. Ez irányú érdeklődésem bizonyosságául szolgálnak monográfiáim a csillagászat történetével kapcsolatban, *The Paradox of Olbers' Paradox* (1969 és 2000), *The Milky Way: An Elusive Road for Science* (1976), és a *Planets and Planetarians: A History of Theories of the Origin of Planetary Systems* (1978). A vakság további bizonyítéka az, hogy a legkiemelkedőbb fizikusok – egyik a másik után – sem látták meg Gödel tételének fontosságát a fizikában.

Ezen fizikusok egyikének sem volt tudomása arról a hatásról, amelyet Gödel írása tett a matematikusokra. Ellentétben a klisével, a hatás nem olyan volt, mint egy hirtelen dráma. Ez könnyen kiolvasható *John W. Dawson Jr.* 1972-ben kiadott *Logical Dilemmas: The Life and Work of Kurt Gödel* könyvéből.<sup>2</sup> Mégis, a hatás mély volt, ha megvizsgáljuk a nagy matematikusok néhány fontos állítását. Egyikük, *David Hilbert* a Matematikusok Második Nemzetközi Kongresszusán, 1900-ban Párizsban feltette a költői kérdést: „*A minden probléma megoldhatóságának axiómája vajon egyedül a matematikai gondolkodás egy különleges jellemzője, vagy lehet, hogy egy általános törvény, mely az elme természetében rejlik, miszerint minden kérdés, amit feltesz, megválaszolhatatlan kell legyen?*”<sup>3</sup>

Nyilvánvalóan Hilbert remélte, hogy egy ilyen megoldás lehetséges. Ugyanazon a kongresszuson a nagy matematikus és elméleti fizikus *Henri Poincaré* kijelentette: „*Azt mondhatjuk, hogy az abszolút szigorúságot elérjük.*”<sup>4</sup> Évekkel később *Herman Weyl*, Hilbert egyik munkatársa felidézte az „*optimista várakozásokat*”,<sup>5</sup> ami Hilbert köreiben uralkodott. Weyl hangot adott valamiféle melodramatikus hangnemben annak is, hogy Gödel tétele elkezdett egy „*lelkesevést állandóan kimerítő*” szerepet játszani, azét a lelkesedését, mellyel ő is kezdte munkáját, és hogy ennek meglátása, annak a felismerésében

<sup>2</sup> Wellesley, MA: A.K. Peters. Dawson matematikaprofesszor a Pennsylvania State Universityn, New Yorkban. Lásd még *Gödel Remembered: Salzburg, 10–12 July 1983*, R. Gödel és mtsai, szerk. P. Weingartner, L. Schmetterer – Napoli, Bibliopolis, 1987

<sup>3</sup> DAWSON: *Logical Dilemmas* – 263. o.

<sup>4</sup> Uő. 47. o.

<sup>5</sup> H. WEYL: *Philosophy of Mathematics and Natural Sciences* – Princeton, Princeton University Press, 1949, 219. o.

részesítette, hogy „*más matematikusokkal együtt, akik nem közömbösebbek tudományos felfedezéseik jelentése iránt, ez kapcsolatban van az ember egész gondoskodásával, tudásával, szenvedéseivel és kreatív létezésével a világban.*”<sup>6</sup>

Hogy a vezető matematikusok és a matematikus világ miként fogadta Gödel tételét, az még további vizsgálatot igényelne. Nos, a matematikusok egy kis része meg lett fosztva legdédelgettebb álmaitól, és ez azért volt jelentős, mert a matematikus világnak ez a szelete jó néhány matematikust számlált, a legnagyobbak közül. Hogy miként reagált a matematikusok általános közössége, az egy eddig teljesen elhanyagolt történet. Éppúgy az elsőrangú fizikusok története is, akiknek ugyan kellett volna, de nem vették észre Gödel tételének következményeit legszebb álmaikra, és nem ébredtek rá erre a tényre, függetlenül attól, hogy találkoztak-e Gödellel személyesen, vagy sem. Némelyikük gyakran találkozott vele.

