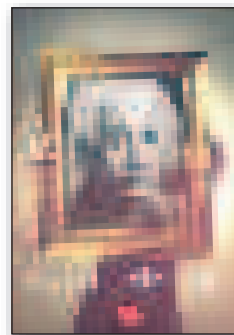


ABONYI IVÁN

Gondolatok „Az Einstein lány”-ról



Philip Sington „Az Einstein lány” című könyve érdekes mű, 2013-ban jelent meg magyarul Komáromy Rudolf fordításában a Kulinária Kiadó Bp. kiadásában [1]. A kötet pompás olvasmány, igazán regény-szerű írás, de van benne szó modern fizikáról is, Einstein életrajzi vonatkozásairól, magánéletéről, Amerikába utazásáról. A regény elején tudós mottók, a végén Einstein 1930 utáni tudományos tevékenységről – számomra legalábbis – téves összefoglaló olvasható. Ezért gondolom, hogy érdemes lenne kissé mélyebbre pillantani a regény tudományos hátterébe is.

Nem árt, ha a mű eredeti angol címét is megemlítjük: „The Einstein Girl”. Vegyük észre, hogy itt valóban a „girl” (a lány), nem pedig a „daughter” (valakinek az „édes” lánya) szerepel. Lehetséges, hogy a mai angol szóhasználatban az édesapák leányukat „my little girl”-ként emlegetik, mégis úgy érzem, ez a különbségtétel lényeges a címben, még ha magyarul ezt nem is lehet röviden visszaadni. Az a benyomásom, hogy a mű „könyv”, tehát nem egyszerűen „regény”.

Egy regény szerzője ugyanis ritkán mond köszönetet „komoly, szakmai fórumoknak”, mint most a szerző, pl. a jeruzsálemi Nemzeti Könyvtárban lévő „Albert Einstein Archivum” és a Kaliforniai Műszaki Egyetem (Caltech) Einstein-hagyatékot kezelő részlege képviselőinek. Igaz, egy átlagos regényírónak Albert Einstein-nal és fiaival, kiváltképp állítólagos „lá-

A mű elején (az 5. oldalon) mottóként szerepel néhány mondat. Így: „Mindannyian egyetértünk abban, hogy az elmélet örültség. Abban tér el véleményünk, hogy vajon eléggé örültség-e ahhoz, hogy esetleg helytálló lehessen?”

A fizikátörténet úgy tudja, hogy valójában ez egy Wolfgang Pauli (1901–1958) szájából származó kijelentés, amit barátja és egykori egyetemi évfolyamtársa, Werner Heisenberg (1901–1976) előadása után mondott. Heisenberg előadásában, 1957-ben, bemutatta új elméletét – a nemlineáris spinor-egyenletéről –, amelyben kísérletet tett az akkor ismert elemi részek és kölcsönhatásaik egységes leírására. Akkoriban ez a mondat széles körben elterjedt szállóigévé vált, lehet, hogy Niels Bohr (1885–1962) is hivatkozott erre, mint ahogyan a könyvben szerepel, de biztos, hogy a megjegyzés Paulitól ered. Az már persze csak érdekes mellékkörülmény, hogy Paulinak lett igazsága.

A könyvnek elkerülhetetlenül érintenie kell az Einstein-életút egyes szakaszait, még ha nem is igazán Einstein bemutatása a fő cél. Ezért tartanám most célszerűnek, ha kicsit többet lebbentenénk fel az „Einstein-lány” előéletéből, hogy a könyv olvasói közvetlenebbül tanúi lehessenek a folyamatoknak.

