

NEIL DEGRASSE TYSON

HA FELFAL EGY
FEKETE LYUK



ÉS EGYÉB KOZMIKUS KOMPLIKÁCIÓK

NEIL DEGRASSE TYSON

HA FELFAL EGY
FEKETE LYUK



ÉS EGYÉB KOZMIKUS KOMPLIKÁCIÓK

Kossuth Kiadó

A fordítás alapjául szolgáló mű
Neil deGrasse Tyson: *Death by Black Hole: And Other Cosmic Quandaries*,
W. W. Norton & Company, Inc., 500 Fifth Avenue, New York, NY 10110, 2007

Fordította
Laki Mihály

Szerkesztette
Takács Éva

Lektorálta
Csabai István

Borítóterv
Takács Anita

A borítón szereplő fotó: NASA/STScI

ISBN 978-963-09-8874-2

Minden jog fenntartva

© Neil deGrasse Tyson 2007
© Kossuth Kiadó 2017
© Hungarian translation Laki Mihály 2017

Felelős kiadó Kocsis András Sándor, a Kossuth Kiadó Zrt. elnök-vezérigazgatója
A kiadó az 1795-ben alapított Magyar Könyvkiadók és Könyvterjesztők Egyesülésének a tagja

Műszaki vezető Papp Miklós
Nyomdai előkészítés Filakowszky György
Korrektor Marsi Mónika

www.kossuth.hu / kiado@kossuth.hu



Nyomdai kivitelezés: Gelbert Eco Print Kft.
Felelős vezető: Gellér Róbert ügyvezető
www.gelberteco.hu

TARTALOM

<i>Előszó</i>	9
<i>Prológus: A tudomány kezdetei</i>	11

ELSŐ RÉSZ - A TUDOMÁNY TERMÉSZETE

Az általunk megismerhető világ megismerésének nehézségei

1. Öntudatra ébredésünk	21
2. Amint a mennyben, úgy a földön is	27
3. Látom, de nem hiszem	34
4. Információs csapda	44
5. „Földhözragadt” tudomány	55

MÁSODIK RÉSZ - A TERMÉSZET TUDOMÁNYA

A világegyetem felfedezésének nehézségei

6. Utazás a Nap középpontja felől	63
7. Bolygóparádé	68
8. A Naprendszer csavargói	77
9. Lagrange öt pontja	86
10. Antianyagi problémák	92

HARMADIK RÉSZ – A TERMÉSZET MÓDSZEREI ÉS ESZKÖZEI

Hogyan fedi fel titkait a természet a kíváncsi elme előtt?

11. Az állandóság jelentősége	101
12. Sebességhatárok	109
13. Röppályaválasztás	116
14. A sűrűségéről	124
15. A szivárványon túl	132
16. Kozmikus ablakok	139
17. A kozmosz színei	147
18. Kozmikus plazma	154
19. Tűz és jég	160

NEGYEDIK RÉSZ – AZ ÉLET ÉRTELME

Kihívások és eredmények a végső kérdés kutatása során

20. Porból lettél és porrá leszel	169
21. Csillagokban kovácsolva	175
22. Tartós felhősödés	181
23. Aranyhaj és a három bolygó	189
24. Víz, víz!	195
25. Az élő világűr	203
26. Élet a világegyetemben	211
27. Rádióbuborék	220

ÖTÖDIK RÉSZ – SZÉLSŐSÉGES VILÁGŪR

A kozmosz az életünkre tör, avagy variációk egy témára

28. Káosz a Naprendszerben	229
29. Eljövendő látnivalók	234

30. A világ végei	243
31. Galaktikus motorok	248
32. Hirtelen halál	255
33. Ha felfal egy fekete lyuk	262

HATODIK RÉSZ – TUDOMÁNY ÉS KULTÚRA

Rázós átmenet: A közvélemény reakciója a csillagászati felfedezésekre

34. Szóbeszéd	269
35. Számiszony	276
36. Az értetlenségről	281
37. Lábnymok a tudomány homokjában	287
38. Legyen sötétség!	297
39. Hollywoodi éjszakák	303

