

Jim Al-Khalili: A fizika evangéliuma. Libri, 2022; ISBN: 9789634337447

„Isten így szólt Ábrahámhoz: – Ha én nem lennék, te nem lennél itt.
– Tudom, Uram – válaszolta Ábrahám –, de ha én nem lennék, senki nem gondolna Rád.”
Timothy Ferris: A világmindenség – Mai kozmológiai elméletek – Typotex, 2005

„*Nature, and Nature’s Laws lay hid in Night. God said. Let Newton be! And All was Light.*” –
Alexander Pope
(Saját fordításban: A természet és törvényei az éjben rejtettek.
Az Úr szólt, legyen Newton! S minden fénybe borult.)”

„*Amit megfigyelünk, nem maga a természet, hanem a kérdésfeltevésünknek alávetett természet*” – *Werner Heisenberg*

Alaptétel: „Miközben egyfelől kijelenthetjük, hogy a fizika a tér és idő legkisebb és legnagyobb tartományaiban is lehetővé teszi a világegyetem megismerését is, ugyanilyen figyelemreméltónak tartom azoknak a fizikai törvényeknek a felfedezését, amelyek mindezekben a tartományokban egységesen érvényesek. Önök talán nem lepődnek meg ezen, mert természetesnek találják, hogy az emberi léptékben működő természettörvények a tér, idő, energia bármely tartományában érvényesek. Pedig ez a legkevésbé sem magától értetődő.” És „[a] fizika feladata nem merül ki a világ alkotóelemeinek osztályozásában. Helyes magyarázatot kell találnunk a megfigyelt jelenségekre, akárcsak az azokat meghatározó alapelvekre és mechanizmusokra.” (Forrásmegadás nélküli idézetek a könyvből – Osman P.)

Remek könyv a modern fizikáról mindenkinek, akit érdekel a téma. Előképzettség csupán annyi kell hozzá, ami minden intelligens emberben megvan: szellemi nyitottság, és készség, hogy akár igen alapos gondolkodással is igyekezzék megérteni az olvasottakat; továbbá szilárd hit a „*Nagy Hamlet-sejtés*” igazában: „Több dolgok vannak földön és egen, mintsem bölcselmünk álmodni képes”. S ahogy álmélkodva szemléljük a belőle kitérülő képeket a kozmosztól a szubatomi világig, s mindezzel együtt az érzékelhető földi valóságunkat, átérezzük, mennyire csodálatos, megragadó és rejtélyekkel teli a modern fizika és az általa bemutatott világ. Hiszen a kozmosz, ahogyan az erők – amelyeket a fizika megismerni és leírni igyekezik – megformálták, már a pusztá látványával is kápráztató, világunk összetettsége és működése zavarba ejtő, s még rejtélyesebbek a mindezek mélyén rejtőző, a speciális eszközök nélkül láthatatlanul apró építőelemek, és a köztük munkáló erők.

Amikor az Ember felfedezte magának a megismerés örömét, nekiállt megérteni a világot, amelyben élt. Kezdetben megelégedett a mítoszokba foglalt fejtegetések próbálkozásaival, majd Mezopotámiában gyakorlati célokra fejleszteni kezdték az ősmatematikát. A hajdani görögök elhozták az első tudásforradalmat: leginkább a megismerés kedvéért mélyreható kutatásokat végeztek számelméletben, gyakorlati célokkal is a geometriában, fizikai kísérle-

tekkel is gyarapították tudásukat, s bizonyára elmondható, hogy az így kialakult, sokkal inkább a valóságot kutató, fegyelmezett gondolkodással igyekeztek rájönni a természet nagy törvényeire, megismerni a világ felépítését. Tették tehát mindezt úgy, amire már mondható, hogy a modern tudományosság igényének első megjelenése. Ez a kezdet írta a modern fizika előszavát, hogy utána majd 2500 évnyi küzdelmes fejlődés vezessen odáig, amit most „a fizika evangéliuma” igen mértéktartóan élénk tár.

A könyv mondandóját megragadóan összegzi eredeti angol címe: „*A világ a fizika szerint*”. Ha pedig az „evangélium” alapjelentését vesszük, azaz jó hír, örömhír, Al-Khalili gondolatmeneteiből az az örömhír világlik ki, hogy a fizika a gondolkodó ember számára rengeteg érdekességgel szolgál világunkról, segít megismerni azt, és még meg is érteni valamennyit bonyolult mélyszerkezetéből. Örömhír, hogy aki akarja, igyekezetének mértéke szerint sokat megérthet a természeti csodák eme végtelen tárából, amelyek ugyan elsődlegesen az élettelen természet sajátjai, de az élet alapjául is szolgálnak. Csak egy példa erre: sokat megtudunk arról, miként határozzák meg a kvantumfizika által leírt mechanizmusok az atomok létét és működését, ezen keresztül a molekulákét is, az élet alapja pedig ez utóbbiakon nyugszik.