Kezdjük azzal, hogy Albert Einstein (1879–1955) és Mileva Marić (1875–1948) egy időben kerültek a svájci Eidgenössische Technische Hochschule (ETH, a Szövetségi Műszaki Főiskola), az egyik legrangosabb európai műegyetem hallgatói közé. Mileva Marić nőként a



Mileva Marić, Einstein felesége a két fiúval: balra Alber Eduard és jobbra Hans Albert

XIX–XX. század fordulóján ezzel meglehetősen exponált szerepre vállalkozott, hiszen ekkor a nők számára bármiféle egyetemi vagy főiskolai pályafutás még korántsem volt olyan egyszerű – és társadalmilag elfogadott –, mint manapság. Ezen még az sem sokat változtatott, hogy Marić hazulról a legkiválóbb képességeket tanúsító bizonyítványokkal érkezett. A természetudományos vagy a mérnöki pálya, önmagában is riasztó jellegű lehetett – a nőknek! Elég talán Maria Skłodowska (Madame Curie) rögös életútjára emlékezni – ez legalább közismert.

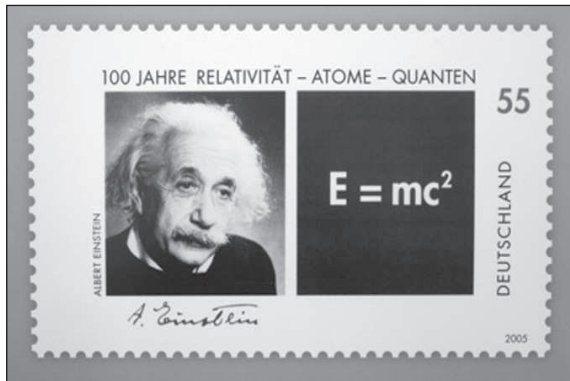
Einstein és Mileva Marić között az összemérhető képességek, közös érdeklődés és feladat alapján – egyelőre a tanulásban – vonzalom alakult ki. Ez egyre inkább elmélyült és oda vezetett, hogy az ifjú pár gyereket várt – a házasságkötés előtt. A végzés előtt azonban az ifjú pár nem köthetett házasságot, egyszerűen azért, mert Svájcban mindketten külföldiek voltak és tudományos karrierjüket féltették. Ezért közös megegyezéssel úgy döntöttek, hogy Mileva hazamegy Titelbe (ahol a Tisza a Dunába torkollik, az Osztrák-Magyar Monarchia déli tartományában), hogy ott szülje meg a váratlan jövevényt titokban, Zürich elől elrejtve. A jövevény kislány lett (1902) és kiderült, hogy bizonyos tekin-



Mileva Marić és Albert Einstein

nyával” kapcsolatos „regényben” is érinteni kell Einstein életét, alkotásait, hozzátartozóit, miközben a szereplők még fizikáról is beszélgethetnek.

De van még egy kisebb probléma is.



Az NSZK emlékbélyege a speciális relativitás 100 éves évfordulójára

tetben fogyatékos. Mileva nevelőszülőkre bízta, majd visszatért Zürichbe tanulmányaihoz, és persze Einsteinhez.

A regény „itt kezdődik”, a lányka születésével. Az ifjú Einsteinékhez visszatérve, a kényszerszünet után az ifjú pár hamarosan házasságot kötött. Igaz, a házasságkötést mind Einstein édesanyja, mind Mileva szülei ellenezték. Ennek az Einstein család részéről az volt az alapja, hogy tudták, Mileva gyermekkorában csonttuberkulózisban szenvedett, amiből lényegében kigyógyult ugyan, de járásában megmutatókozó sántaságát nem tudták annakidején kiközösíteni. Einstein édesapja a halálos ágyán elfogadta fia házasságát. Ebben az időszakban, tehát eleinte még, az ifjú pár élete úgyszólván paradicsomi is lehetett, mintha tényleg megtalálta volna a két fiatal egymásban az igazán mély, kivételes harmóniát. De ez csak igen rövid ideig tartott.