HETEDIK RÉSZ – TUDOMÁNY ÉS ISTEN

Világnézeti eltérések

40. Kezdetben vala...	313
41. Szent háborúk	322
42. A tudatlanság korlátai	329

Felhasznált irodalom 339

Névmutató 349

Tárgymutató 355

Köszönetnyilvánítás 383

*Az a gyanúm, hogy a világegyetem
nem csupán különlegesebb, mint képzeljük
– hanem annál is különlegesebb, mint azt képzelni tudnánk.*

– J. B. S. HALDANE
Possible Worlds (Lehetséges világok, 1927)

•

ELŐSZÓ

A világegyetem számomra nem tárgyak, elméletek és jelenségek gyűjteménye, hanem egy hatalmas színpad telis-tele egy fordulatos történet által irányított szereplőkkel. Ezért amikor a kozmoszról írok, természetesnek érzem, hogy bevezessem az olvasókat a színházba a színpad mögé, ahol közelről láthatják a díszleteket, a szöveggönyv részleteit és a történet lehetséges folytatását. A célom minden esetben az, hogy mindenkivel megismertessem a világegyetem működését, és ez nehezebb feladat, mint a tények egyszerű közlése. Vannak időszakok, akárcsak egy előadás során, amikor mosolygunk vagy fintorgunk – ahogy azt a világegyetem története éppen megköveteli. Vannak időszakok, mikor ugyancsak a világegyetem történetét látva halálra rémülünk. Az én szememben ez a könyv egy ajtó az olvasó számára mindahhoz, ami megindít, megvilágosít és megrémít minket a világban.

Először – valamilyen formában – minden fejezet a *Natural History* magazin lapjain tűnt fel az „Univerzum” rovatban 1995 és 2005 között. Ez a könyv tehát egyfajta válogatás a rovatban megjelent írásokból; a legnépszerűbbeket választottam ki, melyeket formai okokból és a ma népszerű tudományos trendeknek megfelelően kissé átdolgoztam.

Ajánlom ezt a gyűjteményt minden olvasónak, talán kellemes kapcsolódást jelent majd a mindennapok rutinja során.

Neil deGrasse Tyson
New York

•

PROLÓGUS

A TUDOMÁNY KEZDETEI

A minket körülvevő világ ismert fizikai törvényekkel való sikeres leírása jó ideje biztosít alapot az emberi tudás mértékének magabiztos és elbizakodott értékeléséhez. Különösen akkor, ha a témákkal és jelenségekkel kapcsolatos ismereteinken tatóngó lyukak aprónak és jelentéktelennek tűnnek. Nobel-díjas és más elismert tudósok között sem idegen ez a hozzáállás, és előfordult, hogy kellemetlen helyzetbe kerültek miatta.

Az alábbi híres, a tudomány végét jósló megállapítás 1894-ben hangzott el a Chicagói Egyetemen a Ryerson Fizikai Laboratórium megnyitóján a később Nobel-díjjal kitüntetett Albert A. Michelson szájából:

A fizika területén minden fontosabb alapvető törvényt felfedeztek, és ezen törvények mára olyan alapos igazolást nyertek, hogy szinte elképzelhetetlen, hogy bármilyen későbbi eredmény miatt idejétmúlttá váljanak. [...] A jövőbeli felfedezések esélye egy a millióhoz. (Barrow 1988, 173.)

A kor egyik legzseniálisabb csillagásza, Simon Newcomb, aki ott volt az Amerikai Csillagászati Társaság alapítói között, osztotta Michelson nézeteit, mikor még 1888-ban azt írta: „Hamarosan valószínűleg mindent tudni fogunk, ami a csillagászatról tudható.” (Newcomb 1888, 65.) Még a legnagyobb fizikus, Lord Kelvin is – akiről, ahogy az a harmadik részben olvasható, az abszolút hőmérséklet alapegysége a nevét kapta – önbizalmának áldozatává vált, mikor 1901-ben

kijelentette: „A fizika területén nem maradt több felfedeznivaló. Csupán a mérések válnak majd egyre pontosabbá.” (Kelvin 1901, 1.) Ezeket a megállapításokat akkor tették, amikor az étert tartották annak a közegnek, melyben a fény a térben terjed, és amikor a Merkúr előre kiszámolt és később megfigyelt Nap körüli pályája közötti enyhe eltérésre nem létezett magyarázat. Ezeket a zavarokat akkoriban jelentéktelennek tartották, és úgy gondolták, a fizika törvényeinek apró módosításával kiküszöbölhetővé válnak majd.