Mértéktartóan: A samurájok ötszáz éve megalkotott becsületkódexének, a Bushidónak aktualizált változatait a mai napig alkalmazzák, nyugati változatokban is. Lényegének összegzését így idézi a Wikipedia: „A szabályok, amelyeket a nemes harcosoknak be kell tartaniuk hivatásuk gyakorlásában, szintúgy a mindennapjaiban – Nitobe Inazō”. Al-Khalili e művéből is kiérződik: *a modern fizika művelőinek Bushidójában a legfőbb szabályok*, hogy az elért eredményeket sose tekintsük a végső igazságnak; a módszeresen elért, ám hihetetlennek tűnő eredményt tartjuk kérdőjel alatt, de ne vessük el kielégítő ellenbizonyítás nélkül; és fogadjuk el, hogy minden új tudás ablakot nyit további, még felfedezetlen dolgok óceánjára. Al-Khalil szavaival: „Így tehát *a nem tudás alázatával vágunk neki ennek az útnak*, amelyben, az igazat megvallva, osztozunk minden gyermekkel és felnőttel, a múlt és a jövő nemzedékeivel is. *Ha elgondolunk azon, mit nem tudunk még, talán rájövünk, hogyan tudhatnánk meg*. Mert a történelem folyamán feltett sok-sok kérdésnek köszönhetően kaptunk egyre pontosabb képet az általunk ismert és szeretett világról.”

Némi képletes beszéddel az is bizvást elmondható, hogy a modern tudomány nagy része általában is, benne a fizika pedig különösen megmutatja: jóllehet a mai ember egyetlen egyseges faj, erről nézve megmutatkoznak benne sajátos alfajok. A fizikát tekintve:

- vannak a vérbeli elméleti fizikusok, akik a világ megismerésére irányuló törekvések bűvöletében, az eredmények örömétől ösztönözve művelik tudományukat;
- vannak a világra nyitott, arról minél többet megtudni akarók, akik örömmel ismerkednek az előbbieik eredményeivel, gyakran keresve a nekik érthetetlen dolgok miértjét és hogyanját;

- van az előbbieknél az a változata, akik örülnek az érdekes újdonságoknak, de nem igyekeznek mögójük is bepillantani;
- vannak, akiket mindez hidegen hagy.

Elsősorban a két középsőbe tartozóknak ajánlható ez a könyv, ám még az utolsóba is azzal, hogy annyi bámulatos dolog van benne világunkról, ami még az ő érdeklődésüket is felkeltheti. Lábjegyzet ehhez: az USA jegybankjának szerepét betöltő FED hajdani nagynevű elnöke, Alan Greenspan híres zárómondata egy előadásához: „Hölgyeim és uraim, ha úgy érzik, hogy nagyon világosan beszéltem, akkor valószínűleg semmit sem értettek az egészből.” Hasonlóképp, ha valaki úgy érzi, minden érthető és logikus abból, amit itt olvas, lásson neki ismét, sokkal alaposabb odafigyeléssel és utángondolásokkal. Érdemes!

A szerzőről a Libri ajánlójából: „Al-Khalili iraki születésű brit elméleti fizikus, a Surrey Egyetem professzora, itt tanít, és itt végzi kutatásait is. 1989-ben szerezte meg a PhD-fokozatát, s azóta több mint száz publikációja jelent meg. *Tizenkét tudományos ismeretterjesztő könyvet írt, melyeket több mint huszonhat nyelvre fordítottak le.*” (Kiemelések a recenzió szerzőjétől.)

A Wikipedia róla szóló terjedelmes szócikke elmondja, hogy a Surrey Egyetemen ő vezeti a tudomány, valamint a társadalom és a gazdaság közötti kölcsönös kapcsolatokkal foglalkozó részleget. Továbbá, hogy 2014-ben a brit Engineering and Physical Sciences Research egyik vezetőjévé tette a „Lelkesítő Tudósok és Mérnökök Elismerése” programnak. A szócikk hosszan sorolja tudományos kitüntetésait és elismeréseit. Közülük kiemelve:

- 2007 – Royal Society Michael Faraday-díj a tudomány népszerűsítéséért
- 2008 – A Brit Birodalom Tisztje (OBE) kitüntetés
- 2013 – A tudomány tiszteletbeli doktora, Royal Holloway, University of London
- 2016 – a tudomány népszerűsítéséért adott Stephen Hawking-érem első (bevezető) nyertese
- 2017 – a University of York tiszteletbeli doktora
- 2018 – a Royal Society megválasztott tagja (Fellow)
- 2019 – a University of St Andrews (Skócia első, 1413-ban alapított egyeteme) tiszteletbeli doktora
- 2019 – The Asian Awards a tudományban és technológiában elért kimagasló teljesítményért
- 2021 – Commander of the Order of the British Empire (CBE), „Szolgálatiért a tudományban és a tudomány, valamint a társadalom és a gazdaság közötti kölcsönös kapcsolatokban a technológia, a mérnöki tudományok és a matematika terén”.

Mutatós gyűjteménye az elismerésnek, s irigylésre méltó listája, hogy hányféle elismerést kaphat egy kiemelkedő kutató a briteknél.

A Princeton University Press ajánlójából: „A kvantumfizikus Al-Khalili, a New York Times bestsellerszerzője és a BBC műsorának házigazdája e könyvében ámulatba ejtő és megvilágosító erejű bepillantást ad abba, hogy mit tár fel a fizika a világunkról. Rávilágít a

modern fizika által feltárt legmélyebbre ható felismerésekre, s így ösztönöz mindannyiunkat, hogy értsük meg azt, amit ez az alapvető fontosságú tudomány mondhat az univerzumból és magának a valóságnak a természetéről.”

