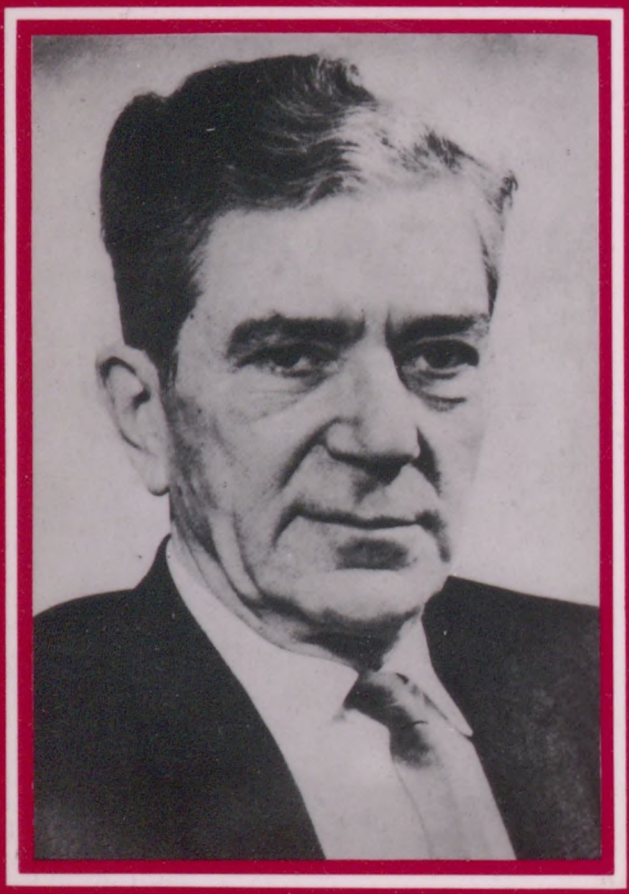
FRANCIS S. WAGNER

BAY ZOLTÁN

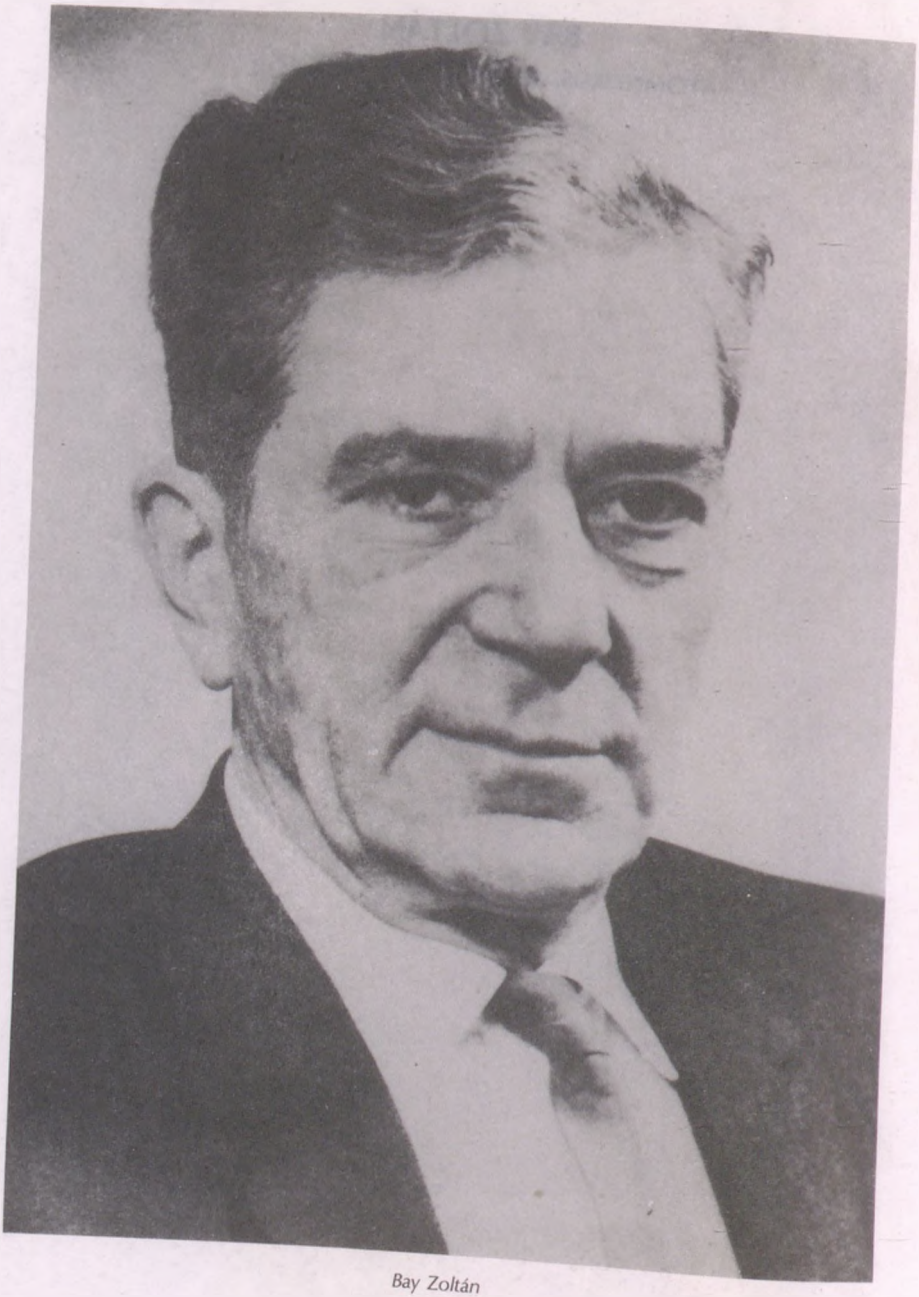
ATOMFIZIKUS AZ ŰRKUTATÁS ÚTTÖRŐJE



AKADÉMIAI KIADÓ · BUDAPEST

BAY ZOLTÁN

ATOMFIZIKUS, AZ ŰRKUTATÁS ÚTTÖRŐJE



Bay Zoltán

BAY ZOLTÁN

ATOMFIZIKUS, AZ ŰRKUTATÁS ÚTTÖRŐJE

ÍRTA

FRANCIS S. WAGNER

AZ ELŐSZÓT ÍRTA

SZENT-GYÖRGYI ALBERT

1828

AKADÉMIAI KIADÓ, BUDAPEST

A fordítás az alábbi kiadás alapján készült:

Zoltan Bay: Atomic physicist, a pioneer of space research
by Francis S. Wagner with editorial assistance of Christina Wagner-Jones.
Foreword by Albert Szent-Györgyi.
Akadémiai Kiadó, Budapest, 1985.

ISBN 963 05 6790 3

Kiadja az Akadémiai Kiadó
1117 Budapest, Prielle Kornélia u. 19—35.
Első magyar nyelvű kiadás: 1994

Printed in Hungary

TARTALOM

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Munkánk során nagy segítséget jelentett a Magyar Tudományos Akadémia két kiváló tagjának közreműködése. dr. Marx Györgynek, a budapesti Eötvös Loránd Tudományegyetem fizikaprofesszorának megjegyzései és bírálata egyaránt nagy hasznomra váltak. Köszönetet kell mondanom továbbá dr. Keszthelyi Lajosnak, a Központi Fizikai Kutatóintézet professzorának, akinek nagyvonalú segítsége kezdettől végigkísérte munkámat. Ez a könyv soha nem jött volna létre az ő értékes támogatása és állandó segítsége nélkül.

Végül elismerésemet fejezem ki a Magyar Tudományos Akadémia Kiadója munkatársainak szívélyességükért és együttműködésükért.

Francis S. Wagner

ELŐSZÓ

Mivel nem folytattam fizikai tanulmányokat, csak az utolsó lehetnék azok sorában, akik feljogosítva érzik magukat Bay Zoltán, a fizikus bemutatására. Viszont immár fél évszázada a legszívélyesebb és legbensőségesebb barátság fűz hozzá, ezért kétlem, hogy bárki más jogosultabb lenne Bay Zoltán, a barát bemutatására. Barátságunk a harmincas években kezdődött az akkor újonnan alapított szegedi egyetemen, mindjárt találkozásunk első pillanatában. Ez a barátság nem csupán az idő próbáját állta ki. A legváltozatosabb körülmények ellenére évről évre egyre szorosabbá vált. Bay akkor még nagyon fiatal volt, karának legfiatalabb hallgatójaként meg kellett küzdenie idősebb, konzervatív és kevésbé jól képzett társainak ellenszenvével, melytől én, a Rockefeller Alapítvány által az egyetemnek adott támogatás kurátoraként részben meg tudtam óvni. Ahogy én segítségére siettem Baynak ilyen hétköznapi dolgokban, úgy segített ő nekem a kutatásaim területén jelentkező komolyabb problémák megoldásában. Tudományos tevékenységem célja az élet titkainak megismerése volt. E titkok nyitja a fizikatudomány legkorszerűbb és legbonyolultabb elméletének mélyén rejtőzött, melynek Bay mestere volt, nekem viszont esélyem sem volt a megértésére. Hamarosan felfedeztem Baynak egy csodálatos és ritka adottságát: „gyermeknyelven" tudta megmagyarázni a legnehezebb problémát is anélkül, hogy bonyolult matematikai egyenletekbe bonyolódott volna. Irányítása mellett kezelni tudtam a modern fizika legbonyolultabb elveit is.

Később eltérő életpályánk elválasztott bennünket, viszont nekem Amerikában szép házam volt közvetlenül a tengerparton, mellette egy kis „házikóval", ez hamarosan Bay őszi vakációinak rendszeres otthonává vált.

Itt, a sziklákon ülve és a horizontot szemlélve gondolataink együtt kalandoztak a legbonyolultabb és legnehezebb problémák világában.

Volt egy olyan időszaka életemnek, amikor Hitler uralma idején belesodródtam a legfelső szintű politikába, és azt az utasítást kaptam a Brit Haditengeré-

szettől, hogy állítsak fel egy titkos rádióállomást, létesítsek összeköttetést az admiralitással, és közvetítsek az angol és a magyar kormány között. Halvány sejtelmem sem volt egy ilyen rádióállomás felállításának műszaki követelményeiről. Rettenetesen veszélyes vállalkozás volt az egész. Bayhoz fordultam, aki azonnal átvette a szervezést. Rajtunk kívül álló okokból a program meghiúsult, ami bizonyos szempontból nagy szerencse is volt, tekintettel arra, hogy ha Bay révén megvalósul a dolog, akkor barátságunkat az akasztófán egymás mellett lógva fejeztük volna be. Azért tartom ezt említésre méltónak, hogy megmutassam, Bay nemcsak jó barát, hanem jó hazafi és az emberi eszmények harcosa is volt.

Szent-Györgyi Albert

PRELÚDIUM

1910 májusában egy kisfiú rábeszélte szüleit, hogy keljenek fel hajnalban, és nézzék meg a napkelte előtt a keleti égbolton átrohanó Halley-üstököst. Miközben az üstökös hosszú csóváját nézték, a kisfiú azt kérdezte: „Megpillanthatjuk-e 76 év múlva ismét az üstököst, amikor égi vándorútján újra visszatér?" Apja ezt válaszolta: „Én már bizonyára nem láthatom, de te talán még igen." Az apa az év végére halott volt. A fiú ma is él, és készül az 1986-os látványra.

Nem ez volt a fiú első csillagászati megfigyelése. Már élete első éveiben sokszor megcsodálta a csillagokat és az égitestek mozgását. Apja egy kis falu református lelkipásztora volt, ezért a család a parókián élt, és a fiú rendszerint az udvarból figyelte, amint a Hold átvonult a templom mögött. Még nagyon kis gyermek volt, amikor azt próbálta megtudakolni a felnőttektől, hogy elérheti-e a Holdat, ha felmászik a templom tornyára. A felnőttek kinevették, de az efféle gondolatok és tapasztalatok mélyen bevésődnek az ember tudatalatti énjébe és rejtve továbbélnek. A későbbiekben e gondolatok nyilvánvalóan hozzájárultak annak a kiválóan képzett tudósnak a tevékenységéhez, aki mikrohullámok segítségével elérte a Holdat, és ezzel az űrkutatás egyik úttörőjévé vált.

A fiút minden olyan műszaki és tudományos újdonságról szóló hír érdekelte, ami a sajtón keresztül eljutott a kis falu lakóihoz. Amikor Blériot 1909-ben átrepült a La Manche felett, a kisfiú rögtön nekifogott saját repülőgépe megszerkesztésének. Amikor látta, hogy ez áthidalhatatlan akadályokba ütközik, így szólt apjához: „Azt sem bánom, ha a gép nem repít engem a magasba, de legalább nélkülem fel tudjon szállni!" Végül, persze, a repülőgép helyett, saját tervezésű, ötletesen megszerkesztett papírsárkányokat eregetett, amelyek közül néhány emlékeztetett Blériot repülőgépére. Repülőgépeken kívül automobilt is tervezett, amelynek „motorját" egy hengerre feltekert kötél forgatta. Amikor 8 éves lett, kötelekből és deszkából épült lánchidat tervezett az udvarukban levő kacsaúsztató fölé. A fiúcska már 6 éves korától kezdve sorra

tervezte a különböző örökmozgó szerkezeteket, soha nem adva fel a reményt, hogy egyszer valamelyik működni is fog.

A közeli város, Gyula gimnáziuma rendszeresen tartott népszerű előadásokat a faluban. Egy vasárnap délután a fizikatanár egy sor fizikai kísérletet mutatott be. Feltűnt neki, hogy egy kisfiú megbabonázva állt elöl a tömegben, és tágra nyílt szemmel, lélegzet-visszafojtva bámulta a légszivattyú és a Segner-kerék működését. A tanár odafordult hozzá, és arra kérte a kisfiút, hogy ismételje el az eszközök működési elvét. A látott csodák lenyűgöző hatása alatt a kisfiú csak némán állt. Apja, aki szemtanúja volt mindennek, otthon csüggedten fakadt ki a család előtt: „Ez a fiú sosem viszi semmire."

