

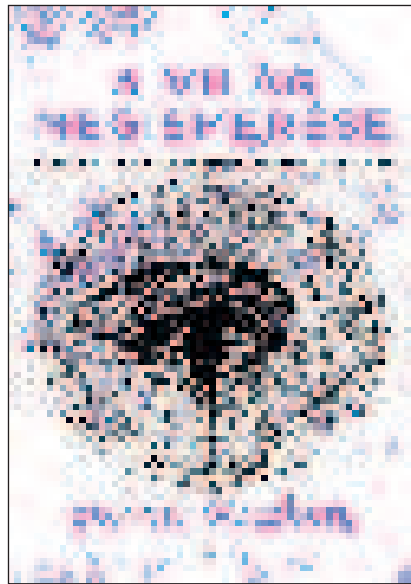
# A tudománytörténet „első három perce”

„Fizikus vagyok, nem történész, de ahogy múltak az évek, egyre jobban lenyűgözött a tudomány története. Rendkívüli a történet, az egyik legérdekesebb az emberi történelemben. Ebből a történetből a hozzám hasonló tudósok személyesen is kivették a részüket. Napjaink kutatómunkáját is segíti és megvilágítja, ha megismerjük a múltat, sőt egyes tudósok számára a tudomány történetének megismerése motivációt jelent kutatói munkánkhoz. Mindannyian azt reméljük, hogy kutatásaink, még ha csak egy morzsával is, hozzájárulnak a természettudományok nagyszerű történelmi tradíciójához.” – írja a Nobel-díjas *Steven Weinberg* hamarosan magyarul is megjelenő, *A világ megismerése* című könyve előszavában.

Az 1933-ban született Weinberg kezdő fizikusként az elméleti fizika különböző területei iránt érdeklődött a Feynman-gráfok nagy energiájú viselkedésétől a gyenge kölcsönhatási áramokon, a szimmetriasértéseken és a szóráselméleten keresztül a müonok fizikájáig. Az 1960-as évek közepétől érdeklődése az erős kölcsönhatás és a spontán szimmetriasértések felé fordult, majd a 70-es években kezdett a gyenge és az elektromágneses kölcsönhatást egyesítő térelmélettel, és ezzel összefüggésben az erős kölcsönhatásokat leíró kvantum-szindinamikával foglalkozni.

Az elektroyenge kölcsönhatás elmélete – vagyis a Glashow–Weinberg–Salam-modell – két alapvető kölcsönhatás, az elektromágnességet leíró kvantum-elektrodinamika és a gyenge kölcsönhatás egyesítéséből született meg. Ezért kapta meg két kollégájával, a pakisztáni *Abdus Salam*mal (1926–1996) és egykori középiskolai osztálytársával, *Sheldon Glashow*-val (1932) a fizikai Nobel-díjat, mint az indokolás megfogalmazta, „az elemi részecskék között ható egyesített gyenge és elektromágneses kölcsönhatás elméletéhez való hozzájárulásukért, beleértve többek között a gyenge semleges áramok előrejelzését”.

Az 1960-as évek elejétől kezdve aktívan érdeklődött a neutrínók kozmikus populációja, illetve ezen keresztül általában az asztrofizika és a kozmológia kérdései iránt. Ez irányú munkáját 1971-ben meg-



„...lenyűgözött a tudomány”

jelent *Gravitation and Cosmology* című könyvében összegezte. A kozmológia aktuális eredményeit népszerű szinten megírta az 1977-ben megjelent *Az első három percben*. A könyv világsikerré vált, számos nyelvre lefordították. (Magyarul *Gajzágó Éva* fordításában a Gondolat Kiadó 1982-ben jelentette meg.)