A tartalom összegzéséből ugyanonnan: „Indításként bemutatja a tér, az idő, az energia és az anyag alapvető fogalmait (concepts), majd ismerteti a modern fizika három pillérét: a kvantumelméletet, a relativitáselméletet és a termodinamikát, megmutatva, hogy e háromnak ötvöződnie kell, ha valaha is teljesen meg akarjuk érteni a valóságot. *Csodálatos példák és gondolatébresztő analógiák használatával Al-Khalili megvilágítja az extrém kozmikus és kvantumléptékek fizikáját, a tér spekulatív határterületeit, valamint a fizikát, amely alátámasztja mindennapi tapasztalatainkat és technológiáinkat.* (Egyik rövid megjegyzése egy fejtegetésében, hogy kvantumfizikai tudás nélkül nem találhattuk volna fel a szilíciumcsipet, s így sok egyéb mellett nem létezne a számítógép sem, amelyen könyvét írta – Osman P.). 'Néhány ülésben' felhossa az olvasót, hogy együtt száguldjon a fizika legnagyobb eszméivel. *A fizikát úgy tárja elénk, mint egy rettenthetetlen emberi törekvést a mind alapvetőbb elvek megismerésére,* amelyek pontosan megmagyarázzák a természet világát, amelyet magunk körül látunk, s mint egy vállalkozást, amelyet olyan alapértékek vezetnek, mint a tisztesség és a kétely. A tudás, amelyet a fizika felfedez, egyszerre tesz bennünket képessé sorsunk irányítására, s tanít alázatra, a fizika pedig továbbra is bátran kutatja az ismeretlent.

Ez a mély tudással és bölcsességgel teli mű *megismerhetővé és magával ragadóvá teszi a legrejtélyesebb tudományos eszméket is,* és segít megérteni, miért fontos a fizika mindenkinek. *Arra ösztönöz, hogy vegyünk részt a nagy kalandban, amelyet az igazság keresése jelent a környező világunkban.*”

Különösen fontos elmondanunk, mi nincs e könyvben: képletek, egyenletek, bármilyen matematikai apparátus. E „[t]án csodállak, ámde nem szeretlek, S képzetem hegyvölgyedet nem járja” (Petőfi Sándor: Az Alföld) világ, amelynek megjelenése elijeszti a köznapi olvasók nagy részét, a legcsekélyebb mértékben sem jelenik meg itt. Al-Khalili csak szavakban említi olykor a matematika szerepét az épp elmondottakban.

Innentől a könyv szóljon önmagáért

Erről szól: „Kétségtelen, hogy sok ember soha nem szeret bele a fizikába, ellentétben azzal, ahogyan velem történt. Talán saját elhatározásból fordultak el a tudománytól, talán másoktól hallották, hogy a tudomány nehéz – csak a güzüknek való. Annyi biztos, hogy nem kevés fejfájást okozhat, amíg az ember végül felfogja a kvantummechanika finomságait. Pedig a világegyetem csodáit mindenki élvezheti – élveznie is kell –, és az alapismeretek elsajátításához nem szükséges egy életen át tanulnunk.” – „Nem kevés fejfájást? Finoman szólva! Alighanem itt némi „caveat”-nak kell következnie: praktikus mértéktartásra inteni az olvasót arra vonatkozóan, mit ért meg a legtöbbünk „a kvantummechanika finomságaiból.” Enyhén szólva nem mindent. Emlékezetes Einstein idegenkedése ezzel a mindent alapjában átformáló új tudománnyal szemben: „Isten nem kockajátékos!” A javasolható olvasói

magatartás, hogy próbáljunk minél többet megérteni, a többit úgy elkönyvelni, hogy ilyen is van, a természet bonyolultságát pedig nem a mi intelligenciánkhoz méretezték, s tovább olvasni ahelyett, hogy családodtan lemondanánk a továbbiakkal való ismerkedésről. Menni fog az az így kimaradók ellenére is.

„Ebben a könyvben azt igyekszem bemutatni, mitől csodálatos a fizika, miért olyan alapvető tudomány, és miért annyira fontos a világ megértéséhez. A mai fizika áttekintése és hatóköre egészen lélegzetelállító. Ma már (szinte) mindenről, amit a világon magunk körül látunk, tudjuk, hogy miből van, és mi tartja össze [bár a továbbiakban ezzel kapcsolatban bőven esik szó 'sötét anyagról' és 'sötét energiáról', amelyek egyelőre sokkal inkább a jelenlegi tudás szerinti konstrukcióba jól illeszkedő elemek (horribiliter dictu sejtések), mintsem a tudomány szigorú szabályai szerint igazolt létezők – Osman P.], az univerzum fejlődését a téridő kialakulását követő töredékmásodpercig vissza tudjuk követni (inkább a matematikai modellek konzisztenciájában, mint a kísérletileg igazolt tényekben – Osman P.), a fizikai természettörvények ismerete alapján pedig olyan technológiákat fejlesztettünk és fejlesztünk ki továbbra is, amelyek teljes egészében átformálták az életünket – mindez valóban lenyűgöző. Miközben ezt írom, még mindig azon tűnődöm, hogyan lehetséges, hogy valaki ne szeresse a fizikát?”

„Ez a könyv a fizika legmélyebb és legalapvetőbb gondolatainak egy részével kívánja megismertetni az olvasót. Az általam említett témákkal valószínűleg nem is találkoztunk az iskolában. Lehetséges, hogy néhány olvasónak ez a könyv lesz az első találkozása a fizikával – és talán arra csábítja, hogy igyekezzen még többet megtudni róla, esetleg egész életében kutatással és felfedezéssel foglalkozzon, ahogy velem is történt. Másoknak, akik a kezdet kezdetén rosszul álltak hozzá, azt jelentheti, hogy újból nekifutnak. (Akiben van intellektuális érdeklődés a természet csodáira, higgye el, megéri a próbálkozás. Csodálatos az áttekintés, pompás az élénk táruló világ, és Al-Khalili remekül ír: világosan, logikusan és abszolút olvasmányos gördülékenységgel – Osman P.) Bizonyára nagyon sokakat csodálattal tölt el, hogy az emberiség a megismerés vágyától hajtva milyen messzire eljutott.

