

ALBERT EINSTEIN ÉLETE ÉS MŰVE

1. *Az Einstein-mítosz*

1919. november 7-ének reggelén Albert Einstein arra ébredt, hogy világhírű – írja életrajzi monográfiájában R. W. Clark.¹ S valóban: ez a reggel kitüntetett nap volt a fizikus életében – de talán még inkább a XX. századi európai gondolkodás- és kultúrtörténetben. Ugyanis az európai közvélemény, a kortárs fizika berkeiben járatlan, de a világ dolgai iránt érdeklődő, újságolvasó ember ekkor szerzett tudomást arról, hogy valahol Németországban, Berlinben él és alkot egy Albert Einstein nevű tudós ember, aki forradalmasította a fizikát, megingatva a mindaddig megingathatatlanul igaznak tartott, iskolai tananyagká vált newtoni tanítást. Ez az a nap, melyet követően Einstein – legalábbis az európai kultúrkörben – a modern tudós zseni (s általában: „A zseni”) paradigmaticus figurájává vált, s e napon kezdődött az a kultúránkat mindmáig jellemző Einstein-kultusz, mely egyaránt mitizálta személyiségét és művét, a relativitás elméletét. A kérdésre, ki volt a XX. század legnagyobb tudósa, ma az iskolázott emberek túlnyomó

¹ Clark, R. W.: *Einstein: The Life and Times*. London, etc., Hodder and Stoughton, 1973. 231. o.

többsége minden bizonytalanság nélkül az ő nevével válaszolna, s nehéz elképzelni olyan, legalább alapfokú képzettséggel rendelkező személyt, aki ne hallott volna róla – még akkor is, ha az illető egyébként egyetlen egy XX. századi tudóst sem tudna rajta kívül megemlíteni.

De mi is történt ezen a napon, mely ily markáns fordulatot hozott a fizikáról való európai közgondolkodásban és ily ismertté tette a berlini tudós nevét? Hiszen Einstein ekkor már több mint másfél évtizeddel túl volt a speciális relativitás elméletének megalkotásán, közel öt éve volt már, hogy matematikus segítőtársával Marcell Grossmannal karöltve kidolgozta és publikálta az általános relativitás elméletét, s két éve tette közzé a XX. századi kozmológiát új pályára állító kozmológiai dolgozatát. 1919 után – talán a kvantummechanika Bohr és Heisenberg nevével fémjelzett koppenhágai interpretációjára reflektáló, nem annyira fizikai, mint inkább a kvantummechanika logikai-fogalmi alapjait elemző néhány tanulmányán kívül – nem alkotott már alapvetőt a fizika területén: az életmű kész volt. S a kortárs fizika élvonalában dolgozó fizikusok között nem csupán ismert és elismert, köztisztviselőként álló személyiségként élt már ekkor, hanem rangos pozícióval is rendelkezett a berlini egyetemen és a Kaiser Wilhelm Institut für Physikben, ahol a német állam a szabad alkotómunka biztosítása érdekében minden kötelezettség és külső elvárás nélkül nem csupán a kutatás körülményeit biztosította számára, hanem tisztességes fizetésben is részesítette. Mégis, egy nappal korábban az utca em-

bere semmit sem tudott arról, amiről a következő napokban az újságok tudósították: hogy Newton fizikája, melyet az iskolában tanítottak neki, nem egészen úgy érvényes és igaz, mint amiképpen azt ő megtanulta.

A kulcsot 1919. november 7-ének reggeléhez a Royal Society és a Royal Astronomical Society előző napi együttes ülése szolgáltatja, ahol egy másik tudós, az angol fizikusnak és csillagásznak, Arthur Eddingtonnak beszámolóját vitatták meg. Az már ismert volt, hogy az általános relativitás elméletéből – azon túl, hogy az elmélet gyökeresen új fogalmi alapokra helyezi a gravitáció fogalmát – három olyan, a megfigyelhető jelenségekre vonatkozó számítási eredmény („tapasztalati előrejelzés”) következik, amely karakterisztikusan eltér a newtoni eredményektől. Egyrészt a bolygók pályájának napközeli pontja („perihéliuma”) évente nagyobb mértékben fordul el, mint az Newton elméletéből következik. Másrészt a nagy tömegek mellett a fény pályája nem euklideszi egyenes, azaz – euklideszi módon gondolkodva – e pálya „elhajlik”. Harmadrészt erős gravitációs térben az elektromágneses hullámok – így a fény – rezgésszáma („frekvenciája”) csökken, ami a látható fény esetében annak a vörös irányában történő eltolódását jelenti. Mármost, ami az első előrejelzést illeti, a csillagászok számára régóta ismert volt, hogy a Merkúr-pálya napközeli pontja nagyobb mértékben fordul el annál, mint amiképpen az Newton elméletéből következik. E jelenségre az általános relativitás elmélete megjelenéséig nem tudott senki

sem kielégítő magyarázatot találni, ám úgy tűnt, az elmélettel megoldódott ez a rejtély: az eltérés onnan származik, hogy nem Newton, hanem Einstein elmélete írja le helyesebben a gravitációt. Ami a harmadik előrejelzést illeti: Einstein elméletének megjelenésekor nem adódott olyan kézenfekvően megvalósítható kísérlet lehetősége, melynek segítségével a jelenség kimutatható lett volna. A második előrejelzésből viszont az következik, hogy a csillagfény pályája a Nap közelében „elhajlik”. Ez pedig a Nap közelében látszólag megjelenő csillagok teljes napfogyatkozáskor mért pozíciójának, majd ugyanezen csillagok éjszaka mért pozíciójának összevetése alapján ellenőrizhető, s ezúton magának az „elhajlás”-nak (azaz az euklideszi egyenestől való eltérésnek) konkrét mértéke is meghatározható. Így a Nap mellett elhaladó csillagfény vizsgálata a Merkúr-pálya perihéliumának éves elfordulása mellett egy újabb kézenfekvő lehetőséget kínált az új elmélet ellenőrzésére. Arthur Eddington pedig jó érzékkel ismerte föl ezt a lehetőséget: 1919. november 6-án az ugyanezen évi, május 29-i teljes napfogyatkozáskor készített fényképfölvételek kiértékelésének eredményét tárta a Royal Society elé, s erről számolt be azután másnap reggel vastag betűs címmel az eseményt szenzációként tálaló londoni Times, az angol sajtó vezető orgánuma.²

² Az Einsteint világhírűvé tévő cikk a londoni Times 1919. november 7-i számában jelent meg: „Forradalom a tudományban. A világegyetem új elmélete. Newton elméletét megdöntötték.” – címmel. E cikk nyomán 1919. november 10-én a New York Times nagy terjedelemben foglalkozott a témával,

„Valósággal borzongtam” – emlékezett vissza később Eddington azokra a pillanatokra, amikor a fotólemezek kiértékelése során egyre inkább bizonyossá vált számára, hogy azok nem Newton, hanem Einstein elméletét támasztják alá. Azóta persze a tudománytörténeti kutatás kimutatta, hogy ha számos fölvétel alapján Eddington joggal borzonghatott is, az eredmények mégsem voltak olyan egyértelműek. Bár nem kellett meghamisítania azokat, mert valóban az einsteini előrejelzés felé tendáltak, a mérések nem voltak olyan pontosak, hogy a pozitív következtetést minden kétség nélkül ki lehetett volna mondani: Eddingtonnak némileg „temperálnia” kellett a megfigyelési adatokat annak érdekében, hogy Einstein igazát Newtonnal szemben határozottan állíthassa. Erre pedig jó oka volt: az angol tudományos intézmények jelentős bizalmat előlegeztek meg számára azzal, hogy pénzügyileg finanszírozták megfigyeléseit, s érdektelensége miatt a negatív eredmény – bár a mából visszatekintve tudományos szempontból ugyanolyan értékes lett volna, mint a pozitív – Eddington további tudományos karrierjét sodorhatta volna veszélybe, hiszen egy még általánosan el nem fogadott új elmélet megbukása közel sem váltott volna ki akkora szenzációt és bírt volna akkora értékekkel, mint Newton revíziója. Így minden bizonnyal az sem volt teljesen véletlen, hogy a november 6-i tudományos ülésen a sajtó képviselői is jelen voltak, s

majd november 11-én a Times tért vissza rá, s természetesen a német és francia lapok is hírt adtak a szenzációról.

másnap szenzációként számolhattak be e revízióról.

Így mai, divatos kifejezéssel fogalmazva Einstein sztárrá válása, s a newtoni elmélet revíziójának elfogadása „szociális konstrukció” volt. Csakhogy a radikális szociálkonstruktivistáknak még sincs igazuk: azóta jóval részletesebb és pontosabb megfigyelések állnak rendelkezésünkre, s ezek Newtonnal szemben már egyértelműen Einsteint támasztják alá. S a borzongásra történő eddingtoni visszaemlékezést sem tekinthetjük pusztán színleltnek: persze, hogy sikerre vágyott, persze, hogy érdekelt volt a pozitív eredményben. De abban, hogy erre a problémára tette föl tudományos karrierjét, a fizika – s ezen belül a relativitás elmélete – iránti mély érdeklődése fejeződött ki. Poppernek igaza van abban, hogy minden komoly természettudományos kutatás valódi motivációjában valamiképpen metafizikai jellegű, s Eddington is metafizikai élményként élhette meg, amikor a fotólemezekről nyert adatok a newtonival szemben az Einstein-féle előrejelzés irányába mutattak.

Ennek a látszólag nem Einsteinról, hanem Eddingtonról szóló rövid áttekintésnek igen nagy jelentősége van, hiszen Einstein a XX. századi – és a mai – ember számára egyáltalában nem csupán tudós, hanem egyúttal kultikus figura. Ezért egy róla szóló előszó elején megvilágító erejű lehet, ha röviden fölvázoljuk a körülötte kialakult kultusz kibontakozásának első pillanatait. Ebből a szempontból pedig érdemes egy rövid pillantást vetnünk még arra, hogy Eddingtonnak és barátainak kiváló szervező-előkészítő tevékenysége mellett tar-

talmi oldalról miért válhatott Einstein az Eddington előadását követő napokban mitikus személlyé. Hiszen egyáltalán nem nyilvánvaló, hogy egy tudományos eredmény – bármily sajtókapcsolat és szervezőmunka is veszi azt körül – hasonló szenzációt váltson ki.

A sajtó Eddington sugalmazására Einsteint a szintén kultikus figuraként tisztelt Newtonnal szembeállította: egyrészt azt hangsúlyozta, hogy a sokáig követett newtoni elméletet új elmélettel kell fölváltani; másrészt az olvasó fölvilágosítást kapott arról, hogy itt és most, Berlinben, kortársaként él egy ember, aki képes volt erre a fölfedezésre. Az újságot olvasó így egy olyan szenzációs eseménynek lehetett tanúja, mint amit annak idején az újkori fizikát meghatározó newtoni fölfedezés jelentett, és egy olyan zseniális tudós kortársaként azonosíthatta magát Newton után kétszáz évvel, mint maga Newton volt. Einstein kezdődő kultusza tehát Newton kultuszából táplálkozott (hiába fáradozott volna bárki is hasonló szenzáció kiváltásán egy tudományos eredmény kapcsán, ha ez az eredmény nem tette volna lehetővé a szembeállítást a nagy Newtonnal), s legmélyebb társadalmi-kultúrtörténeti alapját az a meghatározó szerep képezte, melyet a XVI–XVII. században kibontakozó új természettudomány szerzett magának az újkori európai gondolkodás- és kultúrtörténetben.

Az Einstein-mítosz kialakulásához azonban minden bizonnyal a Newtonnal való egyidejű párhuzamvonás és szembeállítás önmagában kevés lett volna: a szenzáció nyomán a relativitás elméleté-

nek megalkotója ismertté válhatott, bekerülhetett a köztudatba, de további tényezők nélkül az elmélet-ről szóló híradás újdonsága minden bizonnyal lecsengett volna, meghagyva a fizikust az egyik kiváló XX. századi tudósnak. Mindenesetre a körülötte és elmélete körül kialakult kultusz tartalmában jóval összetettebb és mélyebb, minthogy egyedül a Newton és Einstein közötti viszonyból levezethető volna. Einstein relativitáselmélete oly mértékben érinti a természettel – s általában a világgal – kapcsolatos alapfogalmainkat és mindennapi élményeinket, hogy óhatatlanul megmozgatja *filozófiai-metafizikai* éniünket. Az elmélet ezen sajátossága pedig az Einstein-kultusznak lényeges motivációjává és elemévé vált. (Többek között ugyanez a tényező az egyik motivációja a mindmáig élő, szenvedélyes – dilettáns és szakmai – antirelativista törekvéseknek is.)

Az Einstein-kultuszban azonban még ennél is többről van szó. Ha az ezen kultusz előzményét képező Newton-kultusz háttérében egy mélyebb kultúrtörténeti sajátosság: a természettudomány újkori kulturális dominanciája húzódik meg, akkor a XX. századi Einstein- és relativitáselmélet-mítosz háttérében is fölsejlik ugyanez a tényező – ám egészen különös hangulati elemekkel, s részben éppen az ezen dominancia alól való kitörés vágyával ötvözve. Bár már az Einstein előtti fizika elméletei is igen elvontak voltak, s így eltávolodtak a mindennapok szemléletétől, ezek az elméletek még nem mondtak ellent szemléletes képzeinknek. Amíg Kopernikus egy szemléletes, képszerűen ábrázol-

ható világgépet helyettesített egy másik, ugyancsak szemléletes, képszerű – bár a kor embere számára nehezen hihető – világgéppel, s amíg Galilei a mozgás relativitását még egy mozgó hajó segítségével ábrázolhatta, addig az Einstein-féle relativisztikus sebesség-összeadás képlete már nem tehető szemléletessé két egymás mellett elhaladó űrhajóval sem, hiszen ha a fény sebességét c -vel jelöljük, a $c + c$ összeg nem $2c$ lesz, mint ahogyan ezt a mozgással kapcsolatos szemléletünk alapján elvárnánk, hanem az összeg értéke maga is c lesz. Bár úgy tűnik, szükség volt az einsteini elmélet eddingtoni „propagandá”-jára, az elmélet körül kialakult kultusz nemcsak – s nem elsősorban – az Einstein–Newton-viszonyból fakadt, hanem mélyen összefüggött az elmélet „bizarrságával”. Abban, hogy az elmélet nem csupán közismertté, hanem egyben divatossá is vált, a századelő gondolkodásának új iránti igénye, a kor értelmiségének a valóság és a racionalitás korlátaiból való elvágódása fejeződött ki: egyfajta mítosz iránti igény, vágyakozás – s ezt most a tudomány kínálta. Az idő „lassulása” és „gyorsulása”, az abszolút vonatkoztatási rendszer hiányának természettudományos tételként történő megfogalmazása, a tér „görbültségének” lehetősége a mítoszok ízeit idézte, mégpedig a tudomány és a racionalitás oldaláról, arról az oldalról, amelyet eddig éppen a mítoszoknak a világból való kiűzése és a fantázia szabad szárnyalásának korlátozása jellemezett. Einstein áttörte a XIX. századi természettudomány és az évszázadok alatt kialakult mindennapi józan ész szemléletét, s elméletében tudományként

és racionálisként fogalmazott meg számos olyan állítást, amelyet a XIX. századi gondolkodás a mítosz vagy az irracionalitás birodalmába utalt volna. S ha a kvantummechanika – a XX. századi fizika másik nagy, forradalmi elmélete – hamarosan követte is ebben Einsteint, annak újdonsága és „bizarrsága” csak jóval korlátozottabban volt megragadható és értelmezhető a fizikán kívüli értelmiség, valamint a tudományok iránt érdeklődő laikus közvélemény számára, mint Einstein elméletéé. (A kvantummechanika fogadtatásában persze még így is jelen voltak az einsteini recepciót jellemző hangulati elemekhez hasonló tényezők).