Szerencsére Max Planck, a kvantummechanika egyik atyja előrelátóbb volt mentoránál. Egyik 1924-es előadásában egy olyan tanácsra reagál, melyet még 1874-ben kapott:

Fizikai tanulmányaim kezdetén, amikor tanácsot kértem tiszteletre méltó tanáromtól, Philipp von Jollytól [...] a fizikát nagyon fejlett, szinte teljesen kidolgozott tudományként mutatta be. [...] Elmondása szerint néhány területen akadt még egy-egy felfedezésre és azonosításra váró porszem egy apró buborékon, de a teljes rendszer szilárd alapokon állt, és az elméleti fizika az elképzelések szerint közel járt a geometria által már évszázadokkal korábban elért tökéletességhez. (Planck 1996, 10.)

Plancknak eleinte nem volt oka kételkedni tanára nézeteiben. Ám miután a hőmérsékleti sugárzás klasszikus elméletét nem sikerült a kísérletekkel összhangba hoznia, 1900-ban forradalmat hirdetett, és vázolta elképzeléseit a kvantumról, az energia láthatatlan egységéről, mely a fizika új korszakának hajnalát jelezte. A következő harminc évben felfedezték a speciális és általános relativitáselméletet, a kvantummechanikát, és megállapították, hogy a világegyetem tágul.

Ilyen előzmények után az ember azt gondolná, hogy a zseniális és termékeny fizikus, Richard Feynman nem esett elődei hibájába. *A fizikai törvények jellege* című elragadó, eredetileg 1965-ben megjelent könyvében kijelenti:

Nagyon szerencsések vagyunk, hogy egy olyan korban élünk, amikor még tehetünk fölfedezéseket. [...] A kor, amelyben élünk, olyan kor, amelyben egymás után ismerjük fel a természet alaptörvényeit, és ez a kor sosem tér

többé vissza. Ez nagyon izgalmas és csodálatos érzés, és ez az érzés még fokozódhat. A jövőben persze majd más problémák kerülnek az érdeklődés homlokterébe [...] de mindez más lesz már, mint amit mi most csinálunk. (Feynman 2005, 199.)

Nem állítom, hogy tudom, mikor érkezik el a tudomány vége, mi lesz majd az utolsó felfedezés, vagy hogy létezik-e egyáltalán végső határ. De azt tudom, hogy az emberi faj butább annál, mint ahogy általában képzeljük. Felfogóképességünk határa – és nem is feltétlenül a tudomány területén – azt mutatja számomra, hogy éppen csak elkezdtuk megérteni a világegyetem működését.

Játsszunk el a gondolattal, hogy az emberi faj a legintelligensebb a Földön. Ha az intelligenciát az absztrakt matematikai műveletek elvégzésének képességével azonosítanánk, muszáj lenne azt feltételeznünk, hogy az ember a valaha itt élt egyetlen intelligens faj.

Mekkora az esélye, hogy a Föld történetének első és egyetlen gondolkodó faja elég intelligens ahhoz, hogy teljesen megértse a világegyetem működését? A csimpánzokat az evolúcióban csak egy hajszál választja el tőlünk, mégis tudjuk, hogy hosszas tanulás után sem tudnának megoldani egy trigonometriai feladatot. Most képzeljünk el egy fajt itt a Földön, vagy bárhol máshol, mely olyan okos az emberhez viszonyítva, mint az ember a csimpánzhoz képest. Ők mennyit értenének a világegyetemből?