Használható ismereteket szerettem volna nyújtani arról, amit a fizika képes közölni a világ természetéről, ezért kiválasztottam egy csokorra valót a modern fizika legfontosabb fogalmai közül, és megpróbáltam bemutatni, hogyan függenek össze egymással. (Félreértés elkerülésére: a 'használható ismeret' itt sajátos értelmű. Remekül használható ismeretek a világ megértéséhez, de a gyakorlati alkalmazhatóságot ne várjuk tőle. Nem válunk képessé megalkotni a következő, kvantummechanikán alapuló elektronikai eszközt, de még megérteni sem a meglévők működését. Az irodalom és a zenetudomány is segít érteni a műveket, de a laikus olvasót nem teszi képessé újabbak alkotására – Osman P.)

Ennek a szellemi tájképnek széles horizontját fogjuk áttekinteni a legtágabb, kozmikus léptékektől a legparányibb kvantumszintig, a természettörvények egyesítésére irányuló törekvésektől az élet működését meghatározó legegyszerűbb fizikai elvekig, vagy az elméleti kutatás spekulatív horizontjaitól a mindennapi tapasztalatok és technikák mélyén rejlő fi-

zikáig. Újfajta szemléletmódot kínálok az olvasónak, olyan gondolatokat, amelyeket mi, fizikusok megtanultunk elfogadni, *de a szakértők legszűkebb körén túl másokkal nem sikerült igazán jól megértetnünk.* (Itt jön az, hogy izgalmas tudni a létéről, de felfogni a mikéntjét már egy más dimenzió. Végül is, nem olyan nehéz elképzelni az Al-Khalili által felvázolt egyik elméletet, amely szerint az univerzumunk a maga saját törvényeivel – amelyek nélkül nem alakulhatott volna ki az anyag szerkezete, így a mai anyagi világ és abból az élet sem – csak a multiverzum egyik buborékja, amilyenből számtalan különféle lehet. Megérteni ennek valóságát, ez már a nagyon kevesek kiváltsága, s még az is bőven meglehet, ő is utal erre, hogy a tetszetős elmélet mögött csak az alkotó fantázia munkál – Osman P.) Például szubatomi szinten az egyes részecskék nagy távolságból is azonnali kommunikációra képesek, ami ellentmond a józan észnek. Ez a nemlokális névű tulajdonság arra kényszeríthet minket, hogy végső soron a tér egész szerkezetére vonatkozó tudásunkat átírjuk. Sajnos azonban sok nem fizikus – sőt mi több, egy-két fizikus is – félreérti, vagy félreértelmezi, hogy ez valójában mit is jelent.”

„A megértés nehézségeihez: A fizika alapfogalmaival foglalkozó tudományos népszerűsítő könyveket gyakran éri olyan kritika (rendszerint az elméleti fizikusok részéről), hogy nem mindig segítik a laikus olvasókat az ilyesfajta gondolatok megértésében. Szerintem ennek az az oka, hogy azok a fizikusok, akik igazán jól értik ezeket a fogalmakat – akik szakcikket írnak kutatásaikról és új elméleteket állítanak fel –, abban nem feltétlenül a legjobbak, ahogy saját gondolataikat elmagyarázzák a nem fizikusoknak. Másfelől viszont, akik gyakorlottabban és ügyesebben ismertetik meg a nagyközönséget saját munkájukkal, esetleg nem értenek elég jól egyes fogalmakat, hogy túl tudjanak lépni az egyszerű analógiákon. De még annak is, aki érti a fizikát és (remélhetőleg) jól kommunikál a nem fizikusokkal, nem kis nehézséget jelent elmagyarázni mondjuk a mértékinvariancia, dualitás, örökös infláció, holografikus elv, konform térelméletek, anti-de Sitter-terek vagy vákuumenergia fogalmát anélkül, hogy a mögöttük meghúzódó és a teljes megértéshez elengedhetetlen bonyolult matematikai apparátust használná.” – Ami azonnal és véglegesen kizár mindenkit, aki nem járatos a felsőfokú matematika felhasznált részeiben. Ez utóbbi csapdát kerüli el Al-Khalili azzal a kompromisszummal, hogy itt semmi matematikát sem használ.

Álljunk meg itt egy kis elgondolkodásra, La Mancha lovagja ide jobban illő eredeti sorait idézve, mit is jelent a modern fizika célkitűzése:

„To dream the impossible dream” – megálmodni a lehetetlen álmot, jelen esetben innen a félreeső bolygóról, minden igyekezetünk mellett is fogyatékos eszközeinkkel megismerni a természet legnagyobb titkait. Ami a kozmoszt illeti, nincs másunk, mint érzékelni különféle elektromágneses sugárzásokat, újabban már gravitációs hullámokat is, azzal a nehezítéssel, hogy a sugárzások fénysebességgel utaznak ide, így időben egyre távolabbi objektumokról és történésekről tudósítanak, s már tudjuk, hogy az utuk sem feltétlenül egyenes. Jönnek hozzá még a kozmoszból érkező anyagi részecskék, némelyik gyakorlatilag szinte megragadhatatlan, mindehhez még sejdítjük, hogy az érzékelhető anyagi világ csupán kis töre-

déke a sötét anyaggal és sötét energiával teljesnek – és ennyiből rakjunk össze egy valóban helytálló képet a világról s annak törvényeiről, a tudomány igényességének megfelelő modern fizikát! S ez még csak a makrovilág – nem soroljuk az akadályokat, amelyek hasonlóképp lehetetlen álommá teszik a szubatomi megismerését.