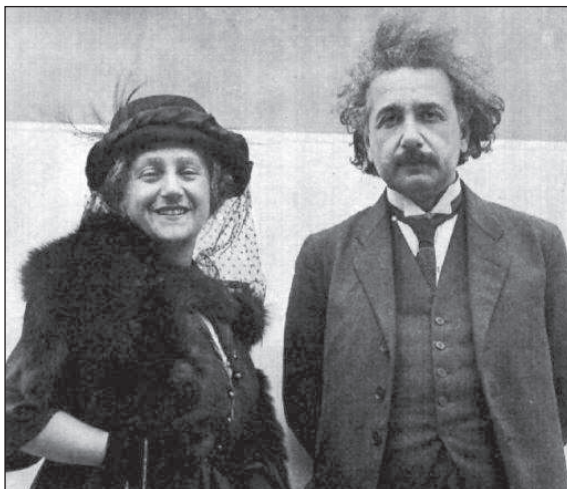
Bár a kortársak és főleg a túl okos utókor ezt a kapcsolatot oly szorosnak vélte, hogy eleinte Einstein egyes eredményeibe beleértették vagy belemagyarázták Mileva szellemi erőfeszítéseit – főleg a házasságkötés előtti, nyugodt idők alapján. Ezt ma már talán akár közömbösen is fogadhatjuk. Persze, más lenne a helyzet, ha vagy Mileva Marić nevén, vagy társszerzőkkel publikációk maradtak volna fenn. Ilyet azonban nem találtak. Az sem titkok viszont, hogy a „relativitás” témájának közvetlen közelében, még akár lényegében Einstein-nel egy időben is, mások is, mégpedig számosan, megsejtettek valamit, sőt, akár igencsak maradandót is alkottak a témával kapcsolatban. Gondoljunk csak Hendrik Anton van Lorentzre (1853–1928), aki-

ról a Lorentz-transzformációt elnevezték, vagy Henri Poincaréra (1854–1912), aki többek között a transzformációk csoporttulajdonságát fedezte fel, vagy éppen Max Planckra (1858–1947). Fontos tudni, hogy Planck már Einstein előtt rámutatott arra, hogy a Maxwell-egyenletek szerint az elektrodinamikai anyag nem newtoni tulajdonságú, hiszen ez az anyag engedelmessé válik az „ $e = mc^2$ ” törvénynek! Ebből a tényből is eredhet az, hogy Planck volt az első

igazi Einstein-hívó!

Az Einstein-házaspár élete hamarosan gyökeresen megváltozott. Az eleinte még odaadóan figyelmes férj egyre jobban elmerült saját szakmai kutatásaiban. Sőt, egyre határozottabban ki-kizárta a közös szellemi életből Milevát. A fiatalasszony csakhamar megint, s most már teljesen legálisan, újra anya lett. Megszületett az első fiú, Hans Albert (1904–1973), a házasság első, rövid, élhető szakaszának gyümölcse. Mileva szakmai tevékenysége újból szünetelni kényszerült a gyermek miatt.

(A házastársak kapcsolatát illetően, erről a korszakról hosszú fejezetben számol be Jürgen Neffe: „Albert Einstein igaz története” c. műve [2], mely többek között azért olyan értékes, mert sok száz (!) megadott, felkereshető dokumentumra épít. Ezek a dokumentumok (tétélesen felszo-



Einstein Elsa Löwenthallal, második feleségével

rolt) levelek, iratok, cikkek, a lelőhelyükkel együtt. Ugy tűnik, Neffe ebben a tekintetben „megbízható forrás”.)

