

4. fejezet

Törpékről és óriásokról

Egy kis tudománytörténet Einstein olvasatában

„Gyermekkorodban, kedves olvasóm, bizonyára te is megismerkedtél Eukleidész geometriájának égbe nyúló épületével, és talán több tisztelettel, mint szeretettel emlékezel erre a büszke várra, amelynek vég nélküli lépcsőin lelkiismeretes tanítóid megszámlálhatatlan órákon át hajszoltak fölfelé.”

Einstein 38 évesen alkotóereje teljében volt, és az I. világháború megpróbáltatásai közepette minden képzeletet felülmúló mennyiségű munkát rótt önmagára. Emellett 1917-ben egy „közérthető” művel fordult a „kedves olvasóhoz” – 80 oldalon írt *A speciális és általános relativitás elméletéről*.

Örömmel adta tovább tudását, ugyanazon a módon, ahogy gyermekkorában ő maga szerezte: „Gondoltál-e már valaha arra, kedves olvasóm, milyenek találnánk mi, emberek a világot, ha szem nélkül lennénk megteremtve?” Ez áll Aaron Bernstein *Naturwissenschaftliche Volksbüchern* (Természettudomány közérthetően) című művében, amely 10 és 12 éves kora között került az ifjú Albert kezébe. Egy mű, amit

lélegzetvisszafojtva olvasott. Az ifjú könyvmolyt az ilyen könyvek szinte odaszögezték a szülői ház kanapéjához. A 20 kötetes Bernstein-kiadásnak abban az időben ott volt a helye minden felvilágosult és művelt polgár könyvespolcán. Negyedszázaddal később írt sorai a múltbeli ismeretterjesztő mű dicső visszhangjaként csengenek.

Itt találhatjuk meg későbbi gondolatkísérleteinek, a makro- és mikrovilágba tett képzeletbeli utazásainak a gyökereit. Itt ismerte meg mindazt az élvezetet, izgalmat és kielégülést, amit a tudományos elmélyülés nyújtani képes. „Ott volt körülöttem a hatalmas világ, amely tőlünk, emberektől függetlenül van jelen, és nagy, örök rejtélyként áll előttünk” – önéletrajzi jegyzeteiben így írta le az örök gyermek Einstein ifjúkorának soha nem szűnő bámulatát a világ iránt.

Maja visszaemlékezései szerint Max Talmud orvosanhallgató segített bátyjának az olvasottak megértésében. A vagyontalan orvos egy régi zsidó hagyomány szellemében hetente egyszer hivatalos volt Einsteinék asztalához, ott teleehette magát. Albertet azonban a könyvei nem csak akkor foglalkoztatták, amikor a kanapéra húzódott velük. Váltig azon próbálkozott, hogy az idősebb fiúval megbeszélje mindazt, ami elméjét foglalkoztatta.

Talmud révén ismerte meg Kant művét, *A tiszta ész kritikáját* is, valamint Ludwig Büchner nemzetközi bestsellerét, a *Kraft und Stoff: Grundzüge der natürlichen Weltordnung* (Erő és anyag: a természetes világrend alapvonásai) című művet. Ludwig testvére, Georg, *Danton halála* és *Woyzeck* c. drámáival világhírré tett szert. Ludwig könyve radikális kísérletnek tekinthető „az addigi teológiai-filozófiai világnézet átalakítására”.

Max és Albert Alexander von Humboldt érdekfeszítő, ötkötetes, *Kosmos, Entwurf einer physischen Weltbeschreibung* (A kozmosz – a világ fizikai leírásának egy kísérlete) c. művét szintén elolvasták és megvitatták. A 19. század közepén a Biblia után ez volt a második legolvasottabb könyv Németországban.

Einstein soha nem felejtette el a leckét. Abban a korban, amikor az ember keresni kezdi élete célját, amikor teljes odaadással fordul az őt érdeklő dolgok felé, amikor jelleme formát ölt, Albert végleg a maga útjára lépett. Míg a vele egykorúak egyre inkább a barátaihoz, saját klikkjeikhez igazodtak, a fiatal Einstein a nyomtatott papírra koncentrált, mely új világokat nyitott meg előtte.

Könyvei révén újra átélte, amint Galilei a távcsövébe pillant, amint Newton leírja a Hold pályáját, és amint az elmúlt századok sok más nagy kutatója felderíti és meghódítja a csillagokat és az atomokat, a fényt és az elektromosságot, a teret és az időt. Miként a matematika – melynek rejtelmeibe Jakob nagybátyja már népiskolai tanuló korában bevezette –, miként az a geometriakönyvecske, amit később „szentnek” nyilvánított, miként a különféle szerkezetekhez, műszaki találmányokhoz, szabadalmakhoz való közelsége, úgy segített a szemléletes leírás is a gimnazista fiúnak megnyitni a kaput a természetkutatók és felfedezők világába.

„Ámde, tisztelt olvasóm –, olvashatjuk Bernsteinél – aki ilyen világban él, és fogalma sincs róla, milyen úton születtek ezek a felfedezések, az nem szolgál rá arra, hogy e kornak haszonélvezője legyen.”

Albert komolyan vette a fenti intelmet. Az elolvasott vastag kötetek segítségével önálló képet alkotott a világról, és a szó legnemesebb értelmében átfogó mű-

veltségre tett szert. Ha Einstein életpályájának egyáltalán van olyan tanulsága, amit egy mai szülő gyermekével kapcsolatban leszűrhet, akkor az az, hogy Albert a tudománnyal remek ismeretterjesztő műveken keresztül jegyezte el magát. A rácsodálkozás képessége minden gyermekben benne rejlik. Minden azon múlik, hogy érdeklődését idejében és a megfelelő eszközökkel keltik-e fel.

Ő könyveiben lelte meg élete célját. Még mielőtt valóban azzá válhatott volna, képzeletbeli játszóterén magát is a nyugat nagy felfedezői közé sorolhatta, aki részt vesz „a tudomány diadalmas előretörésében”.

Albert játékos formában foglalkozott a tér és az idő, az energia és az anyag kérdéseivel. Megismerkedett a természettudományos munka alapelveivel, olvasott a találgatásról és az axiómákról, elsajátította a hipotézis, az elmélet és a törvény fogalmát. A kísérletet, az előrejelzést és a bizonyítást úgy élte meg, mint minden idők legnagyobbjátékát. Bernstein könyveiből néhány praktikus dolgot is megtanult, például az időjárás térképek olvasását, a villámhárító működését vagy „az égetett szeszek veszélyeit”. Ki tudja, az alkohollal szembeni ellenszenvé talán itt gyökeredzik: a bódulatnak csupán egyetlen formáját tartotta megengedhetőnek, azt, ami a legmagasabb fokú koncentráció eredménye.

A hiedelmek és a mágia elleni harcában Büchner mindenekelőtt a felvilágosodást magasztalta: „Milyen gyorsan semmivé foszlott a tudomány kezében a szellemek és istenek hatalma!” Az ész lovagjai, mint az emberiség megmentői – melyik fiú ne szeretne azonosulni a szellemóriás hősök tetteivel?