Weinberg a továbbiakban sem lett hűtlen az ismeretterjesztéshez és a tudomány népszerűsítéséhez. Cikkeiben, előadásában a fizikán kívül az ateizmus, a filozófia és a történelem, tudománytörténet különböző témáival foglalkozik. Ennek köszönhetően született meg *A világ megismerése*, amelyben az ókortól Newton koráig tárgyalja a természettudományok – elsősorban a fizika és a csillagászat – történetét, de időnként utal a modern fizikára is. A szerző így fogalmazza meg a maga elé állított célt: „El akarom mondani, milyen nehéz volt a modern természettudomány felfedezése, mennyire nem nyilvánvalóak eljárásai és normái.”

A terjedelmes műről ehelyett lehetetlen átfogó képet adni, ezért csak három témakörben illusztráljuk néhány szemelvényvel Weinberg nézeteit, egyrészt az ateizmus, illetve a természettudomány és a vallás viszonya, másrészt a régi korok

természettudósaihoz való viszonya és a tudományos forradalom kérdéskörében. Eltekintünk a könyvben bemutatott természettudományos elméletek, eredmények, felfedezések és történetek ismertetésétől, mint ahogy a könyv jelentős részét adó, egyes, szóba kerülő tételek, mérések bizonyítását tárgyaló jegyzetből sem idézünk. Utóbbiakat Weinberg így ajánlja az olvasók figyelmébe: „Az itt következő jegyzetekben leírom a könyvben tárgyalt néhány történelmi eredmény tudományos és matematikai hátterét. Azoknak az olvasóknak, akik a középiskolában tanultak némi algebrát és geometriát, és azt még nem felejtették el teljesen, nem fog gondot okozni a jegyzetek matematikai színvonala. Könyvem mondanivalóját azonban úgy rendeztem el, hogy akit nem érdekelnek ezek a technikai részletek, az nyugodtan átugorhatja ezeket a jegyzeteket, a könyv fő szövege ettől függetlenül érthető marad a számára.”

## Természettudomány és vallás

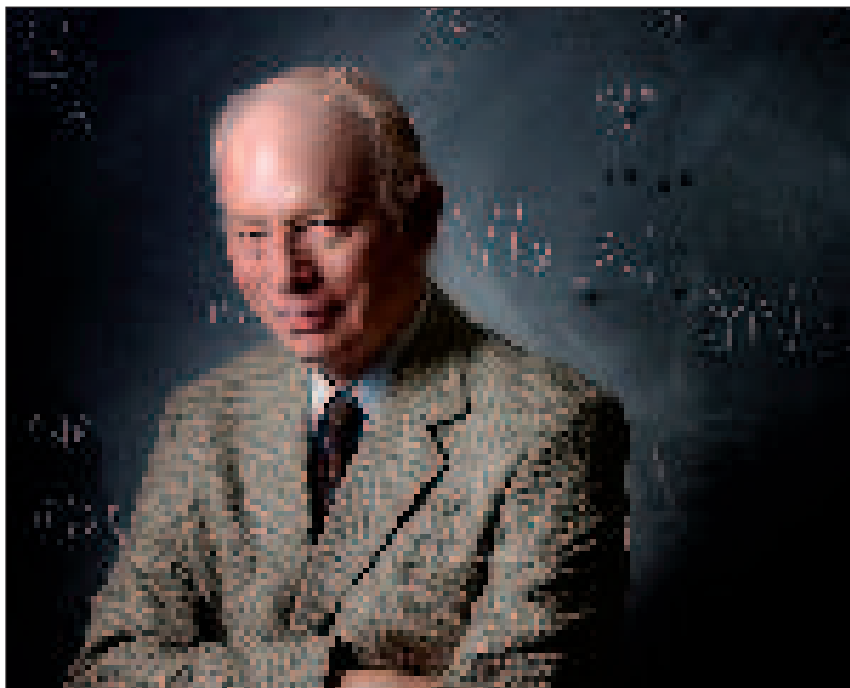
Weinberg meggyőződéses ateista. Ezzel kapcsolatban így ír, meghúzva egyúttal a természettudomány és a vallás közötti határvonalat: „Nem arról van szó, hogy a modern természettudós a kezdet kezdetén eldöntene, hogy természetfölötti lények márpedig nem léteznek. Történetesen én így gondolom, ám vannak nagyon kiváló tudósok, akik mélyen vallásosak. Inkább az a lényeg, milyen messzire mehetünk el a természetfölötti beavatkozás feltételezése nélkül. A természettudomány csak ezen az alapon művelhető, mert amint segítségül hívjuk a természetfölöttit, abban a pillanatban minden megmagyarázható, és egyetlen magyarázatot sem kell bizonyítani.” Egy másik munkájában ezt még tömörebben így összegezte: „A természettudomány nem zárja ki, hogy higgyünk Istenben, egyszerűen csak lehetővé teszi, hogy ne higgyünk Istenben.”