A Tic-tac-toe rajongói tudják, hogy a játékszabályok elég egyszerűek ahhoz, hogy minden játszma győzelemmel vagy döntetlennel zárulhasson – amennyiben ismerjük a helyes kezdést. A kisgyermekek viszont úgy játszanak, mintha nem lenne világos a befejezés. A sakk játékszabályai is egyértelműek, de a játszma előrehaladtával egyre nehezebb megjósolni az ellenfél várható lépéseit. Ezért a játék a felnőttek számára – még az okos, tehetséges felnőttek számára is – kihívást jelent, és úgy játsszák, mintha nem tudnák, hogyan végződhet a játszma.

Következzen Isaac Newton, aki a legokosabb emberek listáján nálam az első helyet foglalja el. (Nem vagyok egyedül ezzel a nézetemmel. Newton angliai, Trinity College-ben található mellszobrán egy

latin felirat olvasható: *Qui genus humanum ingenio superavit*. Ez hevenyészett fordításban annyit tesz: 'aki szellemével felülmúlta az emberi nemet'.) Hogy mit mondott Newton a tudáshoz való viszonyáról?

Nem tudom, a világ mit gondol rólam, de a saját szememben csak egy gyermek vagyok, aki a tengerparton játszik, és néha leköti a figyelmét egy az átlagosnál simább kavics vagy díszesebb kagyló, miközben előtte felfedezetlenül hullámszik az igazság óceánja." (Brewster 1860, 331.)

A világegyetemet szimbolizáló sakktábla felfedte előttünk néhány szabályát, de a kozmosz nagy része továbbra is titokzatosan viselkedik, és nem tudjuk, milyen titkos, rejtett szabályoknak engedelmeskedik. Ezen szabályok még egyetlen általunk írt könyvben sem szerepelnek.

Az ismert fizikai törvények keretein belül lévő dolgok és jelenségek ismerete és a fizikai törvények ismerete közötti különbség nagyon fontos, ha a tudomány végéről beszélünk. Az élet felfedezése – a Marson vagy a Jupiter holdjának, az Európének jégpáncélja alatt – minden idők legnagyobb eseménye lesz. De már most lefogadom, hogy az új életet alkotó atomok fizikája és kémiája ugyanolyan lesz, mint a földi atomoké. Nem lesz szükség új törvényekre.

Lássunk most néhány megoldatlan problémát a modern asztrofizika zavarosából, melyek jól mutatják kortárs tudatlanságunk mélységeit, és melyek megoldásához jelenlegi tudásunk szerint a fizika teljesen új területeit kell majd felfedeznünk!

Az, hogy a világegyetem a nagy bummal jött létre, eléggé valószínű, mégsem tudjuk, mi terül el kozmikus látóhatárunk 13,7 milliárd fényévre fekvő peremén túl. Csak találgatjuk, mi történt az ősrobbanás előtt, vagy miért történt egyáltalán az ősrobbanás. Egy, a kvantummechanika peremvidékéről származó elmélet szerint táguló világegyetemünk a kezdetleges téridőhab egyetlen hullámszásának eredménye, a további hullámok pedig további univerzumokat hoztak létre.

Amikor számítógépekkel modellezzük a világegyetem százmilliárdnyi galaxisának kialakulását, képtelenek vagyunk egyszerre egyez-

tetni az univerzum korai és késői szakaszából összegyűjtött adatokkal. Az univerzum nagy léptékű szerkezetének kialakulását és változását bemutató pontos leírás folyton kicsúszik a markunkból. Úgy tűnik, fontos darabok hiányoznak a kirakósból.

Newton mozgást és gravitációt leíró törvényei évszázadokon át helyesnek tűntek, míg végül módosításra szorultak Einstein mozgási és gravitációs törvényei, tehát a relativitáselmélet miatt. Jelenleg a relativitáselmélet az uralkodó. Hasonlóan az atomok világát leíró kvantummechanikához. Egy probléma van csak: Einstein gravitációs elmélete összeegyeztethetetlen a kvantummechanikával. Olyan területeken, ahol mindkét elmélet alkalmazható, törvényeik más jelenségeket jeleznek előre. Az egyiket fel kell adnunk. Vagy a relativitáselméletből hiányzik valami, ami lehetővé tenné a kvantummechanikai elméletek elfogadását, vagy a kvantummechanika hiányos hasonlóképpen.