A természet- és a műszaki tudományokhoz való vonzódásán kívül a fiú más irányú tehetséget is mutatott. Az elemi iskolában számos klasszikus magyar verset tudott kívülről, többek között Arany János *Toldi* című elbeszélő költeményét is. Ezen kívül maga is kezdett verseket írni. 1910-ben utolsó elemi iskolai évében saját maga által írt verssel búcsúzott el tanárától. Jól játszott hallás után magyar népi dallamokat hegedűn és cimbalmon. Ezt a korszakát komoly zongoratanulmányok követték. Irodalmi és zenei érdeklődése mind a mai napig megmaradt, de éles önkritikával nagyon hamar felismerte, hogy a költészet és a zene területén kifejtett tevékenysége csak középszerű lenne, így valódi hajlamait követve egyre inkább a természettudományoknak kötelezte el magát.

Egész ifjúkori fejlődése során meghitt szeretetet, biztos támaszt és nevelő szándékú irányítást kapott édesanyjától, aki nagyon intelligens, a protestáns papcsaládok egymást követő generációiban gyökerező hagyományok szerint nevelt, igen művelt asszony volt. Férje halála után csak annak élt, hogy négy gyermeke számára a lehető legjobb neveltetést biztosítsa. Kíváncsian figyelte hajlamaikat, és segítette őket tehetségük kibontakoztatásában. Amikor például Zoltán utolsó középiskolai évében egy statikus elektromos készüléket akart építeni, és kérte, hogy ehhez hadd használja fel a lakás egyetlen könyvszekrényének üvegajtaját, habozás nélkül odaadta. Amikor Zoltán befejezte középiskolai tanulmányait, a családtagok és a rokonok arra biztatták, hogy orvos legyen. Zoltánt azonban a kevesebb haszonnal kecsegtető fizikusi hivatás vonzotta. Az anya döntött: „Azt tanuld, amit a legjobban szeretsz!"

Édesanyja 1931-ben halt meg rákban, halálos betegsége tudatában egyetlen vigasza az volt, hogy gyermekeit jól felkészítette az életre.

Történész számára szép és hálás feladat annak az elemzése, hogy milyen lehetőségeket nyújtott az akkori magyar felsőoktatási és művelődési környezet, különösen pedig a debreceni gimnázium és a budapesti egyetem egy olyan képességű ifjú számára, mint Bay Zoltán.

I. A TUDÓS SZELLEMI ÖRÖKSÉGE

Az egyén jellemének és pályájának alakulásában — adottságaitól függetlenül — bizonyos mértékben a külső környezet is szerepet játszik. Bay Zoltán életműve is azt példázza, hogy ez fokozottan érvényesül azoknál az embereknél, akik jó értelemben véve ragaszkodnak a hagyományokhoz. Bay Zoltán cselekedeteit mindig a magyar és az egyetemes kultúra kiemelkedő eseményei irányították. Sokoldalú gondolkodása, melyre nagy hatást gyakorolt a kulturális környezet, mindenekelőtt az iskolák, igen hamar szárnyalt igen nagy magasságokba. Az elmúlt korok kulturális örökösége nagyon hamar megragadta az ifjú diák figyelmét, és egyben megnyitotta számára a széles körű szellemi tájékozódás felé vezető utat. A fiatal diák megpróbálta fejlődésében szemlélni a tudományos múltat, hogy példaképet válasszon. Egész gondolkodásában a szellemi haladásnak kötelezte el magát.[1]

A debreceni Református Kollégium, Bay Zoltán alma matere táplálta és egyben képviselte is a reneszánszra, de méginkább a felvilágosodás korára jellemző tudományos gondolkodást. Sok elődje közül hadd említsünk néhányat, aki sikeresen tevékenykedett a *Ratio Educationis* századában.

A híres debreceni tanár, Maróthi György (1715—1744) kibővítette a Református Kollégium tananyagát a geometria, a felsőbb matematika és a csillagászat oktatásával. Comenius szervezési modelljének mintájára továbbfejlesztette e nagybecsű kollégium oktatási rendszerét. Ezenkívül Maróthi egy példaértékű magyar matematikakönyvet is írt *(Arithmetica)*, amely évtizedeken át mind a tanárok, mind a kezdő diákok számára a matematika vezérfonala volt. Energiájára és termékenységére jellemző, hogy mindössze 29 éves életútja ellenére 1740 és 1743 között kiadta az első magyar összhangzattan témájú művet is.

A debreceni kollégium másik jól ismert tanára, Hatvani István (1718—1786) az országban elsőként vette fel a botanika és biológia oktatását a már hírneves iskola tananyagába. Hatvani, aki orvos és polihisztor is volt, már a tizennyolcadik század közepén alkalmazta a valószínűségszámítás elméletét az orvostan-

ban. Bay Zoltán a Hatvani által egykor használt eszközöket a kollégium múzeumában ismerhette meg.

Debrecen fokozatosan az ország fontos kulturális központjává vált. A század egyik legelső fizikusa, (Andreas) Segner András (1704, Pozsony—1777, Halle) 1724-ben kezdte meg tanulmányait Debrecenben, a Református Kollégiumban. Egy év múlva beiratkozott Jénában az orvosi fakultásra, és egyidejűleg ugyanott matematikát és fizikát is hallgatott. 1730-ban kapta meg orvosi diplomáját, és azonnal praktizálni kezdett Pozsonyban. Az ezt követő évben Debrecenben dolgozott városi orvosként. Ezután 1733 és 1735 között a fizika, matematika és kémia professzora volt a Göttingeni Egyetemen, később fizikát, matematikát és csillagászatot oktatott Hallében, Németországban.

A 19. századot megelőzően az olyan vidéki városok, mint Debrecen nagymértékben hozzájárultak a természet- és társadalomtudományok fejlődéséhez. A fizikatudomány sem képezett kivételt.

Debrecen már Maróthi György, Hatvani István és Segner András tevékenységét megelőzően is előkelő helyet vívott ki magának a hazai tudománytörténetben. A debreceni Szilágyi Tönkö Márton volt a szerzője a Descartes fizikájáról Magyarországon megjelent első monográfiának 1678-ban.

Egészen nyilvánvaló, hogy Debrecen szelleme hatással volt minden olyan itteni diák gondolkodására, aki az egyetemes műveltség bármely részterületén egyéni elismerésre vágyott. Az a tény, hogy az oktatás kiváló egyéniségei éltek és tevékenykedtek Debrecenben, igen nagy hatással volt az ott tanuló diákok — a leendő értelmiség — jellemének formálására. Debrecenben a felnövekvő generációk még évszázadok múlva is tisztelettel emlékeztek meg nagy elődeikről, és még a róluk szóló anekdoták is túlélték az elmúlt századokat.

A múlt század folyamán a tudományos élet egyre inkább a Magyar Tudományos Akadémia és a Budapesten levő felsőoktatási intézmények köré összpontosult. Az 1825-ös esztendő Magyarország szellemi haladása szempontjából korszakalkotó volt. Ekkor alapították Széchenyi István (1791—1860) kezdeményezésére a Magyar Tudományos Akadémiát, amellyel Magyarország csatlakozott a világ fő kulturális áramlatához. Az Akadémia tevékenysége 1831-ben indult meg, és a társadalomtudományok mellett ösztönzőleg hatott a matematikai és a természettudományokra is. A budapesti egyetem, amelyet 1635-ben Pázmány Péter bíboros, Esztergom érseke alapított, a felsőoktatás fellegvára volt. Számos professzora gyakorolt igen nagy hatást a tehetséges egyetemi hallgatók szellemi fejlődésére. Időrendben elsőként Jedlik Ányost (1800—1895), a zseniális kísérleti fizikust kell megemlíteni. Jedlik 1840 és 1878 között tanított fizikát a budapesti egyetemen. 1828-ban ő volt az első műszaki fizikus, aki

sikerrel alakította át az elektromos energiát forgómozgássá. Hat évvel megelőzte mind Werner Siemenst, mind Charles Wheatstone-t, amikor (1852-ben) feltalálta az elektromágneses dinamó elvét és megalkotta az elektrodinamikus motor első modelljét. Eötvös Loránd, aki nagyra értékelte Jedlik kísérleteinek úttörő jellegét, sokat tett azért, hogy Európa szakmai közvéleménye elismerje Jedlik találmányainak elsőbbségét. Jedlik Eötvös Loránddal (1848—1919) együtt az elkövetkező fizikusgenerációk egész sorát nevelte fel.

Eötvös Loránd egyetemi tanulmányait Heidelbergben végezte, itt szerezte meg doktori fokozatát is. Olyan nagyszerű professzorok irányítása mellett dolgozott, mint Kirchhoff, Bunsen és Helmholtz. Eötvöst 1872-ben a budapesti egyetemen az Elméleti Fizika Tanszék professzorának nevezték ki. 1870-től kezdve két évtizeden át vizsgálta a kapilláris jelenségeket, és kidolgozta a felületi feszültség mérésére az azóta általánosan elterjedt, „Eötvös-féle" reflexiós módszert. Elméleti megfontolások alapján Eötvös felismerte a különböző hőmérsékleteken mért felületi feszültség és a molekulasúly között fennálló összefüggést. Ez lett az ún. Eötvös-törvény (1866).

Sok éven át tanulmányozta a gravitációt és megszerkesztette a világhírű Eötvös-féle torziós ingát *(Pendulum)*, amely alkalmas a gravitációs tér kismértékű változásainak mérésére és a földkéregben a tömegeloszlás meghatározására. Szellemes mérési módszerével elnyerte az igen értékes „Göttingen Benecke"-díjat.

Eötvös egy nagyon alapvető fizikai kísérlet megtervezésével és kivitelezésével járult hozzá legmaradandóbban a fizika fejlődéséhez. Torziós mérlege segítségével igen nagy pontossággal bebizonyította a gravitáló és tehetetlen tömeg azonosságát. Albert Einstein az általános relativitáselmélet alapját képező ekvivalenciaelvet Eötvös méréseire alapozta. Ez az ún. „Eötvös-kísérlet" még mindig alapvető fontosságú a korszerű fizikatudományban, és manapság a legkorszerűbb mérési módszerekkel próbálják a mérés pontosságát növelni, míg a kísérlet felállításánál ragaszkodnak Eötvös eredeti elgondolásához.

A közelmúltban a csillagászati radar és a Hold-lézer segítségével elvégzett igen pontos mérések bebizonyították, hogy a Föld és a Hold, bár nagyon különböző tömegű és anyagú égitestek, a Nap gravitációs mezőjében ugyanúgy esnek. Ezek a kísérletek, a tehetetlenségi és a gravitáló tömeg azonosságának bizonyításával igazolják, hogy Eötvös földi kísérletei kiterjeszthetők az égitestekre is.

A nemzetközi tudóstársadalom mindig nagy elismeréssel fogadta Eötvös tudományos eredményeit. Az Eötvös-féle torziós mérleggel végzett első mérések (1891) nyolcvanadik évfordulóján a Magyar Tudományos Akadémia fényké-

pekkel illusztrált megemlékezést küldött szét a kor jelentős geofizikusainak. Az Eötvös-féle torziós mérleg használata mérföldkő volt a geológiai kutatásban és a kutatófúrásokban, felhasználták a texasi, venezuelai és a zalai olajmezők feltárásánál stb. Eötvös a geofizika iskolateremtő egyénisége volt.

Eötvös Loránd a magyar fizikusok példaképe. Bay Zoltán kétségkívül benne és Bolyai Jánosban (1802—1860) találta meg ideáljait. Abban a Bolyaiban, akinek az abszolút geometriáról írott munkája *(Appendix scientiam spatii absolutem veram exhibiens)* új távlatokat nyitott a fizikában, továbbá a filozófiában azzal, hogy elvetette Kant *„a priori* tér" koncepcióját. Bolyai János felfedezése, a nemeuklideszi geometria, a matematika legnagyobb előrelépése volt az Eukleidész óta eltelt 2300 évben.

A 20. századra mind Nyugat-, mind Közép-Európában, beleértve Magyarországot is, egységes elemi iskolai oktatás vált kötelezővé. Az Eötvös József vallás- és közoktatásügyi miniszter (Eötvös Loránd apja) működése idején, 1868-ban hatályba lépett XXXVIII. számú törvény egy új oktatási rendszer alapjait rakta le. Később, még a századforduló előtt jó néhány évvel átfogó reformokat kezdeményeztek a középiskolai oktatás korszerűsítésére, hogy a képzés színvonalát a nyugati rendszerrel azonos szintre emeljék. Amikor Bay Zoltán iskolás-korba került, az ország oktatási rendszere már elég jól működött, és a tehetséges fiatalok számára megfelelő tájékozódást tett lehetővé, és bizonyos mértékig korai ambícióikat is ki tudta elégíteni.

II. AZ ISKOLÁS ÉVEK

Bay Zoltán 1900. július 24-én született a Békés megyei Gyulaváriban. Apja a helyi templom lelkipásztora volt ebben a kicsiny alföldi faluban.

Elemi iskoláit a szülőfalujában végezte, majd 1910 és 1918 között Debrecenben, a Református Kollégiumban folytatta gimnáziumi tanulmányait. A debreceni kollégium már a tizenhatodik század közepén virágkorát élte, és 1660-ban alakult át a jelenlegi híres Református Kollégiummá. Az önfegyelem követelményével párosult hagyományos intellektuális szabadság sok diákot vonzott. Itt két matematika—fizika szakos tanár, Nyáry Béla és Jakucs István volt rá igen nagy hatással. Mindenekelőtt Jakucs István, aki mestere volt a diákok kemény munkára ösztönzésének. A földrajztanár Szabó Mártonnal együtt ők keltették fel Zoltánban a természettudományok iránti érdeklődést. Gondolkodásmódjára ugyanakkor hatással volt Isaac Newton (1642—1727) *Principia* című munkája, melyet latin eredetiben olvasott. Osztály-, illetve iskolatársaival, például Szabó Lőrinccel (1900—1957), Gulyás Pállal (1899—1944), később a huszadik századi szépirodalom vezető egyéniségeivel, például Kodolányi Jánossal, Illyés Gyulával, Németh Lászlóval, Zilahy Lajossal stb. kötött barátsága nagy hatást gyakorolt Bayra, aki tizenhét éves koráig ingadozott, hogy a természet- vagy a társadalomtudományokat válassza-e élethivatásul. A sorsdöntő pillanat akkor érkezett el, amikor megismerkedett Eötvös Loránd munkásságával.[2]

Bay Zoltán a budapesti tudományegyetemen szerzett diplomát, ahol évtizedeken át Eötvös Loránd oktatott fizikát. Személyesen már nem lehetett Eötvös tanítványa, mivel a professzor 1919 elején meghalt. Egyetemi évei alatt Bay tagja volt a híres Eötvös-kollégiumnak, amely a tehetséges fiatalok képzésének adott otthont. Ez az intézmény a budapesti egyetem tevékenységével párhuzamosan egy sor kitűnő tudóst és természettudóst nevelt, akik az ország értelmiségének magvát képezték minden tudományágban. Olyan neves személyiségek voltak elődei az Eötvös-kollégium tagjai között, mint Kodály Zoltán, Zemplén Győző (a kiváló fizikus), Gombocz Zoltán (a nagy nyelvész) és mások.