Magától értetődően sem a tudomány történetéből, sem a tudomány és a vallás viszonyának tárgyalásából nem hiányozhat Galilei konfliktusa az egyházzal, amelyet azonban Weinberg érdekes

megvilágításba helyez. „Galilei 1613-ben szembeszállt a jezsuitákkal, többek közt *Christoph Scheiner*rel, még hozzá egy viszonylag lényegtelen csillagászati kérdésben. A vita arról folyt, hogy a napfoltok magához a Naphoz tartoznak-e – például közvetlenül a felszíne fölött lebegő felhők, ami Galilei véleménye szerint a Hold hegyeihez hasonlóan az égitestek tökéletlenségére adna példát. Vagy talán a Naphoz a Merkúrál közelebb keringő, aprócska bolygók lehetnek?” A szakmai vita tárgya tehát Weinberg minősítése szerint egy „viszonylag lényegtelen” kérdés volt. A háttérben azonban más is meghúzódott, hiszen „A vita emellett arról is folyt, hogy melyikük fedezte fel elsőként a napfoltokat.” Nem az egyetlen eset a tudománytörténetben, amikor a prioritási vita eszkalálódott. Mindamellett, „Ez azonban csak apró epizódja volt a jezsuitákkal folyó, és egyre terebélyesedő vitájának, amelyben azonban egyik fél sem válogatott az eszközökben. A továbbiak szempontjából azonban fontosabb volt, hogy ebben az írásában Galilei már egyértelműen állást foglalt Kopernikusz mellett.” Végül Weinberg arra is rámutat, hogy Galilei a vitában téves álláspontot fejt ki egyik írásában. „Galilei konfliktusa a jezsuitákkal 1623-ben érte el a tetőpontját, amikor kiadta *Il Saggiatore* (*Az aranymérleg*) című művét. Ez a jezsuita matematikus, *Orazio Grassi* elleni nyílt támadás volt, Grassi tökéletesen helytálló és *Tycho Brahe* megállapításával egyező kijelentése okán, amely szerint a napi parallaxis hiánya azt igazolja, hogy az üstökösök messzebb vannak a Holdnál.”

Ugyanakkor Weinberg Galilei főművével (*Dialogo*) kapcsolatban is feltesz egy érdekes kérdést. „Galilei könyvének furcsa a címe. Abban az időben ugyanis nem két, hanem *négy* nagy világregndszer volt: Ptolemaioszén és Kopernikuszén kívül a homocentrikus szférákon alapuló Arisztotelész-féle, valamint a Tycho-féle, amelyben a Nap és a Hold az álló Föld körül kering, a többi bolygó viszont a Nap körül. Miért nem foglalkozott Galilei Arisztotelész és Tycho rendszerével?”