Van egy harmadik lehetőség is: egy nagyobb, átfogó elmélet, mely magában foglalja mindkettőt. A húrelméletet pontosan erre a célra dolgozták ki. Megpróbálja az anyagot és az energiát, valamint egymásra gyakorolt hatásukat egy sokdimenziós térben létező hurok viselkedésével leírni. A különböző vibrációk a mi satnya dimenzióinkban részecskéként és erőkként jelennek meg. Bár a húrelméletet több mint húsz éve fejlesztik, helyességét egyelőre képtelenek vagyunk laboratóriumi körülmények között igazolni. A területet szkepticizmus övezi, de sokan továbbra is reménykednek.

Még mindig nem tudjuk, milyen körülmények vagy erők hatására alakult ki halott anyagból a ma ismert élet. Egy olyan önszervező folyamat vagy kémiai törvény rejtőzködhet a háttérben, mely elkerüli a figyelmünket. Mivel nem tudjuk mással összehasonlítani a földi biológiát, ezért képtelenek vagyunk megállapítani, mi az, ami lényeges, és mi az, ami felesleges az élet kialakulásához.

Edwin Hubble 1920-as években végzett termékeny munkája óta tudjuk, hogy a világegyetem tágul, de csak a közelmúltban fedeztük fel, hogy ez a folyamat gyorsul is – a bizonyos „sötét energiának” nevezett antigravitációs nyomás miatt, melyet egyelőre egyáltalán nem értünk.

Megállapíthatjuk, hogy mindegy, mennyire bízunk a megfigyeléseinkben, a kísérleteinkben, az összegyűjtött adatokban és az elméletekben, bele kell nyugodnunk, hogy a világegyetemben található gravitáció 85 százaléka egy ismeretlen, titokzatos összetevőtől származik, melyet – bármilyen módszerrel is próbálkozunk – továbbra is képtelenek vagyunk érzékelni. Elképzelésünk szerint nem hétköznapi részecskék, elektronok, protonok, neutronok alkotják, és nem is olyan anyag vagy energia, mely kölcsönhatásba léphet velük. Ez a kísérteties, szokatlan valami a „sötét anyag” – továbbra is az egyik legnagyobb rejtély.

Mindez úgy hangzik, mintha a tudomány végén járnánk? Úgy hangzik, mintha urai volnánk a helyzetnek? Úgy hangzik, mintha ideje volna gratulálni önmagunknak? Számomra inkább úgy hangzik, hogy mind szerencsétlen idioták vagyunk, hasonlóan unokatestvérünkhöz, a csimpánzhoz, aki próbálja megtanulni a Pitagorasz-tételt.

Meglehet, túl szigorú vagyok a Homo sapiensszel szemben, és túl messzire mentem a csimpánzos hasonlattal. Talán nem az a kérdés, milyen okos egy faj egyetlen tagja, hanem az, mire képes a faj kollektív intelligenciája. Konferenciák, könyvek, egyéb eszközök és az internet segítségével az ember folyamatosan megosztja felfedezéseit a társaival. Míg a darwini evolúció motorja a természetes kiválasztódás, a kultúra fejlődése a lamarcki evolúcióhoz áll közelebb, melyben az emberek újabb generációi megöröklik a múlt felfedezéseit, és így idővel végtelen tudásra tehetnek szert.

Minden tudományos felfedezés új fokot jelent a tudás létráján, melynek nem láthatjuk a végét, hiszen menet közben építjük azt. Elképzelésem szerint a létra építése során örökké új titkokat fedezünk majd fel – egyiket a másik után.