Mindkét korábban említett matematika—fizika tanára hajdan az Eötvös-kollégium tagja volt.

Eötvös Loránd halálával hosszan tartó úr keletkezett a fizikaoktatásban. A matematika területén más volt a helyzet: az egyetemi hallgatók igen sokat tanultak Fejér Lipóttól (1880—1959) a felsőbbszintű matematikában. Fejér fektette le a trigonometrikus sorok modern elméleti alapjait, lendületet adva ezzel az analíziskutatásnak. Bay Zoltán elismeréssel említi, hogy Fejér Lipót egyetemi előadásai jelentős mértékben hozzájárultak saját gondolkodásmódjának és logikai okfejtésének kialakulásához.

Egyetemi tanulmányainak befejezése után oktatói kinevezést kapott a Fröhlich Izidor professzor által vezetett Elméleti Fizikai Intézetben. Bay 1926-ban a legmagasabb kitüntetéssel *(sub auspiciis gubernatoris)* szerezte meg doktori fokozatát fizikából. *„Az átlátszó közegek magnetooptikájának molekuláris elméletéhez"*[3] című disszertációjában a szerző csatlakozott az atomfizika akkori új, fejlődő irányzatához.

III. A SORSDÖNTŐ BERLINI ÉVEK 1926—1930

Több ezer ifjú magyar látogatta a neves külföldi egyetemeket a középkortól kezdve napjainkig, hogy kapcsolatot létesítsen a tudományos élet kiemelkedő egyéniségeivel. A húszas években a fiatal magyar tudósok folytatták a külföldi intézménylátogatásoknak eme évszázados hagyományát, többek között Berlinben is. Azokban az években a német főváros a fizikai kutatások nemzetközileg elismert központja volt. Ebben az időszakban olyan óriások dolgoztak itt, mint Planck, Einstein, Schrödinger, Nernst, Haber és Laue. Bay Zoltán mellett számos kiváló honfitársa tökéletesítette itt tudását — Wigner P. Jenő, Polányi Mihály, Szilárd Leó, Neumann János, hogy csak néhányat említsünk közülük —, és váltak ezzel a 20. századi természettudomány haladó egyéniségeivé.[4]

Bay négy évet töltött Berlinben a Collegium Hungaricum és a Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaften (Német Tudományos Segélyegylet) ösztöndíjával. Rendszeresen részt vett a híressé vált Laue-kollokvium vitáin olyan szaktekintélyekkel együtt, mint Planck és Einstein. Számos esetben fogadott el felkérést, hogy tartson előadást a Laue-kollokviumon a klasszikus és modern fizika egyes témaköreiben.

Berlini tartózkodása első évében Bay kutatómunkát folytatott a Physikalisch-Technische Reichsanstaltban (Birodalmi Fizikai-Műszaki Intézet), ahol egy, a hidrogénmolekula folytonos színképtartományán alapuló új, nagyenergiájú ultraibolya fényforrást fejlesztett ki.[5] E vizsgálatokhoz tervezte meg Werner Steinerrel együttműködve az ún. Bay—Steiner-féle lámpát, amelyet spektroszkópiai kísérletekben ultraibolya fényforrásként használnak.[6]

1927 és 1930 között a berlini egyetem Fizikai-Kémiai Intézetében (Physikalisch-Chemisches Institut) dolgozott Bodenstein professzor mellett. Itt érte érte el Bay első nemzetközi jelentőségű sikerét. Werner Steinerrel közösen, aktív gázokon elvégzett kísérletük — melyben egy Bay Zoltán által kifejlesztett, teljesen új módszert alkalmaztak — bizonyította be először spektroszkópiai úton, hogy az aktív nitrogéngáz szabad (naszcens) nitrogénatomokat tartalmaz.[7]

A nemzetközi szakirodalom hamar elismerte és alkalmazta is Bay vizsgálati eredményét,[8] mert az aktív nitrogéngáz összetételének kérdését a kor nagy problémájaként tartották számon. Soron következő közleményeikben Bay Zoltán és Werner Steiner minden részletében kidolgozták új felfedezésüket. Az 1930-ban publikált közös közleményük az új eredmények közlése mellett egyben korábbi munkáik összefoglalása is.[9] Az eredmények jelentős elismerésben részesültek, és ez az elismerés a szegedi egyetem Elméleti Fizikai Tanszékét hozta meg Bay Zoltánnak. Itt oktatói tevékenységén kívül a nagyfeszültségű gázkisülésekkel végzett kutatásokat.

IV. A SZEGEDI ÉVEK 1930—1936

A sokoldalúság kialakulása

Bay professzor azon kívül, hogy megtartotta elméleti fizikai előadásait az egyetemen, számos tanterven kívüli dolgot is szervezett. Laue berlini vitaüléseinek mintájára a diákok és érdeklődő fizikusok számára rendszeres fórumot szervezett az elméleti és kísérleti fizika aktuális problémáiról.

Eközben, mint már említettük, folytatta a kondenzált gázkisülések[10] fizikai problémáinak még Berlinben megkezdett vizsgálatát.

Ezt követően érdeklődése az elemi részecskék számlálásában elért nagy jelentőségű eredmények felé irányult. Meg kell említeni, hogy négyéves berlini tartózkodása során Bay dr. közeli kapcsolatba került Walther Bothéval, aki később, 1954-ben elnyerte a fizikai Nobel-díjat. Bothénak a Hans Geigerrel közösen végrehajtott úttörő kísérlete alkotta a kialakuló új tudományág, a kvantummechanika fejlődésének egyik alappillérét. Ez a kísérlet bebizonyította, hogy a Compton-effektus során az elektron kilökődése és a másodlagos gamma-sugárzás kibocsátása egyidejű jelenségek. Bay az eredmény kvantummechanikai jelentőségét olyan kiemelkedőnek találta, hogy a koincidenciamérések kivitelezésének tökéletesítésére az elemi részecskék számlálásával kezdett kísérletezni laboratóriumában. Útmutatásai alapján két kiemelkedő képességű tanítványa, Papp György és Szepesi Zoltán Geiger-csöveket készített, hogy a Compton-effektus mérésében tapasztalatra tegyenek szert. Doktori disszertációjuk témájául a másodlagos gamma-sugár-kibocsátás intenzitáseloszlásának mérését választották. Dolgozatukat a jónevű *Naturwissenschaften* (Természettudományok) c. folyóiratban közölték.[11] Az eredmények, bár kiemelkedőek voltak, nem elégítették ki Bay professzort, egyszerűen azért, mert a számlálás sebességét egyáltalán nem növelték meg a korábbiakhoz képest. A döntő javulás csak akkor állt be a mérés sebességében, amikor az elektronsokszorozó bevezetésével Bay teljesen új számlálási elvet valósított meg.

Akkoriban a szegedi egyetem működése kissé különbözött az ország többi hasonló intézményétől. Nevezetesen abban, hogy különálló matematikai és

természettudományi kara volt. Professzorai szinte kivétel nélkül nemzetközi hírnévnek örvendtek. Köztük volt Gelei József (1885—1952) zoológus, aki az egysejtű szervezetek tanulmányozásának volt szakértője; Riesz Frigyes (1880—1956) matematikus, aki az absztrakt terek kialakulása terén végzett fontos kutatómunkát, és a funkcionálanalízis egyik megalapítójaként szerzett hírnevet; Haar Alfréd (1885—1933), akinek a matematikai logika terén kifejtett tevékenysége nemzetközi hírnévnek örvendett; valamint Kerékjártó Béla (1898—1946), aki nemzetközi hírnevét a topológiai csoportok elméletének és az ábrázoló geometria terén kifejtett tevékenységének köszönhette. Bay Zoltánt szegedi évei alatt bensőséges barátság fűzte Riesz Frigyeshez és Haar Alfrédhoz.

Bay Zoltán intenzív együttműködést folytatott az egyetem orvostudományi karának néhány tagjával is, elsősorban Szent-Györgyi Alberttel (1893—1986), akit 1937-ben orvosi Nobel-díjjal tüntettek ki a biológiai oxidációs folyamatokkal kapcsolatos felfedezéseiért, különös tekintettel a C-vitaminra és a fumársav katalizátorszerepének felismeréséért. Szent-Györgyi volt az első, aki azonosította és paprikából izolálta a C-vitamint. Bay és Szent-Györgyi összebarátkoztak, és később, elsősorban az Egyesült Államokban, évekig együtt dolgoztak különböző biofizikai problémák megoldásán.

A szegedi egyetem Orvostudományi Karán két belgyógyász professzor, Purjesz Béla és Rusznyák István kérésére Bay az orvostudomány terén is végzett kutatásokat, és sikerült egy új rendszerű elektrokardiográfot terveznie. Az új készülék[12] széles frekvenciatartományban torzításmentesen regisztrálta a szív működését. Az elektrokardiográf problémáinak megoldása közben, az orvoskollégákkal folytatott szakmai viták során, a verőerekben tapasztalt szabálytalan lüktető mozgás keltette fel érdeklődését. E rendellenességek elektronikai eszközök segítségével történő kiküszöbölésére kidolgozta a jelenleg széles körben alkalmazott szívritmusszabályozó elvi alapjait.[13] Az ötlet gyakorlati megvalósítására akkor nem került sor, mert Bay röviddel később elhagyta Szegedet, mivel Aschner Lipót, az Egyesült Izzólámpa és Villamos Rt. (Tungsram) vezérigazgatója a gyár budapesti Ipari Kutatólaboratóriumának vezetésére kérte fel.

Szegedi professzorsága idején (1930—1936) jól felkészült fizikatanárok és egy sor neves tudós szerzett diplomát a szegedi egyetemen. A már korábban említett Papp Györgyön és Szepesi Zoltánon kívül soroljunk fel még néhányat: Tarnóczy Tamás, Bukovszky Ferenc, Sólyi Antal és Szőkefalvi Nagy Béla, aki elméleti fizikai tanulmányait Baynál kezdte, és aki később világhírű matematikus lett.

Bay professzor a szegedi egyetemi tanári állás után két nemzetközileg elismert budapesti székhelyű intézményben folytatta a kutatómunkát más témakörökben: a Tungsram Laboratóriumban és a Budapesti Műszaki Egyetemen.

V. ÚTBAN A VILÁGHÍR FELÉ 1936—1948

1. A TUNGSRAM LABORATÓRIUMBAN

A gazdagon felszerelt ipari kutatólaboratórium a magyar egyetemek akkori felszereltségénél sokkal jobb feltételeket teremtett a korszerű kutatómunka számára. A többi hasonló célú kutatóhellyel szemben ennek a laboratóriumnak hallatlan előnyei voltak. Szilárd anyagi háttérrel és olyan jól képzett kutatógárdával rendelkezett, mint Bródy Imre, a kriptonégő felfedezője; Selényi Pál, akit világhírűvé tettek optikai kísérletei, és aki már a húszas években kifejlesztette a mai xerox eljárás ősét, Szigeti György, Budincsevits Andor, Winter Ernő, Túry Pál, Millner Tivadar, Vámbéri Lőrinc és Dallos György, akiknek a neve mind fogalom volt szakmai körökben.

Bay Zoltánnak a laboratórium vezetőjeként számos szabadalma volt a nagyfeszültségű gázkisülési csövek, a fénycsövek és az elektroncsövek kifejlesztése terén, valamint Szigeti Györggyel közösen volt egy, az elektroluminiszcenciára vonatkozó világszabadalma 1939-ben.[14]

Winter Ernő, Budincsevits Andor és Vámbéri Lőrinc Bay dr. irányításával fontos szerepet játszott az elektroncsövek kifejlesztésében, míg Dallos György Bay Zoltánnal együtt úttörő munkát végzett a rádió-vevőkészülékek áramkörei terén (avval, hogy számos szabadalmat dolgoztak ki a vételi zavarok kiküszöbölésére) és a deciméteres rádióhullámú technikában.[15]

2. AZ ATOMFIZIKAI TANSZÉKEN

A Tungsram Laboratórium vezetésével párhuzamosan 1938-ban Bay professzor a Tungsram anyagi támogatásával megszervezte, majd vezette a Budapesti Műszaki Egyetemen az Atomfizikai Tanszéket. Papp György és Simonyi Károly segítségével azon fáradozott, hogy létrehozzon egy másfél millió voltos részecskegyorsítót. Ez a II. világháború pusztításai miatt már nem készülhetett el, azonban Simonyi Károly 1953-ban befejezte.

Hangsúlyozni kell, hogy Bay dr. soha nem hagyott fel az alapkutatással és az elméleti fizika művelésével. Ez közleményeinek fényében teljesen nyilvánvaló. Az ezekben az években közzétett számtalan cikke között van rádióhullámokról szóló és atomfizika tárgykörében írt elméleti cikk is (lásd Bay műveinek bibliográfiáját könyvünkben). Rendszeresen részt vett elméleti fizikai témákkal foglalkozó hazai és nemzetközi konferenciákon is. Rendszeres résztvevő és előadó volt szegedi elődjének, Ortvay Rudolfnak, a budapesti tudományegyetem elméleti fizikus professzorának Budapesten szervezett konferenciáin. Ezeken a nemzetközi tudományos élet számos szaktekintélye gyűlt össze. A vendégek között volt Max Planck, Werner Heisenberg, Walther Bothe, Peter Debye és C. F. Weizsäcker is, akik kötetlen előadásokat is tartottak. Kétségtelen, hogy ezek az alkalmak nagy segítséget jelentettek Bay Zoltánnak tudományos céljai elérésében.