Mileva az ifjú Hans Albert gondozásával van elfoglalva. Einstein végre állásba

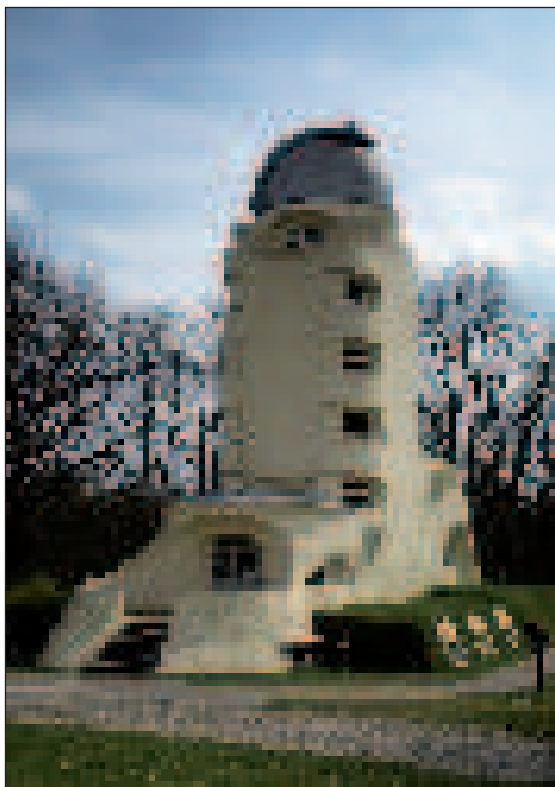
került a Berni Szabadalmi Hivatalban. Ne lehet eléggé kiemelni az itt végzett munka tudományos jelentőségét az ifjú Einstein szakmai fejlődése szempontjából. Elkövetkezik az 1905-ös év, Einstein korszakalkotó dolgozatainak esztendeje. Ekkor születik meg a foton-hipotézis (a fényelektromos hatás magyarázata), a Brown-mozgás tárgyalása, (aminek óriási jelentősége lesz a molekulaméretek meghatározásában), és a mozgó testek elektrodinamikája cím alatt a speciális relativitáselmélet. Az ifjú házaspár élete, mint említettük, furcsán alakult, talán egy cipzárhoz lehet hasonlítani, a mottó: „veled is, meg nélküled is”, de még inkább: „se veled, se nélküled”. Közben lassan felébredt a tudományos életben az Einstein-dolgozatok visszhangja. Einstein bekerült a Szabadalmi Hivatalból a „tudományos életbe”, az egyetemekre. Hogy rövidkec legyünk, először a Prágai Egyetem meghívását említjük. Nem annyira Einstein szerepével foglalkozunk most pillanatnyilag, mint Milevéval. Ő is Prágába költözött, de hetekre nem látta férjét, sem a gyereket az apját. Elszigetelődés, egymásra mutogatás, fellángolás. Közben megszületik a második fiú: Albert Eduard (1910–1965). Einstein visszakerült Zürichbe, most már egyetemi funkcióba, majd 1913-ban, az első világháború küszöbén Berlinbe hívták. Szerencséjére, katonai szolgálatra alkalmatlannak találták. Ez különösen az előnyére szolgált, mert Berlinben gyors karrier várt rá, nagyrészt Max Planck jóvoltából. Einstein a Vilmos Császár Kutatóintézet igazgatója lett. Lám, erre is jók voltak az 1905-ös korszakalkotó cikkek, főleg a Brown-mozgásról szóló tanulmány, meg a fényelektromos hatást magyarázó hipotézis! Külön „mini-intézményt” is kapott (egy lakásban) a relativitáselméleti kutatásokra. Berlinben felénkült a kapcsolata egyik Einstein-unokatestvérével, asszonynevén Löwenthal Elsával, aki éppen elvált. A közös szimpátia gyorsan kialakult, annyira, hogy Einstein most már válni akart. El is kezdődött a válóper, a procedura nem volt gyors, eltartott a háború végéig.

Tudományos szempontból ez az időszak, a XX. század második évtizede, rendkívül fontos. Ebben az időben zajlik le az általános relativitáselmélet megalapozása. Először egy részeredmény jelenik meg, ami arról szól, hogy a fény sugar terjedésében jellegzetes irányváltozást lehet tapasztalni erős gravitáció hatására. Ez azért érdekes, mert a fény sugar itt jelzett elgörbülése – a Nap szomszédságában – fogja szolgáltatni az első új tapasztalati bizonyítékot az általános relativitáselméletre. Ez a közlemény az Annalen der Physikben jelent meg [3]. Az általános relativitáselmélet matematikai megalapozása a négy-