„To fight the unbeatable foe” – a természet mindaddig elzárkózik tőlünk, amíg tudásunk eredményeivel és a megismeréshez szükséges eszközeinkkel és technikáinkkal fel nem küzdjük magunkat arra a szintre, ahol már sikerrel tárjuk fel a titkait.

S mindehhez, az emberi gyarlóságról: „To right the unrightable wrong” – a tudás és az eszköztár fejlesztése az emberiség aktív együttműködését igényelné, s persze rengeteg pénzt. Az együttműködések mikrovilágait a kicsinyes féltékenységek, irigységek, öncélú vagy épp tétre menő versengések nehezítik, és sorolhatnánk, makrovilágait a politikai és geopolitikai szembenállások, az ütköző gazdasági érdekek, és így tovább. S mindehhez jön a mai, pénzalapú gazdasági értékrend, ahol a legfőbb úr a befektetések megtérülése, aminek a legtöbb esetben már rövid távon érvényesülnie kell. A kutató számára az „unrightable wrong” része, hogy rendszerint képesnek kell lennie finanszírozást nyerni a kutatásaihoz, amihez viszont felmutatott eredmények kellene – s ez rendkívül nagy hátrányba hoz mindenkit, aki olyan témába vág, amely egyhamar nem hoz a szponzorokat meggyőző eredményeket. Így lép be a „to bear with unbearable sorrow” sor, ami jelen esetben azt jelenti, hogy a tudományért akkor is meg kell küzdeni e nem igazán bátorító helyzettel. Akinek ehhez nincs elegendő ereje vagy eltökéltsége, és elég jó a szakmában, az elmehet remekül fizetett pénzügyi termékfejlesztőnek... ahogy a híres Quantok példái mutatják.

Szakirodalom-javaslat mélyebben érdeklődőknek: „Persze ha mélyebben el akarunk merülni az általam csak röviden érintett témák bármelyikében, *rengeteg kiváló műhöz fordulhatunk. Könyvem végén felsorolok néhány olyan művet, amelyet a legkönnyebben elérhetőnek, ugyanakkor közérthetőnek tartok. A felsoroltak közül többen a tudományos haladás útját írják le – hogyan fejlődött a fizika az ógörögök óta eltelt évezredek alatt, hogyan születtek a felfedezések, elméletek és hipotézisek, és később hogyan avultak el. Sok esetben a világ-egyetemről szóló addigi felfogásunkat alapjaiban felforgató forradalmakra koncentrálnak, ezek főszereplőiről beszélnek.*”

A tartalomhoz: „Ennek a rövid könyvnek a keretében én *nem tekintek vissza a megtett hosszú útra*, ahogy arra sem vesztegetek sok szót, hogy meddig kell még eljutnunk (miután fogalmam sincs róla, bár gyanítom, hogy nagyon messzire). Mindenesetre a 8. fejezetben arra is kitérek, amiről pontosan tudjuk, hogy nem tudjuk.” – Megalapozhatatlan lenne bármi súlyozással próbálkozni, mely fejezetek, részek a legérdekesebbek. Teljesen szubjektív véleményként: akit a modern fizikai hihetetlenül vakmerő elméletállítási próbálkozásai érdekelnek, semmiképp se hagyja ki a 8. fejezetet!

„*Egyetlen konkrét elmélet mellett sem fogok kiállni.* Például amikor a kvantummechanika és az általános relativitáselmélet összeegyeztetéséről (a modern elméleti fizika Szent Grál-

járól) lesz szó, az ezen fáradozó táborok egyike mellett sem teszem le a garast: nem vagyok sem a húrelmélet, sem a hurok-quantumgravitáció követője, miután egyik sem szakterületem. Ami pedig a kvantummechanika értelmezését illeti, nem vagyok sem 'kopenhágai', sem a 'sokviláginterpretáció' híve. Ez azonban nem akadályoz meg abban, hogy egyik-másik kérdés kapcsán időnként vitába bocsátkozzam. (Számunkra ez utóbbi többoldalú megközelítést, megvilágítást jelent, ami nemcsak érdekes, de bepillantást enged az útkeresések sokféleségébe is – Osman P.)

Igyekszem nem túlságosan elveszni a filozófiai és metafizikai eszmefuttatásokban, pedig erre nagy a kísértés, amikor az ember a fizika homlokterében álló mély gondolatokat érinti, legyen szó a tér és idő természetéről, a kvantummechanika különféle értelmezéseiről vagy magának a valóságnak a jelentéséről. Nem gondolom, persze, hogy a fizikához ne lenne szükség filozófiára. Hogy némi képet kaphassunk arról, mennyire elemi szinten érinti a filozófia az én tárgyamat, hozok egy példát: az olvasó talán meglepetéssel hallja, hogy a fizikusok még a fizika alapvető feladatának meghatározásában sem értenek egyet. Azt kell-e leírniuk, hogy milyen a világ valójában, mint Einstein gondolta – azaz rátalálni a végső igazságra, amely ott van valahol, csak felfedezésre vár –, vagy elég modelleket alkotni a világról, és a soha meg nem ismerhető valóságról megállapítani a lehető legtöbbet, amit egyáltalán tudni lehet. Ebben a kérdésben én Einstein pártján állok.