Az első ezek közül, akit meg kell említeni az *Einstein*, aki 1934-ben, Princetonban találkozott először Gödellel, ahol Gödel két évig vendégprofesszor volt. Ez akkor volt, amikor Einstein keményen dolgozott az Egyesített Térleméleten, ami még inkább szükségessé tette, hogy Einstein igénybe vegye egy matematikus szolgálatait. Ezzel az Egyesített Térlemélettel Einstein egy sokkal végsőbb elméletre gondolt, mint amilyen az általános relativitáselmélet volt. Ez utóbbiról egyszer később Einstein csipkelődve megjegyezte, hogy még maga az Úristen sem tudott volna jobbal előállni. 1954-ben Gödel állandó munkatárs lett a princetoni Institute for Advanced Studyban, és ott kollégája volt Einsteinnek. Ők ketten gyakran sétáltak együtt az Intézetbe és haza, és Einstein a legbuzgóbban „filozófiáról, fizikáról és politikáról” beszélt Gödellel e séták során. Ezt maga Einstein mondta *Ernst Strauss*-nak és *Carl Seelignek*, aki Einstein életrajzírója volt.<sup>7</sup> See-*lig* azt is állította, hogy Gödelnek nagyon negatív nézetei voltak Einstein végső céljairól. Ez mind nagyon sokatmondó.

Szemmel láthatóan azok a beszélgetések nem tartalmazták Gödel tételét és a fizika kapcsolatát. Mindenesetre Gödel tételét Einstein nem tárgyalja egyik jól ismert könyvében sem, mely a fizika és filozófia kapcsolatát tárgyalja, úgymint *Essays in Science, Ideas and Opinions of Albert Einstein*, és az *Out of My Later Years*. Az *Albert Einstein: Philosopher Scientist*hez való hozzájárulásában Gödel egyáltalán nem érinti, hogy Einstein egy végső elméletet keresett. Gödel maga nem kapcsolta össze nemteljességi tételét és a fizikát, annak ellenére, hogy 1951 körül jelentős kutatást végzett a kozmológiában. Ugyanez igaz Dawsonra is, aki beszámol Gödel kozmológiai munkájáról.<sup>8</sup>

Vagy vegyük *Schrödingert*, aki bár maga is bécsi volt, teljesen tudatlan tudott maradni Gödel tételével kapcsolatban. Ha Schrödinger gondolkodott volna róla, akkor talán nem minősítette volna a kvantumelméletet úgy,

hogy az „az Úr kvantummechanikája”. Lehet venni *Ed-dingtont* is, akinek posztumusz *Fundamental Theoryja* (1947) egyfajta foglalata volt annak a reménynek, hogy az valóban végső, fundamentális értelemben, ami nem más, mint matematikai. Akár itt, akár máshol nézzük, úgy tűnik, Eddington sem tudott Gödel tételéről.

Angliában a Gödel tételére való ráébredés egészen *Turingig* váratott magára, aki azt állította, hogy a mester-séges intelligencia gondolata nem ellentétes Gödel tételével. A kibontakozó viták szükségessé tették Gödel dolgozatának egy speciálisan gondos angol fordítását és kiadását, melyet *R. Meltzer* fordított, és *R.B. Braithwaite* előszavával jelent meg 1962-ben. Az előszóban Braithwaite röviden megemlíttette Gödel dolgozatának jelentőségét a matematika számára, felidézve, hogy a közönséges egész számok elmélete „*a matematika azon része, amely a legrégebbi a civilizáció történetében, és amelynek olyan gyakorlati fontossága van, hogy már a gyerekeket is jó sokat tanítjuk rá kicsi koruktól.*” Braithwaite így folytatja: „*Gödel volt az első, aki nem igazolt egyetlen korábban igazolatlan tételt sem az aritmetikában, mégis bizonyításának útja finomabb és mélyebb volt, mint az azelőtt alkalmazott matematikai eljárások. E tények mindegyike magasra kellene, hogy helyezze ezt a tanulmányt a matematika fejlődésében. De az volt a valóság, hogy az egész számokkal dolgozó aritmetika eme állítása, amelyről kimutatta, hogy eldönthetetlen, nagy botrányt okozott.*”<sup>9</sup> Nyilvánvalóan ez egy egészen más összefoglaló volt, mint Hawking nehézkes írása Gödel tanulmányáról. De ez az előszó nem tartalmazott ötletet a fizika számára.