HA FELFAL EGY
FEKETE LYUK



ELSŐ RÉSZ

A TUDOMÁNY
TERMÉSZETE

AZ ÁLTALUNK MEGISMERHETŐ VILÁG

MEGISMERÉSÉNEK NEHÉZSÉGEI

ÖNTUDATRA ÉBREDÉSÜNK

*Az ember öt érzékével felszerelve fedezi fel az öt körülvevő világot,
és ezen kalandot tudománynak nevezi.*

– EDWIN P. HUBBLE (1889–1953),
The Nature of Science (A tudomány természete)

Öt érzékünk közül a látás a legkülönlegesebb. Szemünk segítségével nem csupán a szoba, de akár az univerzum túloldaláról is információt gyűjthetünk. Látás nélkül a csillagászat sosem született volna meg, és a világegyetemben elfoglalt helyünk meghatározását lehetővé tevő képességünk is reménytelenül gyenge volna. Gondoljunk csak a denevérekre. Bármilyen denevértitkokat is adtak tovább az egymást követő generációik, abban biztosak lehetünk, hogy egyik sem a csillagos égbolt megfigyelésén alapult.

Ha tudományos eszközökként gondolunk rájuk, érzékeink kivételesen élesnek és érzékenynek számítanak. Füleink képesek elviselni az úrsíkló mennydörgő robajjal járó kilövését, és hallják a fejüktől harminc centire zümmögő szúnyog hangját. Tapintásunk segítségével érzékeljük, ha egy bowling-golyót a nagylábujjunkra ejtünk, de azt is, ha egy egy milligramm súlyú bogár mászik a karunkon. Vannak, akik boldogan falják a habanero csilipaprikát, mások érzékeny ízlelőbimbóikkal milliomod egységnyi ízetet is éreznek. Szemünk jól működik egy napsütötte strand homokján állva, de több száz méterről is könnyedén észleli egy sötétben meggyújtott gyufa

lángjának fényét. Ám mielőtt elmerülnénk az önimádatban, meg kell jegyeznünk, hogy amit a mennyiségen nyerünk, azt elveszítjük a pontosságon: a ránk ható ingereket nem tudjuk megfelelően meghatározni. Ha például a hangerőt tízszeresére növeljük, fülünk kicsinek érzi a különbséget. Ha csupán kétszeresére, az szinte fel sem tűnik. Ugyanez igaz a fényerősség érzékelésére. Aki valaha látott már teljes napfogyatkozást, az tapasztalhatta, hogy a napkorong legalább 90 százalékos fedettségénél tűnik fel először, hogy az ég elsötétül. A csillagok fényességének meghatározására szolgáló magnitúdó-skála, a hangerőt jelölő, jól ismert decibel-skála és a földrengések erejét mutató szeizmikus skála minden esetben logaritmikus – részben azért, mert a látásunk, hallásunk és érzékeink így fogják fel környezetünket.

MI VAN AKKOR, HA VALAMI érzékelésünk határain túl található? Létezik olyan módszer, amely meghaladja biológiai eszközeink határait? Az emberi gépezet, miközben ügyesen dekódolja közvetlen környezetünk alapvető jeleit – nappal van vagy éjjel; mikor akar feladni egy ragadozó stb. –, valódi tudományos eszközök nélkül képtelen feldolgozni a természet működését. Ha tudni akarjuk, mi zajlik a világban, velünk született detektorainkon kívül egyéb eszközökre is szükségünk lesz. A tudományos eszközök feladata szinte minden esetben az, hogy kiterjesszék érzékszerveink határait.

Néhányan azzal dicsekednek, hogy rendelkeznek egy bizonyos hatodik érzékkel, azaz olyan dolgokat tudnak, látnak, melyeket mások nem. A titokzatos erőket magukénak mondók listájának elején jövővendőmondók, gondolatolvasók, bűbájosok állnak. Tudományukkal embertársaik, ám főleg a könyvkiadók és tévés producerek nagy csodálatát vívják ki. A parapszichológia homályos területe azon a feltevésen alapul, hogy legalább néhány emberben valóban létezik ilyen érzék. Számomra mégis az a legnagyobb rejtély, hogy legtöbbször miért a televíziós és telefonos munkát választja, és miért nem szedik meg magukat pillanatok alatt néhány Wall Streettel kötött szerződéssel. Azt is lefogadom, hogy még soha nem láttak ilyen szalagcímet: „Látnokhoz került a lottófőnyeremény.”