dimenziós görbült terek elmélete alapján történt, amiben Einsteinnek egy magyar származású (budapesti születésű) barátja, korábbi ETH-beli évfolyamtársa, Marcel Grossmann (1878–1936) matematikus volt a segítségével. Nem is véletlen ezért, hogy közös kutatásról szóló beszámoló két cikkből áll, a fizikai részt Einstein [4a], a matematikai részt Grossmann jegyzi [4b]. Később 1916-ban formailag tökéletesített, átdolgozásban jelent meg „Az általános relativitáselmélet alapjai” [5]. 1918-ban publikálta megfigyeléseit a gravitációs hullámokról [6]. Az 1919. május 19-ére várt napfogyatkozás különleges alkalmat kínált a csillagászok számára, hogy a fénysugár elgörbülését megfigyelhessék. Ezúttal ez sikerült is, Sir Arthur Eddington angol csillagász be is jelentette, hogy a német (!) kutató által megjósolt eredményt most megfigyelték. Meg lett az első új tapasztalati bizonyíték az általános relativitáselméletre – már amit addig még nem ismertek, mert a Merkúr perihéliumpontjának vándorlásáról már régebben lehetett tudni. Ennek az időszaknak a végét az 1921. évi Nobel-díjak kiosztása jelentette, Einstein a fényelektromos hatás magyarázatáért fizikai Nobel-díjat kapott. Einstein németországi népszerűsége növekedőben volt. Ennek egyik jele, hogy Potsdam melletti ligetben egy speciális csillagvizsgáló-torony építését kezdték meg.

Einstein magánéletében a húszas évek a válóper utáni időszakot jelentették. A Nobel-díj elnyerése, a díj jelentős hányadának átadása Milevának, küzdelem a fiúkkal való kapcsolat fenntartásáért – és persze, a függetlenség biztosítása a kutató fizikus és a közéleti ember számára. A kitüntetés, ami hivatalosan a fényelektromos hatás magyarázatáért és a fotonhipotézisért történt, hosszú ideig vita tárgya volt a tudománytörténészek számára. Ők azonban csak elfeledték, hogy a Nobel-díjat az alapító szándékai szerint kísérleti szempontból jelentős tevékenységért adják, és ez a fotonhipotézis esetében, valljuk be a Nobel-díj Bizottság részéről telitalálat volt. Ezzel az általános relativitás elméletének kidolgozását semmiképpen nem becsüljük le! Ebben az időszakban Einstein, a Nobel-díjas,

népszerűségének csúcsára jutott. Tagadhatatlanul igen sok politikai vonatkozása is támadt ennek a népszerűségnek. Einstein egyre exponáltabb személyiség lett, sok előadást tartott, s nem is mindig csak szakmaiakat. Sok pacifista rendezvényen vett részt. Jelentős szerepet vállalt az időközben felmerülő antiszemita nézetekkel való harcban. Ennek a problémakörnek jellegzetes vonása volt az is, ami főleg Lénárd Fülöp (Phillipp Lenard) (1862–



Einstein-torony a potsdami ligetben

1947) pozsonyi születésű, 1905-ben Nobel-díjjal kitüntetett fizikus nevéhez fűződik. Lénárd még a századforduló előtt jelentős vizsgálatokat végzett a katódsugárral kapcsolatban (ezeket honorálta a Nobel-díj). Nem tudta elviselni, hogy az izraelita Einstein 1905 után népszerű lett a relativitással és más eredményeivel. Amikor 1907 és 1931 között Lénárd Heidelbergben egyetemi tanár lett, nem szűnt meg támadni az Einstein-féle „zsidófizikát”.