Bay dr. a Tungsram Laboratórium és az Atomfizikai Tanszék vezetőjeként folytatta azt az alapvető fontosságú kísérletsorozatot, amelynek eredménye két világhírű, mindmáig igen jelentős felfedezése volt: (1) az elektronsokszorozás elvén alapuló részecskeszámláló és (2) az első radarkapcsolat létrehozása a Holddal. E korszakalkotó teljesítményekkel két külön fejezet foglalkozik, mivel mindkettő igen nagy jelentőségű a modern fizika története szempontjából.

Hazájának legmagasabb szintű tudományos szervezete a legnagyobb elismeréssel fogadta nagy horderejű fejlesztéseit, és ennek jeléül 1946 és 1948 között megválasztotta a Magyar Tudományos Akadémia Matematikai és Természettudományi Osztálya elnökének.

VI. AZ ATOMSZÁMLÁLÁS ÚJ ELVE

Amikor Bay Zoltán elhagyta Szegedet és pályafutását a Tungsram Laboratóriumban folytatta, nem adta fel a fizikai alapkutatás, elsősorban a kvantummechanika által leírt elemi folyamatok iránti érdeklődését.

Meddig igaz az állítás, hogy bár a természetben bekövetkező jelenségek statisztikus jellegűek, az egyedi folyamatokban mégis érvényes az energia és az impulzus megmaradásának elve? Nincs-e valamiféle korlátja a bizonytalansági elvek érvényességének? Tökéletesen leírhatók-e a természeti jelenségek a kvantummechanika törvényszerűségeivel?

Bay Zoltán számára nyilvánvaló volt, hogy a fenti kérdések részletes tanulmányozásához az 1930-as években ismert atomszámlálók sebessége nem kielégítő. Ezért állandóan kutatott az ionizációnál gyorsabb folyamatok után, hogy megnövelhesse a számlálás sebességét, és ezáltal valóra válhasson az igen nagy felbontóképességű koincidenciaberendezések tervezése. Századunk elején Ernest Rutherford és Hans Geiger számláltak először atomi részecskéket. A későbbiekben minden berendezés ugyanazt a számlálási elvet alkalmazta — vagyis valamennyi készülék viszonylag lassú ionlavinát használt. Ez az eljárás nem működött elég gyorsan. Bay Zoltánnak egy, híradástechnikai mérnökökkel folytatott szakmai vita közben támadt az a zseniális ötlete, hogy a másodlagos elektronsokszorozás új utakat nyithat meg a gyors atomszámlálásban. Valamivel később, 1937-ben Budapestre érkezett V. K. Zworykin, a híres feltaláló, a Radio Corporation of America (Amerikai Rádiótársaság) kutatója. Zworykin már tervezett egy, az erősítőtechnikában használatos elektronsokszorozót. Azonban a készülék nem felelt meg a kereskedelmi igényeknek, és rádiókban nem lehetett felhasználni. Bay tájékoztatta Zworykint arról a tervéről, hogy az elektronsokszorozást akarja felhasználni a részecskeszámlálásban, vagyis egyedi fotonok és elektronok detektálására és számlálására. Zworykin teljesen pesszimista volt az ötlet kivitelezhetőségét illetően, és hangsúlyozta, hogy az óriási elektronikus háttérzaj miatt Bay soha nem érhet célhoz. Bay és munkatár-

sa, Dallos György Zworykin szkepticizmusa ellenére folytatták a kísérlet előkészítését, és 1937 telén célhoz értek. Egy szép napon, egész éjszakai kísérletezés után, hajnalban elérték az áhított célt. A megfelelő módon előkészített számlálóberendezést a folyékony nitrogén hőmérsékletére lehűtve a zaj úgyszólván teljesen megszűnt, és világossá vált, hogy az elektronsokszorozást fel lehet használni atomi részecskék számlálására. Másnap megvizsgálták a berendezés fotoszenzitivitását, és kiderült, hogy a készülék egyedi fotonok detektálására is alkalmas.[16] Ebben az úttörő jellegű kísérletben Bay először alkalmazta a másodlagos elektronsokszorozás elvét az atomszámlálásban.[17] Mivel vákuumban az elektronsokszorozás nagyon gyorsan megy végbe, az új elv bevezetése 3 nagyságrenddel megnövelte a számlálás sebességét is. Így Bay Zoltán elektronsokszorozó számlálóit (a készülékeket Budincsevits Andor és Kincse Kálmán készítette) minden másodlagos elektron- és fotonkibocsátással járó folyamatnál lehetett használni, és ezek voltak az ősei a később általa, illetve mások által pl. az ionok számlálására kifejlesztett gyors számlálóknak és a szcintillációs számlálóknak. A másodlagos elektronsokszorozás révén a részecskeszámlálás sebességét 3 nagyságrenddel meg lehetett növelni, és ez olyan koincidenciaberendezések megtervezését tette lehetővé, amelyek felbontóképessége szintén 3 nagyságrenddel múlta felül a korábbi hagyományos áramkörökét. Így Bay törekvései a nagysebességű koincidenciakísérletek terén valóra váltak, és 1943-ban Papp Györggyel együtt olyan koincidenciaberendezéseket hoztak létre, melyek felbontóképessége a korábbi áramkörök néhány mikroszekundumával szemben csupán néhány nanoszekundum volt. Ez a „rekord" igen nagy horderejű volt a kísérleti fizika területén, de publikálására csak a háború után, 1948-ban kerülhetett sor.[18]

A II. világháború alatt Max Planck, Werner Heisenberg, C. F. Weizsäcker és Peter Debye meglátogatták Bay Zoltán munkahelyét, és érdeklődéssel tárgyaltak az elektronsokszorozóról. A számlálók élénken foglalkoztatták Heisenberg képzeletét is, aki arra kérte Bayt, hogy adjon neki néhányat a kozmikus sugárzások vizsgálatára. Bay készségesen beleegyezett, és elküldte neki a számlálókat. Heisenberg 1942. június 12-én kelt kézírásos levelében köszönettel nyugtázta az eszközök megérkezését.

Szinte nem is kell mondani, hogy Bay Zoltán azonnal tisztában volt a módszer jelentőségével és szerepével a gyors atomszámlálásban, és ezt ki is emelte már hivatkozott közleményeiben. A témában előadássorozatot is tartott a háború alatt Zürichben, majd a háború után Bécsben (1948. május 20-án a bécsi székhelyű Chemisch-Physikalische Gesellschaft (Kémiai-Fizikai Társaság) szervezésében „Az elektronsokszorozó és alkalmazása az atomfizikában" cím-

mel tartott előadást), később Berkeleyben és a George Washington Egyetemen. Érdemes megemlíteni, hogy az előadásokon a hallgatóság általában mindaddig hitetlenkedve fogadta a nanoszekundumos felbontóképességet, amíg Bay el nem mondta a perdöntő bizonyítékot: ha a koincidenciaáramkörhöz vezető egyik vezeték hosszát kb. egy méterrel megnöveljük, a koincidencia eltűnik, a másik vezeték azonos mértékű meghosszabítása a koincidencia ismételt megjelenésével jár. Baynak ezen a kísérletén alapult az igen rövid időtartamok mérése a késleltetett koincidenciakísérletekben. A nanoszekundumban kifejezett időskála könnyen átalakítható vezetékhosszá, ha ismerjük a hullámterjedés sebességét a vezetékekben (amely jól mérhető hányada a fénysebességnek; a kábel szerkezetétől és dielektromos tulajdonságaitól függően egy méter 3—5 nanoszekundumnak felel meg). Annak ellenére, hogy Bay teljes részletességgel kidolgozta az új számlálók elméletét, az új módszer gyakorlati megvalósulására világszerte csak a következő évtizedben került sor. Ma ez képezi az elvi alapját minden, a gyors atomszámlálásban alkalmazott eljárásnak. Első ízben detektáltak a berendezéssel alfa- és béta-részecskék által üvegburában előidézett szcintillációt is. A magyar kutatók gyors szcintillációs kristályok híján nem tudták folytatni ez irányú kutatásaikat. A szcintillációs számlálókat a következő évtizedben az Egyesült Államok és Kanada atomkutató laboratóriumai fejlesztették ki, azt követően, hogy magyar kutatók a kezdeti lépéseket már évekkel korábban megtették.

Az új módszer nemzetközi elismerésének ékes bizonyítéka, hogy Bay dr. két, az elektronsokszorozás elvén alapuló számlálóját Washingtonban az Energy Research and Development Administration (Energiaügyi Hivatal) és a National Museum of History and Technology, Smithsonian Institution (Nemzeti Múzeum) együttműködésével létrejött „Atomsmashers: 50 Years" (Atomrombolók: 50 év) című kiállításán központi helyen állították ki. Ezek a berendezések jelenleg a Hall of Nuclear Energy-ben (A Nukleáris Energia csarnoka) vannak elhelyezve (14. egység, 2. szekció) az alábbi magyarázó szöveggel:

(1) A Budapesten (Magyarország) dolgozó Bay Zoltán kifejlesztette a részecskedetektorként alkalmazható elektronsokszorozó csövet.

1940-re Bay a többfokozatú cső katódjába becsapódó alfa- és béta-részecskéket is detektálni tudta. Hangsúlyozta ugyanakkor, hogy az elektronsokszorozó elméleti számlálási sebessége ezerszer nagyobb, mint a Geiger—Müller-számlálóké. Ezt az előnyt azonban csak egy évtizeddel később, a szcintillációs számlálók kifejlesztésével tudták kihasználni.

(2) 1946-ból származó többfokozatú elektronsokszorozók, amelyek alapvetően hasonlóak Bay Zoltán 1938-as prototípusaihoz. A csőpár egyik tagjához a dinódák közötti feszültség megosztására ellenállásokat és kondenzátorokat kapcsoltak.

A Smithsonian Institution nevében P. W. Bishop, az intézet Department of Arts and Manufactures (Gyártás és művészet) osztályának elnöke 1964. december 8-án az alábbi köszönő levelet írta Bay Zoltánnak: „Nagy öröm számomra, hogy az Egyesült Államok Nemzeti Múzeuma részéről elismerésemet fejezhetem ki az Ön által a Magyar Királyi Egyetem Atomfizikai Intézetében kifejlesztett első nagyvákuumban működő elektronsokszorozó megalkotásáért, melyről a *Nature*, **141** (1938) 284. és 1011. oldalán és a *Reviews of Scientific Instruments*, **12**/3 (1941) 127. oldalán számolt be. Különleges megtiszteltetés, hogy ránk bízta ezt a készüléket, amely valóban fordulópontot jelent az elemi részecskék és fotonok számlálására szolgáló eszközök kifejlesztésében."

Dr. Bay Zoltán eredeti elektronsokszorozója szerepel az *1965 Annual Report of the Museum of History and Technology, U. S. National Museum* (Washington, D. C., 1966, VIII, XII) (Az Egyesült Államok Nemzeti Múzeumának 1965. évi Beszámolója) c. kiadványában, amely többek között megállapítja: „Ez az atomenergia-pavilonban elhelyezett készülék fordulópontot jelentett az elemi részecskék számlálására kifejlesztett készülékek között" (130. oldal).

Neumann János, korunk egyik legnagyobb matematikusa és elméleti fizikusa is azok közé tartozik, akik az elsők között ismerték fel a Bay által feltalált elektronsokszorozó jelentőségét a gyors atomszámlálásban és a tudomány más területein. Los Alamosban, 1949. június 21-én keltezett kézírásos levelében Neumann utolsó beszélgetésükre hivatkozva örömének ad kifejezést, hogy Bay Zoltán barátjával alkalma nyílt megvitatni az elektronsokszorozó számlálónál és a komputernél egyaránt fellépő problémákat. Neumann így folytatja: „Tisztán látom, hogy lényeges dolgokat tanultam Tőled, és egyre erősebb az a meggyőződésem, hogy az »electron multiplier« a számológépek terén a jövőben valószínűleg lényeges szerepet fog játszani. Időközben tovább gondolkoztam a rácsos (vezérelt) »el. mult.« lehetőségeiről, és arra a meggyőződésre jutottam, hogy a legokosabb, ha mégis spontán írok az ONR [Office of Naval Research, Tengerészeti Kutatási Hivatal] mathematikai osztályfőnökének, Dr. Rus-nek. Ezt ma megtettem. A lehető legerősebben a figyelmébe ajánlottam a Te »el. mult.« projektedet."

Neumann János és Bay Zoltán évekig együtt dolgozott Washingtonban az elektronikus komputer működésének tökéletesítésén. Bay Zoltán erre a célra kifejlesztett egy flip-flop-szervo áramkört, amely az elektronsokszorozó alkalmazásával másodpercenként százmillió művelet elvégzésére volt képes.[19] Ez hatalmas előrelépés volt az akkori legnagyobb ismert sebességhez, a percenkénti egymillió művelethez képest. Neumann 1957-ben bekövetkezett korai halála azonban megakadályozta őket a projekt megvalósításában, és közös munkájuk sajnos befejezetlen maradt.

VII. A RADARCSILLAGÁSZAT SZÜLETÉSE

Már említettük, hogy Bay Zoltán egész életében élénken érdeklődött a csillagászat iránt, kezdve attól, hogy gyermeki csodálkozással követte az égitestek mozgását. Elragadtatással figyelte a Holdat a gyulavári, majd később a debreceni templom tornya fölött, mindig izgalomba hozta a nap- vagy a holdfogyatkozás jelensége. Egyetemi évei végén távcsöveket is épített, látta a Jupiter holdjait, megismerte a csillagképeket és a Hold tájait.

Nem csoda hát, hogy a mikrohullámú technika megismerése és a radar kifejlesztése után rögtön rájött arra, hogy az új technika segítségével ki lehetne jutni az űrbe, és a mikrohullámú jelek segítségével el lehetne érni a Holdat. Nagyszerű elvi megoldást talált ki, és nem hagyta, hogy a gyakorlati megvalósítás során felmerülő nehézségek eltántorítsák.