Büchnernél a kamaszok ízlésvilágának megfelelő politikai felhívást is talált: „Gondolkodó és szabadság-

szerető elméknek örömiük telik a gondolatban, hogy a világ, mint olyan, nem monarchia, hanem köztársaság, és a világot magát is örök és megváltoztathatatlan törvények kormányozzák.” Ami politikai úton megghiúsult, tudományos módszerrel sikerülhet: „Az igazságnak belső vonzereje van – írta Büchner. – Sem tilalom, sem külső nehézség nem állhat tartósan útjába.” Szabadság, felvilágosodás, örök törvények, az igazság hősei – Einstein már diákként olyan fontos útjelzőket talált, melyek később is segítették tájékozódását a lét útvesztőjében.

Csak a maga választotta autodidakta stúdióimok révén tett szert olyan széles látókörre, amellyel felül-emelkedett az egyes részterületeken, és amely lehetővé tette, hogy néhány éven belül úttörő elméleti munkásságát megvalósítsa.

16 évesen többet tudott a tudomány lényegéről, mint néhány deres hajú professzor a nyugállományba vonulásakor. A fizika aktuális problémáiba azonban még nem volt betekintése. Ezt a következő évtizedre tervezte. A természetkutatás programját azonban már ismerte: „Általánosítani, és a fogalmak egyszerűsítésére törekedni.” Így írta ezt elő életének könyvében Humboldt, mint „legmagasabb, ritkán elérhető célt”.

„*Tudományunk* legmagasabb rendű, végső célja minden dolgot a lehető legegyszerűbb módon vizsgálni, valamennyi tényt egyetlen értelmezésre visszavezetni” – hirdette Aaron Bernstein is, húszkötetes művének mindjárt az elején. A természetben előforduló vonzóerők esetén – hozta fel példaként a szerző – „kérdéses, hogy valamennyien egy általunk ismeretlen természeti erőből származtathatók-e, melynek a vonzás csupán egy sajátos megjelenési formája”. Pontosan ez a kérdés vált Einstein valamiféle fixa ideájává életének második

felében. Amiről itt Bernstein beszélt, az a világképlet örök álma.

Ludwig Büchner, „a lét végső okáról” való meggyőzésében ezt adta útravalóul Albertnek: „Tudvalévő, hogy az egyszerűség az igazság ismertetőjegye.” Einsteinnek kellett lenni ahhoz, hogy valaki az „erőt és anyagot”, azaz az energiát és a tömeget egy rövid képletben egyesítse, a világot az $E = mc^2$ képletre egyszerűsítse.

A fiú korán elsajátította a tudományos gondolkodás alapelveit. Ezek mögött az elvek mögött komoly tradíció húzódik meg. Az elméletet mindig megelőzi a megfigyelés, az adatgyűjtés és -csoportosítás. A természetkutatók szétválogatják a dolgokat – külön csoportba osztják a csillagokat, a növényeket, a betegségeket. Ízekre szedik a jelenségeket, a világot elemi folyamatokra és állapotokra tagolják, tiszta anyaggal, egyre speciálisabb tulajdonságokkal, sajátosságokkal foglalkoznak. Aligha jellemzi jobban bármi is tevékenységüket, mint az érzéki tapasztalatok alapján való megkülönböztetés képessége: megkülönböztetik az állócsillagot a bolygótól, a körpályát az ellipszispályától, a hajítást az eséstől, a vasat az ércről, a fehérjét a sejt-folyadékától, az olajat a víztől.

A szétválasztás után az érzéki tapasztalatok rendezése, a gyűjtögetés után a szisztematizálás következik. A természet sokféleségére az osztályozásban megnyilvánuló absztrakció a válasz, ami adott esetben már a közös elvek titkát is rejti. Ugyanúgy igaz ez a növényekre és állatokra, mint a kristályokra és a kövekre, a Napra, a Holdra és a csillagokra.

Őseink legelső törekvései között ott találjuk az idő egységekre osztását. A naptár tette lehetővé a földművelő és állattenyésztő kultúrák kialakulását. E tár-

sadalmak kialakulása kéz a kézben járt a csillagászat fejlődésével. Minden tudományok anyjaként a csillagászat nem csupán a matematika és a geometria megszületésénél bábáskodott. John Desmond Bernal brit tudománytörténész szavait idézve „a csillagászat volt az a közsörűkő, amelyen a tudomány összes szerszámát megélezték”.

Mindazon jelenségek közül, amelyeket könyveiből az ifjú Einstein megismert, talán a legbámulatósabbak voltak a szinte hihetetlenül pontos égi megfigyelések. Már önmagában az is lenyűgöző, hogy elődeink szabad szemmel milyen sok csillagot tudtak világosan megkülönböztetni – Humboldt szerint Berlin fölött 4022 csillag látható. Az pedig valóban tökéletes mesterségbeli tudást feltételez, hogy optikai segédeszköz nélkül észrevegyék a legkisebb változásokat, eltolódásokat is az egyes csillagképekben. Ezekből az adatokból olyan rendszert fabrikálni, amely a bolygók pályáit nem csupán leírja, de előre megjósolni is képes, már a varázslat határát súrolja.

Az emberek éppen ezt tették – már az ókortól fogva. A 16. századig tartotta magát a görög Ptolemaiosz rendszere. Ebben a bolygók kör alakú pályái már helyes sorrendben szerepeltek, egy apró szépséghibával: a Vénusz és a Mars között nem a Föld, hanem a Nap körpályája húzódott. És a Nap helyett a Föld helyezkedett el a középpontban. Ezt az elképzelést korrigálta Nikolausz Kopernikusz azáltal, hogy végleg a Napot helyezte a rendszer középpontjába. Kopernikusz a kis Albert olvasmányainak egyik első hőse, hogy aztán 20 évvel később maga Max Planck ünnepelje Einstein „új Kopernikuszként”.

Csak halálának évében, 1543-ban jelent meg a lengyel tudós műve *De revolutionibus orbium coelestium*

(Az égi pályák körforgásáról) címmel, ami az univerzum matematikailag leírható modelljét tartalmazta. Einstein megtanulta a leckét, hogy valamely elmélet esztétikai és filozófiai alapon is értékelni lehet. A természet nem alkot felesleges dolgokat, érvelt Kopernikusz. Ezért is döntött a segédkonstrukciók sokaságát tartalmazó ptolemaioszi rendszer ellenében egy egyszerűbb megoldás javára. Úgy gondolta, hogy a Föld saját tengelye körül forog, és emellett a Nap körül körpályán kering.

Az ő rendszerében is szerepeltek epiciklusok. Ezek bonyolult körpályák, amelyek középpontja ugyancsak kört ír le. De nem ez a fontos. A kopernikuszi fordulat jelentősége nem a matematikai vagy technikai részletekben rejlik, hanem a nagy dobásban: heliocentrikus rendszerével Kopernikusz új világképet teremtett. A Föld és vele az ember kikerült a világegyetem középpontjából. A világegyetem elvileg végtelenné vált.

Soká tartott, míg Kopernikusz új szemléletmódja tért hódított. Egyik védelmezőjét, az olasz Giordano Brunót 1600-ban eretnekséggel vádolta meg az inkvizíció, és máglyahalálra ítélte. Ugyanebben az évben jelent meg William Gilbert könyve, a *De Magnete*. I. Erzsébet angol királyné háziorvosa fél évszázaddal az iránytűelv felfedezése után a földmágnesség hatását széles körű olvasótábor előtt tette ismertté. A mágnesség látszólag plauzibilis választ adott arra a kérdésre, hogy – ha nem Isten – hát mi tartja pályájukon a bolygókat. Ha minden égitest mágneses tulajdonságokkal rendelkezik, nem lehetséges-e, hogy a vonzóerőnek ez az ismert módja felelős – a kozmikus tökéletesség ősi elképzelése szerint – a kör alakú pályákért?