Ám eközben Einstein tudományos munkája sem szünetelt. Készséggel elismerhető, hogy a nagy tudományos visszhang, amit a Nobel-díjas kutató új fényben tündöklése most már hivatalosan is kiváltott, sorra elvezetett a relativitáselmélet különböző szintű kifejtésének széles körű publikációjához is. Nem mulaszthatjuk el annak a megemléztését, hogy

ennek van magyar vonatkozása is. Megjelent „A különleges és az általános relativitás elmélete” c. könyvecske [7], ami egy „gemeinverständlich” (közérthető) megfogalmazású 1919. évi német eredeti fordítása, a spanyol, olasz, amerikai, orosz, francia, jiddis, lengyel kiadásokkal közel egy időben. Egyébként Einstein ebben az időben foglalkozott még a szupra-vezetés, a statisztikus mechanika, a kvantumelmélet kérdéseivel is. De utazásai során írt vagy nyilatkozott a nevelésügy, a cionizmus, a páneurópai mozgalmak, a leszerelés, a pacifizmus kérdéseivel és Palesztina jövőjével is. Ezeket a kérdéseket itt és most csak azért hangsúlyozzuk, mert a fasiszálódó Németországban megjelent és egyre inkább felerősödött az Einstein-ellenes hangulat a belpolitikai viszonyok közepette. Ez aztán oda vezetett, hogy Einstein 1933-ban emigrált Németországból, a német akadémiának megírta, hogy lemond minden kinevezéséről, kitüntetéséről, sőt állampolgárságáról is. A továbbiak szempontjából fontos, hogy távozása Belgiumon keresztül történt (ez dokumentálható), nincs adatunk arról, hogy távozása közben villámlátogatást tett volna Szerbiában (az elsőszülött leánykával kapcsolatban, például ott, ahol Mileva örökre adta).

Azt, hogy Einstein Németország elhagyása után még rövid látogatást tett volna Szerbiában, a regényíró szabadságának tekintem (bár nem tartom a regény sztorijában lényeges mozzanatként).

Sajnos, a közismert források ugyanis nem tudnak a leánygyermek további sorsáról, legalább is nem található rá utalás a fizikus életrajzokban [2, 8]. De talán folytassuk az életrajz szakmai vonatkozásaival! A regény utószava – kissé szűkszavúan és így eléggé félrevezetően – intézi el Einstein tudományos életét az amerikai áttelepülés után. Pedig itt is volna lényeges említeni való. Az egyik az 1935-ös Einstein–Podolsky–Rosen-cikk [8] arról, hogy teljesnek tekinthető-e a fizikai valóság kvantummechanikai leírása. Mindazok ellenére, amit Einstein tett a kvantummechanika elindításáért (ha nem is ezzel a céllal!), gondolunk itt a fotonhipotézisre, a hőmérsékleti sugárzás tárgyalására vagy a Bose–Einstein-statisztika megalapozására, a kvantummechanika alapjainak kialakulására, a valószínűségi értelmezés nem volt Einstein ínyére. Ez a cikk ezt az értelmezési problémát boncolgatja. Meg kell azonban jegyezni, hogy bár az értelmezés megváltoztatásában lényegében nem történt semmi, ennek a cikknek messzire ható következményei lettek kb. fél évszázad múlva.

Hasonló történt egy másik, igazából alig 70 nyomtatott sorból álló cikkek-

kével is. Ennek a címe: „Egy csillag lencseszerű hatása a fénysugár gravitációs tér okozta irányváltoztatásával” [10]. Az utóbbi évtizedek során ugyanis számos égi objektumot fedeztek fel ennek a gravitációs lencse-hatásnak a felismerése nyomán.

Mindkét irány új lehetőségekkel gazdagította a kutatást mind a mikrofizikában, mind az asztrofizikában.