Elgondolásának lényege a jelek ismétléséből és a gyenge visszhangok összegezéséből állt. Az új módszer alkalmazása révén csapatával úttörője lett a Holddal való kapcsolatteremtésnek. Emellett a módszer a radarcsillagászat alappillére lett, és lehetővé tette a módszernek a Naprendszerben igen nagy távolságra lévő külső égitestekre való alkalmazását is. A magyar kormány által 1942-ben kiadott rendeletek arra kényszerítették Bay professzort, hogy a nagy területek ellenőrzésére és a közeledő ellenséges légierő korai észlelésére szolgáló radarrendszer kifejlesztéséhez megszervezzen egy elméleti szakemberekből és műszakiakból álló munkacsoportot. Bár azokban az években a külföldi szakirodalom nem volt hozzáférhető, a kb. 10 tudósból és 30 műszaki szakemberből álló, ún. *Bay-csoport* közreműködésével kifejlesztette a magyar honvédségi radart, amely 1944-re működőképessé vált. A téma kidolgozásában a következő tudósok vállaltak tevékenyen részt: dr. Budincsevits Andor, Istvánfy Edvin, Horváth Tibor, Magó Kálmán, Patak János, dr. Pócza Jenő, Tary László, dr. Takács Lajos, dr. Papp György és dr. Simonyi Károly. Ifjabb Bay Zoltán, a professzor unokaöccse, akkoriban a Budapesti Műszaki Egyetem hallgatója volt, szintén közreműködött a csoport munkájában.

Bay Zoltán már 1944. március elején felvetette, hogy radar segítségével kellene kapcsolatot teremteni a Holddal. Így szólt munkatársaihoz: „Most, az új technológia birtokában a know-howt az alapkutatás egyik problémájának megoldásában kell hasznosítanunk. Olyan radart kell kifejleszteni, amellyel elérhetünk egy égitestet is: a Holdat." Munkatársai nagy lelkesedéssel fogadták az új feladatot és munkához láttak. A korábban kifejlesztett magyar katonai radar készülékparaméterei (feszültség, frekvenciastabilitás, vevőzaj stb.) alapján végzett számítások azonban kiábrándító eredményre vezettek. Bay, Papp György és Simonyi Károly fáradságos számítások elvégzése után arra a következtetésre jutott, hogy a Holdról kapott visszhang amplitúdója legjobb esetben is egy nagyságrenddel kisebb, mint a vevőberendezés zajszintje.

Az átlagember ilyenkor úgy értékeli a kísérletet, hogy az a gyakorlatban megvalósíthatatlan. Ez viszont egyenlő lett volna a téma feladásával, holott az már rabul ejtette Bay képzeletét: kedvenc témája lett. Ezért Bay nem akarta feladni. Mint már korábban említettük, ebben a lehangoló helyzetben teljesen új megoldást keresett: a jelek ismétlésén és összegezésén alapuló — alább részletesen ismertetett — módszert. A kísérleteket a Tungsram Kutatólaboratóriumában egy, az integrálás céljára átalakított berendezésen végezték. A légitámadások veszélye miatt később a laboratóriumot Nógrádverőcére telepítették. 1944 nyarán, még Nógrádverőcén állították össze az első berendezést a Holdkísérlethez. Röviddel a rendszeres mérések megkezdése után a folyamatban levő kísérletek kétszer is félbeszakadtak a Laboratórium Újpestre visszaköltözése, majd 1944 őszén Budapest ostroma[20] miatt.

Az ország és a Tungsram Művek háború utáni helyzete folytán a berendezések vagy elvesztek, vagy tönkrementek, így a kutatás ismét félbeszakadt. 1945 augusztusában — immár harmadszor — hozzáfogtak egy teljesen új berendezés megépítéséhez, ezt a munkát 1946 januárjára fejezték be. A bonyolult készülék egyes elemeinek összehangolása és beszabályozása után az első sikeres kísérletet 1946. február 6-án hajtották végre.[21]

Valamivel korábban, 1946. január 10-én az U. S. Army Signal Corps, az Egyesült Államok Hadseregének igen jól felszerelt radarállomása Belmarban (New Jersey) John H. DeWitt tábornok irányításával a Holdról visszaverődő radarjelek észleléséről számolt be. Az amerikai kísérleteket először ugyanabban az évben, 1946-ban publikálta J. Mofensen [*Electronics*, **19**/4 (1946) 92., majd 1949-ben maga John H. DeWitt és E. K. Stodola (*Proc. IRE*, **37** (1949) 29.].

Az amerikai és a magyar kísérletek összehasonlító leírása és értékelése, amelyet Vajda Pál és John A. White[22] publikált, kiemelte, hogy Belmarban az adó- és a vevőfrekvencia kristályvezérlésű volt, ennek következtében a vevő

sávszélességét a detektor előtt lehetett csökkenteni. A honvédségi radarberendezés paraméterei egyedi visszhangimpulzusok észlelésére is alkalmasak voltak, és a késleltetési idő és a Doppler-frekvenciaeltolódás alapján azonosítani lehetett, hogy ezek a Holdról érkező visszhangok (65. oldal).

A magyar kísérletre vonatkozóan Vajda és White hangsúlyozta, hogy Baynak nem volt kristályvezérlésű adója, illetve vevője, ezért nagy sávszélesség alkalmazására kényszerült a vevőben a detektor előtt, hogy a vevő alkalmazkodjon az adó és vevő közötti frekvenciaeltolódáshoz. A vevő sávszélességét a detektor után csökkentette. Ez közismerten kisebb jel/zaj viszonyt eredményez, mint a detektálás előtti sávszélesség-csökkentés (66. oldal).

Az adott körülmények között Bay kísérletében számos zavarforrás és korlátozó tényező volt, amelyekről ő is említést tesz a „Mikrohullámok visszaverődése a Holdról" c. tanulmányában. A 7. oldalon négy ilyen korlátozó tényezőt sorol fel: (1) az átvitt energia nem növelhető, (2) a vevő műszaki színvonala nem túl magas, (3) a városon belül az elektromos zajszint nem alkalmas érzékeny kísérletek lefolytatására, (4) az adó egy impulzus alatti frekvenciastabilitása nem elégíti ki egy magas színvonalú berendezés minőségi követelményeit.

Mindezek a pontatlansági tényezők kiküszöbölhetők voltak a coulombméteréket (vízbontáson alapuló voltmérő) felhasználó jelösszegezési módszer révén. Ez a különlegesen megtervezett jelösszegezési módszer növelte a vevő jel/zaj hányadosát, és így a jelet a zajszint fölé emelte. Ez az új módszer azt az erősítési elvet alkalmazza, hogy a kísérlet során a jeladást hosszú időn keresztül ismétli, és a nagyon kis amplitúdójú visszavert jeleket összegezi. A valószínűségszámítás törvényei alapján ebben a folyamatban a visszhangjelek összege gyorsabban nő, mint a vevő véletlenszerűen ingadozó zajáé, és így a gyenge jelek a zajszint fölé erősíthetők.[23] Más szavakkal Bay jelösszegezési módszerének „lényege az, hogy nagy számban ismétli a kísérletet, a gyenge visszhangjelek amplitúdóját a kísérlet teljes időtartama alatt intenzitáscsökkenés nélkül megőrzi, és az amplitúdók összegezésével a jelet a zaj amplitúdójának statisztikai összege fölé emeli".[24]

Ma a modern radarcsillagászatban a Bay által kifejlesztett hosszú időtartamú jelösszegezési technikát azzal a jelentéktelen változtatással alkalmazzák, hogy a működési elv meghagyása mellett az általa használt coulombméteréket korszerű érzékelő és feldolgozó eszközökkel váltották fel.[25]

Ennek a jelösszegezési módszernek a modern radarcsillagászatban betöltött további szerepét Bay már 1946-os közleményében megfogalmazta: „Az a tény, hogy amerikai kutatók összegezési módszer alkalmazása nélkül is sikeres Holdkísérletet hajtottak végre, nem csökkenti a coulombméter alkalmazásának

jelentőségét. A jövőben a coulombmétereket (vagy más összegezési módszereket) a kibocsájtott energia lényeges növelése nélkül fel lehet használni pontosabb mérések kivitelezéséhez, és a méréseket más égitestekre is ki lehet terjeszteni. Ezen a területen a legjobb eredmény a magas színvonalú amerikai technika és a mi jelösszegezési módszerünk kombinációja alapján várható."[26]

Van egy másik haladó nézet is Bay Zoltán 1946-os cikkében. Mivel kísérletei azt mutatták, hogy a 2,5 m hullámhosszúságú elektromágneses hullámok át tudnak hatolni az ionoszférán, azt az óvatos jóslást tette az idézett cikkben, hogy „Ez a tény fontos gyakorlati szerephez juthat a bolygóközi utazásoknál, és a visszavert mikrohullámoknak a teljes földfelszínen való szóródásában." (21. o.)

Bay dr. 1946-os történelmi cikkében már előre látta és meg is írta, hogy milyen alapvető fontosságú ez az összegezési módszer a radartevékenység Holdon túli kiterjesztése szempontjából, és várakozása valóra is vált: minden modern radarcsillagászati rendszer kihasználja az összegezés előnyeit. Ez világosan kiderült, amikor a MIT (Massachussets Institute of Technology) Lincoln Laboratóriumában az R. Price által vezetett munkacsoport először kísérelt meg kapcsolatot teremteni a Vénusszal 1959-ben.[27] Az első kísérletnek egy későbbi elemzésekor P. E. Green és G. H. Pettengill azt a következtetést vonta le: „Az egyedi visszhangjelek túl gyengék voltak ahhoz, hogy meg lehessen különböztetni őket a háttérzajtól, ezért a jel/zaj hányados képzéséhez a kapott több ezer visszhang + zaj jelet összegezni kell. Tekintve, hogy a visszhangok többékevésbé állandó összetételűek, viszont a zaj impulzusról impulzusra változik, az előbbiek összege gyorsabban nő, mint a zajé."[28]

A későbbi, számos kutatócsoport által végrehajtott Vénusz-radarkísérletben A. G. Smith és T. D. Carr a kísérletek elemzése során helyesen ismerte fel Bay eredeti gondolatmenetének alkalmazását: „Az érzékenység további, a Vénuszról kapott radarvisszhang észleléséhez szükséges nagymértékű növelését elsősorban a jóval a háttérzaj szintje alatt lévő periodikus jelek detektálására használt hosszú idejű jelintegrálás révén érték el. Jó példa erre az az egyedülálló módszer, amelyet Bay úttörő jellegű Hold-radarkísérleteihez tervezett."[29]

A Holddal létesített amerikai és magyar radarkapcsolat új tudományágat teremtett: a radarcsillagászatot. Ma világszerte egyetértenek tudományos körökben abban — ez egyben tankönyvi adat is —, hogy „az Egyesült Államok Hadseregének radarállomása és a magyar tudós, Bay Zoltán egymástól függetlenül észlelt radarvisszhangokat a Holdról, és ezzel vette kezdetét a radarcsillagászat."[30]

E két Hold-kísérlet úttörő jellegét számtalan, elsősorban a rádió- és radarcsillagászat fejlődéstörténetének tárgykörében írott szakirodalom[31] is alátámasztja.

A rádiócsillagászat kezdete 1932-re tehető, amikor Carl G. Jansky, a Bell Telephone Laboratories (Bell Telefonlaboratórium) munkatársa a Tejútrendszer által kibocsátott természetes sugárzást észlelte.[32] A radarcsillagászat esetében a jeleket a Földről bocsátják ki az égitestek felé, és a radarernyőn ezeknek a jeleknek a visszaverődését észlelik radarimpulzus-technikák segítségével. A csillagászatnak ez az új ága, amely az amerikai és magyar kísérletek, és különösen a Bay dr. által kifejlesztett egyedülálló, hosszú idejű jelösszegezési módszer révén jött létre, azóta polgárjogot nyert, és széles körben alkalmazzák a modern űrkutatásban. Bay Zoltán történelmi jelentőségű 1946-os közleménye azért is említésre méltó, mert ez az elsődleges forrás — vagyis a születési bizonyítvány — a modern radarcsillagászat kezdetéről.

Az emberiség első kapcsolatteremtése a világűrrel mindkét országban lázba hozta a sajtót, és az űrkorszak kezdetéről fantasztikus találgatásokkal vegyes üdvrivalgástól hangos újsághírek jelentek meg szerte a világon. A sajtó és az olvasótábor a háborútól megkínzott Magyarországon — érthetően — igen nagy lelkesedéssel fogadta az új korszak eljövetelét. A II. világháború romba döntötte az országot és mérhetetlen szegénységbe sodorta a lakosságot. A sajtó és a lakosság a magyar részvételt a világűr felfedezésének kezdeti lépéseinél olyan reménysugárnak tekintette, ami erősítette önbecsülésünket és jövőbe vetett hitünket. A korabeli sajtóközlemények és elemzések meggyőzően tükrözték ezt a közgondolkozást.[33]

Érdekes, hogy két, már évek óta külföldön élő Nobel-díjas is osztotta honfitársai meggyőződését: Hevesy György és Gábor Dénes. Hevesy, akit 1943-ban tüntettek ki Nobel-díjjal a kémiai reakciók nyomon követésére szolgáló izotópok kifejlesztéséért, 1947-ben, Bay professzor Berkeley-ben a Hold-kísérletekről tartott előadása alkalmából fejezte ki elismerését. Gábor Dénes, aki 1971-ben nyerte el a fizikai Nobel-díjat a holográfia felfedezéséért és kifejlesztéséért, ekképpen fejezte ki érzéseit 1948. február 23-án Bay Zoltánnak írt levelében: „A mikrohullámoknak a Holdról való visszaverődéséről írott tanulmányod különlenyomata a minap érkezett meg, és azonnal el is olvastam. Szeretném őszinte csodálatomat kifejezni érte. Fizikai-műszaki fejlesztés szempontjából olyan színvonalat képvisel, amely csak ritkán valósulhatott meg Európában. Hihetetlennek tűnik számomra az egész, ha figyelembe veszem a körülményeket, hogy a számításokat az összeomlás idején végeztétek, és a kísérletek egy szinte rommá vált országban, a Tungsram újjáépítésével párhuzamosan folytak.[34] Csodálatra méltó, hogy mekkora ösztönzést jelentett a katasztrofális külső környezet. Ez a jelenség más országokban is megfigyelhető volt. Francia fizikusok is jobb eredményeket értek el a háború alatt, mint az azt megelőző

években." Ilyen és ehhez hasonló megfogalmazások tükrözték a közvélemény elismerését azért a kiemelkedő teljesítményért, amelyet a Holddal való radarkapcsolat megteremtése és az új csillagászati ág megteremtése jelentett.[35]

Bay Hold-visszhangkísérleteit összegezve két kiemelkedő teljesítményt kell megemlíteni:

(1) Az első az a Bay egész életművében kifejezésre jutó szilárd meggyőződés, hogy egy jelenségkör akkor érthető meg és tárható fel az emberi elme számára, ha az ember kísérleteket végezhet az adott területen. Bay radarkísérleteinek kiterjesztését a világűrre olyan kezdeti lépésnek szánta, amelyet majd más típusú űrkísérletek követnek. Ez lehetővé teszi a világűr meghódítását először a tudomány számára, később pedig új teret biztosít az emberi tevékenységnek.