Johannes Kepler továbbfejlesztette Kopernikusz elképzeléseit, felszámolta a körpályákat. Kepler sze-

gény szülők gyermekeként született, és az első protestáns tudós lett belőle. Egy darabig Tycho Brahe asszisztenseként Prágában dolgozott. Kepler nem csupán Brahe égitestekre vonatkozó egzakt méréseire támaszkodhatott, amelyek minden addigi mérést messze felülmúltak. Mitikus, majdnem fanatikus vágyában, hogy a kozmosz titkáról fellebbentse a fátylat, Brahe adatai alapján a bolygópályákra vonatkozó korabeli elképzeléseket vonta kétségbe. Vég nélküli pepecselő munkával – csak a Mars pályájára 6 évet és 900 oldalnyi számítást szentelt – rátalált a valódi pályákra: az ellipszispályákra.

Kepler történetéből nemcsak azt tanulhatta meg a fiatal Einstein, hogy a kitartás és a helyes megoldásban való hit előbb-utóbb meghozza a gyümölcsét. A csillagász munkája révén bepillantást nyert a tudomány legnagyszerűbb jelenségébe, amivel később még sok dolga akadt: a világ jelenségei lefordíthatók a matematika nyelvére. Hogyan lehetséges, hogy a matematikai képletek és a geometriai alakzatok, amelyek elvben az emberi szellem alkotásai, olyan pontosan leképezik a világ jelenségeit, mintha csak a természet a matematika nyelven lenne megírva?

Az i.e. 3. században Arkhimédész 5 tizedes jegyre pontosította a π értékét. Newton fejében ezekből a 200 évvel korábbi kezdetekből született meg az infinitezimális számítás, amelynek segítségével aztán forradalmasította a fizikát. Arkhimédész bonyolult testek, például a henger és a kúp felszínét és térfogatát is kiszámította.

Nem sokkal később a pergéi Apollóniosz a „kúpszeletek” matematikai vizsgálatába kezdett. Hiperbolának, parabolának és ellipszisnek nevezte el őket. Hozzá nyúlt most vissza Kepler, aki a bolygópályák alakjára

a kört nem tartotta megfelelő elképzelésnek. Apollóniosz eszköztárát használta – és kiderült, hogy az ellipszis annyira ráillik a bolygópályák leírására, mintha direkt arra találták volna ki.

Még Kepler görbéi sem voltak teljesen korrektek. A rögzített ellipszispályák hamarosan már nem voltak elegendők az egyre pontosabbá váló csillagászati megfigyelések matematikai ábrázolására. A pontos leírást csak 300 évvel később tette lehetővé Albert Einstein általános relativitáselmélete.

Kepler egyik kortársa nem kevésbé nagy hatással volt a fiatal Albertre. Ez az ember Pisából származott és Galileinek hívták. Szisztematikus kísérletező munkája miatt a kísérleti fizika egyik atyjának tekintik. Az ellenőrzött kísérletek módszerét összekapcsolta a precíz matematikai leírással. Miközben megpróbált magyarázatot találni a tárgyak szabadesésére, lefektette a modern természettudomány alapjait. Kísérletei alapján Galilei felvázolta a halmaz ma már megszokott fogalmát. Állítólag szülővárosa ferde tornyából különféle tárgyakat leejtve bizonyította be, hogy a nehezebb tárgyak nem esnek gyorsabban, mint a könnyebbek. Híres ejtési törvénye szerint a toll és a kő ugyanazzal a sebességgel közelít a talajhoz, amennyiben figyelmen kívül hagyjuk az olyan akadályozó tényezőket, amilyen a légellenállás, és azonos magasságból engedjük el őket.

1633-ban Galileit a római inkvizíció elé idézték, hogy eskü alatt tagadja meg a kopernikuszi világméretet. Az egyház a vizsgálatot a nyilvánosság kizárásával végezte. A vádlottat névleges szabadságvesztésre ítélték. Hogy híres mondata: „Eppur si muove” – azaz mégis mozog a Föld – valóban elhangzott-e az inkvizíció előtt, a legendák birodalmába tartozik. Büntetését egyik barátja palotájában kellett leülnie. Ott fejezte

be művét a nyugalomban lévő testek viszonyairól (a statikáról) és a mozgó testek viszonyairól (a dinamikáról). Ezzel a tudományosan megalapozott mérnöki tudomány atyjává lépett elő.

Galileinek számos oka volt arra, hogy hű maradjon álláspontjához. Meggyőződése nem utolsósorban arra a csillagászati megfigyelésre támaszkodott, amit ő maga végzett el 1609-ben. Hallotta, hogy Hollandiában egy optikus jelentős felfedezést tett – mintegy véletlenül, szemüveglencsék előállításában. Ennek az embernek feltűnt, hogy lencsék kombinációját alkalmazva a távoli tárgyak a látótérben közelebb kerülnek. Galilei rögtön épített magának egy primitív „távcsövet”. Így először ő vizsgálhatta meg az eget, segédeszközt is igénybe véve. Az éjszakai égbolt addig soha nem látott részletei tárultak fel előtte.

A távcső, majd nem sokkal később a mikroszkóp feltalálásával a természetkutatók előtt addig láthatatlan világ nyílt meg. Korábban ritkán mutatkozott meg oly tisztán a természettudományos kutatás egyik elve, mint éppen ezeknek az új vívmányoknak a révén: az új eszközök új ismeretek megszerzését teszik lehetővé, amelyek aztán megint újabb eszközök elméleti alapját képezik. A technika és a köznapi ismeretek hasznot hajtanak a tudománynak. A technika pedig felhasználja a tudomány elveit, bár a 18. század végéig a tudomány sokkal többet profitált az iparból, mint megfordítva.

A szétválasztás és csoportosítás programja új fázisába lépett a távcső és a mikroszkóp felfedezésével. Eddig nem érzékelhető részletek és sajátosságok váltak egyszerre láthatóvá. Az optikai eszközök minden újabb, javított változatával a világ csodáinak újabb rétegei tárultak fel a természetkutatók és az otthoni szó-

fára száműzött, fáradhatatlanul olvasó fiú szeme előtt. Az egyik oldalon mindenekelőtt az élet finomstruktúrái, a szövetek, a sejtek és a sejtek alkotórészei sorjáltak. A másik oldalon az égbolt megszállottai egyre messzebb tekintettek, először csak a Naprendszert, végül a Tejutat is maguk mögött hagyták, és egyre távolabbi világokba nyomultak be.

Galilei már a maga távcsövével felfedezte, hogy a Jupiter bolygó körül holdak keringenek. A kopernikusi rendszer e kicsinyített másának látványa végképp meggyőzte őt a heliocentrikus világmép helyességéről.

