

Lawrence M. Krauss

Kvantumember

Richard P. Feynman
tudományos munkássága

A fordítás alapja:
Lawrence M. Krauss: *Quantum Man: Richard Feynman's Life in Science*.
W. W. Norton & Company, Inc., New York, 2012.

© Lawrence M. Krauss, 2011

Fordította © Bojtár Péter, 2016

Szerkesztette: Koronczi-Fekete Viktória – Ruzsa Ágnes

Lektorálta: Budaházy György – Szőcs Miklós

Borító: Cantinart Kft.

HVG Könyvek
Kiadóvezető: Budaházy Árpád
Felelős szerkesztő: Koncz Gábor

ISBN 978-963-304-336-3
ISSN 2064-4833

Minden jog fenntartva. Jelen könyvet vagy annak részleteit tilos reprodukálni, adatrendszerben tárolni, bármely formában vagy eszközzel – elektronikus, fényképezési úton vagy más módon – a kiadó engedélye nélkül közzélni.

Kiadja a HVG Kiadó Zrt., Budapest, 2017
Felelős kiadó: Szauer Péter

www.hvgkonyvek.hu

Nyomdai előkészítés: Kedves László

Nyomás: Reálszisztéma Dabasi Nyomda Zrt.
Felelős vezető: Vágó Magdolna vezérigazgató

A valóságnak elsőbbséget kell élveznie a kommunikációval szemben, ugyanis a természetet nem lehet becsapni.

RICHARD PHILLIPS FEYNMAN
(1918–1988)

Tartalom

Előszó / 9

I. rész

A NAGYSÁGHOZ VEZETŐ ÚT

1. fejezet: Felvétel indul! / 19
2. fejezet: A kvantumuniverzum / 35
3. fejezet: Újfajta látásmód / 55
4. fejezet: Alice Kvantumországban / 71
5. fejezet: Végzetek és kezdetek / 81
6. fejezet: Az ártatlanság elvesztése / 99
7. fejezet: Újabb lépés az ismertség felé / 115
8. fejezet: Irány a végtelen! / 133
9. fejezet: Hasítsunk atomot! / 149
10. fejezet: Tükör által homályosan / 167

II. rész
A VILÁGEGYETEM ÁTRENDEZÉSE

11. fejezet: Intim részecskék / 189
12. fejezet: Megérteni a fizikát / 207
13. fejezet: Tükörbe rejtőzve / 221
14. fejezet: Mellékvágányok és örömök / 247
15. fejezet: Hogyan cibáljuk meg a kozmosz bajszát? / 263
16. fejezet: A csúcsról a mélybe / 295
17. fejezet: Igazság, szépség és szabadság / 321

Utószó: Jellemed a sorsod / 351

Felhasznált irodalom / 359
Jegyzetek / 363
Név- és tárgymutató / 375

Előszó

Csodás tárgynak tartom a fizikát. Elképesztően sokat tudunk, majd mindezt alig néhány egyenletbe zsúfoljuk bele, csak hogy elmondhassuk, milyen keveset tudunk.¹

RICHARD FEYNMAN, 1947

Gyermekkori emlékeimben kutakodva gyakran nehezen tudom kibogozni, mi a valóság és mi a képzelet műve. Arra azonban pontosan emlékszem, amikor először fogalmazódott meg bennem a gondolat, hogy akár még izgalmas is lehet, ha az emberből fizikus lesz. Már gyermekként lenyűgözött a tudomány, de tanulmányaim során még azzal az állapottal ismerkedtem meg, amely legalább fél évszázados lemaradásban volt a jelenhez képest, s éppen ezért inkább a történettudományhoz állt közel. Azt, hogy akadnak még a természetben megoldatlan rejtélyek, akkoriban még nem igazán fogtam fel.