Az elmélet ezen sajátos jellegéhez azután hozzátársult még Einstein elméletének Max Planck által adományozott neve, mely az elméletet közelebbről nem ismerő érdeklődők számára az elmélet valódi tartalmával szemben azt sugalmazta, mintha benne az ismeretelméleti, az erkölcsi és a kulturális relativizmushoz hasonló természeti-fizikai relativizmusról lenne szó, s ez a tévképzet jól integrálódott az I. világháború utáni éveket jellemző „minden egész eltörött” hangulatába. (Zárójelben megjegyezzük, hogy e tévképzetnek volt némi valós alapja: hermeneutikai eszközökkel kimutatható, hogy a relativitáselmélet fogalmi rendszerének és világképének elfogadása annak ellenére is óhatatlanul együtt jár a természeti létezők egyfajta relativizálásával és az otthonosság érzetének elvesztésével, hogy maga az elmélet közvetlen tartalmában egyetemesen érvényesnek tekintett, nem relativizálható – ebben az

értelemben „abszolút” – fizikát nyújt számunkra.³⁾

A főnti tényezőkön túl az Einstein-kultusznak volt még két további – egy „objektív” és egy „szubjektív” – összetevője. A relativitáselmélet olyan fizikai alapelmélet, mely nem csupán új fizikai törvényeket, képleteket, számítási módokat adott a fizika számára, hanem alapvetően átstrukturálta a fizika alapjául szolgáló fogalmi rendszert, s ennek eredményeképpen a természettel kapcsolatos fölfogásunkat. Ha helytelen is volna azt állítani, hogy ez az elmélet általában a térről vagy az időről szól, kétségtelenül igaz, hogy fizikai tér- és időfogalmunkat relevánsan érinti, s ennek következtében fizikai jellege ellenére filozófiai jelentőséggel bír. De azok a filozófiai, ismeretelméleti-módszertani előfeltevések, amelyek a fogalomrendszer einsteini revíziója alapul, illetve amelyek a relativitáselmélet kidolgozásában megvalósultak, szintén erősen „filozofikussá” teszik az elméletet. Ennek következtében Einstein elmélete a főntiekben jelzett közhangulattól és kulturális háttértől függetlenül is elkerülhetetlenül a filozófiai vizsgálódások középpontjába került. Sőt: az elmélet a Bécsi Kör néven ismertté vált neopozitivisták ismeretelméleti-tudományfilozófiai irányzat számára az egyik para-

³ V. ö.: Székely László: A relativitáselmélet az európai gondolkodás- és kultúrtörténet kontextusában. In: *Tudomány megértő módban: hermeneutika és tudományfilozófia*. Budapest, L'Harmattan Kiadó 2002. 286–349. o.; illetve u.ő.: A világtalanítás stációja: Albert Einstein relativitáselmélete a létre vonatkozó heideggeri kérdés kontextusában. *VILÁGOSSÁG* XLIII. évfolyam (2002) 10–12. 139–155. o.

digmatikus, módszertani vonatkozásában a filozófia számára is követendő példává vált.⁴

A szubjektív tényező pedig Einstein személyisége, viszonya a népszerűséghez. Einstein elfogadta a tudós zseni számára kirótt szerepét, s erre bizonyos szempontból rá is játszott (s ez még akkor is igaz, ha idős korában már kimondottan teher volt számára a körötte kialakult kultusz). Tanulságosak e tekintetben a hosszú, szétálló hajú Einstein-képek, melyeken a fizikus megjelenése tökéletesen megfelel a köz által excentrikusnak és egzaltáltak elvárt tudós zseni képének. Fiatalkori és középkorú – még a világhír előtti – fényképei azonban egyáltalában nem ilyenek: rajtuk egy jó megjelenésű, jól fésült, „tisztesleges”, – néha már-már hivatalnok – úriember néz ránk. S ha a köztudatban a hosszú hajú, megöregedett, ráncos arcú, excentrikus megjelenésű tudós összekapcsolódik a nehezen érthető relativitáselmélettel, az elméletet megalkotó zseni szellemi erőfeszítésével, akkor a valóságban az egyre inkább „zsenis” Einstein-fényképek abból a korszakból származnak, amikor már nem hozott létre jelentősebb művet: az Einsteint „Einsteinné” tevő elméleteket éppenséggel még az „úriember” alkotta.

Persze azért komolyabb, tartalmi összetevője is volt Einstein tudósi közszerepvállalásának. Ő maga távol esett a szakbarbár természettudós figurájától:

⁴ V. ö. pl.: M. Schlick: Pozitivizmus és realizmus. In: Altrichter Ferenc(szerk.): *A Bécsi Kör filozófiája*. Budapest, Gondolat, 1974.

a korai természettudomány klasszikus nagy személyiségeihez hasonlóan egyben humanista gondolkodó is volt, aki filozófiai felkészültséggel rendelkezett, s érdeklődött a társadalmi-erkölcsi kérdések iránt. A feléje irányuló érdeklődést pedig felhasználta arra, hogy humanista erkölcsi és a politikai nézeteit a közvélemény minél szélesebb köreivel megismertesse.

Gyűjteményes kötetünk – részben olyan alapvető Einstein-tanulmányokkal, amelyek magyarul mindeddig nem voltak olvashatók – a *Principia Philosophiae Naturalis* sorozat keretében, a speciális relativitáselmélet megszületésének 100. és Albert Einstein halálának 50. évfordulója alkalmából jelenik meg. Benne Einstein és a relativitáselmélet gondolkodás- és kultúrtörténeti szerepét szem előtt tartva elsősorban a fizikus filozófiai tartalmú műveiből, valamint a közéleti szerepet vállaló tudós közérdekű megnyilatkozásaiból adunk – magyar nyelven mindmáig példátlan teljességű – válogatást. A válogatásba ugyancsak fölvevünk két fizikai művet: a speciális relativitáselméletet közlétező klasszikus tanulmányt, mely a filozófiai elemzés számára is érdekes lehet, valamint a tartalmában ugyan fizikai, ám filozófiai szempontból is jelentős (magyar nyelven először most megjelenő) 1917-es kozmológiai értekezést, mely – fordulatot hozva a kozmológia több évezredes történetében – kijelölte a XX. századi kozmológiának azt az útját, mely azután – Einstein eredeti törekvéseinek ellenére – elvezetett „az ősrobbanás és a táguló világegyetem elmélete” néven közismert elmélethez.

A következőkben a kötet olvasásához szeretnénk némi eligazítást nyújtani a fizikus életének rövid főlvázolásával, illetve a relativitáselmélettel és a kvantummechanikával kapcsolatos gondolatainak összefoglalásával.

2. *Einstein élete és személyisége*

Einstein 1879. augusztus 8-án született Dél-Németországban, Ulmban, középosztálybeli, zsidó vallású német családban. Apja elektromos eszközökkel foglalkozó üzemet vezetett, s a gyermek Einsteint itt ért élmények meghatározóak voltak a fizika – ezen belül az elektromos jelenségek – iránt kialakuló érdeklődésében. De a szülői tevékenység motiválta felsőfokú tanulmányainak megválasztását is: a család terveiben ott szerepelt az a lehetőség, hogy majd átveszi az üzemet, s ehhez is hasznos volt a már benne ettől függetlenül is intenzív érdeklődést keltő fizika tanulmányozása.

Bár tanulmányaiban tehetséges volt, a gyermek és a fiatal Einstein – a fizikust excentrikus, életidegen tudósak ábrázoló későbbi képpel szemben – nem tűnt különösebben sem extra, sem kiemelkedően tehetséges személyiségnek. Ugyan visszaemlékezései szerint már gyermekkorában intenzíven érdeklődött előbb a vallás, majd a természettudomány iránt, s erkölcsi érzékenysége hamar szembefordította az akkori középpolgári társasági életet jellemző erkölcsi képmutatással és nyárspolgári mentalitással, s ennyiben nem volt átlagos fiatalember. Ám a hasonló származású fiatalok között nyil-

ván nem volt egyedül ezzel: a fiatal generációk tehetségesebb, s ugyanakkor erkölcsileg érzékenyebb és szellemileg igényesebb tagjai között gyakran jelen van – mintegy a fiatalság ajándékaként – ez a kritikai, jobbra törekvő attitűd. A korai vallási érdeklődés, majd a természettudomány felé fordulás sem tűnik különösnek: bár családja vallási kérdésekben fölvilágosult volt, az iskolában a gyermek Einstein szigorú vallási nevelésben részesült, s azután az e neveléssel szembeni lázadás fordította a természettudomány felé – a természet viszonylatában őrizve meg a benne korábban kialakított vallásos szenvedélyt.

A gyermekkor tekintetében csak egy „különbség” valószínűsíthető: egy „fogyatékoság”. A ránk maradt visszaemlékezések alapján föltételezhető, hogy Einstein enyhe diszlexiában szenvedett.⁵ A diszlexia egy olyan lélektani szindróma, mely a betűk szótagokká és a szótagok szavakká történő összeolvasásában jelentkező fogyatékoságot jelöli: a diszlexiás gyermek ennek következtében nehezen, illetve – a diszlexia mértékének függvényében – egyáltalában nem tud megtanulni a hagyományos módon olvasni. Persze a diszlexia kulturálisan meghatározott fogyatékoság: olyan

⁵ Bár Einstein említett életrajzírója, R. W. Clark a diszlexiára vonatkozó föltevést vitatja (v.ö.: id. mű: 26. o.), ezt újabban Einstein agyának fiziológiai vizsgálata is valószínűsítette. V.ö.: S. S. Kantha: Albert Einsteins dyslexia *Med. hypotheses*, 1992. February, Vol. 37. No. 2. 119–122. o. (Einstein halála előtt engedélyezte, hogy agyát halála után megőrizzék fiziológiai vizsgálatokra.)

társadalmakban, ahol az írásnak nincs jelentősége, vagy ahol az írás nem betű- vagy szótagíráson alapul, diszlexia sincs, s más perspektívából tekintve akár azt is lehet mondani, hogy a diszlexiás gyermekek az egészségesek az elvont, analizáló, a lineáris betű- és szótagírás által eltorzított kultúrák átlagemberével szemben. Mindenesetre a gyermek Einstein esetében föltételezhető diszlexia későbbi fizikusi munkássága szempontjából semmiképpen sem jelentett hátrányt: sőt, igen valószínű, hogy Einstein nem a diszlexia ellenére, hanem éppen annak segítségével vált kiváló fizikussá. Az egyébként élénk fölfogású, szellemileg tehetséges gyermekek esetében ugyanis a diszlexia kompenzálásként fölerősödhet a képi gondolkodás, valamint a fogalmi gondolkodás azon típusa, mely a széttöredező, analizáló, csupán a részleteket észreévó szemléletmóddal szemben a lényegre tekint. S az általános közvélekedéssel szemben az einsteini fizikai műveket nem a bennük rejlő nehéz matematika teszi zseniálissá – ilyen matematika egyébként is csak az általános relativitáselméletben található –, hanem a képszerű, a lényegre tapintó, az elmélet fogalmi alapjait tiszta világossággal átlátó, és azt megvilágító erejű analógiákkal és modellekkel előállító gondolkodásmód. A képszerű gondolkodás és az ebből fakadó szemléletmód, a látszólag bonyolult kérdésekben rejlő alapproblémák azonosításának képessége igen kifejezően jelenik meg az einsteini életműben fontos szerepet játszó gondolatkísérletekben. De a képszerűség paradox módon mégsem annyira a valódi képekben (utazó vonatko-

zasi rendszerek, tükrök, fényjelek cseréje stb.) adódik nála, hanem a fogalmak, az alapelvek – azaz egy valójában nem képi, hanem elvont, gondolati világ – tiszta, világos, átlátható megragadásában és kezelésében, mely lehetővé teszi Einstein számára, hogy az összetett problémákat újszerű és elegáns módon megközelítve, néhány igen egyszerű, fundamentális alapelvből kiindulva oldja meg. S ez nem csupán a speciális és az általános relativitás elméletére igaz (mely utóbbiban a bonyolult matematika valójában igen egyszerű s világos alapelvek megvalósításának technikai eszköze), hanem a fényelektromos jelenséggel és a Brown-féle mozgással kapcsolatos, fizikai szempontból ugyancsak korszakalkotó tanulmányokra is.

Az Einsteinról kialakult közvélekedésben Einstein hegedűje a tudósi excentritás jeleként tűnik föl: az átlagember számára a csapzott hajú, képletek között élő tudós figura furcsa ereklyéje és jelvénye ez a hegedű, a zsenié, aki, ha ki is mozdul néha a képletek világából, akkor sem jut messzebb a hangjegyek birodalmánál. Valójában azonban Einstein hegedűjében – zenei képzettségében – nincs semmi különös. Sőt, az mintegy annak jele, hogy illedelmes, jó fiúként töltötte gyermek- és ifjúkorát: a hasonló középosztálybeli családokban általános elvárás volt, hogy a gyermekek zenét tanuljanak – s Einsteinnak a hegedű jutott. Ha e területen is tehetséges volt, s kiválóan hegedült, akkor ez nem annyira vélt matematikai zsenijével függött össze (valójában a matematika területén nem volt különösebben tehetséges), hanem talán diszlexiájával:

az analízáló-szétbontó racionalizmussal szemben a képít, az egészét előnyben részesítő, intuitív művészi alkattal. De egyébként sem számított az ifjú Einsteint körülvevő társadalmi közegben különösnek ekkor, ha amatőrök egy-egy hangszeren színvonalasan zenéltek: ez akkor még a középosztálybeli kultúra és társasági élet természetes része volt. (Einstein édesanyja is kiválóan zongorázott.) Einstein sem elvonultan, magányosan hegedült, mint amiképpen az Einstein-mítosz ezt sugallja. A társasági élet része volt a közös zenélés, s baráti körében más kiváló zenészek is akadtak, akikkel rendszeresen együtt játszott. Így tudjuk, hogy Prágában kiváló Mozart-előadóként is ismerték és szerették.