Galilei legjelentősebb felfedezési mégsem a Naprendszerhez, hanem a Földhöz kapcsolódnak, nevezetesen a hajításokhoz és a golyók síkbeli mozgásához. Éles elmével felismerte, hogy a kilőtt ágyúgolyó mozgása két komponensre bontható: a kilövés által okozott vízszintes irányú mozgásra és a szabadesés függőleges irányú mozgására. Még egy további alapvető felismeréshez is eljutott: elsősorban a lengő inga mozgásának megfigyelése alapján felismerte, a testek természetes mozgása egyenletesen és egyenes vonalban megy végbe, amíg nem hat rájuk külső erő. Ez a megfigyelés gyökeres ellentétben állt az egyház által is képviselt arisztotelészi világmépvel, mert Galilei azt állította, hogy a mozgás fenntartásához nincs szükség erőre. Ezzel a felfogásával teremtette meg az alapját annak a hamarosan bekövetkező forradalomnak, ami a brit Isaac Newton nevéhez fűződik.

Az olasz megfogalmazott egy alaptételt, amelyet halála után hosszú ideig „Galilei-féle relativitási elv” néven foglaltak össze. Ha a 100 kilométer/óra sebességgel közlekedő vonatban a kalauz a menetirányban 5 kilométer/óra sebességgel mozog, akkor sebessége a sínhez viszonyítva 105 km/óra. Ha viszont a vonat

haladási irányával ellentétesen mozog a kalauz, akkor a pálya mellett álló megfigyelőhöz képest csak 95 km/óra lesz a sebessége. A vonathoz rögzített, saját „vonatkoztatási rendszerében” mindenképp 5 km/óra sebességgel halad, teljesen mindegy, hogy melyik irányba tart. A pálya mellett álló megfigyelőhöz viszonyítva azonban egyszer 95 km/óra, másszor 105 km/óra a sebessége.

A klasszikus mechanika szerint a fenti számolás teljesen helytálló. A fény és az elektronok akkoriban még teljesen elképzelhetetlen mozgásának azonban el-
lentmond. 263 évvel Galilei halála után Albert Einstein speciális relativitáselméletében a fentitől gyökeresen eltérő következtetéssel hozakodott elő.

Milyen izgalmasnak találhatta a felső iskolás Einstein, hogy utasként vehet részt a tudománytörténet időutazásában! Mennyire megigézhatték az egymást követő megfigyelések, az egymásra épülő gondolatok és ismeretek! És mily magával ragadónak találhatta annak az embernek az életét, akinek először sikerült összeegyeztetnie egymástól látszólag teljesen eltérő fizikai világokat!

Az újkori és a modern fizika két központi alakja, Newton és Einstein között érdekes párhuzamokat fedezhetünk fel. Einstein is, Newton is valószínűleg Asperger-szindrómában szenvedett – ez az autizmushoz közeli viselkedési zavar a beszédképesség kései kialakulásában, a társadalmi problémák iránti korai, szinte megszállott érdeklődésben nyilvánul meg, ugyanakkor tanulási nehézségeket nem okoz.

Mind a ketten az égi és a földi jelenségek kapcsolatát akarták földeríteni és a teremtő művét megérteni. „Isten örök és mindenütt jelenvaló – mondta Newton. – Miközben örökre és mindenütt jelen van, időt és teret alkot.” Einstein nem sokkal halála előtt

ezt mondta: „Kezdetben (ha volt valaha kezdet) Isten megteremtette Newton mozgástörvényeit a szükséges tömegekkel és erőkkel együtt. Ez minden.”

A speciális relativitáselmélet Newton egyik ércnél is szilárdabb alaptörvényéből indul ki: „Adott térben bezárt testeknek a mozgása független attól, hogy ez a tér nyugalomban vagy egyenes vonalú egyenletes mozgásban van” – írta Newton Opus Magnumában, *A természetfilozófia matematikai alapjaiban (Principia)*.

Halála után, akárcsak 1727-ben bekövetkezett halála után Newton, Einstein is a szentek rangjára emelkedett. „Itt nyugszik, ami Isaac Newtonból halandó volt” – olvashatjuk latinul Newton sírkövén a Westminster Apátságban. Ami Einsteinból halandó volt, azt a hátramaradottak szétszórták a szélrózsa minden irányába – ezzel is életét jelképezve, melytől idegen volt a helyhez való kötődés.

Bárkinél inkább Newton volt Einstein példaképe. Newton világképét revideálta, Newton mechanikáját forradalmasította, és Newton volt az is, akit Einstein rehabilitált. És a brit fizikus volt az, akihez még utolsó éveiben is alázattal szólt: „Bocsáss meg nekem, Newton; Te megtaláltad az egyetlen utat, ami a legnagyobb szellemi alkotóerővel rendelkező ember számára a Te idődben még éppen járható volt.”

Sok más nagyszerű felfedezése mellett Newtonnak elévülhetetlen érdeme, hogy az égbolt óraszerkezetét lehozta a Földre. Kepler és Galilei munkásságára támaszkodó képletei alapján elvben az égbolt valamennyi történését előre ki lehetett számítani. Ha a csillagok helyzete és sebessége ismert, akkor jövőbeli konstellációikat meg lehet jósolni.

A tudomány ezzel úgyszólván prófétai erőre tett szert. Ez a körülmény nem elhanyagolható mérték-

ben befolyásolta Einstein pályáját. Newton és kortársai már képesek voltak prognosztizálni, hogy 250 év múlva, 1919. május 29-ének késő délelőttjén a trópusokon a Hold néhány percre el fogja takarni a Napot. A teljes napfogyatkozás, amelynek eredményeképpen Einstein véglegesen felváltotta az áhítatosan tisztelt Newtont, már Newton idejében szerepelt a csillagászati tankönyvekben. Einstein néhány strófában méltatta ezt a teljesítményt:

A sok csillag arra nevel,
Mesteredet hogyan tiszteld.
Newton tervét mind követi,
És az eget csendben szeli.

Newton mechanikájának átütő sikere az általa létrehozott matematikai módszerek egyikén nyugszik. A differenciál- és integrálszámítás keretében minden középiskolás megismerkedik az infinitezimális számítás-sal, mégpedig abban a jelölésmódban, amit Gottfried Wilhelm Leibniz matematikus és filozófus Newtonnal nagyjából egyidejűleg dolgozott ki. Teljesítményük annak a fejlődésnek a csúcspontját jelenti, amely az emberi civilizációval vette kezdetét és Babilon városáig nyúlik vissza.

Newton elvitathatatlan érdeme az új módszer alkalmazása számos fizikai probléma megoldására. Három mozgástörvénye segítségével gyakorlatilag minden mechanikai jelenséget pontosan le tudott írni. Munkáiból új tudományterületek, például a hidrodinamika és az aerodinamika sarjadtak. Utóbbi éppen Einstein korában, a repülőgép-építés terén talált alkalmazásra.

Newton törvényeiben a tömeg kettős szerepet játszik: a tehetetlen tömeg azt az ellenállást fejezi ki,

amit a test a gyorsító erővel szemben kifejt. Minél nagyobb egy kocsi tömege, annál több lóerőre van szükség a mozgásba lendítéséhez, gyorsításához. A másik oldalon a súlyos tömeg a felelős a gravitációért, azért az erőért, amellyel az egyik test vonzza a másikat. Az alma is vonzza a Földet. Galilei esési törvényét, amely szerint minden test, tömegétől függetlenül, azonos sebességgel esik a talaj felé, Newton azzal magyarázta, hogy a súlyos és a tehetetlen tömeg nagysága megegyezik. A tehetetlenség növekedésével a nehézségi erő is ugyanolyan mértékben nő. Hogy miért van így, azt Newton nem tudta megmondani.