A megvilágosodás akkor ért, amikor egy nyáron részt vettem a középiskola által szervezett tudományos programban. Talán túlon túl egykedvűnek tűnhettem, mert a szokásos órát követően a tanárom egy könyvet nyomott a kezembe, amelyet Richard Feynman írt, s *A fizikai törvények jellege* (*The Character of Physical Law*)² címet viselte, és azt javasolta, olvassam el a múlt és a jövő

megkülönböztetéséről szóló fejezetet. Így találkoztam először az entrópia és a rendezetlenség fogalmával, és sokakhoz hasonlóan engem is zavarba ejtett és frusztrált a témakör – akárcsak azt a két fizikust, Ludwig Boltzmann és Paul Ehrenfestet, akik, miután pályafutásuk nagy részét e téma tanulmányozásának szentelték, mindketten önközükkel vetettek véget életüknek. Egyszerre éreztem zavarosnak és mélynek, ahogy a világ átváltozik, amint egy egyszerű problémából – mondjuk, a Föld és a Hold viszonyából – kiindulva eljutunk egy számtalan részecskéből felépülő rendszerhez, például a szobámat megtöltő gázmolekulákhoz, ahol éppen ezeket a sorokat írom. Persze akkoriban ez túlságosan is zavaros és mély volt számomra ahhoz, hogy értékelni tudjam.

Másnap a tanárom megkérdezte, hallottam-e valaha az anti-anyagról, majd elmesélte, hogy az előző nap emlegetett fickó, az a bizonyos Feynman, Nobel-díjat kapott azért, mert megmagyarázta, hogy egy antirészecskét leginkább úgy lehet elképzelni, akár egy normális részecskét, amely az időben visszafelé mozog. Na, ez már tényleg ámulatba ejtett, bár való igaz, egy szót sem értettem a részletekből – s ma már úgy vélem, hogy az említett pedagógus sem. De az a gondolat, hogy ezeket a dolgokat azóta fedezték fel, hogy megszülettem, szöveget ütött a fejembe, s rájöttem, rengeteg felfedeznivaló akad még. (Noha az utóbbi következtetés helyes volt, az információ, amely alapján idáig eljutottam, már nem. Ugyanis Feynman a születésem előtt csaknem egy évtizeddel publikálta azt a kvantum-elektrodinamikáról szóló művét, amelyért Nobel-díjat kapott, és az az ötlet, hogy az antirészecskéket úgy is el lehet képzelni, mint az időben visszafelé haladó normál részecskéket, még csak nem is az övé volt. Sajnálatos módon, mire ezek a gondolatok eljutnak egy középiskolai tanárhoz, és a tankönyvekbe is beleveszik őket, huszon-

öt-harminc év is eltelik, így előfordul, hogy a tananyag már nem is egészen helytálló.)

Mire a fizikatanulmányaimat az egyetemen megkezdtem, adigra már úgy tekintettem Feynmanra, mint az egész generáció: hősnek és legendának láttam. Egyetemistaként beszereztem *Mai fizika (The Feynman Lectures on Physics)*³ című könyvét, ahogy azt a legtöbb nagyratörő fiatal fizikus is tette, noha egyetlen olyan szemináriumot sem vettem fel, ahol szükségem lett volna rá. Viszont kortársaim többségéhez hasonlóan továbbra is gyakran forgattam a kilenckötetes művet még akkor is, amikor már jócskán magam mögött hagytam a bevezető kurzusokat, amelyekhez tananyagként szánták. E könyvek olvasása közben fedeztem fel, hogy az a nyári élményem mennyire hasonló volt ahhoz, amelyet Feynman élt át középiskolásként. De erről majd később még lesz szó. Most elég annyi, hogy igen boldog lettem volna, ha olyan jelentős eredményeket értem volna el az élmény hatására, mint ő.

Csak diploma után kezdtem megérteni, mi is volt a valódi jelentősége annak, amit akkor és ott a természettudományi tárgyakat oktató középiskolai tanár megpróbált elmagyarázni nekem. De rácsodálkozásom az elemi részecskék világára, és ezzel együtt a részecskék világát leíró érdekes fickóra – Feynmanra – abban a nyári középiskolai táborban kezdődött, és javarészt máig megmaradt. Éppen e sorok írása közben döbrentem rá, hogy egyetemi szakdolgozatomat is egy olyan témáról, a pályaintegrálokról írtam, amelyben Feynman úttörő szerepet játszott.