A „filozófia” alapjelentése „a bölcsesség szeretete”, mai jelentése, az Akadémiai Kiadó Magyar értelmező szótára szerint „[a] természet és a társadalom, a gondolkodás és a megismerés legáltalánosabb törvényeit kutató és rendszerező tudomány; bölcsélet.” Mint minden tudomány, a tökélyt közelíteni akaró, folyamatosan fejlődő, alakuló, vitákkal és ellentétekkel is szabdalt. Ezért csak úgy képes értelmezni, értékelni és leírni a fizikát, ahogyan az a jelenlegi állása szerint tőle telik, s így tudja hol segíteni, hol nehezíteni a fizika eredményeinek értelmezését és értékelését, s mindezzel annak fejlődését – különösen, ha erre más társadalmi erők is rátelepsznek. Tudjuk, mi áll az állam és az egyház szigorú szétválasztása között, és ismerjük a vallás és a tudomány konfliktusait is. A végső szavak kimondásától – netán valamiféle bölcs és helytálló szintézistől – még nagyon messze vagyunk, talán sohasem jutunk odáig. A filozófia módszertana így is segíthet, különösen az episztemológiával és a filozófiai logikával. (Al-Khalili: „A fizikai kutatás abban áll, hogy magyarázatokat keresünk, de csak akkor tudunk belevágni, ha előbb feltettük a megfelelő kérdéseket. *Ebben pedig a filozófusok jók igazán.*”) Ami pedig a gondolkodó, kutató ember küzdelmét illeti a nagy, végtelenül összetett, bonyolult és rejtőzködő ismeretlennel, oldalválasztás nélkül idézzük Heisenberg híres szavait (azonos tartalmú kijelentést Sir Isaac Newtonnak is tulajdonítanak): „A természettudományok kelyhéből az első korty ateistává tesz, a pohár alján azonban Isten vár rád.” (Werner Heisenberg, *Across the Frontiers*, New York 1974.) Talán szintűgy nem erőltetett némi párhuzamot találni a Ding an sich koncepciója (Immanuel Kant), és a Heisenberg által felállított határozatlansági reláció között, amely korlátozza a bizonyos fizikai mennyiségekről egyidejűleg megszerezhető ismereteink pontosságát. S egyelőre még

vitathatatlanul ott tartunk, hogy másként is beleütközünk a végső megismerés határaiba, akár az univerzum, akár az élet eredetét kutatjuk. Eljutunk odáig, hogy egy – egyelőre bizonyíthatatlan – kozmikus jelenségtől eredeztetjük a kozmosz és benne az anyag és a vele egyenrangú energia létrejöttét, hihetetlen pontossággal felvázoljuk ennek időbeli menetét (Al-Khalili előbbi szavaival: a kezdetet követő „töredékmásodpercg”), de semmi biztosat sem tudunk arról, mi indította ezt el, és mi volt előtte. Roppant jellemző a fejlődésre, hogy ma már a híres-nevezetes „Nagy bumm” elméletét is megkérdőjelezzük: a kvantummechanika legújabb felvetéseinek egyike, hogy a tér és az anyag szemcsés, létezik az elméletileg lehetséges legkisebb nagyság, ez pedig kizárja a Nagy Bumm kezdetét jelentő híres singularitást, vagyis hogy kezdetben a világegyetem egész anyaga egy végtelenül kicsi és sűrű pontban összegeződhetett volna.

Al-Khalili erről így szól: „Sok nem tudós szemében az univerzum keletkezésének modern kozmológiai elméletei sem jobbák az általuk kiszorított vallási mitológiáknál – és ha a mai elméleti fizika néhány különösen spekulatív fogalmára gondolunk, talán valamennyire igazuk is lehet. Ám annyit meggyőződéssel kijelenthetünk, hogy racionális elemzések és gondos megfigyelések révén mára meglehetősen sokat megtudtunk a világegyetemről. *Azt is biztonsággal kimondhatjuk, hogy a fennmaradó rejtélyek sem természetfeletti erőknek tulajdoníthatók.* Csak egyelőre még nem ismert jelenségekről van szó, amelyeket remélhetőleg az értelem, a racionális vizsgálat és igen, a fizika segítségével valamikor teljesen meg fogunk érteni.” – Ami teljes bizonyossággal elmondható: nyilvánvalóan fogalmunk sem lehet, vajon meglévő tudásunk mennyiségben és minőségben hogyan viszonyul mindahhoz, amit még nem tudunk. Ismereteink egyelőre gyorsulva bővülni látszanak, s a technikai fejlődés egyelőre azt valószínűsíti, hogy ez a trend tartósan fennmarad. Ám ami a „biztonsággal kimondható” állítást illeti, ki-ki magának dönti el, vajon ez nem maga is egy hit megnyilatkozása-e.