Ezen kívül a laboratóriumi körülmények között végzett kettős vakpróbás kísérletek sorozatos kudarcai is arra utalnak, hogy a parapszichológia a hatodik érzék helyett inkább az érzéketlen butaságon alapul.

A modern tudomány viszont több tucat érzékkel dolgozik. A tudósok mindezt nem különleges képességeknek, csupán különleges készülékeknek köszönhetik. Ezek a készülékek végül az érzékelt adatokat az emberi érzékek által is feldolgozható táblázatokká, grafikonokká, diagramokká vagy képekké változtatják. Az eredeti *Star Trek* című sci-fi sorozatban az ismeretlen bolygókra lesugárzott felderítők tricordert használtak – egy kézi készüléket, mely bármit képes ki-elemezni, legyen az élő vagy élettelen. A készüléket a kérdéses tárgy vagy élőlény felé tartva, jól hallható hangot adott ki, amit aztán bárki könnyen értelmezhetett.

Tegyük fel, hogy egy ismeretlen anyagból álló ragyogó massa hever előttünk. Megfelelő diagnosztikai eszköz – például tricorder – segítségével nélkül nem állapíthatnánk meg, hogy a massa milyen kémiai anyagokból, illetve atomokból áll. Ahogy azt sem, van-e elektromágneses mezeje, kibocsát-e gamma- vagy röntgen-, ultraibolya, mikrohullámú vagy rádiósugárzást. Nem tudnánk, milyen sejtekből vagy kristályokból áll. Ha a massa tőlünk távol, az űrben lebeg, és mi csupán apró, ragyogó pöttyként látjuk, öt érzékszervünkkel nem állapíthatnánk meg a távolságát, relatív sebességét vagy fordulatszámát. Ezen kívül nem tudnánk kielemezni fényének színképét, ahogyan azt sem, hogy polarizált fényt bocsát-e ki.

Megfelelő eszköz nélkül, ha nem akarjuk megnyalni a gyanús valamit, csak annyit jelenthetünk a csillaghajónak: „Kapitány, ez egy massa.” Ezúton kérek bocsánatot Edwin P. Hubble-tól, hiszen a fejezetet nyitó idézetnek – költőisége ellenére – inkább így kellene hangoznia:

Az ember öt érzékével, továbbá teleszkópokkal, mikroszkópokkal, tömegspektrométerekkel, szeizmográfokkal, magnetométerekkel, részecskegyorsítókkal és az egész elektromágneses spektrumot átfogó detektorokkal felszerelve fedezi fel az öt körülvevő világot, és ezt a kalandot tudományának nevezi.

Gondoljanak bele, mennyivel változatosabbnak tűnne számunkra a világ, és mennyivel korábban fedeztük volna fel az univerzum természetét, ha precízen hangolható szemgolyókkal születünk. Ha érzékelésünket rádióhullámokra állítanánk, a nappali égbolt éjsötétté válna. A sötét égboltot ragyogó, jól ismert rádióforrások tarkítanák, például a Tejútrendszer magja a Nyilas csillagkép főbb csillagai mögött. Szemünket mikrohullámra állítva az egész ég a világegyetem korai időszakának maradványaitól derengene, egy fényfaltól, mely 380 ezer évvel az ősrobbanás után alakult ki. Röntgentalományban azonnal szemet szúrnának a fekete lyukak, ahogy anyagot szippantanak magukba. A gamma-sugárzás hullámhosszán gigantikus robbanásokat látnánk, naponta legalább egyet. Láthatnánk, amint a robbanások energiája felhevíti a környező anyagot, mely aztán más hullámhosszokon világítana. Ha szervezetünkben mágneses érzékelővel születünk, sosem találjuk fel az irányítót, hiszen nem lenne szükségünk rá. Állítsuk érzékelőnket a Föld mágneses terének vonalaira, és a mágneses északi pólus úgy ragyog fel a láthatáron túlról, mint Óz kastélya. Ha retinánkban spektrumanalizátor lenne, mindig tudnánk, milyen levegőt lélegzünk be. Egy pillantás a táblázatra, és máris egyértelmű, hogy a levegő számunkra elegendő oxigént tartalmaz-e vagy sem. És azt is több ezer éve tudnánk, hogy a Tejútrendszer csillagai és csillagködei ugyanolyan kémiai elemekből épülnek fel, mint Földünk.