A brit fizikus azzal érdemelte ki a halhatatlan jelzőt, hogy az égi és a földi mechanika törvényeit egyetlen, közös rendszerbe foglalta: ami az almát a talaj felé vonzza, és ami a Holdat Föld körüli, a Földet pedig Nap körüli pályán tartja – egy és ugyanaz az erő. Ez az erő a gravitációs vagy nehézségi erő. Hogy tulajdonképpen mi ez a vonzóerő, az még Newton előtt is rejtve maradt. A kérdést csak Einstein válaszolta meg általános relativitáselméletével.

Hogyan lehetséges, hogy a Hold, amelyet vonz a Föld, nem zuhan a Földre? Mi az, ami az égitesteket pályájukon tartja? Newton világában tökéletes egyensúly van a nehézségi erő és a mozgás következtében előálló centrifugális erő között. Ha a világ legmagasabb hegyének tetején álló szuperagyúból úgy lőnének ki egy golyót, hogy annak centrifugális ereje pontosan megegyezzen a rá ható nehézségi erővel, akkor elvben végtelen sokáig keringene a Föld körül, akárcsak a Hold. Aaron Bernsteinnél az idevágó fejezetet is megtalálhatta Einstein: „A Hold pályája összehasonlítható a golyó pályájával.”

Galilei világában ilyesmi még nem fordult elő. Nála a golyó mindig ugyanannyi idő elteltével landol a földön – teljesen mindegy, hogy milyen sebességgel hagyta el az ágyúcsövet. Csupán a földet érés helye függ a kilövési sebességtől. Newton törvényei, melyek az összes erőhatást figyelembe vették, tehát a vonzóerőt és a centrifugális erőt is, sokkal pontosabban adták vissza a fizikai valóságot.

Továbbra is nyitott maradt azonban a kérdés, hogy mi mozog mihez képest – a golyó vagy a Hold a Földhöz képest, vagy a Föld a Holdhoz képest. Newton itt bevezetett egy fogalmat, az abszolútum fogalmát, melyet más gondolkodók, például Leibniz, élesen bíráltak, de csak Einstein tett a helyére. Newton szerint a tér és az idő abszolút. Ha semmi más nem létezne, a tér és az idő akkor is jelen lenne.

Az abszolút tér úgyszólván a világ történéseinek tartóedénye. Nem csupán a Hold és a Föld, minden más is ebben a térben mozog. Newton, mély vallássosságának és a Teremtő iránti tiszteletének adózva a teret tökéletesen nyugvónak, állandónak képzelte. Ezzel azonban egy megkülönböztetett vonatkoztatási rendszert hozott létre, úgyhogy Galilei relativitási elve többé már nem érvényesült maradéktalanul: a robogó vonat utasai és az állomáson várakozók többé már nem mondhatták, hogy egyikük a másikhoz képest relatív mozgásban van és megfordítva. Az abszolút térhez képest egyikük mozog, a másik nyugalomban van.

Newton a teremtő mindenhatóságának szentelte a *Principia* második abszolútumát is: „Az abszolút, valóságos és matematikai idő önmagában véve, és lényegének megfelelően, minden külső vonatkozás nélkül egyenletesen múlik, és más szóval időtartamnak is nevezhető.” Ez azután az egész univerzumra érvényes

órát adott meg. Az abszolút idő képzelete, mely ennek az órának az ütemében telik, pontosan megfelel köznap-i tapasztalatainknak – de nem a valóságnak, mint Einstein óta tudjuk. Relativitáselméletében Einstein fenekestül felforgatta az abszolút idő látszólag megingathatatlan eszméjét.

A newtoni mechanika, még ha egy-két dolgot nem is tudott megmagyarázni, szinte tökéletesen írta le a fizikai valóságot. Az autók, a vonatok, a hajók, a repülő, az űrhajók mind hűségesen alávetik magukat törvényeinek. Éppen hatalmas prognosztizáló ereje miatt volt kezdettől fogva átütő a sikere.

Aaron Bernstein „népkönyvében” sok oldalt szentelt azoknak az égi tüneményeknek, amelyek újra és újra félelemmel töltötték el az embereket: az üstökösöknek. Ezekhez a hirtelen feltűnő, egy darabig az égbolton látható, majd a világegyetem távoli tájai felé újra eltűnő, csóvával rendelkező égitestekhez fűződő elképzeléseink változásával kiválóan lehetett illusztrálni a babonákkal teli középkor és a racionális újkor közötti átmenetet. Newton előtt az üstökösökre úgy tekintettek, mint a sors alakulásának misztikus közvetítőire, gyakran mint a gonosz hírnökeire.

Bernstein képzeletbeli utazásra invitálta olvasóit a világmindenségben: „Vízen utazzunk? Lovon? Vasúton? Egyiken sem! Elektromos távírókészülék segítségével utazzunk!” Ez biztosan tetszett a kis Einsteinnek, mint az első csúszás a kezdő síelőnek: az elektromos áram sebességével a világűrbe repülni! Albert utánanézett, hogyan tanulták meg fokozatosan a csillagászok az égi jelenségek előrejelzésének technikáját. Persze, aki az üstökösök váratlan fel- és eltűnéséből jósolni akar, az inkább félelmetes vonásaikat helyezi előtérbe.

Newton mechanikája megteremtőjének halála után nyolc évvel aratta első nagy diadalát. Edmund Halley angol természetkutató Newton egyenletei alapján pontosan kiszámította a később róla elnevezett üstökös visszatérésének időpontját. Az üstökös pontosan a számításoknak megfelelően, 1675 őszén tűnt fel az égbolton.

A matematika segítségével a kutatók időutazásra vállalkozhattak és a jövőbe pillanthattak. Az orákulum racionalitássá vált. A sors az ember alkotta mágiikus képleteket követte. Úgy tűnt, tökéletesen átlátjuk Isten óraművét. Csak Einstein mutatta meg, hogy a Teremtő jóval rafináltabb módon alkotta meg a világegyetemet, mint azt Halley és kortársai Newton műve nyomán feltételezhatték.

Bernstein „népkönyveinek” 16. kötetében az ifjú Albert egy másik hihetetlen történetet talált a csillagászati jóslásról: „1846-ban egy párizsi természetkutató, Leverrier anélkül, hogy az égre pillantott volna, anélkül, hogy megfigyeléseket végzett volna, tisztán csak számítások alapján kihozta, hogy tőlünk 600 millió mérföld távolságra egy bolygónak kell lennie, amit ember még nem látott. Azt is kiszámította, hogy ennek a bolygónak 60 238 nap és 11 óra a Nap körüli keringési ideje; hogy 24 és félszer nehezebb a mi Földünknél, és hogy egy meghatározott órában az égbolt meghatározott helyén fellelhető lenne, ha megfelelő távcsövek állnának rendelkezésünkre. Hát nem bámulatos?”

1846. szeptember 23-án Johann Galle csillagász a jól felszerelt Berliini Csillagvizsgálóban levelet kapott Leverrier-től, melyben Leverrier megkérte, hogy „az égbolt pontosan meghatározott helyén lesse meg az új bolygót”. Galle még aznap este a megjelölt irányba fordította a távcsövét. És valóban felfedezte a bolygót,

mely később a Neptunusz nevet kapta. Kopernikusz, Kepler, Galilei és Newton matematikai fizikájának hihetetlen győzelme!