(2) Az első lépés megtétele minden új tudományterületen nehéz. A tudóst semmi sem tántorithatja el e lépés megtételétől, soha nem adhatja fel a megoldásba vetett hitét, akármilyen nehéznek tűnik is e lépés megtétele. Így Bay nem torpant meg az igen gyenge Hold-visszhangok által okozott nehézségek miatt. Olyan eszközök után nézett, melyek áthidalhatják a Hold-kísérlet során fellépő nehézségeket, és amelyek a későbbiekben segítségére lehetnek a Naprendszer távolabbi pontjainak elérésében. Így fejlesztette ki a jelismétlés és a hosszú idejű integrálás módszerét.

Ilyen új módszer kifejlesztése olyan országok kutatócsoportjainak tevékenységére jellemző, ahol nem állnak rendelkezésre olyan jelentős pénzforrások, mint az iparilag magasan fejlett országokban. Bay kutatócsoportja a 20. század közepén a kicsiny Magyarországon, a világ egy viszonylag izolált sarkában működött, ennek ellenére tudományos vizsgáló módszerei magas színvonalúak voltak, ami később hasznára vált a gazdag országok jól felszerelt kutatócsoportjainak is.

VIII. TUDOMÁNYOS TEVÉKENYSÉG AZ EGYESÜLT ÁLLAMOKBAN 1948—1992

1. A GEORGE WASHINGTON EGYETEMEN

A II. világháború befejezését követően Bay professzor műszaki vezérigazgatóként idejének és energiájának jelentős részét a Tungsram újjáépítési feladatainak szentelte.

A háború előtt, alatt és után kivívott nemzetközi hírnevének köszönhetően Európa számos országában és az Egyesült Államokban is tartott előadássorozatot. Végül arra az elhatározásra jutott, hogy elfogadja a sok meghívás egyikét, és a George Washington Egyetemen a kísérleti fizika professzora lett. Washingtoni laboratóriumában folytatta a gyors koincidenciával kapcsolatos vizsgálatait és egy új típusú, néhány nanoszekundum felbontóképességű dióda-koincidenciaáramkört konstruált, és bevezette a koincidenciakülönbségen alapuló kapcsolás elvét, amellyel a felbontóképesség a nanoszekundum töredékére volt csökkenthető. E tulajdonságának köszönhetően ez a kapcsolás felbontóképességben több mint egy évtizeden át felülmúlta a kor valamennyi áramkörét. A koincidenciagörbék nyomatéka alapján kidolgozta a késleltetett koincidenciát alkalmazó kísérletek statisztikai elméletét.[36] Az általa végzett kísérletek fontos eredményekre vezettek a nukleáris gerjesztési állapotok élettartamának meghatározásánál és a Cserenkov-számlálók koincidenciájánál.

A koincidenciakülönbségen alapuló számlálási módszer kidolgozását követően Bay végre foglalkozhatott régi vesszőparipájával: koincidenciakapcsolása segítségével valamennyi kortárs laboratóriumnál nagyobb felbontóképességgel vizsgálhatta a Compton-effektus egyidejűségét.

Előzőleg már említettük, hogy Bayt ez a probléma már szegedi évei óta izgatta. Valójában a probléma iránti érdeklődése irányította figyelmét a hagyományosnál gyorsabb számlálók és nagyobb felbontóképességű berendezések felé. Ez ösztönözte az elektronsokszorozó számlálók és a megfelelő nagysebességű kapcsolások kifejlesztésére.

Most már el tudta végezni azt a kísérletet, amely feltette a koronát az eddigi munkájára. A George Washington Egyetemen dolgozó kutatócsoportjával

bebizonyította, hogy a Compton-effektus során az elektron kilökődése és a másodlagos gamma-kvantum kibocsátása a nanoszekundum századrészén belül egyidejű jelenség. Így az akkor rendelkezésre álló legpontosabb méréssel igazolta a kvantumelméletet.[37] Meg kell jegyeznünk, hogy ezt a mérési pontosságot azóta sem múlta felül senki.

Az 1956-ban Washingtonban megrendezett Scintillation Counter Symposiumon (Szcintillációs Számláló Szimpózium) Bay meghívott előadóként számolt be a gyorskoincidencia-kísérletekről.[38]

A gyorskoincidencia-kísérletek elmélete és gyakorlata terén kifejtett tevékenységéért a szerzőt az IRE Professional Group of Nuclear Science (Institute of Radio Engineers Magfizikai Szakosztálya) 1956. évi díjával tüntették ki. Ez a cikk egyben Bay koincidenciával kapcsolatos munkáinak összehasonlító tudománytörténeti bibliográfiája is.

2. BIOFIZIKAI KÍSÉRLETEK

A Szent-Györgyi Alberthez fűződő több évtizedes barátság az Egyesült Államokban állandó tudományos munkakapcsolattá is vált. Amikor Szent-Györgyi 1947-ben áttelepült, a Marine Biological Laboratory, Institute of Muscle Research (Haditengerészeti Biológiai Laboratórium Izomkutató Intézete) igazgatója lett Woods Hole-ban, Massachussets államban. Az intézetben Szent-Györgyi az izomműködés biokémiájának és a sejtosztódás okainak felderítésére folytatott kutatásokat, és nagyon fontos eredményekre jutott a sejtlégzés, a biológiai oxidáció elmélete stb. terén.[39]

Az ehhez hasonló biofizikai és matematikai problémák megoldásán már évtizedek óta együtt dolgoztak nyaranta, az 50-es évek elejétől kezdve, és ez mindkettőjüknek hasznára vált. 1953-ban együtt vizsgálták az ingerületvezetés módját az izomsejtek membránjától a fehérjemolekula felé.[40] A nemzetközi tudományos világ nagy érdeklődéssel fogadta eredményeiket. 1962 és 1963 nyarán Bay meghívott munkatársként dolgozott az intézetben.

Az energiaátviteli kísérletek körében, részben Szent-Györgyi Alberttel közösen, Bay Zoltán számos egyéb, igen jelentős közleményt jelentetett meg.[41] Bay 1963-ban Woods Hole-ban Robert M. Pearlsteinnel együtt a fotoszintézis fizikájának vizsgálatába kezdett. A kísérletek az energiaátvitel kérdésére irányultak, és sikerült magyarázatot találniuk a fotoszintézis helyén végbemenő energiaátvitelre. Eredményeiket ma az egész világon elfogadják és Bay—Pearlstein-elmélet néven ismerik.[42]

3. A NATIONAL BUREAU OF STANDARDSNÁL

Bay Zoltán egyesült államokbeli kutatói tevékenységének legfontosabb állomása a világszerte elismerésnek örvendő National Bureau of Standards (Nemzeti Szabványügyi Hivatal, a továbbiakban NBS) volt, ahol a fizikatudományok más területein folytatta kutatásait.

Bay Zoltán 1955-ben lett Washingtonban az NBS munkatársa és nyugdíjba vonulásáig, 1972-ig ott dolgozott. Az első időszakban a nagy energiájú részecskék által az anyagban kiváltott ionizációval foglalkozott. Új mérési módszerek kidolgozásával pontosította a levegőben és más gázokban a béta- és alfarészecskékből az ionpár képződése során felszabaduló átlagos energia (W konstansként ismert) értékét,[43-44] és kimutatta, hogy nagy sebességeknél az elektronok és más részecskék esetében a W értéke azonos.[45] A P. A. Newman segítségével kivitelezett mérés egyszerűvé és harmonikussá tette az ionizáció általános elméletét. Az ionizációs kísérletek befejezése után Bay Zoltán érdeklődése az NBS-nél egy új kutatási terület felé fordult.

4. A FÉNY SEBESSÉGE ÉS AZ EGYSÉGES IDŐ—HOSSZÚSÁG MÉRTÉKRENDSZER

Abban az évtizedben, melyben a lézer bevonult a kísérleti fizika eszköztárába, Bay érdeklődését felcsigázta a fénysebesség mérésének egy új lehetősége. Bay új módszere a koherens lézerfénynek nagy rezgésszámú mikrohullámmal való elektrooptikai modulációjján alapult. Vizsgálatai és számításai alapján arra a felismerésre jutott, hogy ez a módszer „valami egészen új" megoldást tesz lehetővé a kísérleti fizikában: a fény rezgésszámának a mikrohullámú frekvenciastandardokon alapuló meghatározását, melynél nem szükséges a fény sebességének ismerete.

Ez az eredmény megnyitotta az utat egy olyan ötlet első *gyakorlati megvalósulása* előtt, amely korábban elméletben már többször felmerült (így pl. M. Plancknál 1906-ban és C. H. Townesnál 1961-ben), de kísérletileg megvalósíthatatlannak látszott: a hosszúság mértékegységének (a méternek) az idő mértékegységéből (a másodpercből) — amely a kísérleti fizika legpontosabb mértékegysége — és a fénysebességből, a természet egyetemes állandójából való származtatása. Ez óriási áttörést jelent a méréstudományban: áttérést a külön idő- és hosszúságstandardról a fénysebességen alapuló egységes rendszerre. Bay Zoltánnak az egységes idő- és a hosszúságstandard megvalósítására kidol-

gozott új gyakorlati módszere a kísérleti fizika és a metrológia (méréstan) jelentős mérföldköve. E fontos fejlesztés történeti értékeléséhez számos forrásmunka áll rendelkezésre. Az új mérési módszer részletes elméleti leírása először a Nemzeti Szabványügyi Hivatal (NBS) egy máig kiadatlan 58 oldalas belső beszámolójában jelent meg 1965 januárjában (Internal NBS Report). Az *A* Rész címe: *„Precision Measurement of the Speed of light"* (A fénysebesség precíziós mérése), 1—46. oldal. A *B* Részben, *„Proposal for a New Length Standard"* (Javaslat egy új hosszúságstandard bevezetésére), 47—54. oldal, először vázolta az optikairezgésszám-meghatározás előnyét, és ebből azt a következtetést vonta le, hogy e lehetőségek birtokában az új hosszúságstandardot a fénysebességre kell alapozni, nem pedig egy új, továbbfejlesztett hullámhossz-standard bevezetésére. Idézzünk két fontos bekezdést e történelmi jelentőségű Beszámolójából, amely megvilágítja az új rendszer lényegét. A 47. oldalon a *„The Determination of Optical Frequencies"* (Az optikai rezgésszám meghatározása) című fejezetben azt írja: „Az *A* Részben leírt kísérletekből következik, hogy a fény rezgésszáma nagy pontossággal mérhető... Így csupán rádiófrekvenciás rezgésszámok mérése alapján meghatározható a fény rezgésszáma. Tudomásunk szerint ez »újdonság« az optikai kísérletekben, amelyet a frekvenciaáthelyezés (lebegtetés) jelensége és ennek mérése tett lehetővé. Eddig optikai rezgésszámokat csak a hullámhossz és a fénysebesség alapján lehetett meghatározni."

A *Report* (Beszámoló) 53—54. oldalán a *„The Possibility of a New Length Standard"* (Egy lehetséges új hosszúságstandard) című fejezetben megállapítja: „Az optikai rezgésszámok nagy időbeli stabilitása és az a lehetőség, hogy rezgésszámstandardok segítségével mérhetők, kétféle módon is kiaknázható. (1) Azt mondhatjuk, hogy hosszú időtartamú átlagolással *c* értéke néhány 10^{12}-rész pontossággal meghatározható. Ezt a megközelítést el kell vetni, mivel nem áll rendelkezésre megfelelő hosszúságstandard. (2) Definiálhatjuk *c* értékét, és a hosszúságstandardot erre a *c* értékre és a rezgésszámstandardra alapozzuk. Ahhoz, hogy összhangban legyünk a centiméterskálával, az új standard bevezetése előtt a következő két lépés megtétele szükséges: (a) A rezgésszámstandard és a meglévő hullámhosszstandard segítségével a hullámhosszstandard pontosságán belül meg kell mérni a *c* értékét. Ez olyan értéket ad, melynél a nyolcadik értékes jegy bizonytalansága csak néhány egység. A laboratóriumoknak nemzetközi együttműködés keretében meg kell állapodniuk a nyolcadik számjegy értékében. (b) *c* minden ezt követő tizedesjegye legyen 0... Ilymódon bármely színképvonal, amely hosszú ideig stabilan gerjeszthető és amelynek a rezgésszámstandardra vonatkoztatott rezgésszáma (a fent vázolt módon) meghatározható, felhasználható (másodlagos) hullámhosszstandard-

ként." Bay 1968 és 1972 között számos közleményben sorolta fel érveit, publikálta kísérleti eredményeit és elméleti megfontolásait. Ebben az időszakban Bay kitartóan harcolt a fénysebességen alapuló egységes idő—hosszúság standard bevezetéséért, hangsúlyozva, hogy bármilyen új hosszúságstandard bevezetése csak ideiglenes megoldást jelent, míg az egységes rendszerben való meghatározást követően a métert soha többé nem kell módosítani.[46-47] 1972-ben nyugdíjba vonult az NBS-től, de továbbra is az új rendszer szószólója maradt, és mind a mai napig tart előadásokat és publikál e témában.