Einstein fiatalkori éveivel megismerkedve azt is láthatjuk, hogy az életidegen, visszahúzódó, az emberi dolgokban esetlen tudós – késői éveiben ő maga által is gyakran megerősített – képével szemben kamaszkorától végigkíséri a társkeresés igénye és a szerelem. Igaz, egyik ifjú levelében már arról ír, hogy számára az élet dolgaival szemben az igazi perspektívát a tudomány magasabb dolgai fogják jelenteni⁶, csak hogy ezt a levelét éppen egy kibontakozó kapcsolat megszakadása után, az érintett leány édesanyjának írja, s melyik fiatalember ne írna le ilyen dolgokat a fájdalom és a sértettség érzetével egy ilyen csalódás után? Néhány hónap múlva pedig már szoros viszony alakul ki Einstein

⁶ J. Stachel (ed.): *The Collected Paper of Albert Einstein*. Volume 1. Princeton, Princeton University Press, 1987. 55–56. oldal.

és majdani első felesége Mileva Marić között, akinek hosszú évekig meghatározó szerepe lesz Einstein életében. Einstein ekkor már a fizika reformjára, egy új fizika megalkotására készül – igen romantikus, s irreálisnak tűnő, de egy huszadik éve körül járó fiatalember esetében még megbocsátható ábránd! Ám ezt egyáltalában nem az élettől elvonulva, tudósi magányban képzei el. Ha Petőfi szabadságról és szerelemről ír, mint a számára legfontosabb és legkívánatosabb dolgokról, akkor ez igaz a fiatal Einsteinre is: a szerelem – a Milevához fűződő kapcsolat –, s az új fizika megteremtésére irányuló gondolat merészsége és szabadsága: ez az a két pillér, melyre életét építeni szeretné. S a Milevával történt első levélváltásai is tanúsítják, hogy kezdetben úgy tűnt: e két pillér harmonikusan kiegészíti egymást.

De Einstein egyébként is társasági ember volt – persze nem a kocsmázás, a mulatozás értelmében. Főiskolai éveiben kialakult baráti kapcsolatai élete végéig megmaradnak, s hűgához és édesapjához is szoros, harmonikus kapcsolat fűzi. A szülői döntés által kiválasztott pálya ellen lázadó, elhivatott fiatalemberek tipikus történetével szemben nem zárkózik el attól a lehetőségtől, hogy majd társ legyen a családi vállalkozásban, s így gyakran elkíséri apját üzleti útjaira. Amikor a vállalkozás tönkremegy, s ez a családfőt nem csupán anyagilag, hanem lelkiileg is megviseli, mély együttérzéssel figyeli az eseményeket. Problémásabbnak tűnik édesanyjához való viszonya, aki a külsőségekre és a formalitásokra szigorúan odafigyelő, határozott akaratú kö-

zéposztálybeli hölgyként jelenik meg előttünk – s aki e beállítódás alapján mélyen ellenzi fiának Milevával való kapcsolatát. Einsteinnek a családon belüli relációira tekintve így óhatatlanul föltűnik a kísérteties hasonlóság egy másik pályája kezdetén lévő közép-európai fiatalemberrel, a későbbi filozófus Lukács Györggyel. Einsteinnek édesanyjával való konfliktusa alapvetően abból fakadt, hogy Einstein a valódi, tartalmas emberi kapcsolatok, és az igaznak tekintett szellemi és kulturális értékek nevében elutasítja a képmutató, üres formákat, a látszatra ügyelő, a tartalmat másodlagosnak tekintő életfölfogást és társasági normákat, melyek erősen jelen voltak az akkori középosztálybeli milióban. Ugyanakkor – a magyar Lukácstól eltérően – mégsem fordul gyűlölettel e világ felé: ha számára ez az élet és értékrendszer elfogadhatatlan is, nem érez megvetést az így élő emberek iránt, hanem részvéttel és megértően tekint rájuk.

Ami tudományos karrierjét illeti: Einstein egy nemzetközileg ismert, de a fizika – és ezen belül a német fizika – szempontjából semmiképpen sem központi jelentőségű intézményben, a zürichi *Eidgenössische Polytechnische Schule*-ben (Szövetségi Műszaki Iskola) tanult fizikát és matematikát 1896 októberétől, és itt szerzett középiskolai tanári diplomát e tudományterületeken 1900 júniusában. Az események a mából visszatekintve – a fizikát forradalmasító fizikus ismeretében – igen érdekesen alakultak. Bár jórészt jeles eredménnyel fejezte be tanulmányait, s a végzését követő években megjelent néhány tanulmánya a német fiziku-

sok vezető szaklapjában, az *Annalen der Physik*ben, mindez nem bizonyult elegendőnek ahhoz, hogy főiskolai társaihoz hasonlóan állást találjon magának. Míg valamennyi végzős évfolyamtársa, barátja főiskolai-kutatói állást kap, neki még középiskolai tanárként is csak egy rövid, átmeneti időszakra jut hely az egyik iskolában. S meg kell mondani őszintén: bár ekkori saját használatú jegyzetei fölkészültségről és elhivatottságról tesznek tanúbizonyságot, sem ezekben, sem az *Annalen der Physik*ben megjelent első tanulmányokban sincs jele annak, hogy az „új fizika” – amiképpen Mileva Marićnak írja: a „mi fizikánk” – valaha is elismert tudományként realizálódhatna.

Einstein tehát nemcsak hogy kutatói vagy fizikatanári állást nem talál, hanem állás nélkül egzisztenciateremtése is veszélybe kerül. Végül barátjának, Marcel Grossmannak rokoni kapcsolatai segítenek: a berni szabadalmi hivatalban sikerül egy alacsonyrangú hivatali beosztást kapnia – amely azonban így is bőségesen elég ahhoz, hogy fiatal középosztálybeli polgárként családot alapítson, s tisztességes polgárként élje életét. Ebből a szempontból profetikus Milevához – ifjú hitveséhez – 1903 szeptemberében írt levele, melyben már nincs szó új fizikáról, csak a család számára biztos egzisztenciáról, s arról, ami e szempontból a legfontosabb: a hivatalnoki státusz stabilitásáról, a hivatalnoki előmenetel perspektívájáról, valamint mindennek legfőbb alapjáról, Haller úr – a hivatali felettes – jóindulatáról, melyről Einstein örömmel konstatálja, hogy sike-

rült megszereznie.⁷ A szerelem révbe – házasságba – ért, s a fizikát forradalmasítani igyekvő lelkes ifjú immár férfiként és fiatal férjként, hivatalnokká válva karrierjének perspektíváját mérlegeli. Kívülről tekintve minden jel arra mutat: mint ahogyan ez általában lenni szokott, a „Strum und Drang” időszaka véget ért, s az új fizikáról való álmodozás, az annak megteremtésére irányuló készülődés után Einsteinre a tisztos hivatalnoki pálya és családfeői szerep vár.

Csak hogy a mából visszatekintve már tudjuk, hogy Einstein számára a hivatalnoki pozíció, az előljáró jóindulata s a hivatalnoki perspektíva mégsem csupán az ebből fakadó biztos egzisztencia szempontjából volt fontos: az anyagi biztonságra a család eltartása mellett tudományos elképzeléseinek kidolgozása érdekében is törekedett. S rövid időn belül valóban megtörténik a csoda: megjelenik a három nevezetes tanulmány a fényelektromos jelenségről, a Brown-féle mozgásról és a mozgó testek elektrodinamikájáról, melyek közül az utóbbi már valóban az ifjú Einstein által megálmodott „új fizika” első fejezetét, a speciális relativitás elméletét tartalmazza. Természetesen ekkor még a kor fizikusai számára Einstein nem vált – nem válhatott – a fizika forradalmárává: az új elmélet jelentőségének megértése, hatásának kibontakozása időt igényelt. E cikkek azonban elegendőek voltak ahhoz,

⁷ M. J. Klein – A. J. Kox, – R. Schulmann (eds.): *The Collected Paper of Albert Einstein*. Volume 5. Princeton, Princeton University Press, 1993. 22–23. oldal.

hogy Einstein bekerüljön a német fizika élvonalába, s fizikusként nemzetközileg is elismerést szerezzen magának. Különösen fontos volt a német fizikus-fejedelem, Max Planck támogatásának elnyerése, aki a másik két, ugyancsak fontos tanulmány értékei mellett elsőik között ismerte föl a mozgó testek elektrodinamikájáról szóló harmadik tanulmány jelentőségét, s aki egyben az elmélet névadójává is vált (a „relativitás elmélete” kifejezés tőle származik).

A három 1905-ös tanulmány után megnyílik Einstein számára az út, hogy immáron ne csupán alkotómunkájában, hanem egzisztenciálisan is a német fizikába integrálódjon: 1908-as berni magán-docensi, 1909-es zürichi rendkívüli, majd prágai és újra zürichi rendes tanári kinevezése után 1914-ben Berlinben elfoglalja azt a pozíciót, amelynél tudós nem vágyhat többre. Persze mai szemmel nézve csodálkozhatunk azon, hogy Einstein útja ilyen hosszan vezetett Berlinig, de nem szabad elfelejtenünk, hogy bármennyire is elismert és tisztelt fizikus volt már ekkor, nem volt még „A fizikus”, „A zseni” úgy, ahogyan ez ma a köztudatban él. A berlini állás sem egyszerűen a relativitáselmélet – s a fizikában ezzel végbevitt forradalom – honorálása volt. Mint már utaltunk rá, ezen elmélet jelentősége nem volt még akkor általánosan világos, s Einstein fizikusi elismertsége legalább annyira kapcsolódott a másik két tanulmány tárgykörében elért eredményeihez, mint a relativitás elméletéhez. (Ebből a szempontból egyébként igen tanulságos volna részletesen megvizsgálni Einstein karrierjének ko-

rai szakaszát.) Einstein berlini meghívása összefüggött a német birodalmi politikával: a császári adminisztráció arra törekedett, hogy a német öntudatot és birodalmi szellemet a német kultúra, a német tudomány kimagasló teljesítményeivel is demonstrálja, s ennek érdekében programot fogadott el a német nyelvterületen élő fiatal, ígéretes tehetségek Berlinbe csábítására, tehetségük itteni kibontakozásának támogatására. Bármennyire jelentős tudós-
nak számított is a fizikusok között a fiatal Einstein, s bármennyire is támogatta őt Planck, ez a berlini álláshoz kevés lett volna: túl sok kiváló s ugyanakkor Einsteinnál korosabb fizikus élt ekkor Németországban ahhoz, hogy Einstein előtt automatikusan megnyílt volna Berlinbe az út. A császári tudománypolitika által biztosított külön pénzügyi keret azonban kimondottan a fiatal tehetségek Berlinbe való letelepítésére szolgált, s Einstein éppen megfelelt a kritériumoknak: német volt, fiatal, tehetséges és Berlinből nézve a német periférián élt. Így végül a nagy befolyással rendelkező Planck lobbizása sikerrel járt, s megfelelő anyagi támogatást szerzett ahhoz, hogy a hagyományos tudományos előmeneteli ranglétrát megkerülve Einsteint Berlinbe hozzák. Einstein tehát még az előtt került olyan tudományos státuszba, mely a fizikát alapjaiban megváltoztató tudóst kétségen kívül megillette, mint-hogy a relativitás elméletének forradalmi jelentősége teljességgel világossá vált volna. (Ne felejtjük el, hogy a számára 1922-ben megítélt 1921. évi fizikai Nobel-díjat sem a relativitás elméletéért, hanem a fényelektromos jelenséggel kapcsolatos vizs-

gálódásaiért kapta!)

1919-ben tehát, amikor a relativitás elméletét szenzációként tálaló Times-cikk megjelent, Einsteinre már egy elismert, a newtoni fizika „megdöntőjéhez” méltó, állami fizikusi pozícióban várt a világhír, s e pozícióban válhatott immáron az egész világ számára „Einsteinné”.

Élete innen már nyitott könyv. Bár 1919-től nem alkot a fizika területén jelentősebb művet, berlini munkahelye fokozatosan az európai tudósok zarándokhelyévé válik, míg ő maga rendszeres résztvevője a világ élvonalbeli fizikusai által tartott konferenciáknak. Ismertek a béke melletti és a náciizmus elleni megnyilvánulásai, szerepe az amerikai atombombaprogram megindításában, s a zsidó mozgalmakkal való kapcsolata, mint amiképpen az is, hogy a náciizmus elől emigrálva az 1930-es évek közepétől – immáron „A fizikus”-ként ünnepeelve – Princetonban élt, s itt halt meg 1955-ben.