Galilei perét illetően levonja a máig is érvényes tanulságot, itt azonban már nem a vallásos felfogást, hanem a korabeli egyház hatalmi gépezetét állítja szembe a tudományos és vallási nézetekkel, véleményekkel. „Tételezzük fel azonban, hogy az egyháznak lett volna igaza, és Galilei tévedett volna a csillagászati kérdésekben. Az egyház ebben az esetben is helytelenül tette volna, ha börtönbüntetésre ítéli Galileit és eltiltja írásai publikálásától, éppúgy, ahogy helytelen volt Brunót elítélni, még ha eretnek is volt. Szerencsére, bár tudomásom szerint ezt egyértelműen soha nem jelentette ki, az egyháznak ma már meg sem fordulnak a fejében ilyen lépések. Az



Steven Weinberg (Forrás: <http://www.thefamouspeople.com/profiles/images/steven-weinberg>)

istenkáromlást és a hit megtagadását büntető iszlám országok kivételével mára a világ megtanulta, hogy a kormányoknak és az egyházi hatóságoknak nem feladata a vallási véleményeket büncselekménynek tekintve ítélkezni, függetlenül attól, hogy azok a vélemények igazak, vagy sem.”

Többször is visszatér a szerző az úgynevezett finomhangoltság problémájához, Arisztotelész epiciklusaitól Kopernikusz elméletének pontatlanságán keresztül egészen a modern csillagászat legégetőbb dilemmájáig: „Napjainkban a finomhangolás még aggasztóbb esetével kell szembenéznünk. A csillagászok 1998-ban felfedezték, hogy a Világegyetem tágulása nem lassul, amint azt a galaxisok egymás közti gravitációs vonzása alapján várnánk, hanem gyorsul. Ezt a gyorsulást egy olyan, sötét energiának nevezett energiafajtának tulajdonítják, amelyik magával a térrel áll kapcsolatban. Az elmélet szerint számos különböző tényező járul hozzá a sötét energiához. Egyeseket ezek közül ki tudunk számítani, másokat nem. Kiderült, hogy azok a hozzájárulások a sötét energiához, amelyeket ki tudunk számítani, körülbelül 56 nagyságrenddel nagyobbak a csillagászok által megfigyeltnél.”

### A múlt nézetei mai szemmel

Weinberg határozottan elutasítja azt a történelmi szemléletet, amely szerint a régi korok tudósainak munkáját saját koruk viszonyában kell értékelni. A törté-

nész *David Lindbergh*re hivatkozik, aki „Ugyanezen könyvének második kiadásában így ír: „Egy filozófiai rendszert vagy egy tudományos elméletet nem annak alapján kell értékelnünk, hogy mennyire felel meg mai gondolkodásunknak, hanem annak alapján, ahogyan saját kora filozófiai és természettudományos problémáit tárgyalta.” Ezt én nem fogadom el. A természettudományban (a filozófiát másokra hagyom) nem az a fontos, hogy megoldjuk a saját korunkban népszerű problémákat, hanem az, hogy megértjük a világot.” Később hozzáteszi: „Természetesen a tudományos felfedezések történelmi összefüggéseit is meg kell próbálnunk megérteni. Ezen túlmenően, a történelem feladata attól függ, mit próbál meg elérni. Ha a történelem egyszerűen csak rekonstruálni szeretné a múltat, hogy megértsük, ’milyen is volt az világában’, akkor nem sokat segít, ha a múlt természettudósainak munkáját a mai követelményekhez igazítva ítéljük meg. Ez a fajta értékítélet azonban elkerülhetetlen abban az esetben, ha azt akarjuk megérteni, miként fejlődött a természettudomány a múlttól a jelenig.”

A bírálatot a görögökkel kezdi: „Mindamellett úgy vélem, nem szabad túl nagy hangsúlyt fektetni a korai vagy a klasszikus görög tudomány modern vonatkozásaira. A modern természettudománynak van ugyanis egy fontos jellemzője, amely szinte teljesen hiányzik az általam Thalészról Platónig felsorolt gondolkodók munkájából: egyikük sem próbálta meg igazolni

vagy (talán Zénón kivételével) komolyan alátámasztani spekulációit. Írásaikat olvasva minduntalan felbukkan a kérdés: 'Hát, ezt meg miből gondolta?' Ez Démokritoszra éppúgy igaz, mint a többiekre. A könyvek fennmaradt töredékeiben sehol, a legcsekélyebb próbálkozást sem találjuk annak igazolására, hogy az anyag valóban atomokból áll."