Amint említettem, nem volt egyetlen figyelemre méltó reakció arra sem, amit Gödelről és a fizikáról írtam a *Látóbatárban*, mely először 1966-ban jelent meg. Tíz évvel a kiadás után tapasztaltam meg vezető fizikusok részéről felmutatott járatlanság egy megdöbbentő esetét Gödel dolgozatával kapcsolatban. Az alkalom a Gustav Adolphus College Minnesota Nobel-konferenciája volt 1976 októberében, ahol egy hatos panel tagja voltam. A másik öt ember *Fred Hoyle*, *Victor Weisskopf*, *Steven Weinberg*, *Murray Gell-Mann* és *Hilary Putnam* volt. Gell-Mann az alapvető részecskék standard elméletéről beszélt. Beszédében biztosította a kétezres hallgatóságot, hogy három hónapon belül – de három éven belül biztosan – elő tud állni az alapvető részecskék végső elméletével.

A beszéd után az első szó a panel tagjaié volt. Amikor én kerültem sorra, megemlítettem Gell-Mann-nak, hogy még ha formába is önt egy ilyen végső elméletet, nem lehet soha biztos benne, hogy az valóban a végső. Erre elég dühösen visszakiáltott: „*Miért nem?*” „*Gödel tétele miatt*” – feleltem. „*Kinek a tétele?*” – kérdezett újra. Megismételtem: „*Gödel tétele*”. Aztán betűznöm kellett Gödel nevét, akiről Gell-Mann, úgy látszik, előzőleg nem hallott.

Úgy tűnik, hogy Weinberg, Weisskopf és Hoyle is akkor hallott először Gödel tételéről. Egy hónappal később egy előadást tartottam *Olbers* paradoxonáról és kozmológiáról a Boston Universityn, és megemlítettem Gö-

<sup>6</sup> Uo. 219. o.

<sup>7</sup> *Logical Dilemmas* – 176. o.

<sup>8</sup> DAWSON: *Philosophy and Cosmology* – 9. fejezet, 173–192. o.

<sup>9</sup> KURT GÖDEL: *On Formally Undecidable Propositions of Principia Mathematica and Related Systems* – ford. B. Meltzer, R.B. Braithwaite előszavával, Edinburgh, Oliver & Boyd, 1962, 4. o.

del tételét. Az előadás után hozzám sétált valaki, és azt mondta, hogy én pusztán megismételtem, amit ő egy hete már hallott egy előadáson, amit Gell-Mann tartott Chicagóban. Ott, hivatkozva Gödel tételére, Gell-Mann figyelmeztetett, hogy az alapvető részecskék végső elméletét nem lehet formulákba önteni. Gell-Mann tévedett. Egy ilyen elméletet ki lehet éppen dolgozni, de ha kész, senki sem tudhatja pontosan, hogy vajon az-e a végső elmélet.

Majdnem húsz évvel később Gell-Mann kiadta a *The Quark and the Jaguar* című könyvét, melynek tárgya több lehetőséget kínált szerzőjének, hogy beszéljen Gödel tételéről, de nem tette. *The Final Theory* című könyvében Weinberg sem utal Gödelre. Pusztán csak azt állítja, hogy egy fizikus sosem lehet biztos abban, hogy az összes kísérleti adat rendelkezésére áll megoldásához. Weisskopf sosem érdeklődött filozófiai kérdések iránt, és biztosan nem a *The Privilege of Being a Physicist* című munkájában. Ami Hoyle-t illeti, ő marad a leghangosabb ateista a tudományos közösségben.