Visszatérve az 1903. szeptemberi, első feleségéhez, Milevához írt levélhez: Einsteinre mégsem az itt kirajzolódó hivatalnoki pálya, hanem a fizika forradalmi megújítása, s a tudományon kívül is példátlan népszerűséget hozó fényes tudományos karrier várt. A tudományos sikerekkel párhuzamosan azonban Einstein magánéletében tragikus törés történt: az oly ígéretes ifjúkori szerelem ellenére Einstein házassága Milevával fokozatosan megromlik, s végül szakításhoz vezet. Az első sérülést, mely utólag visszatekintve a kapcsolat későbbi összeomlása felé mutatott, Mileva tanulmányi kudarca jelentette. Mileva 1900-ban, a záróvizsgán megbu-

kik, majd ugyanígy jár 1901-ben, a megismételt vizsgán – amelyen Einsteintől várandósan jelenik meg. A következő sérülést házasságon kívül – 1902 elején – megszületett leánygyermekük sorsa jelenthette. Bármennyire elítélte is Einstein az őt körbevevő világ képmutatását, úgy tűnik, nem merült föl benne komolyan, hogy a gyermeket a nyilvánosság előtt vállalja: ez ugyanis lehetetlenné tette volna, hogy állást találjon, s polgári egzisztenciát teremtve beilleszkedjen a középosztálybeli társadalmi körökbe. Így Mileva Marićnak és Einsteinnek le kellett mondania első gyermekükről, akit – a legújabb kutatások szerint – valószínűleg rokon nevelőszülőkhöz adtak, akiknél még kisgyermekkorában, betegségben meghalt. S ha Mileva főiskolai tanulmányait nem csupán kedvtelésből folytatta, hanem a család mellett, a családon kívül is hivatást vállaló, akkor még nem jellemző modern női életideált képviselte, s ha Einsteinre többek között ezért is volt hatással személyiségével, akkor most – ilyen előzmények után – mégiscsak a szokásos háziasszonyi szerep jutott számára. E körülmények mindenképpen tehertételt jelenthettek a fiatal házaspár kapcsolatában, s ehhez kapcsolódott még Einstein hirtelen jött tudományos karrierje, mely távollétet jelentő társadalmi elkötelezettségekkel is járt. Nem tudhatjuk, hogy az így óhatatlanul jelentkező feszültségek önmagukban elvezettek volna-e a kapcsolat fölbomlásához, az azonban ma már ugyancsak ismert, hogy Mileva családjának több tagja hajlott a depresszióra, s a későbbiekben ő maga is pszichiátriai kezelésre szorult. Így a most le-

írt körülmények között elkerülhetetlenül jelentkező emberi konfliktusok, feszültségek Mileva idegi-lelki instabilitása miatt valószínűleg fokozottabban érvényesültek: egyre gyakoribbá váltak a veszekedések, az Einsteinnel szembeni jogos vagy jogtalan szemrehányások, féltékenységi jelenetek, melyek végül a szakításhoz vezettek.

Einsteint érzelmileg nagyon megviselte ez a konfliktus és házasságának fölbomlása. Különösen erősen kötődött két fiúgyermekéhez, Hans Alberthez és Eduárdhoz, s a Milevával való kapcsolat reménytelen megromlása után is arra törekedett még, hogy gyermekei miatt valamilyen formában fönntartsa a házassági formát. „Tegnap feleségem a gyermekekkel örökre elutazott. A pályaudvaron utoljára csókoltam meg őket. Sírtam tegnap, bőgtem, mint egy kisgyermek...” – írja unokatestvérének, leendő második feleségének, Elsa Einsteinnek.⁸

Míndez nem öncélú vájkálás Einstein magánéletében, hanem jelentősége van az „Einstein-mítosz” szempontjából. E mítoszban Einstein gyakran úgy jelenik meg, mint a ráció által uralt, de érzelmileg éppen a ráció uralma miatt korlátozott tipikus tudós. Ezzel szemben Einstein valós élete azt mutatja, hogy igen mély érzésű, s ugyanakkor érzelmileg sérülékeny – s egyúttal érzelmi támaszra szoruló – ember volt. Jól ismert későbbi nyilatkozatai az emberi viszonyokban való idegenségéről, s

⁸ R. Schulmann – A. J. Kox, – M. Janssen – J. Illy (eds.): *The Collected Paper of Albert Einstein*. Volume 8. Part A. Princeton, Princeton University Press, 1998. 50. o.

a tudományban érzett otthonosságról éppen lelki érzékenységgel és ebből eredő sérülékenységgel függnek össze. Bár kevesebbet tudunk Elsával való kapcsolatának részleteiről, tudjuk, hogy a férfi–nő viszonyról az idős Einstein igen szkeptikusan nyilatkozott. Életét kamaszkorától kezdve mégis végigkíséri a szerelem: egy még félig gyermekkori románc vége után pár hónappal kialakul kapcsolata Milevával, s az elromlott házasságból való végleges kilépése napján már Elsának ír levelet szomorúságáról, lelki vigaszt keresve nála. S ha Mileváról később mindig negatívan nyilatkozott is, s vele szemben Elsa erényeként emlegette, hogy Elsa „legalább nem értett a fizikához”, akkor ebben is az ifjúkori remények elveszte miatti mély érzelmi megrendülés fejeződik ki. Hiszen az Einstein–Mileva-levelezésből tudjuk, mily fontos volt számára, hogy Milevának beszámolhat az új fizika megteremtésével kapcsolatos álmairól. (Az utóbbi időben több folyóirat is szenzációként közölte – mintegy a zseniális tudós hideg racionalizmusának, „lelketlenségének” illusztrációjaként – Einsteinnek azt a Milevához írt följegyzését, melyet véglegesen megromlott kapcsolatuk végstádiumában írt.⁹ E levélben egyes pszichológusok még Einstein állítólagos autizmusának lelepleződését is fölfedezni vélték. Csakhogy mindez a szenzációt kereső sajtó vadhajtása, mely a kisember Einstein-rajongóknak szól: „Lám-lám, mi nem vagyunk oly zseniálisak

⁹ R. Schulmann – A. J. Kox, – M. Janssen – J. Illy (eds.): i.m. 44. o.

mint Einstein volt, akit zsenialitása miatt csodálunk, de legalább nem vagyunk oly lelketlenek sem, mint ő” – sugalmazza ez a fajta propaganda. Einstein élete, baráti és munkakapcsolatai, családjához való viszonya – s persze a Mileva-kapcsolat korai szakaszában született levelek is – mind-mind bizonyítják, hogy mily hamis és torz ez a megszületésének körülményeiből kiszakított Einstein-levél alapján, inkorrekt módon sugalmazott kép!)

Einstein első házassága kapcsán egy másik – Milevával kapcsolatos feminista – mítoszra is ki kell térnünk. A levelekben fölbukkanó „a mi fizikánk” kifejezés, Einstein matematikai képességeinek közismert határai, valamint azon tény alapján, hogy Einstein Nobel-díjának teljes összegét a tőle akkor már elváltan élő Milevának adta, egyes feministákat arra a föltételezésre vezetett, hogy a relativitáselmélet tulajdonképpen nem is az ő, hanem Mileva műve – vagy jobbik esetben közös alkotásuk. Einstein fönmaradt jegyzeteinek, levelezésüknek valamint életkörülményeiknek ismeretében azonban igen valószínűtlen, hogy Mileva részt vett volna Einstein fizikai gondolatainak kidolgozásában, s talán nem is rendelkezett az ehhez szükséges matematikai ismeretekkel. Mindezzel együtt azonban a záróvizsgákon elszenvedett kudarca talány. Hiszen e vizsgákig sikeresen eljutott, s nem valószínű, hogy ne lett volna eléggé tehetséges ahhoz, hogy azokat eredményesen letegye. Valószínű, hogy lelki tényezők, idegi instabilitása – a megismételt vizsga esetében pedig minden bizonnyal terhessége – okozhatták a kudarcot.

Einstein élete utolsó két évtizedét tehát princetoni házában tölti, második felesége, Elsa 1936-os halála után Elsának általa örökbe fogadott leánya, Margot, húga, „Maya”, valamint személyi titkárnője, Helen Dukas társaságában. A házban gyakran jelennek meg neves tudósok – főképpen fizikusok – akikkel Einstein diskusziókat folytat, s gyakran látogatja meg néhány ifjúkori jó barátja is. Ami a fizikát illeti, Einstein már hosszú évek óta sikertelenül dolgozik az elektromágneses és a gravitációs mező elméleti egyesítésén – de egyesek szerint utolsó öt évében a fizika helyett inkább verseket ír.¹⁰ Bárhogyan is van, a ház három úrnője védőszellemként óvja az immáron a XX. század legnagyobb zsenijének tartott idős tudóst, s ő nem vitatkozik, ha sétára indulva arra szólítják föl, hogy sálat tekerjen nyaka köré vagy sapkát húzzon a hideg ellen.

Az idős Einstein az európai–amerikai kultúrkörben élő emberek számára mitikus figura, egyfajta tudós orákulum, akinek minden szava szent, egyszerre varázsló és pap, aki föltárta és megértette a tér és idő, a kozmosz titkait, melynek megértésére az átlagos ember hiába is törekszik. De nemcsak orákulum és varázsló, hanem egyúttal e kultúra sajátos igényeinek megfelelően a szenzáció és az extrémítás képviselője is, a meg nem érthető zseni, aki e szerepében egyúttal a bohóc funkcióját is ellátja. Mert ha egyik oldalról a XX. századi ember

¹⁰ V. ö.: *Wigner Jenő emlékiratai Andrew Szanton lejegyzésében.* Kairosz Kiadó, 2002, 175. o.

sajátos világa tudós varázslót igényel, akire mitikus áhítattal tekinthet, másik oldalról a furcsa bohócra is igénye van, s éppen ugyanezen személyiségben. Az idős fizikus Princeton turisztikai látványosságává válik, akit a szerencsés látogatók meglehetnek, amiként a princetoni fák alatt sétál, s ezután boldogan elmondhatják, hogy látták életükben Einsteint.

Einstein tisztában volt azzal, hogy népszerűségének, a körülötte kibontakozott szenzációnak, bár tudományos munkásságához kötődik, nem sok köze van annak tartalmához: rajongóinak nincs fogalmuk arról, amit ő valójában alkotott. Ha korábban néha rá is játszott a közvélemény által tőle elvárt tudósi szerepre, idős korában beletörődő megadással igyekezett eleget tenni az emberek elvárásának. Ha egy-egy járókelő vagy családosturista megszólította s lelkendezni kezdett szerencséjén, hogy személyesen láthatja őt, nem háborodott föl ezen a normál etikett szerint illetlen közeledésen (talán mert érezte, hogy egy „Einstein” akkora öröm ezen emberek számára, hogy itt nincs helye a normál etikettnek), hanem megengedte, hogy lefényképezzék a családdal, s még humoros grimaszokat is vágott kedvükért. „Íme, a vén elefánt újra előadta mutatványát” – jegyezte meg ilyenkor továbbbátálva szerény rezignáltsággal kísérőjének.¹¹

A princetoni házban 1946 és 1950 között az idős Einstein beteg, mozgásképtelenné vált húgának minden este fölolvastott. Húga halála után kö-

¹¹ Clark, R. W., id. mű. 575. o.

zel fél évtizeddel, 1955. április 15-én e házból került be a princetoni kórházba, ahol 76 éves korában, április 18-án érte a halál.

3. *A relativitás elmélete és az új kozmológia*

Az ifjú Einstein fizikusi karrierjében nem csupán a speciális relativitás elméletének, hanem a fényelektromos jelenséggel és a Brown-féle mozgással kapcsolatos tanulmányának is alapvető szerepe volt. Persze a relativitáselmélet nélkül Einstein nem vált volna a XX. századi fizikai forradalom kulcsszemélyiségévé, de pusztán az utóbbi két tanulmány is elég lett volna ahhoz, hogy a XX. századi fizika jelentős személyiségei között tartsuk nyilván őt. A Brown-féle mozgás tekintetében pedig nem csupán a jelenségre vonatkozó konkrét elmélete érdekes, hanem a tárgykör vizsgálata során bevezetett új statisztikai módszer is.

A három tárgyterületen Einstein által folytatott elméleti vizsgálódások egyébként alapvető rokon-ságot mutatnak. Az 1905-ös tanulmányokra egyformán a fogalmi egyszerűség, tisztaság és átláthatóság jellemző, a jelenségek világos, egyértelmű alapelvekből történő magyarázata, s a képszerű gondolkodás, mely az elvont fogalmak kezelésében, relációinak átlátásában is jelen van. Ez az alapelvekre, a fogalmi meghatározottságok újragondolására irányuló, egyszerűségekre törekvő, a részproblémák helyett az egészre tekintő „filozofikus” szemléletmód, s a jelenségek így adódó képének lefordítása szolid, egyszerű matematikai formulákra volt

az, ami lehetővé tette, hogy Einstein mindhárom területen jelentőset alkosson. Ebből a szempontból különösen jellemző a speciális relativitás elmélete, melynek a különböző fizikai jelenségekre történő alkalmazása persze már felsőfokú matematikát igényel, de amely mint elmélet, nem igényel a középiskolait meghaladó matematikai ismereteket.

Mivel a jelen kötet Einstein filozófia tartalmú írásaiból ad válogatást, a továbbiakban csupán a fizikai jellege ellenére a filozófiát is erősen érintő – a filozófia irányában fokozottabban „érzékeny” – relativitáselméletre térünk ki röviden, s arra is csak a filozófia szempontjából.

Ami a speciális relativitás elméletét illeti, megint szembe kell fordulnunk egy tévhitel: nem igaz az, hogy a Föld éterhez képest való mozgásának kimutatására irányuló Michelson–Morley kísérlet negatív eredménye ösztönözte volna Einsteint a speciális relativitás elméletének kidolgozására, s így az mintegy a kísérleti eredmények által kikényszerítetten született volna meg. A negatív eredményre ugyanis már Einstein előtt volt egy logikusnak tűnő fizikai magyarázat. Ha az éter közvetíti az elektromágneses erőt és jelenségeket, akkor ésszerűnek tűnik az a gondolat, hogy ez a közeg valamiképpen hat a benne mozgó testekre – pl. a mozgás irányában a testeket mintegy „összenyomja”. (Természetesen itt egy igen bonyolult fizikai folyamat föltételezéséről van szó, s nem szó szerinti összenyomásról: e kifejezést csak metaforikusan, a szemléltetés érdekében használhatjuk.) Ezen a józan ész követő fizikai föltételezésen alapul a Fitzgerald–

Lorentz néven ismert hipotézis, majd pedig a Lorentz által kidolgozott elmélet, mely utóbbi az éterhez képest mozgó testek mozgásiránybeli összehúzódnása mellett a bennük zajló fizikai folyamatok lelassulását is fölteszi. A Lorentz-féle elméletben e fizikai változások – tehát a hosszak kontrakciója és a fizikai folyamatok időbeli lelassulása – éppen a Lorentz által fölfedezett Lorentz-transzformáció matematikai formuláinak megfelelően történnek, s ebből az elméletből a megfigyelési-kísérleti előrejelzések tekintetében mindenben pontosan ugyanaz következik, mint az Einstein-féle speciális relativitás elméletéből.

De a Michelson–Morley kísérletnek azért sem lehetett nagy jelentősége Einstein számára, mert őt elsősorban a fizika egyszerűsége és szépsége iránti elkötelezettség vezette – s ez világosan látható a speciális elméletet közlő nevezetes tanulmány elején is, ahol a hagyományos elektrodinamika bizonyos aszimmetriáit kifogásolja, s csak másodsorban említi meg azokat a „kudarcot vallott kísérleteket”, melyek a Földnek a fény terjedési közegéhez viszonyított sebességét akarták meghatározni. Einsteint tehát a fizika egyszerűségében és szépségében – a fizikai világ einsteini értelemben vett „racionális” voltában – való meggyőződése motiválta. Egy olyan filozófiai, világnézeti meggyőződés, amelyet ő maga több ízben is vallásos jellegűként jellemzett.