A klasszikus korról szemben a hellenizmust favorizálja. „A hellenisztikus korban ezzel szemben a természettudományok jutottak olyan magasságokba, amelyek mellett nemcsak a klasszikus kor eredményei törpülnek el, hanem amelyeket egészen a XVI–XVII. század tudományos forradalmáig nem sikerült túlszárnyalni. ... A másik fontos különbség a hellenisztikus tudósok és klasszikus elődeik között az volt, hogy a hellenisztikus korra kevésbé nyomta rá a bélyegét a sznobizmusból fakadó különbségtétel az öncélú és a hasznos tudományok között – a görög *episztemé*, azaz tudás, szemben a *tekhnével*, azaz mesterséggel (vagy latinul *scientia*, illetve *ars*)."

Bírálja a vizsgálódás módszerét, a szemléletet, a tudományos módszer hiányát: „A fizika történetére tekintve azonban azt mondhatjuk, hogy nagyon hosszú időbe telt, mire a fizikusok figyelme a mérések bizonytalanságára irányítódott. Legjobb tudomásom szerint sem az ókorban, sem pedig a középkorban senki sem próbálta komolyan megbecsülni, mekkora valamely mérés bizonytalansága. Amint ... látni fogjuk, még Newton is felettlébb nagyvonalúan bánt a kísérletek bizonytalanságának kérdésével."

Mai fizikai ismereteink birtokában kíméletlenül bírálja a tudomány történetének legkiválóbb alakjait is: „Az arisz-

ternikus elmélete ezekkel a kiegészítésekkel együtt is egyszerűbb volt, mint Ptolemaioszé, de a különbség nem volt világrengető. Bár Kopernikusz ezt még nem tudhatta, de elmélete közelebb járt volna az igazsághoz, ha nem bajlódik az

reméltó, milyen tévesen gondolkozott a természet oly sok sajátosságáról. Tévesen állította, hogy a Föld elnyúlt, hosszúság alakú (azaz a Föld átmérője a két pólusa között nagyobb, mint az Egyenlítő síkjában). Arisztotelészhez hasonló-



Az 1979-es fizikai Nobel-díjak (balról jobbra): Sheldon Glashow, Abdus Salam és Steven Weinberg

epiciklusokkal, hanem az elmélet apró pontatlanságainak tisztázását a későbbi generációk tudósaira hagyja." A „későbbi generációk”, elsőként a bolygópályák ellipszis alakját felismerő Kepler sokat segített az említett „pontatlanságok tisztázásában”, ám „Valójában Kepler gondolkodását nagyrészt az a téves fizikai elképzelés befolyásolta, miszerint a Nap valamilyen, a mágnességhez hasonló erő révén mozgatja a bolygókat a pályáik mentén." A bírálat nem szorítkozik a Naprendszer megismerésének kezdeteire, hanem korokon és tudományterületeken átívelő: „Bacon és Platón két, egymással ellentétesen szélsőséges álláspontot képviselt. Természetesen mindketten tévedtek."

an, ő is tévesen állította a vákuum lehetetlenségét. Tévedett abban, hogy a fény pillanatszerűen (azaz végtelen sebességgel) terjed. Tévedett, amikor azt hitte, hogy a teret az anyag örvényei töltik ki, amelyek magukkal sodorják pályáik mentén a bolygókat. Nem volt igaza abban, hogy a tobozmirigyben lakozik az emberi tudatosságért felelős lélek. Rosszul gondolta, melyik fizikai mennyiség marad meg az ütközések során. Tévesen állította, hogy a szabadon eső test sebessége a test által megtett úttal arányos. Végül, számos szeretetreméltó házi cica megfigyelése alapján személyes meggyőződése szerint Descartes abban is tévedett, hogy az állatok valódi tudatosság nélküli gépezetek lennének."