Meglepő vallomás: „Egy szó, mint száz, én azt állítom, a fizika eszközöket ad a kezünkbe az egész világegyetem megértéséhez. A fizikai kutatás abban áll, hogy magyarázatokat keresünk, de *csak akkor tudunk belevágni, ha előbb feltettük a megfelelő kérdéseket. Ebben pedig a filozófusok jók igazán.*”

Most pedig *mazsolázgassunk még egy kicsit!*

A kutatási módszertanhoz: „A 11. század elején Ibn al-Hajszam középkori tudós al-Sukuk (Kétségek) néven filozófiai mozgalmat indított, és rengeteget írt – elsősorban a görögök égi mechanikájával kapcsolatban – arról, hogy *az embernek meg kell kérdőjeleznie a múltbeli tudást, nem szabad bizonyítékok nélkül elhinni, amit hall.* Ezért volt a fizika mindig is empirikus tudomány, amely a hipotézisek és elméletek kísérleti ellenőrzésének tudományos módszerére támaszkodik. Mindazonáltal *a fizika legnagyobb felfedezései közül jó néhány nem valódi kísérletekből vagy megfigyelésekből, hanem gondolatkísérletekből levont logikai következtetés útján állt elő,* amikor a fizikus egy hipotézis következményeit egy elképzelt

kísérlettel ellenőrzi. Lehetséges, hogy ezt a kísérletet a gyakorlatban végre sem lehet hajtani, pusztán a logika és a gondolkodás alapján mégis értékes eszközt ad kezünkbe a világ megismeréséhez. *A leghíresebb gondolatkísérleteket Einstein végezte*, a relativitáselméletet is ilyenek segítségével dolgozta ki. A felállított elméletet azután már valóságos laboratóriumi kísérletekkel is ellenőrizni lehetett.” – Klasszikus példa a fény elhajlása erős gravitációs térben. Ezt igen hamar igazolták is megfigyeléssel, az pedig kiemelést érdemel, hogy a csillagászat eszközt teremtett magának belőle: a fényelhajlás által létrehozott „gravitációs lencsék” kihasználásával segítik a nagyobb felbontású megfigyelést. A gravitációs hullámok ugyancsak einsteini hipotézisét pedig nemrég igazolták.

Pár gondolat a téridőről: „A tér és idő jelentésével kapcsolatban nem csoda, ha nehézségekbe ütközünk, hiszen mi magunk is a foglyai vagyunk. Nagyon nehéz gondolatban kilépni a tér és idő keretei közül, és kívülről ’látni’ a valóságot.”

„A newtoni fizika egyik fontos ismertetőjegye, hogy feltevése szerint a tér és az idő a bennük levő anyagtól és energiától függetlenül létezik. Jóval később Descartes azt mondta ki, hogy a tér pusztán a testek közötti távolság. De vajon igaza volt-e Newtonnak? A mai tudásunk szerint a válasz: igen is, meg nem is. (Elnézést.) Igaza volt abban a tekintetben, hogy a tér valóságos – nem csak a dolgok közötti hézag, ahogy Descartes vélte. Viszont tévedett abban, hogy a tér abszolút értelemben létezik, függetlenül a tartalmától. Ez a két kijelentés ellentmondásosnak tűnik, amíg meg nem ismerkedünk az einsteini relativitással. *Einstein bebizonyította, hogy abszolút tér és abszolút idő mint különálló egység nem létezik.*” – Itt a két relativitáselmélet részletes tárgyalása következik. „Einstein relativitáselmélete arra tanít, hogy a dolgokat a négydimenziós téridőben kell szemlélni, amelyben a térbeli és időbeli távolságok mindig a nézőponton múlnak. Egyik megfigyelő sem állíthatja jogosan, hogy az ő térbeli-időbeli nézőpontja helyesebb, mint bárki másé, mert az idő és a tér egyesítése után mindannyian egyet fogunk érteni. *A külön tekintett tér és idő egy-egy nézőpontja mindig relatív, az egyesített téridő viszont abszolút.*” – Furcsa dolog az idő. Alighanem a makrovilág egyetlen része, amelynek létét közvetlenül nem érzékeljük, csak változások révén. Az evolúció az életbenmaradásunk eszközeként belénk ültette a tér érzékelését – számos fajba még inkább, pl. amelyek az ágról távolabbi ágakra ugrálnak –, de az idő érzékelése csak a gondolkodással tudatosul. A fizikának kell elhinnünk, hogy objektív létező. És minő szép is lenne az emberiség égető problémáinak megoldását az előbbieik analógiájára valamilyen társadalmi-gazdasági-politikai egyesített téridőben megtalálni!

„Ahogyan Einstein speciális relativitáselmélete egyesíti a teret és az időt, úgy kapcsolja össze általános relativitáselmélete a téridőt az anyaggal és energiával. A következő fejezetben ezt alaposabban is kifejtem, hogy a newtoninál mélyebb magyarázatot adjak a gravitáció fogalmára.” „Sajnálatos módon annak, aki jobban kedveli a bonyolult gondolatok egyszerű, nem pedig tömény matematikai nyelven való kifejtését, a fizikus legtöbbször képtelen helyesen vagy egyáltalán bárhogyan is elmagyarázni, miért lassul le az idő erős gravitáció jelenlétében. Én most mégis megpróbálom.” – Ez következik, benne a következő tétellel.

„Az általános relativitáselmélet szerint az anyag és energia gravitációs teret hoz létre, a tér-idő pedig nem más, mint ennek a térnek a 'strukturális minősége'. *A téridő által tartalmazott anyag nélkül nem létezik gravitációs tér, tehát tér és idő sem.*” – A modern fizikáról szóló könyvek visszatérő tétele, hogy az ősrobbanás után az anyag/energia létrejötte hozza létre a teret és az időt. (Roppant praktikus: eleve kizárja a kérdést, hogy mi volt annak előtte!)