A speciális relativitás elmélete tehát olyan fizikai jelenségekre ad új magyarázatot, amelyekre Lorentz révén már volt magyarázat, s ezen új magyarázat megalkotásában Einsteint nem annyira kísér-

leti, mint inkább a fizika alapjaival kapcsolatos filozófiai meggyőződése motiválta. De annak a módszertannak, amelynek révén Einstein kidolgozta ezt az új magyarázatot, ugyancsak a filozófia volt a forrása. Lorentz elméletében ugyanis a nyugvó éternek mint kitüntetett vonatkozási rendszernek kiiktathatatlan szerepe van, ám ugyanakkor ugyanezen elmélet e rendszer kísérleti kimutathatatlanságát állítja. Ennyiben Lorentz étere hasonlít Newton abszolút teréhez, melyet a fiatal Einstein által nagyra becsült fizikus-filozófus Ernst Mach filozófiai okok miatt kritizált. Einstein pedig a mozgó testek elektrodinamikáját a machi ismeretelméletből kiindulva, a machi módszertant alkalmazva tárgyalja. Így nem arról van szó, hogy Einstein fölfedezi az idő relativitását, mint amiképpen mondjuk valaki egy korábban egyenesnek hitt pálcáról fölfedezi, hogy az valójában nem egyenes, hanem görbült, hanem arról, hogy Einstein kimond két alapvető posztulátumot (a tehetetlenségi rendszerek egyenrangúságára, illetve az elektromágneses jelek c -vel való terjedési sebességére vonatkozóan), majd ezek birtokában definiálja az időértékek mérésének eljárását, s ennek nyomán egy *új fizikai időfogalmat konstruál*. Ez az időfogalom a Leibniz nevéhez kötődő relacionista időfogalom egyik sajátos, einsteini változata, s mindaz, amit Einstein elmélete az időről állít, nem általában *az időre*, hanem csakis és kizárólagosan erre az általa megkonstruált *fizikai időre* igaz. Így Einstein elmélete önmagában nem hogy nem mond ellent a newtoni abszolút időnek, hanem mint speciálisan mért fizikai idő, egyenesen

összeegyeztethető vele, mint fizikailag nem mérhető metafizikai idővel. Más kérdés, hogy Einstein elmélete a newtoni abszolút időt mint nem tapasztalható, nem mérhető időt (amely már a klasszikus newtoni elméletben is ilyen, ahol azonban még fogalmilag szükség van rá) fogalmilag sem igényli, s ezért az einsteini fizikában nincsen helye. Ezen azonban nem kell csodálkoznunk: az Einstein által alkalmazott machi módszertan éppen az ilyen metafizikai fogalmak kiiktatására szolgál.

Einstein elméletéből akkor következik, hogy nincsen más, mint az einsteini – vagy más, hasonlóan megkonstruálható – idő, ha csupán azt tekintjük létezőnek, amit mérni tudunk. Csakhogy a „csak az a valóságos, amit mérni lehet” filozófiáját elutasítva tekinthetünk úgy is Einstein idejére, mint egy mélyebb, eredendőbb idő fölszíni, mérhető fizikai megjelenésére. Mindezek alapján helytelen azt szemére vetni *Bergson*nak vagy *Heidegger*nek, hogy filozófiájukban nem követik Einstein időfogalmát és a relativitáselméletnek az időre vonatkozó állításait, hiszen Einstein elmélete csupán egy speciálisan definiált, mért, számszerűsített időről szól, amely kifejezetten alkalmas arra, hogy fizikai időként funkcionáljon, de mint ilyen, maga is filozófiai értelmezésre szorul. Különösen Heidegger esetében gyakori az a szcientista szemrehányás, hogy *Sein und Zeit* című művében Einstein elméletét egy rövid megjegyzéssel elintézi, ahelyett, hogy az idővel foglalkozva ezen elméletről értekezne. Ez azonban teljesen alaptalan, hiszen Heidegger éppen e művében igen kifejezően szembesíti a *mért*, számszerűsít-

tett, „elszámolt” időt, az *eredendő*, autentikus idővel, melynek nyomán a speciális relativitás elméletében bevezetett mérhető idő a heideggeri hermeneutikai filozófia elszámolt, számszerűsíthető fizikai idejének karakterisztikus és kiteljesedett megjelenéseként értelmezhető és világítható meg.¹²

A fentiek illusztrálásaképpen idézhetjük Einstein klasszikus tanulmányának két kulcsmondatát: „... *megállapodunk* abban. Hogy az az »idő«, melyre a fénynek szüksége van ahhoz, hogy az A pontból a B pontba jusson, egyenlő azzal az »idővel«, melyre szüksége van ahhoz, hogy a B pontból az A-ba jusson.”¹³ (Kiemelés: Sz. L.) „Tehát bizonyos (elképzelt) fizikai tapasztalat alapján *megállapodtunk* abban, hogy mit értünk szinkronban járó, különböző helyeken lévő, nyugalmi állapotú órákon, s ezáltal nyilvánvalóan megkaptuk az »egyidejűség« és az »idő« fogalmának definícióját.”¹⁴ (Kiemelés: Sz. L.)

Einstein szerint tehát nem „kikutatjuk”, „megtaláljuk” az időt, vagy „földerítjük” annak tőlünk független struktúráját, hanem „megállapodunk” bizonyos kérdésekben, és ennek nyomán kapjuk meg azt. (Ha ma valaki egy ilyen mondattal kezdené fizikai előadását, még valószínűleg a szakfizikusok egy része is fölháborodna, s igen meglepődne, ha szembesítenék azzal, hogy Einstein klasszikus ta-

¹² V. ö.: Székely: id mű.

¹³ Lásd Einsteinnek „A mozgó testek elektrodinamikájáról” című tanulmányát a jelen kötetben.

¹⁴ U. o.

nulmányából idéztünk.)

Mindezek után talán már nem tűnik paradoxnak állításunk, hogy a speciális relativitás elmélete nem annyira fizikai, mint inkább a fizikai világ szemléletét és képét megváltoztató filozófiai mű, mely filozófiai okokból kiindulva és elsősorban filozófiai eszközökkel új magyarázatot és levezetést ad a Lorentz által már megmagyarázott jelenségekre, illetve az ugyancsak Lorentz által megtalált matematikai összefüggésekre. Ezért vitatnunk kell azt a néha elhangzó állítást, hogy szemben az általános relativitás elméletével, amely Einstein nélkül talán sohasem jött volna létre, az einsteini speciális relativitás elmélete nélküle is megszületett volna. Ez az állítás annyiban, s csak annyiban igaz, hogy Lorentz ekkor már létező elmélete – melynek matematikai magját az einsteini elmülethez hasonlóan a Lorentz-transzformáció képezi – másképpen ugyan, de ugyancsak megmagyarázta az Einstein által tárgyalt összefüggéseket, s Poincaré is publikált már ekkor egy hasonló, ám a tulajdonképpeni einsteini elmülethez közelebb álló új elmületet. Így nyilvánvaló, hogy Einstein nélkül is kirajzolódott két új elmület, s nélküle valószínűleg ezeknek valamelyik változata uralta volna a XX. századi fizikát. Ez azonban semmiképpen sem lett volna azonos az ő sajátos, filozófiailag motivált relativitáselmületével. Ugyanúgy ellátta volna a kérdéses fizikai jelenségek fizikai elmületének szerepét, mint Einstein elmülete, de semmiképpen sem lett volna teljesen azonos azzal, s minden bizonnyal nem vezetett volna út belőle sem a tér-időnek a speciális re-

lativitás elméletében eredetileg még nem szereplő fogalmához, sem az általános relativitás elméletéhez.

A speciális relativitás elméletének tárgyalását lezárva ki kell térnünk még arra, hogy a Lorentz-féle elmélet ma is ugyanúgy magyarázatot ad a vonatkozó kísérleti eredményekre, mint Einstein elmélete, s ezt ma már, az einsteini elmélettel kapcsolatos ideológiai viták lezárulásával a módszertanilag igényesebb fizikai tankönyvek is meg szokták említeni. A két elmélet között kísérletileg döntenem nem lehet, mert ugyanaz a matematikájuk, s így ugyanazok a kísérleti előrejelzések következnek belőlük. Bár a Lorentz-elméletben van kitüntetett rendszer, s így elméletileg nem érvényes benne a speciális relativitás elve, annak következtében, hogy a tapasztalat tekintetében ugyanazt állítja, mint Einstein elmélete, tapasztalati-megfigyelési szinten itt is fellelnek a relativisztikus effektusok. Megfigyeléseink tekintetében ezen elméletben is érvényesül a speciális relativitás, s ennyiben jogosult ezt az elméletet „éteralapú” – vagy Lorentz-féle – relativitáselméletnek nevezni. De megkülönböztethetjük a két elméletet úgy is, hogy az azonos matematikai formularendszerre és számítási eljárásokra tekintettel a relativitáselmélet matematikájának Einstein-, illetve Lorentz-féle értelmezéséről beszélünk.

A fizikusok túlnyomó többsége az einsteini elméletben – illetve a speciális relativitáselmélet matematikájának einsteini értelmezésében – gondolkodik, azonban a fizikai alkalmazások során annak sincs igazán jelentősége, ha valaki Lorentzet követi:

az alkalmazás során elsősorban számolni kell, s a matematika azonossága miatt a számítások azonosak. A két elmélet viszonya így lényegében filozófiai kérdés, mely azonban alapvetően érinti a fizikai világról alkotott képünket – de úgy, hogy ennek során a fizikai világ megfigyelhető viselkedése tekintetében a kettő között nincs semmi különbség. Ennyiben pedig itt a matematika és a fizika viszonyának igen mély, egészen a görög matematikai csillagászatig visszanyúló filozófiai (ismeretelméleti és ontológiai) problémája jelenik meg. A Lorentz-féle elmélet előnye, hogy jobban megfelel a józan észnek. Bár ezen elmélet szerint is csak relatív hosszkontrakciókat és óralassulásokat figyelhetünk meg (ezen utóbbiakat nevezik a népszerűsítő irodalomban erős csúsztatással az „idő lassulásának”), ám ezek „mögött” az elmélet valóságos és abszolút fizikai változásokat feltételez. Ha természetes, hogy a vízben egy fogaskerekes óra a víz ellenállása miatt lelassítja az óra kerekeinek forgását, s ezáltal az óra által mutatott „idő” lelassul, miért ne lehetne természetes, hogy az elektronikus vagy elektromágneses órák éterben mozogva, az éter hatására ugyancsak lelassulnak? Nem igaz az tehát, hogy az „idő lassulása”, s a többi relativisztikus effektus önmagában fölfoghatatlan volna. Ami az Einstein-féle speciális relativitás elmélete esetében nehézséget okoz, az éppen az, hogy ez az elmélet tagadja a lorentzi elmélethez hasonló valóságos fizikai folyamatokat – vagy legalábbis nem egyértelmű ezek tekintetében.

S itt azután oly beláthatatlan filozófiai vitáknak

nyílik terep, amelyekre még csak jelzésszerűen sem térhetünk ki. Elégedjünk meg azzal az összegzéssel, hogy a Lorentz-elmélet természetességének, a józan észnek való megfelelésének ára az elmélet nehézsége, valamint az, hogy intenzíven épít egy olyan fizikai létezőre – az éterre –, amit megfigyelhetetlennek tekint. Einstein elmélete viszont szép, egyszerű és elegáns, de a fizikai valóságnak egy igen furcsa, számos filozófiai kérdést fölvető képet nyújtja számunkra. Az elmélet elsősorban ezen utóbbi – filozófiai – sajátossága miatt érthető nehezen, s nem a benne rejlő állítólagos nehéz matematika miatt (amit – mint láttuk – az elmélet valójában nem is tartalmaz). „Attól, hogy az elmélet furcsa képet ad számunkra a fizikai világról, még lehet igaz” – mondhatjuk Einstein elméletének védelmében. „Attól, hogy az éter kísérletileg nem mutatható ki, még létezhet, s különösen így van ez Lorentz elmélete alapján, mely megmagyarázza számunkra, hogy ez a fizikai létező miért is nem jelenhet meg kísérleteinkben közvetlenül” – érvelhetünk Lorentz mellett. „Einstein elmélete sokkal szebb, elegánsabb és egyszerűbb!” „S biztos, hogy ami szebb és elegánsabb, az igazabb is?” – folytathatjuk a soha le nem zárható diszkussziót a két elméletről.

Ha a fenti kérdésekben dönteni nem is lehet, az egyértelmű, hogy Einstein elmélete jóval nagyobb heurisztikus erővel bír, jóval gyümölcsözőbb volt, mint Lorentz elmélete. Ugyanis csak az Einstein-féle speciális relativitás elméletétől vezetett út az általános relativitás elméletéhez. Csakhogy ez az út

még innen sem volt automatikus és természetes.

A speciális elmélet az egymáshoz hasonló tehetetlenségi rendszerek egyenrangúságát mondja ki, s a tehetetlenségi rendszerek (amelyek definíciószerűen azért tehetetlenségi rendszerek, mert nem lépnek föl bennük tehetetlenségi erők), oly mértékben különböznek a gyorsuló rendszerektől (melyekben tehetetlenségi erők lépnek föl), hogy nemcsak a józan ész, hanem a fizikai hagyomány alapján is – első rátekintésre – kifejezetten óriult gondolatnak tűnik valamennyi mozgó rendszer egyenrangúságát állítani. Hogy jobban megértsük ezt, gondoljunk arra a mindennapi élményünkre, amikor villamoson utazunk. Azokon a ritka szakaszokon, ahol a villamos egyenes vonalúan és egyenletes sebességgel halad, nem kell kapaszkodnunk, de még egyensúlyoznunk sem. Viszont lassításkor, gyorsításkor, kanyarodáskor nem árt, ha megragadjuk az erre szolgáló fogantyút vagy fémkorlátot: nem kell tekinteniünk az ablakon, hogy tudomást szerezzünk a mozgásváltozásokról, hiszen a föllépő tehetetlenségi erők miatt azokat magunkon érzékeljük.