Miután a természettudós Descartesot megsemmisíti, a filozófus Descartes kapja meg a kegyelmezdőfést: „Minthogy azonban Descartes 'az értelem helyes használatának s a tudományos igazságok kutatásának módszeréről' írt, ezért sorozatos tévedései szükségszerűen árnyékot vetnek filozófiai értékítéleteire is." Csak a matematikus Descartes-nak kegyelmez: „Descartes legjelentősebb tudományos eredménye egy új matematikai módszer felfedezése volt, amelyet ma koordináta geometriának (vagy analitikus geometriának) nevezünk."



Steven Weinberg átveszi az 1979-es fizikai Nobel-díjat

totelészi rendszerről azt mondhatnánk, hogy nem egyezett a megfigyelésekkel, ezt azonban már kétezer év óta tudták róla, mégsem pártoltak el tőle a követői." Később sem jobb a helyzet: „Ko-

Franciaországban és a filozófusok körében. Ezt én furcsállom. Egy olyan ember esetében, aki azt állította, hogy megtalálta 'a megbízható tudás megszerzésének igaz módszerét', különösen figyelem-





**Beatrix holland királynő 1983-ban, korábban Nobel-díjjal kitüntetett tudósok társaságában. Balról jobbra, Paul Berg (kémiai, 1980), Christian de Duve (orvosi, 1974), Steven Weinberg (fizikai, 1979), Queen Beatrix, Manfred Eigen (kémiai, 1967), Nicolaas Bloembergen (fizikai, 1981) (Kép: Wikimedia Commons, Rob C. Kroes/Anefo – Dutch National Archives)**

### A tudományos forradalomról

„Akár volt tudományos forradalom, akár nem, az mindenképpen Kopernikusszal kezdődött.” – foglal állást Weinberg a tőle megszokott határozottsággal könyve tudományos forradalomról szóló részének indításaként, utalva arra, hogy egyes történészek még a tudományos forradalom létezését is kétségbe vonják. „Az elmúlt évtizedekben egyes történészek kételyeiket fejezték ki a tudományos forradalom jelentőségét illetően, sőt még a létezését is kétségbe vonták.”

Weinberg a tudomány történetében a fordulópontot a módszer kialakulásában látja. „A természettudomány ma nemzetközi, talán civilizációnk leginkább nemzetközi területe, ám a modern természettudomány felfedezése ott történt, amit kicsit szabadon értelmezve a Nyugatnak nevezhetünk. A modern természettudomány módszere az Európában, a tudományos forradalom idején végzett kutatások során alakult ki, amely viszont az Európában és az arab világban a középkorban végzett munkán alapul, de gyökerei végső soron a korai görög természettudományig nyúlnak vissza. A Nyugat tudományos ismereteinek jelentős részét másoktól kölcsönözte – a geometriát Egyiptomból, a csillagászati adatokat Babilonból, az aritmetikai módszereket Babilonból és Indiából, a mágneses iránytűt Kínából – de legjobb tudomásom szerint a modern természettudományos módszert sehonnan sem importálta.”

Másutt így ír: „Már csak egyetlen kérdés maradt megválaszolatlan: miért akkor és ott következett be a XVI. és a XVII. század természettudományos forradalma,

amikor és ahol bekövetkezett? A lehetséges magyarázatokban nincs hiány.”

A természettudományos forradalom betetőzését Newton munkássága jelenti, de azért Weinberg neki is odaszúr: „Newtonnal elérkezünk a természettudományos forradalom csúcspontjára. De micsoda furcsa szerzetre osztották ezt a történelmi szerepet! Newton soha nem járt Anglia egy keskeny, London Cambridge-dzsel és szülőhelyével, Lincolnshire-rel összekötő sávján kívül. Még a tengert sem látta, amelynek árapálya olyannyira érdekelt.” Nem is beszélve azokról a legkevésbé sem hízelgő megjegyzésekről, amelyeket Leibniz-cel folytatott prioritási vitája okán Newtonra tesz.