Érdekes, hogy a nemzeti mérésügyi intézetek (Anglia és Japán kivételével) az egész világon egyhangúan ellenezték a Bay Zoltán által előterjesztett javaslatot. Egy későbbi összefoglaló előadásában (1973. október, Eötvös Loránd Fizikai Társulat) Bay Zoltán ezt úgy fogalmazta meg, hogy egész tudományos pályafutása alatt még egyetlen elmélete vagy javaslata sem ütközött olyan heves ellenállásba, mint az egységes standardizálási rendszer. Idézzük fel néhány ezzel kapcsolatos emlékét.

Az Optical Society (Optikai Társaság) 1969 őszén Chicagóban rendezett ülésén kifejtette, hogy mivel elektrooptikai modulációs rendszere lehetőséget ad az optikai rezgésszámok mérésére, az új métert úgy kell definiálni, hogy a fénysebességhez adott értéket rendelünk méter/másodpercben. Két felszólaló fejtette ki ellenvéleményét.

John A. Hall az NBS-től arról számolt be, hogy nekik sikerült a metánmolekula egyik infravörös elnyelési vonalára stabilizálniuk a He—Ne-lézert. A nagyfokú stabilitás lehetővé teszi egy új hullámhossz-standard bevezetését.

K. M. Baird, a Kanadai Nemzeti Kutatótanács (National Research Council) munkatársa vitába szállt Bay előadásával, mondván, hogy egy standard megválasztásánál nem lehet szempont az, hogy „filozófiai szempontból vonzó".

Bay azt válaszolta, hogy az esztétikum önmagában természetesen nem elegendő, és tudja, hogy az optikai rezgésszám meghatározására szolgáló kísérletei még csak kezdeti stádiumban vannak. A „filozófiai szempontból vonzó cél" érdekében érdemes viszont erőfeszítéseket tenni az optikai rezgésszámok mérésére. A jövő minden bizonnyal az egységes rendszeré.

A következő évben K. M. Baird meghívott előadóként részt vett a Nemzeti Szabványügyi Hivatal (NBS) ülésén Washingtonban. Az egységes rendszerre utalva ismét kifejtette: „A filozófiai szempontból vonzó cél másodlagos szempont, és jelentőségének eltúlzása olyan csapda, melynek könnyű áldozatául esni." Ugyanakkor javaslatot tett egy, a stabilizált CO_2-lézeren alapuló hosszúságstandard elfogadására.[48]

Ugyanezen az ülésen Bay Zoltán két előadásban is felsorakoztatta az egységes rendszer bevezetése mellett szóló érveit.[49-50]

A következő évben Bay az angliai Teddingtonban a Fourth International Conference on Atomic Masses and Fundamental Constants (Atomtömegek és Alapvető Állandók 4. Nemzetközi Konferenciája) alkalmából tartott előadást meghívott előadóként.[51] Itt az akkori NSZK Szövetségi Fizikai-Műszaki Intézetének (Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig) két munkatársa azon az alapon szállt vitába vele, hogy a fénysebesség természeti állandó, és ezért nem lehet egy meghatározott értéket „rákényszeríteni". Bay válasza, persze, igen egyszerű volt: a „rákényszerítés" a méternél áll fenn, nem pedig a fénysebességnél.

Az NBS vezetősége szintén vonakodott elfogadni az új elvet, és tovább követte a szabványosítás régi irányvonalát. A hivatal kutatásai közül a hangsúlyt a lézerek hullámhossz-stabilizálásán alapuló jobb hullámhosszstandard kidolgozására irányuló kutatások támogatására helyezte.[52]

Tekintettel arra, hogy a fénysebesség szigorú állandósága elsődleges jelentőségű az egységes rendszer jövőbeni elfogadtatása szempontjából, Bay Zoltán J. A. White-tal közös kutatásokat folytatott a fénysebesség frekvenciafüggéséről. Elméleti megfontolások és az újabb kísérleti adatok értékelése során arra a következtetésre jutottak, hogy vákuumban a fény terjedési sebessége $1/10^{20}$-on belül független a frekvenciától, ami messze meghaladja az egyesített rendszer megvalósíthatóságához megkívánt mértéket.[53]

Bay 1972-ben publikálta a G. G. Lutherrel és J. A. White-tal közösen végrehajtott kísérlet során kapott eredményeket. Először határozták meg egy vörösfényű lézer színképvonalának optikai rezgésszámát (ez egyedülálló eredmény volt, mivel 1979-ig ez volt az egyetlen rezgésszámmérés a látható hullámhosztartományban) és a fénysebesség értékét, amely pontosságát tekintve első ízben múlta felül az egy évtizeddel korábban elfogadott értéket.[54]

Az American Institute of Physics éves jelentése *Physics in 1972* (Fizika 1972-ben) címmel „néhány érdekes, izgalmas és fontos eseményt foglal össze". Ez a hivatalos beszámoló Bay kísérletét az 1972. év kiemelkedő eseményei között említi, és az „Új fénysebességmérések" cím alatt megállapítja, hogy „. . . Bay és munkatársai a fény sebességére, a rezgésszám és a hullámhossz szorzataként, olyan értéket kaptak, amely a korábban elfogadott értékkel összhangban van, és annál ötször pontosabb (vagyis a bizonytalansága ötször kisebb)" (30. oldal).

Bay Zoltánnak ugyanezt a kísérletét írja le és értékeli a *Physikalische Blätter* (Fizikai Lapok) is, mint „kiemelkedő teljesítményt a kísérletezés művészete és az emberi gondolkodás terén".[55]

A Nemzeti Szabványügyi Hivatal (NBS) akkor kezdte mérlegelni a Bay által javasolt új módszert, mint a régi módszer lehetséges alternatíváját, amikor 1972-ben az NBS washingtoni és boulderi (Colorado állam) laboratóriumai az ott folyó optikairezgésszám-mérésekről számszerű adatokat kezdtek szolgáltatni.[56]

Bay 1972-ben nyugdíjba vonult a Nemzeti Szabványügyi Hivataltól, és ezzel a kísérletek félbeszakadtak. Ugyanebben az évben az NBS Zöld Auditóriumában tudományos testületi ülést rendeztek Bay Zoltán tiszteletére. A búcsúelőadás témája az „Optikai rezgésszámok mérése és a fény sebessége" volt, amely összefoglalta Bay Zoltán és munkatársai tevékenységét.[57] Az *NBS Technical Calendar* (Az NBS Műszaki Kalendáriuma) az alábbi megállapítást tartalmazta Bay dr.-nak a fénysebesség mérésével és az egységesített idő—hosszúság mértékrendszerrel kapcsolatos tudományos tevékenységéről: „Az új kutatások lehetővé teszik, hogy a fénytan legmodernebb fejlesztéseit alkalmazzuk a természet alapvető állandójának, a fény sebességének újbóli meghatározására. Ezek az új felfedezések előrevetítik, hogy a fénysebesség értékének meghatározása lehetővé teszi a jövőben a méter és a másodperc definíciójának egységesítését. Dr. Bay volt az első, aki javaslatot tett, majd el is végezte azt a kísérletet, amely bebizonyította egy ilyen egységes definíció megvalósíthatóságát" — összegezi az *NBS Technical Calendar*.

Az ülés berekesztésekor dr. E. Ambler, az NBS Institute for Basic Standards (Alapstandardok Intézete) igazgatója megajándékozta Bay Zoltánt egy *Certificate*-tel (Tanúsítvánnyal), mely szerint: *„Nagyra értékelik a Nemzeti Szabványügyi Hivatalnak nyújtott kiemelkedő szolgálatait, és elismerik, hogy jelentősen hozzájárult a tudomány fejlődéséhez. Hosszú és gyümölcsöző pályája, mely olyan teljesítményeket foglalt magában, mint az első Hold-radarvisszhangok mérése, az optikairezgésszám-méréséről szóló elmélet kidolgozásában és annak gyakorlati megvalósításában érte el csúcspontját. Ez a kísérlet a fény sebességének újbóli meghatározását eredményezte, és a hosszúság és idő egységes definíciójának lehetőségét hordja magában."* (Aláíró) *Lawrence M. Kuschner*, ügyvezető igazgató, 1972. július 21.

Az NBS-ben Bay Zoltán és mások által végzett munka a Comité Consultatif pour la Définition du Mètre (Nemzetközi Méter-Definíciós Munkabizottság) határozati javaslatának tárgya lett. Az 1973. júniusi ülés emlékeztetőjében *(Minutes)* a bizottság ajánlott egy fénysebességértéket, és arra szólította fel követőit, hogy vegyék figyelembe ezt az értéket a méter következő újbóli meghatározásánál. Így, bár nem történt végleges döntés, „a dr. Bay Zoltán által sok éven át szorgalmazott javaslat, hogy a métert a fénysebesség alapján kell meghatározni, nagyon közel került a megvalósuláshoz".[58]

Úgy tűnt, hogy az 1972-es es 1973-as év fordulópontot jelentett az egységes idő—hosszúság rendszer felállításáról szóló javaslat történetében. Bay Zoltán 1965 januárja óta, amióta benyújtotta e tárgyban javaslatát az Egyesült Államok Nemzeti Szabványügyi Hivatalához, kitartóan érvelt a rendszer felállítása mellett. 1972 óta Bay eddig nem tapasztalt meggyőződéssel és határozottsággal érvelt és szállt síkra azért, hogy új mértékrendszerét a nemzetközi metrológus közösség elfogadja.

Az *NBS Technical News Bulletin* (Műszaki Hírlevél) (57. 1973. januári száma) a 14. oldalon számol be „Az optikai rezgésszám kísérleti meghatározásá"-ról, amelyet Bay Zoltán, G. G. Luther és J. A. White végzett el, és véleményét a következő megállapításban foglalja össze: „A kísérlet sikere ismét alátámasztja Bay Zoltán korábbi javaslatát, hogy az idő és a hosszúság mértékegységének definíciója összekapcsolható a fény sebességének definícióján keresztül."

Legutóbbi közleményében Bay annak a szilárd meggyőződésének ad hangot, hogy „a fénysebesség adott értéke alapján egységesített idő—hosszúság mértékrendszer lesz a jövő rendszere".[59-60]

Az NBS-ből való nyugdíjba vonulása után Bay folytatta kutatómunkáját a washingtoni Amerikai Egyetem Fizikai Fakultásán (Physical Department of The American University, Washington, D. C.). John A. White-tal (korábbi NBS-beli munkatársával, aki a fizika professzora az Amerikai Egyetem Fizika Fakultásán) közösen végzett kutatásainak fő témája a fény sebességének állandósága, melyet a kísérleti fizika legutóbbi mérései igazoltak. Mivel a fény sebességének invarianciája a relativitáselmélet egyik alapvető posztulátuma, ez a téma szorosan kapcsolódik a speciális relativitáselmélet kísérleti megalapozásának általánosabb kérdéseihez. Persze a fénysebesség állandósága alapvető feltétele az új egységes mértékrendszer bevezetésének is. Mivel Bay és White már bebizonyította, hogy a fény sebessége igen nagy pontossággal független a fény színétől (frekvenciájától), már csak az maradt megválaszolatlan, hogy a fénysebesség mennyire független a Naprendszer mozgásától, illetve a Földnek a Nap körüli keringésétől. Meg kell említeni, hogy az invariancia legpontosabb bizonyítékát azok a radarcsillagászati mérések szolgáltatták, melyek kezdeményezésében Bay úttörő szerepet játszott. [Az első ilyen kísérletet A. A. Michelson végezte 1881-ben, majd E. W. Morley-vel közösen 1887-ben, még fényhullámok interferenciájára alapozva.]

Az elmúlt évtizedben számos jel utalt arra, hogy az új mértékrendszer megvalósulhat. Ezek közül is a legbiztatóbb jel a Nemzeti Fizikai Laboratóriumban (National Physical Laboratory, Teddington, Middlesex, Anglia) dolgozó K. D. Froome igen tekintélyes szakvéleménye volt. Dr. Froome, a világ egyik legnagyobb mérésügyi szaktekintélye a következő megállapítást tette 1972. június

6-án Bay Zoltánhoz írott levelében: „A mi Clive Bradley-nk beszélt nekem az ön fénysebesség-mérési eredményeiről. Kérem, fogadja elismerésemet e jelentős, irányadó kísérlet sikeres végrehajtása alkalmából..." Egy hónappal később, július 4-én K. D. Froome még egy levelet írt e tárgyban Baynak: „...Sajnálattal értesültem, hogy munkája félbeszakad — de legalább kiemelkedő sikert ért el. Mint tudja, teljes mértékben egyetértek a fénysebességnek a rezgésszám-meghatározáson keresztül hosszúságstandardként való felhasználásáról vallott nézeteivel. Egyetértek azzal is, hogy az ön módszere elvezethet ennek az elméletnek a gyakorlati megvalósulásához. Sajnos, egy új standard bármely formában való nemzetközi elismertetése rettenetesen hosszú ideig tarthat! De véleményem az, hogy végül mégiscsak eljön az ideje!"