Említhetnék más neveket is. *Roger Penrose*-ét például, aki *A császár új elméje* szerzője, és több mint három oldalon foglalkozik Gödel tételével.<sup>10</sup> De nem említi meg annak jelentőségét a fizikában, habár végül is a kvantumelmélet egy még ismeretlen formájáról töpreng, azért, hogy kijelenthesse egy végső elmélet lehetőségességét. Aztán ott van a *The End of Science* című könyv, melyet *John Horgan* írt, a *Scientific American* stábjának egy idősebb tagja. A könyv annak deklarációjával kezdődik, hogy „Gödel tétele meggátol bennünket abban a lehetőségben, hogy felépítsük a fizikai valóság komplett, konzisztens leírását.”<sup>11</sup> Ez természetesen nem az, amit a tétel meggátol. Sokatmondó, hogy a könyv nem tartalmaz utalást a tételre, amikor a végső elmélet tárgyköre felbukkan. Horgan túl nyegle ahhoz, hogy észrevegyen valami szembeötlőt, amikor idézi *M. Feigenbaum*-ot, aki szerint sok fizikus „kedveli a végső elméletek ideáját, mert vallásos. És úgy használják, mint Isten helyettesítését, akiben nem hisznek. De épp most teremtettek egy pótléket.”<sup>12</sup> Nos, a pótléknak sem lesz más sorsa, mint a szobornak arany fejjel, ezüst mellkassal, vaslábakkal és agyagtalppal, ahogy *Nebukadnezár* egyszer látta. Ez alkalommal a követ, mely arra van rendelve, hogy elpusztítsa a szobrot, az emberi elme hajította el, lelkesedve az okság törvényeiért.

A hallgatás Gödelről és Hawkingról majdnem fültéppő abban a riportban, amely a *One Cosmic Question, Too Many Answers* (Egy kozmológiai kérdés, túl sok válasz) címmel jelent meg 2003. szeptember 2-án a *New York Times*-ban. A riportban egy tucat vezető kozmológust kérdezett meg *Dennis Overby*, a *Theory of Everything* (Minden Dolgok Elmélete) kapcsán. Nem ok nélkül, a riport az elméletet úgy vezeti be, mint egy választ Einstein csodálkozására, miszerint vajon „Istennek volt-e válasza, amikor teremtette a világot?”. Aztán a riport

megjegyzí, hogy Einstein „kedvenc álma volt, hogy a válasz nem”. Amikor a tudósokat kérdezte, egyikük, *David Gross*, a Kavli Institute (Santa Barbara) igazgatója azt állította, hogy ő teljesen Einstein-párti a „tudomány végső céljára való tekintettel”. Ez a cél pedig egy elmélet, mely félreérthetetlenül előrejelzi a fizikai univerzum összes állandóját, úgy hogy az univerzum olyan entitásként jelenik meg, ami épp olyan, mint amilyennek lennie kell, és nem lehet más. *Gross* valójában amellet érvelt, hogy a fizikai világ alapvető paramétereinek esetlegesek. Más szavakkal, egy ilyen elmélet kizárja annak a lehetőségét, hogy az univerzum esetleges, azaz létezése egy rajta kívül álló faktortól függ. Figyelembe véve az univerzum mindent felölelő természetét, egy ilyen faktor nem lehet egy másik univerzum, csak az a létező, akit hagyományosan Istennek vagy a Teremtőnek hívnak. A riport nem tett kivételt a stanfordi *Leonard Susskin* állításával sem, miszerint sem Isten, sem az Univerzum nem teremti a lehetőséget, csak az élet. De milyen az az élet, amely véletlenül teremti a világot?

A riport kiaknázatlanul hagyja *Max Tregmark* (University of Pennsylvania) véleményét, miszerint a Theory of Everything lassan haldoklik. Valójában soha még csak meg sem születhetett volna 1984-ben, ha alkotói – *John Schwartz* a Caltechről és *Michael Green*, aki jelenleg Cambridge-ben dolgozik – gondoltak volna Gödel tételére. Arra a tételre, amely, ahogy *Hawking* megjegyzí, véget vet a fizika olyan művelésének, melynek legfőbb célja egy végső elmélet. Ahogy valaki megjegyezheti, ez a tétel teljesen nyitva hagyja azt a kérdést, hogy vajon Isten teremtette-e a világot vagy sem, és hogy vajon Isten szabadon teremtette-e vagy sem. Gödel tétele biztosan szembehelyezkedik bármilyen arra vonatkozó törekvés kialakulásával, ami tekintettel a fizikára, egy ellenvetés az univerzum esetlegességével szemben.