De talán a következő, a harmadik irány elvi szempontból a legérdekesebb. Ez az az kapcsolat, hogy az általános relativitáselmélet „téregyenletei”, amelyek a téridő nem-euklideszi tulajdonságait meghatározzák mint az anyag (tömeg) eloszlása szerint változó szerkezetet, tulajdonképpen nemlineáris parciális differenciál-egyenletrendszer. Ez a nemlineáris jelleg az általános relativitáselmélet hozta újdonság! A klasszikus newtoni gravitációelméletben, ami lineáris elmélet, két különböző helyen lévő tömeg gravitációs terét úgy írtuk le, hogy az eredő gravitációs tér a két forrás egyszerű összeadásából jön létre. Mindegyik test a külön értelmezett mozgástörvény szerint a két tömeg egymásra gyakorolt hatását érzi. Az tehát az egyik ugrópont, hogy a klasszikus elmélet szerint az erőtvény független a mozgástörvénytől, a másik: a gravitációs erők eredőjét leíró törvény lineáris jellege. Az általános relativitáselméletben a nemlinearitás különleges hozományára Einstein és munkatársa, Jakob Grommer már 1927-ben felfigyelt [11]. A gravitációs teret a tömegek és mozgásuk határozza meg. Míg a régi (newtoni) eljárás a mozgató erőteret a téregyenletekből határozta meg és a mozgást leíró mozgásegyenlet külön, független elvként szerepelt, addig most már csak *egyetlen* elvből származik mindkét eredmény, a maga egysége miatt. Ez a *nemlineáris parciális differenciál-egyenletekbe* öltözött gravitáció új hozománya! Magától értetődő, hogy az új hozomány részletgazdagabb képet fog nyújtani a mozgásegyenlet konkrét alakját illetően – de addig még sok a tennivaló. Elvi matematikai szempontból egyszerűnek látszik a probléma: vannak nemlineáris parciális differenciál-egyenletek, s ha szerencsések vagyunk, meg lehet határozni belőlük a hozzájuk tartozó, a mozgást leíró mozgásegyenleteket, a pályagörbéket az idő függvényében. A gravitációs egyenletek nem nagyon „bonyolultak”, csak „éppen eléggé” ahhoz, hogy az elvi meglátásból konkrét, használható végeredmény szülessék. Ehhez még egy jó hosszú évtized és sok türelem, meg egy kivételesen jó munkacapat kellett. Ez utóbbi Einstein amerikai munkatársai: Leopold Infeld és Banesh Hoffmann. A munka eredményéről beszámoló cikk érdekes módon a legrangosabb matematikai folyóiratban, az Annals of Mathematics oldalain jelent meg 1938-ban [12]. A hatalmas terjedelmű kutatási jelentés még úgy is elképesztő hosszúságúra sikerült, hogy a cikk végén a szerzők az olvasókat a Princetoni Egyetem Könyvtárában letétbe helyezett – kéziratban közölt – számításokhoz kalauzolják. E cikkben az igazi problémának egy közelítő megoldása szerepel: egy nagyobb tömeg gravitációs terében mozgó kisebb tömeg kölcsönhatásából eredő mozgás. A számítási eljárás a fénysebesség reciprok értékének hatványai szerint haladó sor tagjainak kiértékeléséből áll. Az eredmény pedig a közelítés rendje szerint először a newtoni, majd a relativisztikus korrekciókat tartalmazó mozgásegyenlet, s az eljárás tetszőleges rendig folytatható. El kellett telnie még pár esztendőnek ahhoz, hogy ez a hosszadalmas közelítő eljárás „egy rövidebb cikk” keretein belül is közölhető legyen. Ez 1953-ra meg is történt; A. E. Scheidegger ekkor publikálta az általa kidogozott eljárást [13]. Érdekes még, hogy az Einstein-Infeld-Hoffmann-cikkkel közel egy időben lényegében ugyanezt a problémát más elvi és technikai összefüggések keretében a szentpétervári (leningrádi) Vlagyimir Fok (Fock) is vizsgálta [14]. A végeredmény ugyanaz: az általános relativitáselmélet nemlineáris téregyenletei tartalmazzák a mozgásegyenleteket is. Ez tehát nagyon szép eredmény, mert a klasszikus (relativisztikus) fizika alapelvei kettőről egyre csökkentek! Azóta az is nyilvánvalóvá vált, hogy az eredmény „klasszikus”, abban az értelemben, hogy lényegében az anyagi kölcsönhatások közül csak a gravitációról szól, a többi kölcsönhatás már a kvantummechanika új világában van. Ott pedig – a hatalmas és szivós kutatások ellenére – nem született meg egy modern szempontból megnyugtató áttörés.