Al-Khalili elmondja, miként küzdött maga Einstein is évtizedeken át a téridő-konceptió finomításával. „Két évvel azután, hogy elkészült az általános relativitáselmélet kidolgozásával, írt egy népszerű tudományos könyvet A speciális és általános relativitás elmélete címen, amelyet először Németországban adtak ki 1916-ban. Életének ezután következő négy évtizede alatt, ahogy egyre mélyebben megértette, hogy mit mond a matematika a világegyetemről, újabb és újabb függelékeket biggyesztett a könyvecskéhez. *1954-ben, egy évvel a halála előtt írta meg az ötödik, utolsó függelékét: két tucat oldalnyi prózát, a legmélyebb gondolatokkal, amelyeket emberi elme valaha is alkotott.* Az Einstein által leírt gravitációs tér, amelyet az anyag pusztá létezése hoz létre, több mint pusztán egy hatás tartománya a téren és időn belül. Maga a téridő. Könyvecskéjének 5. függelékében Einstein hosszasan fejtegeti erre vonatkozó gondolatait. Az 1954-es kiadás új előszavában így ír: 'a téridő nem szükségképpen olyasmi, aminek külön, a fizikai valóság valóságos objektumaitól független létezését kell tulajdonítanunk. A fizikai objektumok nem a térben helyezkednek el, hanem térbeli kiterjedéssel bírnak. Ily módon az üres tér fogalma értelmetlenné válik.'” – Egy rövid, laikusnak hajmeresztő gondolatmenet szól az üres tér energiájáról, „amelyre kvantumvákuumként szoktunk utalni”.

Valaha az iskolában megtanultuk, hogy két mozgó pont egymáshoz viszonyított sebességét illetően e sebességek összeadódnak. Jó, érthető. Ám jött a fénysebesség, s vele „az ész megáll, és egyhelyben zokog” pillanata: a fénysebesség arisztokratikus elkülönültségben állandó és nem adódik össze. Hasonló volt az univerzum tágulásának kérdése is. Kezdetben a laikusnak olyasvalamiképp próbálták szemléltetni, mint egy felfúvódó gömböt, majd jött a fejlettebb, megrázó közlés: „a tágulás a tér minden pontjában, mindenütt jelen van”. Pár részlet Al-Khalili erről szóló alfejezetéből:

„Még egy utolsó gondolatot kívánok kifejteni, mielőtt továbblépek. A téridő görbületével kapcsolatban él egy közkeletű tévedés, amely nyilvánvalóvá válik, amikor a fizikusok az univerzum tágulását írják le. Ha a téridő egyetlen hatalmas négydimenziós tömb, mit jelent, amikor a fizikusok a tágulásáról beszélnek? Hogyan tágulhat valami, ami magában foglalja az időt is? Hiszen a 'tágul' szó olyasmire utal, hogy valami időben változik, de hát ez a valami az időt is magában foglalja! A megoldás az, hogy a térnek a teleszkópjainkkal megfigyelhető tágulása nem jelenti az időkoordináták megnyúlását is. *Valójában nem a tér-idő nyúlik meg, hanem csak a három térkoordináta tágul, ahogy telik az idő.* Bár a téridő bizonyos értelemben demokratikus, és az idő is csak egy dimenzió a négy közül, az általános relativitáselmélet egyenleteit algebrailag úgy alakíthatjuk, (vagyis némileg más formába

önthetjük), hogy mindegyik távolságot megszorozzuk egy 'skálatényezővel', amely az idő múlásával egyre nagyobb lesz, így csak a tér fog tágulni.”

Kipillantás a következőkre: „Akármennyire mély gondolatok is ezek, mindaz, amit ebben a fejezetben a téridőről leírtam, csak a modern fizika három alappilléreinek egyikéből származik. Csakhogy a relativitáselmélet szerint a tér sima, folytonos. Ha azonban ráközelítünk, egyre kisebb és kisebb skálán nézzük, végül eljutunk a modern fizika második alappilléreinek, a kvantummechanikának a birodalmába, ahol minden homályos, a véletlen és a bizonytalanság játékszere. Mi történik hát a térrel és idővel a legrövidebb távolságokon és időintervallumokban? Talán maga a téridő is szemcséssé válik, 'pixeles' lesz, mint a felbontásának nem megfelelően felnagyított kép? Lehetséges. Hamarosan erre is rátérünk.

A relativitáselmélet tömbuniverzumából az is következik, hogy az időt statikusnak, változatlanak foghatjuk fel, a múlt, jelen és jövő együtt jelenik meg a négydimenziós téridőben. *A fizika harmadik alappilléreéből, a termodinamikából viszont az derül ki, hogy nem helyes az időt úgy felfogni, mint 'pusztán' az egyik dimenziót. A termodinamika a rendszerek időbeli változását írja le. Mi több, az időhöz irányt is rendel, ami a három térdimenzió nélkül így. Függetlenül attól, hogy mi is úgy érzékeljük, az idő egy irányban folyik – ami onnan ered, hogy emlékezünk a múltra, a jelenben élünk és elképzeljük a jövőt –, az időnek megvan a maga, a múlttól a jövő felé mutató iránya, és ez kissé elrontja a tömbuniverzum szép szimmetriáját.*”

És mindezzel még csak a megismerés útjának elején járunk.

Dr. Osman Péter