Ha nagy szemekkel és beépített Doppler-detektorokkal rendelkeznénk, már durva barlanglakóként tudtuk volna, hogy az egész világegyetem tágul, a távoli galaxisok pedig egyre csak távolodnak tőlünk. Ha látószervünk nagy felbontású mikroszkópként működne, soha nem hibáztattuk volna az Urat a pestis és egyéb betegségek miatt. Az embert ágyának döntő baktériumok és vírusok jól láthatóan tekeregnének étелеinken és nyílt sebeinkben egyaránt. Egyszerű kísérletek segítségével könnyen megállapíthatnánk, melyek közülük az ártalmasak. Nyilván a műtétek utáni fertőzések problémájára is évszázadokkal ezelőtt megoldást találtunk volna. Ha képesek volnánk a nagy energiájú részecskék érzékelésére, távolról észlelnénk a radioaktív

anyagokat. Nem lenne szükség Geiger–Müller-számlálókra. Azt is saját szemünkkel látnánk, ahogy a radongáz a talajból a lakásunkba szivárog, és nem kellene szakembert fizetnünk a felmérésért.

ÉRZÉKEINK EGÉSZEN FIATAL KORUNKBAN megkezdett csiszolása felnőttkorunkra lehetővé teszi, hogy a környezetünkben történő eseményekről és jelenségekről ítéletet mondjunk. A gond csupán az, hogy az elmúlt évszázadban nagyon kevés tudományos felfedezést köszönhetünk az öt alapvető érzékünknek. Inkább az érzékeinken túli matematikának és műszereknek lehetünk hálásak. Ezért van az, hogy egy átlagember számára a relativitáselmélet, a részecskefizika és a tízdimenziós hűrelmélet nagyon keveset mond. Hozzávehetjük még a fekete lyukakat, a féregjáratokat és az ősrobbanást is. Mindezek valójában a tudósok számára sem igazán mondanak sokat, és ez mindaddig így is marad, amíg az elképzelhető összes eszköz és érzék segítségével meg nem ismertük a világegyetem nagy részét. Az eredmény egy fejlettebb „józan ész”, melynek segítségével a tudósok képesek az újszerű gondolkodásra, az atomok mérete alatti világ vagy a magasabb dimenziós terek észvesztő kavalkádjának megismerésére. A huszadik századi német fizikus, Max Planck ezt a megállapítást tette a kvantummechanika felfedezésével kapcsolatban:

A modern fizika leginkább azon régi dogma igazolásával nyűgöz le minket, mely arra tanít, hogy léteznek az érzékelésünkön kívüli világok és olyan problémák, melyek megoldásában nagyobb szerepük van ezen új világoknak, mint az összes korábbi tapasztalaton alapuló tudásunknak. (Planck 1931, 107.)

Öt alapvető érzékünk azt sem teszi lehetővé, hogy értelmes választ adjunk ostoba metafizikai kérdésekre, mint például arra, amely így szól: „Ha egy fa kidől az erdőben, de senki nincs ott, hogy hallja, akkor is ad hangot?” Erre az én legjobb válaszom egy kérdés: „Honnan tudjuk, hogy kidőlt a fa?” De ettől általában mindenki csak dühös lesz. Ezért sokszor csak egy értelmetlen párhuzammal válaszolok.

„Kérdés: ha nem érezzük a szén-monoxid szagát, honnan tudjuk, hogy belélegeztük? Válasz: onnan, hogy meghalunk.” Ha a mai világban csupán az öt érzékünkre hagyatkozunk, nagyon nehéz élet vár ránk. Környezetünk megismerésének újabb módjai mindig új ablakot nyitnak a minket körülvevő világra és tovább tágítják mesterséges érzékeink körét. Ilyenkor az univerzum újabb bonyolult összefüggései fedik fel magukat előttünk, és bár műszereink segítségével lassan szuperérzékekre teszünk szert, azért a józan eszünket sose veszítjük el.