Meg kell jegyeznünk, hogy még Jürgen Neffé sem foglalkozott ezzel az életszakasszal, sokkal többet írt az atom-bomba ügyében írt Einstein-levélről. De ami igazán érdekes, hogy még Abraham Pais 1982-ben megjelent könyve [8] sem tér ki ezekre a részletekre! Pedig a mozgásproblémáról is megjelent egy könyv, mely összefoglalja a kutatások eredményeit, ezt Infeld és tanítványa, Jerzy Plebanski írta 1960-ban [15].

* * *

Szívvel kívánom, hogy sok magyar olvasója legyen e kötetnek, mert a korrajz nagyon fontos időszakot ír le, kiváló elbeszélői készséggel. Számomra nagy élmény volt az olvasása.

Irodalom

- [1] Philip Sighton: Az Einstein lány. Fordította: Komáromy Rudolf. Kulinária Kiadó, Bp. 2013. (Az eredeti: The Einstein Girl. Rogers, Coleridge & Withe Ltd. Az eredeti kiadás helyét és évszámát a magyar változat nem tünteti fel.)
- [2] Jürgen Neffé: Albert Einstein igaz története. Fordította: Bozsóki Anna-Mária és a 13. fejezetet Gerner József. Typotext, Bp. 2011. (Megjegyezzük, hogy ez a mű eredetileg a Rowohlt Verlag GmbH. Reinbeck bei Hamburg kiadásában jelent meg, 2005-ben „Einstein. Eine Biographie” címen. A magyar kiadás külső borítóján olvasható, hogy ezt a művet a Washington Post „Az év legjobb könyve” címmel tüntette ki, de az nem derül ki, hogy az eredeti német kiadást-e, vagy a nem említett angol fordítást, sem hogy melyik évben adták a kitüntetést.)
- [3] Albert Einstein: Einfluss der Schwerkraft auf die Ausbreitung des Lichtes, Annalen der Physik (IV) 35. 898 – 908. (1911).
- [4a] Albert Einstein: Entwurf einer verallgemeinerten Relativitätstheorie und eine Theorie der Gravitation (Physikalischer Teil). Zeitschrift für Mathematik und Physik, 62. 225 – 244. (1913).
- [4b] Marcel Grossmann: Entwurf einer verallgemeinerten Relativitätstheorie und eine Theorie der Gravitation (Mathematischer Teil) Zeitschrift für Mathematik und Physik 62. 245 – 261. (1913)
- [5] Albert Einstein: Grundlagen der allgemeinen Relativitätstheorie. Annalen der Physik (IV) 49. 769 – 822. (1916)
- [6] Albert Einstein: Gravitationswellen. Preussische Akademie der Wissenschaften, Sitzungsberichte, 1. 154 – 167. (1918)
- [7] A. Einstein: A különleges és az általános relativitás elmélete. Pantheon, Bp. (1922).
- [8] Abraham Pais: „Subtle is the Lord...” The Science and the Life of Albert Einstein. Clarendon Press, Oxford University Press. (1982)
- [9] A. Einstein-B. Podolsky-N. Rosen: Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete? Physical Review, 47. 777 – 780 (1935)
- [10] A. Einstein: Lense-like Action of a Star by the Deviation of Light in the Gravitational Field. Science, 84. 505 – 506. (1936)
- [11] A. Einstein-Jakob Grommer: Allgemeine Relativitätstheorie und das Bewegungsgesetz. Sitzungsberichte Preuss. Akad. Wiss. 1. 2. (1927)
- [12] A. Einstein-L. Infeld-B. Hoffmann: The Gravitational Equations and the Problem of Motion. Annals of Math. 39. 55 - (1938)
- [13] A. E. Scheidegger: Gravitational Motion. Reviews of Modern Physics, 99. 1883 - (1955)
- [14] V.A. Fock: Sur le mouvement des masses finies d'après la théorie de la gravitation einsteinienne, Journal de Physique, Moscou, 1. 81 - (1939)
- [15] Leopold Infeld-Jerzy Plebanski: Motion and Relativity. Pergamon Press, London – Panstwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa (1960)