„Nem akarok csillagászt faragni belőled – nyugtatta meg Bernstein a fejezet végén olvasóját –, ám remélem, sikerült ráébresztenem téged e felfedezés csodájára.” Aztán elmesélte, hogyan következtetett Leverrier Newton nyomdokain haladva, pusztán a többi bolygó pályaadatai alapján a Neptunusz létezésére. „Ezért: Tiszteld a tudományt, tiszteld a tudományt ápoló férfiakat. És tiszteld az emberi szellemet, mely élesebb az emberi szemnél!”

Nem, csillagászt nem faragott Bernstein Einsteinból. De „a szellem, mely élesebb az emberi szemnél”, már jó ideje felébredt benne. Később, saját képletei alapján ő maga tett olyan jóslatokat, amelyek sehogy sem következtek a newtoni rendszerből. Elméletével mindenekelőtt a Naprendszer egy olyan sajátosságát értelmezte, amely a Neptunusz felfedezését követően már csak egyedül vetett árnyékot Newton tökéletes égi mechanikájára. Ez a folt a Merkúr perihéliummozgása – az a görbe, amelyet a Merkúr napközeli pontja ír le a bolygó éves keringése során. Ez a görbe picit eltért a kiszámolt pályától.

Pontosan úgy, ahogyan a Neptunusz esetében, az akkori csillagászok hosszú ideig itt is feltételezték, hogy egy további, eddig még fel nem fedezett bolygó okozza az eltérést. Még nevet is adtak a hipotetikus bolygónak, Vulkánnak nevezték el. A Vulkánt azonban soha nem találták meg, nem is találhatták. Mert nem létezik. Newton egyenletei hibás előrejelzést adtak. A Merkúr viselkedését nem tudták megmagyarázni. A kutatók újra és újra megpróbálták leküzdeni ezt a képtelenséget, anélkül, hogy újabb bolygót feltéte-

leznének a Naprendszerben. A Merkúr perihéliummozgását csak az általános relativitáselmélet volt képes maradéktalanul értelmezni.

Még nagyobb izgalommal követte nyomon a fiatal Einstein annak a jelenségnek a kutatását, ami őt talán mindenki másnál jobban foglalkoztatta. A fényről van szó, amelynek kettős természetére 1905-ben világított rá a „fénykvantum-hipotézissel”, ami a kvantumelmélet alapjává vált. Aaron Bernsteinnél ezt találta: „A fény hírnök, mely a messzi távolban végbemenő eseményekről tudósít bennünket.” „A fénynek ez a törvénye a világegyetem bármely sarkában érvényes, [...] bármely fajta fényre, legyen bár távoli vagy közeli, erős vagy gyenge.” Albert számára olybá tűnt ez, mint egy krimi, mely a fény sebességének meghatározásáról szól.

Az első látványos eredményt Olaf Rømer érte el 1676-ban, mikor még 70 év sem telt el a távcső felfedezésétől. Ő ugyancsak a Jupiter holdjait vonta vizsgálat alá, mint Galilei, akit a holdak létezése győzött meg a kopernikuszi világból. A Naprendszer legnagyobb bolygójának mellékbolygói ugyanúgy elsötétülnek, mint a mi Holdunk, amikor a Jupiter árnyékába kerülnek. Rømer kiemelten foglalkozott az Ióval, az akkor ismert négy Jupiter-hold közül a legbelsővel. Feltűnt neki, hogy a holdfogyatkozások rendszeresen késnek a számításokhoz képest, az eltérés 22 perc.

Rømer helyesen arra következtetett, hogy a késések a bolygónak (és holdjának) a Földhöz és a Naphoz viszonyított helyzetével állnak összefüggésben: ha a Jupiter és a Föld a Nap egyazon oldalán tartózkodik, akkor a fény (és vele az elsötétülés „híre”) előbb érkezik a Földre, ha ellenkező oldalán, akkor később. Azaz az utóbbi esetben a fénynek nagyobb utat kell megtennie, és ehhez hosszabb időre van szüksége. A megtett

útból és az út megtételéhez szükséges időből ki lehet számítani a sebességét.

Rømer először 5 percet tévedett a mérésnél. Az adatai alapján kiszámolt fénysebesség 210 000 kilométer/másodpercrek adódott – ez akkoriban óriási sebességnek tűnt. És óriási elképzelésnek: némely kortársa nehezen tudta elfogadni, hogy a fény terjedéséhez időre van szükség. További mérései a dán csillagászt közelebb vitték a helyes értékhez, ami 299 792 kilométer/másodperc.

Jó néhány megdöbbentő hasonlóságot fedezhetünk fel Bernstein könyve és Einstein későbbi gondolatai között. Ahogy a szerző az aberráció jelenségét, vagy ahogy ő mondta, a fénynek a Föld mozgása miatti „eltévedését” elmagyarázta: „Képzeljük el, hogy valaki a vasúti töltés mellett állva pisztollyal ráló a mellette elszáguldó vasúti kocsira.” A golyó átüti a kocsi falát, majd a kocsin áthaladva a szemközti falat is. Mivel a kocsi ez alatt az idő alatt is mozgásban van, „a kocsiban ülő utas a két becsapódási hely alapján arra következtet, hogy a kocsira nem merőlegesen, hanem ferdén lőttek rá.”

A földi csillagkutató helyzetére lefordítva a dolgot: valamely égitestről a távcsőbe érkező fény a csőben – és a megfigyelő szemében is – a Föld mozgása miatt ferde pályát ír le. „Az alatt a picinyke idő alatt, míg a fény végighalad a távcsövön, a Föld a távcsővel együtt továbbmozdul – magyarázta Bernstein. – Ha tehát állócsillagot akarunk megfigyelni, akkor a távcsövet egy picit szöggel el kell mozdítani.” Ez az elmozdítás kiegyenlíti a fény aberrációját. Olyan ez, mint amikor a gyalogos az esőben ferdén tartja az esernyőjét azért, hogy minél kevesebb esőcsepp érje a testét.

A bámulatos felfedezés James Bradley angol csillagász 1725-ös megfigyeléseire nyúlik vissza. Az angol tulajdonképpen az állócsillagok Földtől való távolságát akarta meghatározni. Ehhez azonban nem voltak elég jók a rendelkezésre álló optikai eszközök. „De mint az oly gyakran előfordul a helyes cél felé vezető úton – írta Bernstein – Bradley is a keresett igazság helyett egy másik, nem kevésbé fontos igazságra lelt.”

Bradley – és Bernstein szemében ez a döntő mozzanat – arra jött rá, hogy az „eltévedés” mértéke minden csillagra ugyanaz, teljesen mindegy, milyen messze van a Földtől. És ebből – helyesen – arra következtetett, hogy minden fajta fény ugyanakkora sebességgel mozog – ez Einstein speciális relativitáselméletének egyik alapelve: a fénysebesség állandó.

De végül is milyen természetű a fény? Newton elgondolása szerint kicsinyke részecskékből áll, melyek lövedékként hasítják a teret. Nagy ellenlábasa, a holland Christian Huygens viszont amellettt érvelt, hogy a fény hullámjelenség. 1801-ben a holland mellé állt Thomas Young angol orvos, egyiptológus és fizikus. Ő a fény egyik tulajdonságával, az interferenciával érvelt: két fénysugár, akárcsak két víz hullám, képes erősíteni vagy kioltani egymást.