Az általános relativitás elve tehát egy merész, s az emberiség addigi fizikai tapasztalatából nem igazán következő elv volt, amely gondolati szépsége és egyszerűsége okán ragadta meg Einstein fantáziáját. Ugyanakkor hamar kiderült, hogy ezen egyszerű elv fizikai megvalósítása egyrészt egy új, elvont matematikai-fizikai fogalmat követel meg – a Minkowski-féle négydimenziós tér-időt, melyet azután az általános relativitás elmélete a Riemann-geometriával leírt téridővé általánosít –, s igen

komplikált matematikára van szüksége. Ugyanakkor figyelemre méltó, hogy Einstein – még az általános relativitás elméletének bonyolult matematikáját nem tartalmazó, mindenki által követhető érvekkel – már az általános relativitás pusztán elvéből levezette a későbbi elmélet két előrejelzését: azt, hogy a gravitációs térben a fény hullámhossza a vörös szín felé tolódik el, valamint azt, hogy a fénysugár pályája nagy gravitációs tömegek – így a Nap – mellett elhajlik.¹⁵ Persze ezek az előrejelzések feltételesek voltak csupán, hiszen csak annyit állítottak, hogy ha érvényes a fizikai világban az általános relativitás elve, s így lehetséges egy azt megvalósító elmélet, akkor ezen elméletből a szóban forgó előrejelzéseknek is következniük kell. Ám ezzel együtt is igen mély filozófiai értelme van annak, hogy még az elmélet nélkül, csupán már az elvből is következnek ezek a jelenségek.

Einstein célja tehát az volt, hogy kiterjessze a speciális relativitás elvét, s ezáltal minden mozgó vonatkoztatási rendszert egyenrangúvá téve, megszüntesse a tehetetlenségi és gyorsuló mozgások közötti aszimmetriát. Ez a cél valójában azt jelentette, hogy egy olyan új fizika kidolgozásával kellett megpróbálkoznia, melyben teljesül ez az elv, hiszen önmagában a speciális relativitás elve bármikor általánosítható anélkül, hogy ennek fizikai haszna és értelme volna. Ám ha Einstein a speciális elv ki-

¹⁵ Lásd Einsteinnek „A gravitáció befolyása a fény terjedésére” című tanulmányát. In: Albert Einstein, *Válogatott tanulmányok*. Budapest: Gondolat Kiadó, 1971. 78–90. o.

terjesztésével kapott általános elv fizikai megvalósítására törekedett, akkor miképpen lett belőle a „XX. század Newtonja”, egy új gravitációs elmélet megteremtője? A válasz erre a kérdésre az, hogy az általános relativitás elmélete egyben a gravitáció új elmélete is. Ám a fizikusoktól eltekintve valószínűleg igen kevesen vannak olyanok, akik meg tudnák mondani, hogy ez miért van így? Pedig a dolog viszonylag egyszerű. Tekintsük újra a villamos példáját! Amikor a villamos gyorsul, tehetetlenségi erőket érzékelünk, amelyek a villamos vége felé taszítanak bennünket, s így akkor is tudomást szerzünk a gyorsulásról, ha nem tekintünk ki az ablakokon. De mi történik akkor, ha páncélöltözetben vagyunk, s valaki bekapcsol egy elektromágneset a villamos mögött, mely öltözetünket és benne minket magunkat is a villamos vége felé ránt? Ha csak magunkra figyelünk, elsőre nem leszünk képesek eldönteni, hogy vajon gyorsul-e a villamos, és ezért érezzük a hátrafelé irányuló erőt, vagy éppen ellenkezőleg, a villamos áll, de be van kapcsolva az elektromágnes. Ám ha egy márványgolyó van elhelyezve mellettünk a padozaton, azt fogjuk tapasztalni, hogy az néha olykor is mozdulatlanul marad, ha mi azt érzékeljük, hogy valamiféle erő hátrafelé taszít bennünket, s ilyen esetekben tudni fogjuk, hogy csak az elektromágnes működik, a villamos maga nem gyorsul. E példa alapján viszont könnyű belátni, hogy ha van egy olyan erő, mely a villamos nyugvó állapotában föllépve ugyanúgy hat mindenre és minden vonatkozásban, mint a gyorsuláskor föllépő tehetetlenségi erő, akkor eldönthe-

tetlen lesz számunkra, hogy egy adott pillanatban vajon ez az erő lépett-e működésbe, vagy éppenséggel a villamos gyorsul, s a gyorsulásból származó tehetetlenségi erő az, amit tapasztalunk.

E főnti példából látszik, hogy az általános relativitás elve csak akkor valósítható meg, ha létezik a fizikai világban legalább egy olyan erő, mely a most leírt értelemben ekvivalens a tehetetlenségi erővel. Mármost tudjuk, hogy létezik egy ilyen erő: a gravitációs erő. Eötvös Lóránd ingakísérleteiben kimutatta, hogy a tehetetlen és a súlyos tömeg egyenes arányban áll egymással, ami tapasztalati oldalról ezen ekvivalencia biztosítéka. Ugyanakkor jelenlegi ismereteink szerint másik ilyen erő nincs a fizikában, s ezért az általános relativitás elvét csak a gravitáció elméletének keretében, egy olyan új gravitációelmélet révén lehet megvalósítani, mely teoretikus oldalról is biztosítja a tehetetlen és a súlyos tömeg közötti ekvivalenciát. Így az általános relativitás elmélete a főntiek alapján logikailag tekintve elsődlegesen az „általános relativitás”, s nem a gravitáció elmélete –, de az előbbi összefüggések miatt másodlagosan szükségképpen a gravitáció új elmélete is.

A tehetetlen és súlyos tömeg ekvivalenciája azonban csak a lehetőséget jelentette az általános relativitás elméletére, de nem jelentett garanciát arra, hogy az valóban lehetséges is: e lehetőségről csak magának az elméletnek a kidolgozásával lehetett meggyőződni. S a relativitás elméletével kapcsolatos vállalkozása során Einstein valójában csak itt szorult rá igazán bonyolult és komplikált matema-

tikára, ami miatt itt nem is tudott segítség nélkül továbbhaladni: az általános relativitás elvétől magához az elmélethez csupán főiskolai évfolyamtársa, Marcel Grossmann matematikai segítségével jutott el. Az így megszülető általános elmélettel került bevezetésre azután a fizikába a nem-euklideszi geometria – melyre mint alkalmas matematikai eszközre, Grossmann hívta föl Einstein figyelmét –, s ezáltal a tér görbültségének fogalma. De ezzel az elmélettel jelenik meg az impulzus–energia-tenzor, valamint az a bonyolult differenciálegyenlet-rendszer is, mely fölváltja Newton egyszerű egyenletét. Igen fontos újdonsága az általános relativitás elméletének, hogy ha a szokványos esetekben Newton elméletének matematikai közelítését is adja, fizikai tartalmában a newtoni gravitációelmélet XIX. században uralkodó változatát teljesen elveti, hiszen a távolbaható erők tagadásával éppen egy azzal gyökeresen ellentétes fizikai világot vázol föl. Így nem igaz az, hogy Einstein elmélete csupán pontosítása Newton elméletének: ha Einstein elmélete igaz, akkor Newton elmélete, amely a gravitációt távolbahatásként fogja föl, hamis. S különösen hamis a newtoni elméletnek a középiskolákban ma is tanított XIX. századi változata, amely szerint a testekben gravitációs vonzóerő lakozik, s például a Föld vonzóereje miatt zuhan a kő a Föld felé. Az einsteini elméletben ugyanis nincs vonzóerő, a Föld nem vonzza a követ, hanem a Föld körüli gravitációs tér a magyarázata a Föld felé zuhanó kő mozgásának.

Az a mód egyébként, amiképpen a népszerűsítő

irodalom a köztudatban Einstein elmélete kapcsán a „tér görbülsége” fogalmát terjeszti, igen pontatlan. A nem euklideszi téridő-struktúra, melyre „tér”-ként szoktak hivatkozni, valójában a gravitációs mező, s ennek struktúrája „görbül” – azaz helyesen: nem euklideszi. A „tér görbülsége” azért hangzik fölöttébb misztikusnak, mert azt a benyomást kelti, mintha az eredetileg euklideszinek tekintett üres, newtoni térnek a görbülségéről volna szó. Ha valami üres, miképpen lehet az görbült, miképpen rendelkezhet struktúrával? – ellenkezik intuíciónk ezzel az állítással. Csakhogy az általános relativitás elméletének tér-ideje maga a gravitációs mező, mely nem üres „tér”, hanem tulajdonságokkal, struktúrával rendelkező fizikai létező. S abban, hogy ez a fizikai létező struktúrával rendelkezik, nincs semmi különös – mint amiképpen abban sem, hogy az elektromágneses mezőnek is van struktúrája: egyik esetben sincs szó a térről annak klasszikus filozófiai, vagy akár newtoni értelmében. (Az angoltól és a némettől eltérő magyar szóhasználatban az elektromágneses mező elektromágneses térként történő megjelöléséhez hasonlóan a gravitációs mezőt gravitációs térnek is szokás nevezni, ami még inkább megnöveli a félreértés valószínűségét.) Nem véletlen, hogy amikor Einstein később – sikertelenül – az egységes térelmélet kidolgozásán dolgozott, akkor ez alatt a gravitációs teret (azaz a gravitációs mezőt) és az elektromágneses teret (azaz az elektromágneses mezőt) egységesítő fizikai tér (azaz fizikai mező) elméletének (azaz a gravitációs és az elektromágneses jelenségek egye-

sített elméletének) megalkotását értette. Tévedés tehát arról beszélni, hogy amíg Newton görbületmentesnek hitte a teret, addig Einstein fölfedezte, hogy görbült. Einstein valójában kiküszöbölte elméletéből Newton üres terét, de az általános relativitás elméletében szereplő nem-euklideszi tér-idő nem ennek, hanem a newtoni gravitációnak a helyére került. Ennek megfelelően az az állítás, mely szerint Einsteinnél a fizikai anyag formálná maga körül a teret, szintén csúsztatás: valójában a fizikai tömeg a gravitációs teret vagy mezőt formálja maga körül, s nem általában „a teret”. S ezt a gravitációs mezőt mint fizikai létezőt Einstein egyfajta éternek tekinti, s erre gondol, amikor a kötetünkben is olvasható „Éter és relativitáselmélet” című írásában az általános elmélettel kapcsolatosan éterről beszél.

Einstein nem sokkal azután, hogy 1915-ben mai formájában publikálta az általános relativitás elméletét, megírja kötetünkbe is fölvetett kozmológiai dolgozatát, melyben ezt az elméletet mint a gravitáció új elméletét az egész kozmoszra alkalmazza. Ennek során az a célja, hogy olyan világegyetemmodellt alkosson, melyben a tehetetlenség a világegyetem tömegeinek egymásra hatásából származik (Mach-elv), melyben továbbá a világegyetem statikus, s amelyben az általános relativitás elmélete nem csupán a kozmosz részeire, hanem a kozmosz egészére is sikeres alkalmazást nyer. Törekvést csak részleges – s mint később kiderült, látszólagos – siker koronázza: az éppen hogy megszületett új elmélet alapegyenletét az úgynevezett „lambda-

tag” önkényes hozzácsatolásával módosítani kell, s így jut el a világegyetemnek a relativitás elméletén alapuló első, statikus, szférikus modelljéhez. Később azonban kiderül, hogy Einstein kozmológiai elméletének számos további megoldása van, s ráadásul maga az einsteini megoldás instabil. Világossá válik továbbá, hogy elméletében nem érvényes a Mach-elv, s tömeg jelenléte nélkül, önmagában is lehetséges gravitációs mező – azaz e mezőt nem kizárólagosan a tömeg hozza létre, mint amiképpen eredetileg föltételezte. A galaxisok vöröseltolódásának fölfedezésével, illetve ennek a világegyetem tágulására történő visszavezetésével pedig a kozmológiában tapasztalati oldalról is megbukik a statikus világegyetem einsteini ideálja. A XX. századi kozmológiában így minden Einstein eredeti elképzeléseinek ellenére történik. Mégis, jogos a kozmológiának ezt az új szakaszát a kozmológia einsteini korszakának nevezni, hiszen e kozmológia uralkodó elmélete az általános relativitás elméletén alapul, s mindenben az Einstein által 1917-ben kidolgozott mintát követve alkalmazza ezt az elméletet a kozmosz egészére. A XX. századi kozmológia még akkor is az 1917-es dolgozatból született meg, ha benne e dolgozatnak szinte valamennyi alaptörekvése elbukott.

A speciális relativitás elmélete esetében láthatuk, hogy az einsteini elméletnek van egy lorentziánus alternatívája, amely – annak ellenére, hogy matematikájában és tapasztalati következtetéseiben az einsteinivel teljesen azonos – fogalmilag gyökeres ellentéte Einstein elméletének. Az általános el-

mélet esetében viszont a lehetséges alternatívák tekintetében egyáltalában nem ilyen egyszerű a helyzet: az elmélet fizikai tartalmát illetően ugyanis itt nem határozható meg egyértelműen, mi is tekinthető a helyes einsteini értelmezésnek, s ezért már a hűség einsteiniánusok esetében is számos ellentétes értelmezés és koncepció áll szemben egymással. Egy bizonyos: fizikai szempontból a speciális relativitáselmélet matematikáját szilárdnak kell tekintenünk, s el kell fogadnunk az általános elmélet három nagy előrejelzését is. Ezek kétségbe vonására jelenleg nincs tudományos indokunk, s ezért aki elveti ezeket, a tudományon kívülre kerül. Ez azonban nem jelenti azt, hogy mindezek elismerésével és igenlésével együtt ne kellene elemeznünk és vitatnunk a szűkebb értelemben vett elmélet fogalomrendszerét, lehetséges fizikai és filozófiai interpretációit. (Itt a szűkebb értelemben vett elmélet alatt elsősorban annak matematikai formalizmusát, valamint az ennek révén kiszámított tapasztalati előrejelzéseket értjük.) Ennek megfelelően az „Einstein tévedett”, „Einsteinnek nem volt igaza” bombasztikus formulával fölbukkanó, szenzációhajhászó művek mind fizikailag, mind pedig filozófiailag dilettáns alkotások. Egyrészt Einstein matematikája bevált, jól használható, gyümölcsöző; elméletének előrejelzései mindmáig összhangban vannak fizikai tapasztalatunkkal. Másrészt az a tény, hogy a matematikai apparátusnak lehetséges olyan fizikai értelmezése, mely eltér az einsteini fölfogástól, hozzátartozik a témával foglalkozó kutatóktól minimálisan megkövetelhető alapismeretekhez. Így

ennek nagy jelentőségű új fölfedezésként való tálalása a fizikai és a filozófiai alapismeretek súlyos hiányára vall. *A speciális és általános relativitás elméleteinek lehetséges fizikai értelmezéséről, filozófiai vonatkozásairól folytatott viták jogosultak ugyan, de ez nem jelentheti az elmélet jól bevált matematikájának és tapasztalati előrejelzéseinek megkérdőjelezését: az elmélet e komponensei ma már a fizika szilárd, jól megerősített pilléreiként funkcionálnak.*

4. Einstein filozófia nézetei

Az előbbiekben már utaltunk Einstein filozófiai nézeteire, a természet szépségével kapcsolatos vallásos meggyőződésére, melyet oly szuggesztív módon tár elénk „Vallás és tudomány” című írásában,¹⁶ valamint az Ernst Mach által képviselt pozitívista ismeretelmélet és módszertan Einsteinre gyakorolt hatására. A következőkben hely hiányában csak nagyon röviden térhetünk ki némileg részletesebben Einstein filozófiai világgépére, illetve az ezzel kapcsolatos alapproblémára.