A természettudományos forradalom betetőzését azonban vitathatatlanul a newtoni szintézis jelentette: „Ez a lépés volt az égi és a földi természettudományok egyesítésének csúcspontja. Kopernikusz a bolygók közé helyezte a Földet, Tycho bebizonyította, hogy bekövetkezhetnek változások az égitestek világában, Galilei pedig látta, hogy a Hold felszíne egyenetlen, akárcsak a Földé, de egyikük felfedezése sem kapcsolta össze a bolygók mozgását olyan erővel, amilyeneket itt a Földön is megfigyelhetünk. Descartes a Naprendszerben folyó mozgásokat az éter örvényei segítségével próbálta megérteni, amelyek hasonlóak a vízzel teli medencében a Földön kialakulókhöz; ez az elmélet azonban kudarcot vallott. Ezek után Newton bebizonyította, hogy a Holdat a Föld körüli, a bolygókat pedig a Nap körüli pályáikon tartó erő pontosan ugyanaz a gravitációs erő, ugyanazoknak a kvantitatív törvényeknek engedelmeskedő nehézkedés,

amelyik következtében Lincolnshire-ben az almák a földre hullanak. Ettől kezdve egyszer s mindenkorra el kellett vetni az égi és a földi szétválasztásának Arisztotelészig visszanyúló fizikai spekulációját.”

Kétségtelen, hogy Newtonnal a klasszikus fizika ugyanolyan csúcspontját érte el, mint amilyent a modern fizika a kozmológiában és a részecskefizikában – nem kis részben éppen Weinberg munkásságának köszönhetően. „A kvantummechanikához hasonlóan, Newton Naprendszerrel alkotott elmélete is elvezetett ahhoz, ami később ugyancsak kiérdemelte a standard modell elnevezést. Ezt a fogalmat én vezettem be 1971-ben, a táguló Világegyetem szerkezetét és fejlődését leíró, addigra kifejlődött elmélet megnevezésére... Nem sokkal később fizikus kollégáimmal együtt, a 'standard modell' kifejezést az elemi részecskék és változatos kölcsönhatásaik kibontakozó elméleteinek megnevezésére is alkalmazni kezdtük. Természetesen Newton követői nem ezt a kifejezést használták a Naprendszer newtoni elméletének megelőlésére, de nyugodtan használhatták volna. A newtoni elmélet közös kiindulási alapot adott a csillagásznak azon megfigyelések magyarázatához, amelyek túlmutattak Kepler törvényein.”

Végül, de nem utolsósorban az ókortól Newtonig tartó tudománytörténeti kalandozása tanulságként többek közt e gondolataival ébreszti fel az olvasóban a megismerés vágyát: „A világ tehát úgy működik, mint egy jó tanító, aki a megelégedettség pillanataival nyugtatja a jó ötleteinket. Évszázadok alatt megtanultuk, mi az, amit meg lehet ismerni, és hogyan. Megtanultuk, hogy ne törődjünk a céllal, mert ez a gyötörődés soha nem vezet el a vágyott örömhöz. Megtanultuk, hogy le kell mondani a bizonyosság kereséséről, mert a nekünk örömet okozó magyarázatok soha nem bizonyosak. Megtanultuk, hogy kísérleteket végezzünk, nem törődve az elrendezés mesterséges mivoltával. Kifejlődött bennünk az esztétikai érzék, amely támpontokat ad arra nézve, melyik elmélet fog működni, és amely hozzájárul az örömhöz, ha az elmélet tényleg működik. Tapasztalataink felhalmozódnak. Az egész nem tervezhető, nem megjósolható, mégis megbízható tudást eredményez, miközben az odavezető útban is mindvégig örömhöz vezet.”

*Steven Weinberg: A világ megismerése – Hogyan alakult ki a modern természettudomány? Akkord Könyvkiadó (www.gabo.hu), Budapest, 2016. Hamarosan a könyvesboltokban!*

*A könyvet fordította és az ismertetőt összeállította:  
BOTH ELŐD*