Mivel ebben az időben Newtont szinte csalhatatlannak tartották, Young kezdetben nem tudott felülkerekedni. A fény hullámelmélete lassacskán mégis beigazolódtott, elsősorban a francia Augustin Fresnel laboratóriumi körülmények között végrehajtott interferencia-kísérleteinek köszönhetően. Negyed évszázadon belül általánosan elfogadottá vált.

Felmerül azonban a kérdés, hogy mi a fényhullámok hordozóközege. Ha nem a víz, mint a tenger hullámainál, nem is a levegő, mint a hanghullámok ese-

tében, akkor hát mi az, ami rezeg? A mechanikában való megingathatatlan hitüknek köszönhetően a fizikusok itt egy elképzelés rabjává váltak, ami aztán egy évszázadon át megszabta gondolkodásukat. Mivel nézetük szerint léteznie kell egy mechanikai módszerekkel megragadható valaminek, ami a fényhullámokat közvetíti, posztuláltak egy hipotetikus közeget, az étert. Bár az étert soha senki nem látta, nem mérte meg tulajdonságait, kiválóan alkalmas volt a fény hullámtulajdonságainak magyarázatára. Bernstein azt írta, hogy „éppen a csillagászati jelenségek miatt most már semmi kétség nem merülhet fel az éter létezésével kapcsolatban”. Tévedés, amit végleg Einstein korrigált a későbbiekben.

Könyveiben Albert korán rátalált arra a módszerre, amelyhez hasonlót későbbi kutatói programjában is megvalósított. Egyszerre indult el – elméleti úton – a világegyetem két véglete, a legkisebb részecskék mikroszkopikus világa és a galaxisok felé. „Akárcsak most a fényidő az eddig megmérhetetlen mennyiségek esetében, úgy lesz majd a fényhullám hosszából is egyfajta etalon az atomok ma még láthatatlan és megmérhetetlen világában” – írta Bernstein szinte prófétaként.

Mint az utazó Jonathan Swift híres regényében, úgy nyomult előre Einstein is az óriások és a törpék földjén. Ő azonban, Gullivertől eltérően, egyszerre tört kétféle célpontja felé. És amikor megérkezett, példátlan kísérletet tett arra, hogy Lilliput és Brobdingnag országát egyetlen nagy nemzetté kovácsolja össze.

Olvasmányélményei alapján Einstein szinte mindenről értesült, amit a tudomány gimnazista koráig felfedezett. A kémia a 19. század folyamán óriási lépésekben fejlődött – különösen azt követően, hogy Antoine Laurent Lavoisier francia kémikus rendet teremtett a

kémiai elemek között uralkodó káoszban, az angol John Dalton pedig bevezette a kémiába az atomelméletet. A fizikának még jó egy évszázadra volt szüksége, hogy elfogadja az atomok létét, pedig azt már az ógörög Démokritosz is feltételezte. Az atomok elismertetéséből Einstein is kivette a maga részét, 1905-ben jelent meg *A molekulák méretének új meghatározása* c. munkája.

Albert mindent megtalált a könyvekben – a kérdéseket és a válaszokat is, amelyekre később szüksége volt a fizika újraépítéséhez. Különösen a mágnesség és az elektromosság – mely „a fény ikertestvére” – ragadta meg, mert most a felfedezések és az elméletek felől közelített ahhoz a világhoz, amelyet apja gyárában gyakorlatból már ismert. Bernstein újra és újra emlékeztette őt arra, hogy az anyag, őszanyag, elektromos fluidum csupán szavak, melyekkel olyan dolgokat nevezünk meg, amelyek valódi mibenlétét egyelőre homály fedi. Einstein később ugyanezt így fogalmazta meg: „A fizikai fogalmak az emberi szellem önkényes teremtményei.” Bernstein mégis kifejezésre juttatta azt a meggyőződését, hogy „a természet általunk vizsgált titokzatos erői csupán egyetlen természeti erő különféle megnyilvánulásai”.

A 19. század elejéig az elektromosságot és a mágnességet két különböző jelenségcsoportnak tartották. Bizonyos természeti jelenségek mégis az elektromosság és a mágnesség kapcsolatára utaltak: például a villám mágnesezte a vasat és kitérítette az iránytűt eredeti irányából. Hans Christian Ørsted dán fizikus 1820-ban felfedezte, hogy a vezetékben folyó elektromos áram ugyanilyen hatással van az iránytűre. Tizenegy évvel később egy tehetséges kísérleti fizikus, Michael Faraday Angliában észrevette, hogy ez a hatás fordítva ugyanúgy működik: ha az elektromos vezető mentén

egy mágnest mozgatunk, akkor az a vezetékben elektromos feszültséget kelt. A dinamók és a generátorok áramtermelésének ma is ez a „mágneses indukciónak” nevezett jelenség az alapja. Faraday egy felfedezés-hulámot indított el, mely végül elektrotechnikai forradalommá nőtte ki magát. Albert apja és nagybátyja, vállalkozásuk révén, szintén ebben a forradalomban vett részt.

Faraday érdeme, hogy tisztázta az elektromos és mágneses jelenségek viszonyát, melyeket attól fogva már közös névvel, az elektromágnesség névvel illetett a tudomány. Faraday azt is megmutatta, hogy az elektromosság és a mágnesség egymással nem statikus, hanem dinamikus módon függ össze, vagyis a mozgás kapcsolja össze őket. „Indukciós törvénye” szerint nem csupán indukálni lehet áramot, hanem az árammal gépeket is működtetni lehet. Másfelől Faraday, a gyakorlatias ember, erővonalakról beszélt, amelyek együttesen „mezőt” alkotnak. Az erővonal-felfogás alapja szintén egy kísérlet – ha papírlapra vasreszeléket szórunk, és a lapot egy mágnes fölé helyezzük, a vasreszelék szabályos mintázatot vesz fel a papírlapon, mintegy kirajzolja az említett „erővonalakat”.

A mező fogalmával új szereplő lépett a természet-kutatás színpadára. Ez az, ami Einsteint egész életén keresztül fogva tartotta. Faraday elképzelése szerint a mező, például a mágnes által keltett mező, a teret kitöltő tulajdonság – olyan tulajdonság, amely erőt gyakorol a térben lévő testekre, például egy vasdarabra.

Newton a maga idejében Galilei elképzeléseit matematikai szempontból rendkívül elegáns elméleti formába öntötte. Most megint egy brit foglalta elegáns matematikai struktúrába Faraday intuitív elképzeléseit. A 19. század hatvanas éveiben a skót James

Clerk Maxwell addig soha nem tapasztalt mértékben bonyolult rendszert vezetett be a fizikába – a Maxwell-egyenleteket. Maxwell művében volt valami, ami különösen lebilincselte az ifjú Albert fantáziáját: Maxwell két különböző területet, az optikát (a fénytant) és az elektromosságot egyetlen elméletben egyesített azáltal, hogy felismerte: a fény is elektromágneses hullám.