A sors jóvoltából az a szerencse ért, hogy az egyetemi évek elején találkozhattam és dolgozhattam is Richard Feynmanal. Akkoriban a fizika szakos kanadai egyetemistákat tömörítő szervezetben, a *Canadian Undergraduate Physics Association*ben ügyködtem, amelynek egyetlen célja az volt, hogy országos kon-

ferenciákat szervezzen, ahova neves fizikusokat hívnak meg előadásokat tartani, míg a fiatal egyetemisták bemutatathatják a nyári tudományos diákkörben elért eredményeiket. Ha jól emlékszem, 1974-ben sikerült a szervezet rendkívül vonzó elnöknőjének Feynman rávennie (hogy a csábításnak milyen módját alkalmazta, azt nem tudom, és nem is firtatom), hogy díszvendégként lépjen fel a Vancouverben megrendezett konferencián. Az előadása után vettem a bátorságot, hogy feltegyek neki egy kérdést, a pillanatot az egyik országos lap fotóriportere megörökítette, majd a képet illusztrációként fel is használta. Ennél lényegesebb volt azonban, hogy a barátnőm is velem volt, így szó szót követett, s végül Feynman a hétvége nagy részét velünk töltötte, közeli kis kocsmákban.

Amikor már az MIT-re (Massachusetts Institute of Technology, Massachusettsi Műszaki Egyetem) jártam, többször is hallgattam Feynman előadásait. Aztán évekkel később, amikor a PhD-fokozatom megszerzése után a Harvardra kerültem, egyszer előadást tartottam a Caltechen, és a közönség soraiban ott ült Feynman is, amitől kissé feszélyezve éreztem magam. Udvariasan feltett egy-két kérdést, majd az előadás után odajött hozzám, hogy folytassuk a beszélgetést. Azt hiszem, nem emlékezett a vancouveri találkozónkra, én pedig örökké bánni fogom, hogy nem derülhetett ki, mert miközben türelmesen várákozott, hogy néhány szót válthasson velem, egy kitarató és bosszantó fiatal tanársegéd addig tartott szóval, míg végül Feynman odébbállt. Soha többé nem láttam, mert néhány évre rá meghalt.

Richard Feynman már azt megelőzően a fizikusok egész generációja számára legendának számított, hogy a közvélemény megismerte volna a nevét. A Nobel-díj kapcsán ugyan az újságok

cikkezték róla, de a következő nap már másról szóltak a vezető hírek, és az emberek általában csak addig emlékeznek valakire, amíg a címlapon szerepel. Feynman népszerűsége és hírneve tehát nem tudományos felfedezéseiből fakadt, hanem azokból a könyvekből, amelyekben személyes élményeiről számolt be. Feynman mesélőként épp olyan kreatív és elbűvölő volt, mint tudósként. Bárki, aki kapcsolatba került vele, többé nem tudta kivonni magát karizmatikus személyiségének hatása alól. Átható pillantása, hamiskás mosolya és jellegzetes New York-i akcentusa együttesen olyan benyomást tett az emberekre, amely gyökeres ellentéte volt a tudósokról kialakított általános képnek. Az olyan dolgok, mint az afrikai dobok vagy a sztriptízbárok iránti érdeklődése, még tovább dagasztották személyes bűvkörét.

Feynmant – sokakhoz hasonlóan – egy véletlen, esetében egy tragikus baleset következményei tették közismertté. 1986. január 28-án, nem sokkal az indítás után felrobbant a Challenger űrrepülőgép, amelyen ott ült az első „civil” űrhajós, egy középiskolai tanárnő, akinek az űrből kellett volna órát tartania a diákjainak. A balesetet követő vizsgálat során Feynmant is felkérték, hogy csatlakozzon a NASA szakértőihez, amelyre ő – tőle szokatlan módon – igent mondott. Feynman egészen a Challenger-katasztrófa bekövetkeztéig kényesen kerülte, hogy részt vegyen bármiféle bizottság vagy hasonló szervezet munkájában, amely elvonhatná figyelmét a kutatástól.

Természetesen ezt a feladatot is a maga sajátos módján oldotta meg. Ahelyett, hogy jelentéseket olvasott volna, vagy éppen a jövőre vonatkozó javaslatokkal állt volna elő, közvetlenül a NASA mérnökeit és tudósait faggatta. Majd egy híressé vált meghallgatás során, amelyet a televízió is közvetített, ott helyben végrehajtott egy kísérletet: egy kisebb tömítőgyűrűt rakott egy pohár jeges vízbe. Ezzel demonstrálta, hogy a hajtóműnél

használt tömítőgyűrűk elveszítik rugalmasságukat, ha olyan hidegben használják őket, mint amilyen a végzetes kilövés napján is volt.