Einstein filozófiai nézeteit illetően a szakirodalom folyamatosan zavarban van, amennyiben a Machot és Poincarét követő pozitívista és konvencionalista Einsteint nehéz összeegyeztetni a természet racionálisan szép, ésszerű voltát hirdető, Spinoza személytelen, panteista istenében hívó Einsteinnel. Ha ugyanis egyrészt Mach nyomán elméleti fogalmaink gondolati konstrukciók, s a ter-

¹⁶ Lásd a jelen kötetben!

mészeti törvények valójában csupán olyan emberi eszközök, melyek az értelemek halmazában való eligazodást szolgálják, s nem a természet „objektív törvényei”, másrészt a fizikai elméletalkotás során Poincaré szellemében számos esetben önkényesen állapodunk meg egy-egy meghatározásban (mint amiképpen ezt Einstein a mozgó testek elektrodinamikájáról szóló klasszikus tanulmányában maga is teszi), akkor miképpen szólhat elméletünk a spinozai értelemben isteni természet racionális rendje mellett? A nagy német filozófus, Hegel kategóriájával az előbbi álláspont a „szubjektív idealizmus” egyik válfaja, míg Spinoza panteizmusa és Einstein ezzel rokon természetvallása az „objektív idealizmus”-hoz tartozik, s a két álláspont látszólag összeegyeztethetetlennek tűnik egymással. Az itt fölvetődő kérdést a következőképpen fogalmazhatjuk meg más szempontból: Milyen értelemben realista Einstein? Pozitivista–neopozitivista értelemben, mely elutasítja, metafizikainak minősíti a tőlünk függetlennek tételezett objektív természeti rend fogalmát, vagy éppen ellenkezőleg, az előbbi filozófiai irányzatok által metafizikainak tekintett objektivista–panteista módon?

Az Einstein-irodalom ezen ellentmondást általában azzal oldja föl, hogy a Machot és Poincarét követő pozitivista-racionalista Einsteint a fizikus alkotói korszakának első időszakához, míg a panteista-racionalista Einsteint a késői korszakhoz rendeli. Ennek a korszakolásnak kétségtávol van is némi alapja, hiszen Einstein késői korszakában többször kritizálta Mach pozitívizmusát, s egyre

nagyobb hangsúlyt fektetett a természet racionalizálásával kapcsolatos vallásos hitre, valamint arra az évrre, mely szerint a természet isteni volta mellett legfőbb bizonyíték az a végső és megérthetetlen csoda, hogy a természet racionálisan megérthető.

Einstein korai és késői alkotókorszakának ez a szembeállítás azonban nem állja meg a helyét. Például egy évvel halála előtt így ír:

„Minden tudomány, legyen az természettudomány vagy lélektan, élményeinket próbálja meg bizonyos módon rendezni és logikus rendbe foglalni.... Különböző egyének olyan érzéki élményeinek, amelyek megfelelnek egymásnak és ennél fogva bizonyos értelemben személyfölöttiek, *gondolatban realitást tulajdonítunk*. Velük, vagy közvetve az ilyen élmények összességével foglalkoznak a természettudományok, s sajátos módon a legalapvetőbb természettudomány, a fizika is.”¹⁷ (Kiemelés: Székely László.)

E szövegrészlet is tanúsítja, hogy az érett és a kései Einstein Mach-kritikája ellenére Mach és Poincaré mindvégig meghatározta Einstein ismeretelméleti és módszertani fölfogását. Ezért a korai, az érett és a kései Einstein megkülönböztetése nem oldhatja föl a jelzett ellentmondást, de erre nincs is szükség. A kulcs valójában már ott van „A mozgó testek elektrodinamikájá”-ban, s kirajzolódik Einstein későbbi Mach-kritikájában is. Einstein alapvető és meghatározó meggyőződése a természet ra-

¹⁷ Einstein, A.: *Grundzüge der Relativitätstheorie*. Braunschweig, Vieweg, 1956. 1. o.

cionalitásába vetett hit: a mozgó testek elektrodinamikájával foglalkozva bizonyos aszimmetriák eltávolítására törekszik, mivel ezeket nem tartja szépnek, s a machi módszertant e cél érdekében alkalmazza. Ennyiben Einstein Kopernikusz modern követője: ahogy Kopernikusz a harmonikus szép kozmosz elvének elárulását látta a ptolemaioszi ekvansokban, s ezek kiküszöbölésének igénye, nem a csillagászati tapasztalat vezette a csillagászat reformájára, úgy őt sem elsősorban a tapasztalat érdekelte a speciális relativitáselmélet megalkotása során, hanem éppenséggel a jelzett aszimmetriák eltávolítása.

S ha később Machot azért kritizálja, mert Mach filozófiája elutasítja a spekulatív gondolkodást, mely szerinte a tudományos gondolkodás és elméletalkotás alapvető vonása, akkor ezzel nem az üres, öncélú, hanem az egyszerű és racionálisan szép elméletek eléréséhez szükséges spekulációk mellett áll ki. Mint a jelen kötetben olvasható „Fizika és realitás” című írásában is, sok helyütt hangsúlyozza, hogy a tapasztalati meghatározottság irányából tekintve az önkényes konstrukciókat és megegyezéseket utólag az teszi jogosulttá, ha segítségükkel a problémának egyszerű, szép, racionális megoldását kapjuk, illetve ha segítségükkel a természet racionálisan szép leírásához és megértéséhez juthatunk. Azaz számára nem a tapasztalat a legvégső instancia: bár az elmélet nem kerülhet alapvető ellentmondásba a tapasztalattal, azt a tapasztalat önmagában nem is teheti jogosulttá. Jóllehet, az elméletalkotás során a tapasztalatból indulunk ki, a tapasztalat szempont-

jából önkényesen építkeziünk. Ez az önkényesség azonban nem önkényesség a másik irányból, a racionális szépség irányából tekintve. A cél, ami meghatározza az elméletalkotás processzusát, a szép, egyszerű, racionális elmélet, s bármennyire is tökéletes lehet a megegyezés a tapasztalattal, ha e célt nem érjük el, az elmélet csak ideiglenes megoldás lehet, mely tudományosan nem kielégítő.

Persze az érződik, hogy Einsteinben kezdetben nem tudatosodott, hogy a machi módszertan és a szép, egyszerű elméletre való törekvés igénye ellenmondásba kerülhet egymással. Sőt, a newtoni abszolút tér Mach-féle kritikája nyomán úgy tűnhetett neki: e két mozzanat egyenesen harmonizál egymással. Hiszen Mach e kritikában éppen a machiánus módszertan alapján veti el Newton terét, mint elméletileg nem szép, irracionális fogalmat. Később azonban – amint ezt Machra vonatkozó kései megjegyzései egyértelműen mutatják – világossá válik számára, hogy a szép, racionális elmélet megalkotása a tapasztalattól oly mértékű eltávolodást követelhet meg, mely pusztán a machiánus módszertant követve elutasítandó, s ennek nyomán a szépség és a racionalitás kritériumait Mach módszertanával szemben előnyben részesítve kiáll az ezeket szolgáló spekuláció joga mellett. Amíg a pozitívizmus és a neopozitívizmus számára a végcél a tapasztalathoz – az „érzetelemek”-hez, a tapasztalatilag „adott”-hoz – való szigorú kötődés, addig az ő számára ugyanez a cél a racionális szépség és egyszerűség. S amennyiben s ameddig a machiánus-pozitívista módszertan a tapasztalathoz való kö-

nunk az elméletépítés során. S ha így haladunk, azt fogjuk észlelni, hogy bár a tapasztalat számtalan utat hagy számunkra, s sok elmélet lehetséges, mégis van egyetlenegy, amely a legegyszerűbb és legracionálisabb, s a tudománynak ezt kell megtalálnia. Hogy a tapasztalat oldaláról adott szabadság ellenére mégis csak egy igazán szép és racionális elmélet létezik: ez Einstein szerint különös csoda, az eleve elrendelt harmónia bizonyítéka.

A fentiekből kiderül, hogy Einstein realizmusának alapját a természettel kapcsolatos vallásos-metafizikai meggyőződése adja. De ebben a realizmusban van egy sajátos kartézianus-platonikus elem is. Ugyanis akár a klasszikus empirizmus, akár a pozitivizmus alapján azt szegezhetnénk szembe Einsteinnel, hogy a racionalitás és a szépség emberi – sőt, ezen belül ráadásul kultúrafüggő – fogalom. Így az einsteini racionalitáskritérium alapján végeredményben önkényes emberi fogalmak révén ítéljük meg a világot és alkotjuk elméleteinket, s így nem sokban különböziünk Xenophanész ököreitől, kik ökörféjű istenekben hisznek: Einsteint követve – mondhatnánk – saját eszünk mintájára konstruáljuk meg természetistenünket. Ez az elengetés azonban Einstein esetében természetesen szóba sem jöhet. Egyrészt a racionalitás Einstein számára objektív fogalom, amely mintegy megelőzi mind a természetet, mind az emberi gondolkodást, s ennyiben egy platonikus jellegű harmadik világhoz rendelhető. Másrészt szerinte az, amit a helyes emberi gondolkodás racionálisként ítél meg, éppen ez az objektív racionalitás; azaz Descartes el-

képzeléséhez hasonlóan Einstein szerint rendelkezünk a tőlünk független, objektív racionalitás belátásának – legalábbis részleges – képességével, s a tudományos elméletalkotás során a feladat az, hogy helyesen használjuk e képességet. (Mindez persze Einstein szövegeiben kifejezett módon nem jelenik meg, de a szövegösszefüggésből következik, hogy így érti a dolgokat – amiből persze az is következik, hogy akik az előbbi előfeltevéseket elutasítják, azok számára koncepciója tarthatatlanná válik.)

Az előbbieket természetesen nem oldanak meg Einstein realizmusával kapcsolatosan minden kérdést. Itt van pl. a tér „görbültségének” fogalma. Van valami tőlünk független tér, ami „görbült” volna (azaz nem eukleideszi struktúrát hordozna)? Bár Einstein elméletét lehet és szokták is így értelmezni, nyilvánvaló, hogy ezen értelmezés Einstein fölfogásával nem föltétlenül esik egybe. Egyrészt – mint már utaltunk rá – itt valójában nem a „tér”-ről mint a filozófia és a newtoni fizika hagyományos fogalmáról van szó, hanem a gravitációs mezőről. Másrészt, ha egy szigorú, a tükrözéseméletet követő metafizikai realizmus szerint úgy fognánk föl a dolgot, hogy a gravitációs mező olyan tőlünk független fizikai létező, mely egy rúdhoz hasonlóan „görbült” vagy „egyenes” lehet, a gravitációs mező tekintetében némileg visszatérnénk a newtoni abszolút térhez. S bár láttuk, hogy Einstein mint panteista, szükségképpen metafizikai realista volt, ez még nem jelenti azt, hogy elméletének minden részletét is a metafizikai realizmus jegyében kellene értelmeznünk. A gravitációs mezőt értelmezhetjük

úgy is, mint egy elvont fogalmat, ami mint ilyen, a fizikai világ – görbült vagy nem görbült terekkel leírható – gravitációs viszonyrendszerét ragadja meg. Ennek során azonban nem tehetjük föl azt, hogy e gravitációs mező egy jól meghatározott, tőlünk független nem-eukleideszi – azaz „görbült” – struktúrával rendelkezik, mert ekkor ellentmondásba kerülnénk az általános relativitás elméletével, mely szerint a legkülönbözőbb vonatkoztatási rendszerekben, a legkülönbözőbb nem-eukleideszi tereket kapjuk meg egy adott gravitációs mező leírásaként. Ha például azt mondanánk, hogy a gravitációs mezőnek a „ V ” vonatkoztatási rendszerben adott „ G ” leírás szerinti görbültsége az igazi, a reális, míg a V_1, V_2, \dots stb.-ben adott $G_1, G_2 \dots$ leírás szerinti nem, akkor a „ V ” rendszert és a „ G ” leírást kitüntetnénk, amit tilt az általános relativitás elve. Egyszerre pedig $G, G_1, G_2 \dots$ nem lehet reális. Pl. egy Földhöz képest szabadon zuhanó liftet választva vonatkoztatási rendszernek, e lift környezetében a gravitációs mező euklideszi lesz, míg a Földhöz képest nyugvó megfigyelő rendszerében ugyanezen lift környezete ugyanekkor „görbült” – azaz nem-euklideszi. Mármost egy és ugyanazon mező nem lehet egyszerre, minden leírástól függetlenül euklideszi és nem-euklideszi, s így csupán „relatív” módon, az egyik vagy a másik vonatkoztatási rendszerből tekintve tehetünk kijelentést e mező euklideszi vagy nem-euklideszi voltáról. Hasonló a helyzet akkor is, ha valódi gravitációs tér van jelen: ekkor ugyan bármely vonatkoztatási rendszert válasszuk is, mindig nem-euklideszi teret fogunk

kapni – ám többnyire egymástól eltérő, egymás kizáró szerkezettel. Einstein egyértelműen sohasem nyilatkozott e kérdésben. Elméletével és elméletének szellemiségével mindenesetre jobban összeegyeztethető, ha csak az invariáns, illetve a kovariáns mennyiségeket és természeti összefüggéseket tekintjük reálisnak – azaz a tőlünk független természet tőlünk független tulajdonságainak. A tér – illetve a tér-idő – egy-egy konkrét vonatkoztatási rendszerben adódó konkrét struktúrája pedig biztosan nem ilyen, hiszen a vonatkoztatási rendszer megválasztásának függvényében változik.