Vajon mire gondolhatott a fiú, amikor „a fény hírnök szerepéről” olvasott, melyről Aaron Bernstein a következőket írta: „Ebben az értelemben mi mindig csak a múltat látjuk, soha nem a jelent.” A különböző égitestek fénye tőlünk való távolságuk függvényében más-más idő alatt érkezik a Földre. A Napról nyolc perc alatt, a Jupiterről már 52 perc alatt jut el hozzánk a fény, az Uránuszról pedig még két óránál is hosszabb idő alatt. Ám teljesen új dimenziót nyitnak az állócsillagok. A hozzánk legközelebb eső Alpha Centauri fénye csak 3 évvel azt követően jut el az emberi szembe, hogy a fényt a csillag kibocsátotta, a második legközelebbi állócsillagé, a Lant csillagképben található Vegáé viszont már csak 12 év és egy hónap elteltével.

„A világegyetem ilyen eseményei mintha a múlt hangjai lennének – írta Alexander Humboldt. – Joggal állíthatjuk, hogy nagy távcsöveinkkel egyidejűleg hatolunk be a tér és az idő mélységeibe.” Mert „a csillagos ég látványa nem egyidejű jelenségeket takar.” Mintha csak tablettában adagolnák, az ifjú Einstein tálcán kapta életének nagy témáit: a teret és az időt bensőséges kapcsolat fűzi egymáshoz, a fény és az idő különös módon összefüggenek, az események egyidejűsége a megfigyelő helyzetétől függ.

Ezek az összefüggések arra ihlették a berlini illetőségű Felix Ebertyt, hogy a témáról könyvet írjon. A könyv a szerző nevének feltüntetése nélkül először

1846-ban jelent meg Németországban, majd egész Európában, sőt az Egyesült Államokban is nagy népszerűsége tette szert. Amikor Eberty könyvét 1923-ban újra kiadták, immár a szerző nevének feltűntetésével, nem kisebb személyiség írta hozzá az előszót, mint Albert Einstein.

Ennek a figyelemre méltó műnek egyes szakaszai a tudományos fantasztikum világába csapnak át – bár a mű szilárd tudományos tényeken alapul. A szerző megfordítja a fénysugarak útját, és különböző távolságokra lévő csillagokon ülő megfigyelők szemével tekint a Földre. Ily módon egyfajta időgépet alkot, amelynek segítségével utazásokat tesz a múltba.

„Mivel a világegyetemben végtelen sok csillag van szétszórva – írja –, visszamenőleg tetszőleges évszámhoz találhatunk egy csillagot, amelyről nézve Földünk adott korszaka éppen jelennek látszik.” A „múltbéli dolgokra vonatkozó isteni mindentudás” egyszeriben természetes magyarázatra lel. „Mert ha Isten szemét a tér minden pontjában jelenlévőnek gondoljuk, úgy egyidejű rálátása lesz a világtörténelem egész lefutására.”

Eberty olyan „festményről” beszél, „mely egyszerre fogja át a teret és az időt, és mindkettőt a maga teljességében mutatja, úgyhogy többé már nem is vagyunk képesek megkülönböztetni és szétválasztani egymástól a térbeli és az időbeli kiterjedést.” Egyes sorai olybá tűnnek, mintha maga is részt vett volna egy időutazáson, s bepillantott volna Albert Einstein világába: „Ily módon az időbeli és a térbeli kiterjedést a szemlélettel összhangban oly közel hoztuk egymáshoz, hogy a teret és az időt külön-külön egyáltalán nem is ragadhatjuk meg. Mert két, időben *egymás után* következő esemény a térben *egymás mellett* helyezkedik el.”

Itt a speciális relativitáselmélet egyik központi gondolatát is felismerhetjük: a szempillantás a fényvel utazik. Vagy másként kifejezve: a fény magasságában az idő úgyszólván be van fagyva. Eberty kedvére eljátszadozik ezzel a gondolattal: „A gyilkosság nemcsak a padlón hagy kitörölhetetlen véryomokat, a gaztett a világegyetem térségeiben is egyre tovább tükröződik.” Ha a Földről olyan pillanatfelvételt küldenénk az űrbe, melyen felismerhető egy óra, akkor a felvétel (ős)ideje is eljutna a fényvel a távoli megfigyelőkhöz, mintha az óra az utazás közben megállt volna.

„A világegyetemben tehát rendelkezésre áll minden esemény valóságos és hiteles archívuma, mely a fény rezgéseire bízva egyre tovább terjed.” Mert „egy nagyobb és igazabb világ és világtörténet részeként nemcsak a mi világunk, hanem az összes létező világ nyoma is egyre tovább terjed”.

E mögött a háttér mögött a tényleges tudományos fantasztikum világa már egészen más színben tűnik fel. „Világos – mondja az időutazó H. G. Wells *Az időgép* című, 1895-ben megjelent regényében –, hogy minden valódi test négydimenziós: van hossza, szélessége, magassága és tartama.” Az ötlet eredeti, de nem új. Mindenesetre a matematikus Hermann Minkowski teljesítette ki Einstein speciális relativitáselméletére alapozva.

„Az idő csupán a világtörténelem ritmusa – nyilvánította ki Eberty 1846-ban. – Az időtartam nem szükségszerű jellemzője a történéseknek. Kezdet és vég egybeeshet, mégis minden egy középpontot ölel körbe.” „Időmikroszkópja” arra szolgált, hogy egyfajta kozmikus mozi nézőjeként nagyító alá vehesse a világtörténet filmjének eseményeit, lerövidítse vagy elnyújtsa azokat – ötven évvel a mozgófilm feltalálása előtt.

A szerző az összezsugorított tér és a felgyorsult idő gondolatával is eljátszadózott. Mi lenne, ha „egy év hat hónap alatt telne le”? Kortársait, akik nem voltak járatosak az efféle gondolati játékokban, biztosan meglepte a válasz: „Semmilyen változást nem tapasztalnánk – állapította meg Eberty, már a speciális relativitáselmélet szellemében és tökéletesen helyesen –, ugyanis az idő múlását csak más időtartamokkal való összehasonlításban, méréssel határozhatjuk meg”.

Ugyanez áll az Elberty által bemutatott összezsugorított térre is. Észrevennénk a változást? „Egy ilyen kicsinyítést követően, ugyanazon a jogon, mint Lilliput országának lakói, teljesen normális méretű embernek tartanánk magunkat.” Az efféle fantazmagóriáknak Einstein később tudományos alapot adott, mintha a közel fénysebességgel haladó utasról írva, aki semmit nem érzékel állapotából, csupán Elberty régi képzeletbeli utazóját idézte volna fel újra.

Karl Clausberg kultúrtörténész szerint ezek a „fikciók és képzelgések” szolgáltak melegágyul a tudományos teremtőerő egy új fajtájának, a gondolatkísérletnek a kialakulásához, mely a 20. században vívta ki magának a legnagyobb megbecsülést. Ennek a művészetnek vitathatatlanul Albert Einstein volt a mestere.

Einstein töprengései közepette a feltételes módot kijelentő módba tette át. „Mi lenne, ha követnénk a fénysugár útját? Mi lenne, ha meg is lovagolnánk?” Egyes adatok szerint 16 évesen tette fel magának ezeket a kérdéseket. Önéletrajzi feljegyzéseiben nem említi, hogy ezek a gondolatok ösztönözték volna későbbi munkájában. A fenti kérdések szinte szó szerint megtalálhatók Bernstein könyveiben. A válasz pedig – ha úgy tetszik – a speciális relativitáselméletben.