Gödel maga megőrzött valamit gyermekkorának istenhitéből. Erős megvetést érzett a materialista pozitívizmussal szemben, és látta, hogy tétele elsöprő fegyver ellene. Bizonyára, egy olyan Isten gondolata, aki szabadon képes teremteni egy univerzumot a végtelen sok lehetséges közül, nem állt távol Gödel gondolkodásától. Ezért belső ösztönzést kellett volna találnia, hogy összekapcsolja a fizikát tételével. Ezért van abban valami rejtélyes, hogy nem vette észre, hogy tétele a bizonyíték, miszerint senki sem fordíthatja a fizikát érvként az univerzum esetlegessége ellen.

Itt rejlik a fizikában Gödel tételének végső hozama. Nem jelenti a fizika végét. Csak a lélekharangot jelenti azon az erőfeszítések felett, amelyek egy végső elméletet céloznak meg, amely szerint a fizikai világ olyan, amilyen, és nem lehet más. Gödel tétele nem jelenti azt, hogy fizikusok nem képesek előállni a „Theory of Everything”-gel, vagy röviden, a TOE-vel. Rátalálhatnak egy elméletre, amelyik abban a pillanatban formulái segítségével magyarázatot ad minden ismert fizikai jelenségre. De Gödel tétele értelmében egy ilyen elmélet nem tartható olyasminek, ami szükségképpen igaz. Eltekintve Gödel tételétől, egy ilyen elmélet nem tudja garantálni, hogy a jövőben semmi alapvetően újat sem fedezhetnek fel a fizikai univerzumban, ami egy új végső elméletet igényel, és így

<sup>10</sup> New York, Oxford University Press, 1989, 105–108. o.

<sup>11</sup> Reading Mass, Helix Books, 1996, 6. o.

<sup>12</sup> Uo. 22. o.

tovább. A végtelenbe szaladás nem válasz egy kérdésre, amely állandóan újra kiváltja magát minden válasszal.

Gödel tétele többek között azt jelenti, hogy a fizikus, aki Isten gondolatainak olvasását tűzi ki célul, nem fog sikerrel járni, mert először is saját gondolataiban sem tud olvasni. Egy fizikus, aki könyvet ír *The Mind of God*<sup>13</sup>

<sup>13</sup> New York, Simon and Schuster, 1992. Lásd a 101–103. o., Davies beszámolóját Gödel tételével kapcsolatban, amelyben látszik, hogy Davies nem látta meg annak jelentőségét a fizika végső elméleteire, amikor elemzi őket (166–167. o.). Azt az értelmezést veszi, alátámasztandó egy nézetet, miszerint a fizikai világot felfogni képes emberi értelem eleve homályosságra van ítélve. A szerző, akit idéz ennek alátámasztására, egy evangélikus teológus, akinek a vallása alapján érzelmekek dolga.

(Isten gondolatai) címmel, csak sajnálat tárgya lehet, és nem egy jelentőségteljes díj átvevője, amelyet a vallás előmozdításáért kapott. Gödel tétele komoly biztosíték marad minden fizikus számára, hogy elméjük mindig ki lesz téve új problémák kihívásának. A logikusok felelősségével azt is tudniuk kell tehát, hogy mit gondoljanak azokról a törekvésekről, melyek le akarják vezetni a fizika nagyon is specifikus állandóit nemspecifikus megfontolásokból. Ameddig a matematikusok számokkal dolgoznak, addig minden át marad itatva a specifikussággal, és minden felidézi a kérdést: Miért ilyen és miért nem más? Ez az a kérdés, amelyik ébren tartja az elmét, vagy inkább felrázza azt, és nem hagyja elszundítani.