Hasonlóan izgalmas kérdés Einsteinnek a kvantummechanikával kapcsolatos elképzelése – amely tekintetében viszont a tér görbültségének realitásával szemben igen határozott álláspontot fogadott el. Mindenekelőtt föl kell hívnunk a figyelmet arra, hogy a kvantummechanikai indeterminizmust tapasztalati oldalról semmi sem bizonyítja. Továbbá ma már a tudományfilozófiában jól ismert, hogy a kvantummechanika kétségen kívül önmagában indeterminista matematikai struktúrájának is lehetséges determinista interpretációja.¹⁸ Mindezek alapján helytelen azt állítani, hogy Einstein ne értett volna meg valamit a kvantummechanikával kapcsolatosan, vagy idős kora és maradisága vezette volna ezen elmélet kritikájára. Hasonlóképpen hamis minden olyan hangzatos megnyilatkozás is, amely szerint Bohrnak igaza lett volna Einsteintel szem-

¹⁸ Magyarul e témáról lásd: E. Szabó László: *A nyitott jövő problémája*. Budapest, Typotex Kiadó, 2002.

ben, vagy hogy „Einstein tévedett” volna e vitában (mint amiképpen persze az ezzel ellentétes állítások is hamisak). Vitája a kvantummechanikával – pontosabban annak koppenhágai interpretációjával – filozófiai vita volt, s ezt figyelembe véve az értetlenség nem neki, hanem inkább azoknak a vitapartnereinek róható föl, akik fizikai szinten próbálták meg visszaverni a filozófiai – és ezért fizikailag meg nem válaszolható – kritikát.

Kötetünk második részét kifejezetten a fizikus kvantummechanikával foglalkozó írásaiból válogattuk. Ezekben a koppenhágai interpretációval szembeni einsteini kritika két pillére Einstein már ismertett filozófiai nézeteire alapozódva rajzolódik ki eléink. Ezek: i) az elméletet sohasem determinálhatja egyértelműen a tapasztalat; ii) a természet racionális, s ezért a tudomány helyes útja az, ha a tapasztalatból kiindulva, de a racionalitás kritériuma által vezérelten, annak racionális megértésére és leírására törekszik. Az a specifikus mozzanat, amely révén e két einsteini elv megjelenik a kvantummechanika einsteini kritikájában, a fizikus azon meggyőződése, hogy egy indeterminista világ nem lehet racionális. Ebből kiindulva Einstein kritikáját a következőképpen foglalhatjuk össze: ha megállunk az elmélet jelenlegi, indeterminista fázisánál, lemondunk a tudomány legfőbb céljáról, a természet racionális megértéséről, s ezért még akkor is tovább kell folytatnunk a kutatást, ha egyrészt a determinizmus visszahozása jelenleg reménytelennek látszik, másrészt pedig az elmélet és a tapasztalat viszonyában minden rendben van, és a tapasztalat

nem kényszerít további kutatásokra.

Könnyű belátni, hogy Einstein ebben a kritikában a kvantummechanikával szemben a racionális spekulációnak azt a jogát védelmezi, amit Mach ismeretelméletével szemben is megfogalmazott. E párhuzam nem véletlen: az általa vitatott koppenhágai interpretáció realitásfogalma egybeesik a neopozitivizmus által bevezetett realitásfogalommal. Ez igen kifejezően jelenik meg az Einstein–Podolsky–Rosen-paradoxonnal kapcsolatos vitában, amelyben egyik oldalról Einstein és társai, a másik oldalról Bohr teljesen különböző realitásfogalmat használnak, s így a látszólag egymással vitatkozó tanulmányok valójában elbeszélnek egymás mellett. S hogy mennyire nem a naivitás, a maradiság vagy az értetlenség vezette Einstein kritikáját, bizonyítja az is, hogy e paradoxont azóta is széleskörűen vitatják a fizikusok és filozófusok, s az oly mértékben hozzájárult a kvantummechanika és a vele kapcsolatban fölvetődő filozófiai problémák mélyebb megértéséhez, hogy kevés hozzá hasonló hatású tanulmányt találhatunk a XX. századi fizikában.

Einstein filozófiai nézeteinek rövid áttekintése után újból vissza kell térnünk a róla mint tudósról élő képre. Ha Einstein a XX. század legzseniálisabb tudósaként él a köztudatban, akkor ez – mint láttuk – nem csupán tudósi teljesítményének volt köszönhető. Szűkebb, fizikusi-szaktudósi értelemben Planck, Heisenberg, Schrödinger vagy Neumann János semmiképpen sem volt kevésbé zseniális, mint ő. Azon a területen pedig, ahol a köz-

vélemény zseninek tartja – a nehéz, bonyolult modern fizikai matematika megértése és mesteri művelése – biztosan nem volt tehetségesebb társainál. Ha mégis azt kell mondanunk, hogy kiemelkedett a XX. század fizikusai közül, akkor ez éppenséggel nem fizikai, hanem filozófiai kvalitásaival függött össze. Bár nem volt képzett filozófus, jóval műveltebb volt e téren társainál, s ami igazán fontos: képes volt oly filozofikus módon tekinteni a fizikára, amelyben a matematikai fizikában képzettebb és tehetségesebb – „zseniálisabb” – társai még csak meg sem tudták őt közelíteni.

5. *Einstein mint közéleti személyiség és humanista*

Bár a legjelentősebb XX. századi természettudósok közül nem ő volt az egyetlen, aki tudományos munkássága mellett különböző közéleti szerepeket is elvállalt, e tekintetben ugyancsak kiemelkedett tudóstársai közül annyiban, hogy e közéleti szerepvállalás fokozottabb hangsúlyt kapott nála. De szintén sajátos az ő esetében, hogy ez a fokozottabb közéleti szerepvállalás szinte sohasem kapcsolódott össze nála tényleges intézményi-politikai funkciókkal.

Einstein közéleti szerepelése két nagy kategóriába sorolható. Egyrészt – bár sokszor úgy nyilatkozott, hogy terhére van a világhír és a népszerűség –, elvállalta (vagy legalábbis részben elvállalta) azt a szerepet, amelyet a közvélemény elvárt tőle, mint a XX. század legnevesebb, legzseniálisabb, s egyúttal a gyomományos tudományos világképet leginkább

fölforgató tudós személyiségtől. Másrészt mindig határozottan kiállt a klasszikus humanista értékek, az emberi méltóság és egyenjogúság mellett, s határozottan föllépett a zsarnokság, az elnyomatás és az erőszak ellen.

Így az I. világháborús vérontás idején határozottan a német pacifizmus oldalára állt, amely ekkor – tekintettel arra, hogy bár a tudomány köreiben már ismert volt neve, de a szélesebb közvélemény számára ismeretlen volt még – nem váltott ki különösebb hatást, érdeklődést vagy figyelmet. Korai pacifizmusa a német szélsőjobboldal számára akkor kapott jelentőséget, amikor népszerűvé válásával egyidejűleg megindul ellene a kampány, s ennek során e korai, háború elleni föllépése is a támadások hivatkozási alapjává vált.

Ha annak idején Einstein egy olyan program keretében, olyan pénzügyi források alapján kerülhetett kiváltságos tudósi pozícióba Berlinben, mely a német tudomány nagyságát és nemzetközi fölényét volt hivatott elősegíteni, akkor most, a háború után, az ő esetében e program minden várakozáson fölült beváltotta a hozzá fűzött reményeket. Ezekben az években senki sem hozott még csak megközelítőleg sem oly nagy hírnevet és elismerést a német tudománynak, mint ő maga, aki a hirtelen jött világhír után mintegy a német tudomány utazó nagykövetévé vált. Különösen jelentős volt párizsi látogatása 1922 tavaszán. Mert hasonlóan ahhoz, mint amiképpen a világtörténelemben oly sokszor előfordult már, a német demokratikus erők a háborús vereség ellenére sem tápláltak oly erős fran-

ciaellenes érzelmeket, mint a franciák a németekkel szemben, akiknek mintha nem tudták volna megbocsátani, hogy legyőzték s méltánytalan békére kényszerítették őket. Einstein párizsi szereplése ezt a franciaországi németellenességet enyhítette, s újra emlékeztette a franciákat arra, hogy Németország nemcsak a császári hadsereget, a porosz militarizmust, hanem a tudományt és a kultúrát is jelenti: személyében Párizs újra egy német embernek tapolt, egy német személyiségért rajongott.

Csak hogy Németország közben jelentősen megváltozott, s ami a császári időkben még elképzelhetetlen lett volna, a német tudománynak és általában Németországnak dicsőséget hozó kiváló fizikus bizonyos német tudósi és politikai körök számára nemkívánatos ellenséggé vált. Így a relativitáselmélet tartalmával és értelmezésével kapcsolatos racionális kritikai elemzések, s a még oly sikeres új tudományos elméletekkel kapcsolatban is jogosan megfogalmazható szkeptikus ellenvetések most, Einstein világhíre és dicsősége nyomán, a tudósi féltékenység és gyűlölködés kontextusába kerültek, megakadályozva a gyümölcsöző vitát. Mindez aztán összefonódott az akkori német politikai és ideológiai szélsőjobboldal antiszemitizmusával, melynek szemében a relativitáselmélet újszerűsége, különös személetmódja és Einstein olyan „bűnei”, mint a pacifizmus, egy mélyebb, eredendőbb bűnből, zsidóságból fakadtak.

Einstein tehát a világhírrrel egyidejűleg markánsan szembesül a német antiszemitizmussal, s a hírnévvel kapcsolatos első súlyos politikai trauma is

ekkor éri: 1922. június 14-én személyes barátját, a volt liberális német külügyminisztert, Walter Rathenaut egy szélsőjobboldali, antiszemita összeesküvés részvevői meggyilkolják, s a leleplezett szervezkedők halállistáján az ő nevét is megtalálják. Ifjúkorában nem tulajdonított különösebb jelentőséget zsidó származásának. Most, kiteve az intenzív antiszemita támadásoknak – s ugyanakkor a személyét ért támadásoktól eltekintve is tapasztalva a fölerősödő antiszemita tendenciákat –, nem elégszik meg azzal, hogy a humanizmus, az erőszakellenesség és az egyenjogúság általános elvei alapján föléljen az antiszemitizmus ellen, hanem határozottan a cionizmus oldalára áll. Cionizmusa azonban – a mozgalom uralkodó irányzataival szemben – nem vallásos jellegű, s semmi köze sincs a kétezer évvel ezelőtti múltra hivatkozó, az ősi izraeli területekre e múlt alapján jogot követelő cionizmushoz. Az ő szemében a cionizmus egyedüli jogalapja a társadalom jelentős köreiből megnyilvánuló zsidóellenesség, és a zsidó emberek ebből következő fokozottabb veszélyeztetettsége. Bár a zsidóság mellett nem csupán általában, mint a humanizmus elveinek képviselője áll ki, hanem érintettségé folytán határozottan kapcsolódik a zsidó mozgalomhoz, ez az elkötelezettsége mégsem kerül szembe a humanizmus általános elveivel. Ebből következik, hogy az ő számára a cionizmus céljának megvalósítása, az új Izrael létrehozása elképzelhetetlen volt erőszakos, arabellenes úton. (Kötetünkben a palesztínai építők munkájáról szóló előadásában olvashatunk erről.)

A cionizmus mellett a másik nagy tematika,

amely területen Einstein határozott közéleti szerepet vállalt, a pacifizmus. Az I. világháború után a pacifista mozgalom tagjaként követeli az általános leszerelést, ám Hitler hatalomra jutása után szembefordul a naiv pacifizmussal, s a demokratikus államokat a fegyverkezésre és a hadsereg fejlesztésére szólítja föl. S most különös dolog történik, mintegy jelezve, hogy a XX. századi kultúrában mily közel állt egymáshoz az istenített sámán tudós és a szórakoztató bohóc szerepe. Ha ugyanis eddig a közvélemény leste Einstein szavait, megnyilatkozásait, s a sajtó az újságírók bagatell kérdéseire adott bagatell, semmitmondó válaszait is isteni kinyilatkoztatásként tálalta, most hatástalan maradt szomorú sorsa, önkéntes száműzetése Berlinből (amely, ha azt önmaga a nácizmussal szembeni tiltakozásként előre nem vállalta volna, kényszerből előbb-utóbb mindenképpen bekövetkezik). De nem találtak meghallgató fülekre Einsteinnek a nácik hatalomra jutásával bekövetkezett súlyos veszélyre figyelmeztető szavai sem. Csupán 1939-ben változik meg ez a helyzet, amikor is a magyar fizikusok – Szilárd Leó és Wigner Jenő – rábeszélésére megírja az amerikai atombombaprojekthez vezető híres levelét Roosevelt elnöknek. De tudjuk azt is, mindennek ellenére következetes pacifista marad: miután a háborús, militarista, antihumanista náci hatalom megsemmisítő vereséget szenvedett, határozottan föllépett az atomenergia katonai alkalmazása ellen.

Ha az előbb azt írtuk, hogy Einstein nem a szűkebb értelemben vett fizikákban való tehetségben,

mint inkább abban a filozófikus látásmódban tűnt ki XX. századi fizikustársai közül, amellyel a fizikára tekintett, akkor most ezt ki kell egészítenünk azzal, hogy még egy dologban más, több volt XX. századi természettudós társainál: esetében oly mértékben találkozott a tudós és a humanista gondolkodó ideálja, melyre a XX. században rajta kívül már aligha akadt példa. Ha Einstein a XX. század egyik – vagy „a” – legnagyobb tudós személyisége, akkor ez, filozófikus szemléletmódja mellett, a humanista és a tudós személyiségében történő egybeötvöződésének is köszönhető. S itt nem csupán közvetlen pacifista megnyilvánulásai s az antiszemitizmus elleni harca fontos. Legalább ennyire fontosak apró nyilatkozatai, a tőle elvárt tudós zseni szerepének való megfelelés, melyekben, mint ezernyi apró gesztusban, ez a humanizmus sugárzott ki rajongói felé (mint amiképpen ennek a már földidézett princetoni fényképezési jelenetben tanúi lehettünk).

Az idős Einstein elalvás előtt éveken át irodalmi alkotásokat, verseket, meséket olvasott föl súlyos beteg testvéreinek. A tér és az idő relativitásánál, szférikus kozmológiai modelljénél, de a tudós minden képleténél, és a Manhattan-projekt eredményeképpen fölrobbanó bomba gombafelhőjénél is méltóbb s kifejezőbb talán – s minden bizonnyal ő maga is egyetértene ezzel – ha most, e bevezető végén, az Einstein-tanulmányok előtt földidézzük a gyermek testvérpárt, amint este, elalvás előtt a szülői házban meséket hallgatnak, majd magunk előtt látjuk az idős, ősz hajú tudóst – túl a relativitás elméletén, túl a világhíren és az atombombán –,

ALBERT EINSTEIN ÉLETE ÉS MŰVE · 77

amiképpen beteg testvére ágya mellett ülve talán
ugyanezen meséket olvassa föl mindkettőjük szá-
mára.

Székely László