Attól a naptól kezdve folyamatosan jelentek meg visszaemlékezései, a leveleiből készített összeállítások és az „elveszett előadások” hanganyagai, s az őt övező legenda halálát követően is tovább bővült. Feynmanról készültek olvasmányos életrajzok is, amelyek közül kiemelkedik James Gleick mesterien megírt *Genius* (Lángelme)⁴ című műve.

Feynman mint ember mindig is lenyűgöző téma marad. Amikor felkérést kaptam, hogy a tudományos eredményein keresztül mutassam be egy rövid és olvasmányos munkában, nem tudtam ellenállni a kísértésnek.

A feladat attól is csábítótnak tűnt, hogy így Feynman valamennyi eredeti tanulmányához hozzáférhettem. (A legtöbb ember feltehetően nincs tisztában azzal, hogy mennyire ritka, ha egy tudós a saját szakterületén kézbe veheti az eredeti szakirodalmat, különösen, ha attól már egygenerációnyi idő választja el. A tudományos elképzeléseket a későbbi korok megszüri, finomítják, és hiába van szó ugyanarról a fizikai elméletről, modern interpretációjában gyakran szinte már felismerhetetlenül eltér az eredeti megfogalmazástól.) Ennél is fontosabb volt azonban számomra, hogy a Feynman-féle fizikán keresztül ráláthatunk mindazokra a kulcsfontosságú lépésekre, amelyek a tudomány terén mentek végbe a 20. század második felében, s egyben megvilágítja számunkra a mai napig is megoldatlan rejtélyeket.

A következőkben megpróbálom olyan módon megjeleníteni Feynman munkásságát és szellemiségét, ahogy arra ő is áldását adhatná. Talán ezzel is magyarázható, hogy ez a könyv mindekelőtt arra tesz kísérletet, hogy tudományos életrajzának felvázolása közben megmutassa, milyen hatást gyakorolt Feynman a mai természetfelfogásunkra. Nem sok szót fogok vesztegetni a

számos titokzatos zsákutcára és időpocsékoló tévútra, amelyekre még a legsikeresebb tudósok – beleértve Feynmant – is rátévednek, miközben a tudományos megismeréshez vezető ösvényen haladnak. A nem szakmabeliek számára már így is elég nehéz lesz átlátni mindazt, amit a fizikusok felfedeztek a természetről, nincs szükség a tévutak bemutatására, mert bármennyire is elegáns vagy briliáns egynémely ilyen, sehová nem vezető leágazás, végző soron csakis azok az ötletek számítanak, amelyek – a kísérletek próbáját kiállva – nem hulltak ki az idő rostáján.

Szerény célom tehát mindössze az, hogy Feynman tudományos örökségét állítsam a könyv középpontjába, mivel döntően befolyásolta a 20. századi fizika forradalmi felfedezéseit, és ami a 21. század rejtélyeinek megfejtésére is hatással lehet.

Meg akarom értetni a fizikához nem igazán konyító olvasókkal, hogy Feynman miért vált csaknem misztikus hőssé a fizikusok szemében. Ha sikerül valahogy ezt megragadnom, úgy az olvasók is közelebb kerülnek a modern fizika központi kérdéseihez és Feynman modern világgépünk megváltoztatásában játszott szerepének megértéséhez. Ennél méltóbb módon nem tiszteleghetek Richard Feynman különleges tehetsége előtt.

I. RÉSZ

A NAGYSÁGHOZ VEZETŐ ÚT

A tudomány nem más, mint annak megtanítása, hogyan lehet valamit megismerni; mi az, amit nem ismerünk; amit ismerünk, mennyire ismerjük (mivel nincs semmi, amiről abszolút tudással rendelkezünk); hogyan kezeljük kételyeinket és bizonytalanságainkat; hogyan kell bizonyítani valamit; hogyan gondolkodjunk úgy a dolgokról, hogy aztán megítélhessük őket; s hogyan különböztessük meg az igazságot a sarlatánságtól és szemfényvesztéstől.¹

RICHARD FEYNMAN