## MEGEMLÉKEZÉSEK

### NEUGEBAUER TIBOR, 1904–1977

Az utóbbi néhány évben centenáriumi konferenciákon és tudománytörténeti tanulmányokban részletesen ismertettük a fizika bálmulatos fejlődését a huszadik század első három évtizedében. Csak felvillantásszerűen említtem meg a kvantumhipotézist, a fény részecskeszerű sajátosságát tükröző fényelektromos jelenséget a kvantumos magyarázatával, a hidrogénatom Bohr-elméletét, a speciális és az általános relativitás elméletét, és végül a mindezek betetőzését jelentő kvantummechanikát. A fizika egész huszadik századi fejlődése egy diadalmenet. Az első három évtized abban emelkedik ki mégis, hogy a radikálisan új fogalmak és elméletek ekkor még szinte istenkáromlónak hatottak a régi, klasszikus fogalomvilágon nevelkedett vezető fizikusok körében is. Általában jellemző, hogy a fiatalabbak merészebbek voltak az új fogalmak bevezetésével. A már tekintélyes, nemzetközileg is elismert tudósok körében nehezebben nyertek elfogadást az új nézetek. Elég ebben a vonatkozásban *Planck*ot említeni, aki az általa bevezetett kvantumhipotézist sokáig munkahipotézisnek gondolta, és az elektromágneses sugárzás energiáját a valóságban folytonosnak tekintette. Több évi próbálkozás után látta be, hogy a hatáskvantumban egy az eddigiektől merőben eltérő, valami új jelentkezik. A majdnem egy század távlatából visszatekintve, szerencsésnek tekinthetjük azt a fiatalot, aki ebben a korban kezdett ismerkedni a természet igen gazdag jelenségeit értelmezni, magyarázni tudó vagy éppen megpróbáló tudományokkal. *Neugebauer Tibor* ilyen szerencsés fiatal volt. Már egyetemi diákéveiben tapasztalhatta a fizika új fogalomvilágának az eddigiektől merőben eltérő alakulását. Ezt megelőzően, nemrég került a Budapesti Egyetem Elméleti Fizikai Tanszékének élére *Ortvay Rudolf*, aki fogékony volt a fizika akkor forrongó átalakulására. *Arnold Sommerfeld*nél tett hosszabb tanulmányútja során a kor egyik vezető fizikusától, magától Sommerfeldtől értesülhetett a legújabb fejleményekről. Ennek köszönhetően a kvantumelmélet a budapesti

egyetemen, sok európai egyetemet megelőzve, az egyetemi előadások sorába lépett. Ebben Ortvaynak elévülhetetlen érdemei vannak. Ezt azért illik itt is megemlíteni, mert őelőtte az elméleti fizika oktatása a budapesti egyetemen több évtizeddel elmaradt a nemzetközi élvonaltól. Kirívó példa erre, hogy elődje, *Fröblich Izidor* még az elektromágnesség Maxwell-elméletét sem tanította, pedig ekkor már a relativitáselmélet is elfogadott volt a kísérletek megerősítése révén.

A sors nagyszerű ajándéka, hogy Neugebauer Tibor Ortvay mellé kerülve, mindjárt az egyetem elvégzése után bekapcsolódhatott a fizika forradalmának minősített átalakulásába. Sőt, később alkotó részese lehetett az új fizika megerősítésének, az atom- és molekulafizikai alkalmazások egész sorának gondos elméleti számításaival. A bevezetésben már említett konferenciákra készülve, az erre a korra vonatkozó fizikai szakirodalmat és az akkori viták írásban rögzített anyagát tanulmányozva, valami egészen szenzációsnak éreztem a légkört, amelyben a korszak vezető fizikusai éltek. Megjegyzem, hogy nekünk, akik a paritássértés felfedezését követő években hasonló érzésben lehetett részünk, nem nehéz ezt elképzelnünk. Az érdeklődő olvasónak nagy élvezetet jelenthet a Solvay-konferenciákról szóló ismertetőik olvasása.

A kvantumelmélet új eredményei, a klasszikustól eltérő jóslatai, természetszerűen akkor váltak elfogadottakká, amikor azokat a tapasztalat is igazolta. Ehhez az elmélet alkalmazásainak a kidolgozására volt szükség. Neugebauer Tibor maradandó tudományos érdeme és alkotó nagysága ebben mutatkozott meg először. A kvantummechanika megszületése után néhány évvel, egészen fiatalon nemzetközi hírű tudósokkal egyenrangúan kezdett foglalkozni az elmélet konkrét alkalmazásaival. Sok tudományos közleményben elsőként adott a tapasztalattal egyező magyarázatot számos molekula kémiai sajátosságaira, kristályszerkezetére, polarizációs és mágneses tulajdonságaira. Dolgozataira a legtekintélyesebb szakmai lapokban