A javasolt új mértékrendszerrel és a hozzá kapcsolódó fénysebesség-meghatározással kapcsolatos számtalan méltatás közül idézzünk még egy véleményt — Peter L. Benderét, a Colorado Állami Egyetem Asztrofizikai Laboratóriumából (Joint Institute for Laboratory Astrophysics), aki 1972. július 27-én kelt, Dr. Bayhoz írott levelében elsősorban a fénysebesség meghatározását üdvözölte: „Gratulálok az ön, Gabe Luther és John White által végrehajtott rezgésszám- és fénysebességmérésekhez. Az eredmények nagyon jól hangzanak... [és] ...biztosan nagy előrelépést jelentenek bármely korábban publikált fénysebességértékhez képest."[61]

Az utóbbi időben a tudományos világ számos neves intézménye mutat érdeklődést a fizikus életműve iránt. 1978. július 15-én az Edinburgh-i Egyetem a tudományok tiszteletbeli doktora címmel tüntette ki Bay Zoltánt, és ezt a következőkkel indokolta: „Kevesen vannak, akiknek olyan jelentős szerepe van a 20. századi fizikában, mint Bay Zoltánnak. Hosszú pályafutása során szerencsésen ötvözte az elméleti kérdésekkel való megbirkózás képességét a gyakorlati megvalósításhoz való szokatlanul jó érzékkel."[62] 1980-ban a Franklin Institute of Philadelphia (Franklin Intézet, Philadelphia) Dr. Bay Zoltánt és Dr. John White-ot tüntette ki Boyden díjával (Boyden Premium). Ezt az 1859-ben alapított díjat előzőleg csak három ízben (1907-ben, 1939-ben és 1960-ban) ítélték oda olyan vizsgálatok elvégzéséért, amelyek annak megállapítását célozták, hogy minden fizikai sugárzás, különösen a fényé, azonos sebességgel terjed-e. A díjat kísérő indoklás így hangzik: „A probléma elméleti elemzéséért és a metrológiában játszott szerepéért."[63]

Bay Zoltán megkapta a legnagyobb kitüntetéseket, amit á tudományos világ és szülőhazája, Magyarország adhat, beleértve a Magyar Tudományos Akadémia és az Eötvös Loránd Fizikai Társulat tiszteletbeli tagságát.[64] Mindkét rendkívüli eseményre ugyanazon a napon, 1981. május 27-én került sor a Magyar Tudomá-

nyos Akadémián. Beiktatási előadását „A radarcsillagászat és a speciális relativitáselmélet" címmel tartotta az Akadémián, 1981. május 20-án.[65] Ebben részletesen bebizonyítja, hogy a bolygóközi radar és a lézeres Hold-távolságmeghatározás kísérletei a fizika történetében először nyújtanak teljes kísérleti megalapozást a speciális relativitáselmélet Lorentz-csoportja számára. Ez csupán a földi kísérletek alapján nem volt lehetséges. Az ezt követően, 1981. május 22-én az Eötvös Loránd Fizikai Társulatnál tartott előadása egyik fő témájával, a fénysebesség állandóságával foglalkozott.[66] Ebben a dolgozatában Bay kísérleti bizonyítékokat szolgáltatott arra, hogy miközben a Föld kering a Nap körül, a földi laboratóriumokban mért fénysebesség kb. $1/10^{14}$ pontosságon belül állandó. Azzal a már korábban említett eredménnyel együtt, hogy a fénysebesség a fény hullámhosszától (frekvenciájától) $1/10^{20}$ pontosságon belül független, ezek az eredmények a biztosítékai annak, hogy a fénysebesség meghatározott értékén alapuló egységes idő—hosszúság mérési rendszer bevezetése beváltja a hozzá fűzött reményeket. Bay kiemelte ezeknek az eredményeknek a fontosságát, amikor rámutatott: „Egy új mérési rendszer elfogadásakor az egyszerűség és az elméleti szépség nagyon kívánatos. Sokkal fontosabb viszont, hogy a természet törvényei szerint az új rendszer lehetséges-e és beválik-e." Baynak az elmúlt két évtizedben kifejtett tevékenysége a biztosíték arra, hogy az új mértékrendszer megvalósítható.

Az idő előrehaladtával a Nemzeti Laboratóriumok Nemzetközi Közössége (International Community of National Laboratories) egyre inkább hajlott a Bay által 1965 óta szorgalmazott egyesített rendszer bevezetésére. Ezt legjobban Bay egyik leghevesebb ellenzőjének, a kanadai K. M. Bairdnek egyik legutóbbi cikkéből való idézet mutatja. Néhány évvel Bay elleni kirohanása és 1971-es, fentebb idézett cikke után, az optikai rezgésszámok mérésével kezdett foglalkozni és a *Physics Today* (A fizika ma) című folyóirat 1983. januári számában közölt egy cikket „A látható sugárzás rezgésszámának mérése" címmel. Néhány korábbi munka ismertetése után (Bay szerepét meg sem említve) azt írja (53. oldal):

„Valódi áttörés akkor következett be, amikor a rezgésszámméréseket kiterjesztették az optikai tartományra, ahol bizonyos hullámhosszak olyan pontosságig voltak ismertek, amit a termikus átmenetre vonatkoztatva definiált nemzetközi méter határolt be. Bár ezt a korlátot a méternek egy új stabilizált lézervonalon alapuló újradefiniálása fel tudná oldani, más vonzóbb alternatíva is kínálkozik, nevezetesen a c-re egy pontos érték (m/s-ban) konvención alapuló elfogadása, amelynek alapján a $c = f \times lambda$ összefüggés alapján egy ismert frekvenciájú sugárzás hullámhossza automatikusan adódik . . . Jelenleg folyamatban van a nemzetközi méternek a fenti módon való újradefiniálása egy, a CIMP felügyeletével összehangolt program keretében. Az új definíciót előrelát-

hatólag 1983 októberében fogadja el a General Conference of Weights and Measures, CGMP (Súlyok és Mértékegységek Nemzetközi Konferenciája), mégpedig az alábbi formában:

A méter a fény által vákuumban a másodperc 1/299 792 458 része alatt megtett távolság."

Így a métert a fénysebesség definiálása határozza majd meg (jelenleg úgy tűnik, hogy a legutóbbi mérések legjobb átlaga $c = 299\,792\,458$ m/s), és ez az idézet igen határozott 180 fokos fordulatot jelent dr. Bairdnek a Bay Zoltánnal Chicagóban lezajlott első ütközete óta eltelt egy évtized alatt.

El kell azonban ismerni dr. Baird érdemeit az optikai rezgésszámok mérésében. Számos metrológiai szakemberrel együtt ő is csak az ún. „direkt" optikai-rezgésszám-mérést fogadja el, és hajlamos tudomást sem venni Bay mikrohullámú modulációs módszeréről, feltehetően azért, mert ez utóbbi interferométer használatán alapul, és ezáltal függ a tükrök felületének hibáitól. Azonban Bay és munkatársai már bebizonyították, hogy ez a nézet tarthatatlan, mivel a hosszúságmérésben ugyanazok a korlátok érvényesülnek, még akkor is, ha a másodlagos optikai standardok rezgésszáma jobban definiálható. Bay frekvenciamérési módszere jóval egyszerűbb és olcsóbb, és technikája bizonyára tovább tökéletesíthető a jövőben. Lásd Michael J. Moravcsik és K. M. Baird leveleit a *Physics Today* 1983. novemberi számában a 118. oldalon.

Már említettük, és újra meg kell ismételnünk, hogy Bay komolyan foglalkozott azzal, hogy megvizsgálja a fénysebességnek a *kísérletek során tapasztalt állandóságát*. Ezért munkatársával, J. A. White professzorral folytatták vizsgálataikat ebben a témában. Legnagyobb megelégedésükre, a kísérleti eredmények összevetésével be tudták bizonyítani, hogy a fénysebesség állandósága meghaladja az idő- és hosszúságmérés jelenlegi és a belátható jövőben várható pontosságát. A tudományos metrológia más képviselőinek, úgy látszik, nincsenek aggályai ebben a rendkívül fontos kérdésben. Láthatóan megbíznak a relativitáselmélet megkérdőjelezhetetlen érvényességében kísérleti bizonyítékok vagy igen nagy pontosságú mérések nélkül is.

A legutóbbi fejlemény e tárgyban az, hogy a General Conference of Weights and Measures (Súlyok és Mértékegységek Nemzetközi Konferenciája) tizenhetedik ülésén 1983 októberében Párizsban elfogadta az egységes rendszert és megállapította: „A méter a fény által vákuumban a másodperc 1/229 792 456-od része alatt megtett út hossza." Tehát a Bay Zoltán által 1965-ben javasolt mértékrendszert nemzetközileg is elismerték, és ebben Bay tudományos ítélőképessége, előrelátása és az alapvető kérdések vizsgálatára tett erőfeszítései vezető szerepet játszottak.

IX. A TUDÓS-FILOZÓFUS

Érdekes módon a tudósok többsége nem fogalmaz meg vagy nem művel semmiféle filozófiát. Rendszerint egyoldalú karriert futnak be, és ezért annyira szűk szakterületükre koncentrálnak, hogy nem tudják a világot egységes egészként szemlélni. Planck, Einstein, Heisenberg és még néhány más tudós — a ritka kivételek. Bay ebbe az utóbbi kategóriába tartozik. Egész személyisége erre predesztinálta.

Intellektuális fejlődésének korai szakaszában Bay nem tudta eldönteni, hogy milyen pályát válasszon. Körülbelül egy évvel a Református Kollégiumban folytatott tanulmányok befejezése előtt még nagyon határozatlan volt a pályaválasztást illetően. A zeneművészet, különösen a zongorázás bűvöletében élt, amikor elérkezett a zene és a fizika közötti válaszúthoz.

Eötvös Loránd, a máig legnagyobb magyar fizikus munkássága sok fiatal diák pályaválasztásában ösztönző szerepet játszott. Bay Zoltán is ezért választotta a fizikát. Egyetemi tanulmányaival egyidejűleg öt évet töltött az Eötvös-kollégiumban, ezek az évek nagyon termékenyen hatottak gondolkodásmódjának alakulására. Itt, az Eötvös-kollégiumban gyűltek egybe a legjobb diákok nemcsak a természettudományok, hanem a társadalomtudományok területéről is. A különböző szakterületek diákjai között élénk viták alakultak ki, és ezek nagyban hozzájárultak Bay logikus okfejtésének, valamint a tudományos alkotáshoz nélkülözhetetlen képzelőerejének kialakulásához. Ez önmagában is magyarázatot ad arra, hogyan volt képes Bay sikerrel megbirkózni egy sor különböző témával, mind elméleti, mind gyakorlati területen.

Annak ellenére, hogy Bay elég korán eldöntötte, a fizikát tekinti élethivatásának, fenntartotta barátságát a művészekkel, például a zene óriásával, Kodály Zoltánnal, és az irodalom olyan nagyjaival, mint Szabó Lőrinc, Gulyás Pál, Kodolányi János, Móricz Zsigmond, Zilahy Lajos, Németh László, és mindenekelőtt Illyés Gyulával. Ez fokozta az esztétikum iránti igényét és kibővítette látókörét. Több évtizedes barátsága ezekkel a kiemelkedő írókkal és költőkkel

olyan mély nyomokat hagyott benne, hogy fél évszázad múltán kelt visszaemlékezésében is színesen ír róla. Bay „Ember és Világa"[67] című esszéjét olvasva Németh László 1969. január 10-én kelt, Bay Zoltánnak címzett levelében így lelkendezett: „. . .váratlan és igen kellemes meglepetés, hogy egy debreceni diák, Szabó Lőrinc és Gulyás Pál osztálytársa, hazatért a magyar esszéírók nem teljesen méltatlan családjához." Egy újságcikk is dokumentálja Bay zene és irodalom iránti nem lanyhuló rajongását.[68] Az irodalom kiválóságaival kötött szoros barátsága abban is ösztönzően hatott rá, hogy középiskolai éveitől kezdve szenvedélyesen szeretett irodalmi remekműveket elemezni.

Mondani sem kell, hogy Bay szellemi tevékenységének magvát a fizikai világ képében elénk táruló igazság szüntelen keresése alkotta. Sok esetben az igazság keresése túlmutatott a fizika határain. Sok zseniális gondolkodóhoz hasonlóan Bay egyéniségét nem korlátozzák egyetlen tudományág szűk határai. Figyelme mindig az alapvető fontosságú problémák felé fordult. Szüntelenül arra törekedett, hogy tudományos kutatási módszerével az elmélet és gyakorlat egységében megjelenő teljes igazságot derítse fel. Ez a nézőpont, véleményem szerint, túlmutat a világegyetem tisztán természettudományos szemléletén, és a határtalan filozófiai távlatok szférájába vezet.

Bay Zoltán nem hivatásos filozófus. Csupán néhány cikket és előadást szentelt tisztán filozófiai témáknak, de ezek kristálytiszta megállapításokat tartalmaznak, és teljes filozófiai eszmerendszert alkotnak. A természetfilozófiának számos olyan területe van, amellyel behatóan foglalkozott. Említésre méltó, hogy a speciális kutatási témákon túl tevékenysége mindig a természet jelenségeinek, törvényszerűségeinek és különböző összefüggéseinek megértését célozta, és ehhez az elméleti tudás és a gyakorlat összekapcsolásának legcélravezetőbb módszerét választotta. Korai tanulmányai idején a fizika a determinizmuson alapult, amelyet Newton sikerrel alkalmazott a mechanikában, és amelyet később kiterjesztettek a fizika más területeire is. Még a relativitáselmélet is megtartotta a kauzalitás elvét, bár a tér és idő fogalmát megváltoztatta. A modern fizikában bekövetkező alapvető változások megszületésének első biztos jele az volt, hogy a radioaktív bomlás statisztikai törvénye nem engedelmeskedett a kauzalitás elvének.

A döntő változást a tudományos gondolkodásban a kvantummechanika kialakulása jelentette. Kiderült, hogy a kvantumelmélet Schrödinger nevéhez fűződő 1926-os új megfogalmazása nem építhető fel Heisenberg bizonytalansági elve nélkül. Az 1927-ben megfogalmazott elv szerint két kanonikusan konjugált változó értéke még elméletben sem mérhető meg egyidejűleg pontosan. Ez jelezte a fizikában a kauzalitás elvének összeomlását. Ez az elv fontos

központi szerepet játszott Bay későbbi munkásságában és filozófiai gondolkodásmódjában.

Ez arra ösztönözte őt még szegedi éveiben, hogy Bothe és Geiger (1925) nyomdokain haladva olyan kísérleteket végezzen, melyekben tökéletesebb méréstechnikával vizsgálhatja meg, hogy milyen pontossággal teljesül az egyidejűség a Compton-szórásnál. Mint már említettük, ez a kísérlet vezetett később az elektronsokszorozó számlálók alkalmazásával a gyors koincidenciák mérésére szolgáló új módszerhez. Ezeket a kutatásait mindaddig folytatta, míg a George Washington Egyetemen (1955) elért nagyon pontos mérési eredményeit megfelelőnek nem találta.[69]

A fizika alapkérdéseire vonatkozó kísérleteivel párhuzamosan Bay tanulmányozta az új elveknek a filozófiai gondolkodásra gyakorolt hatását is. A legtisztábban filozófiai jellegű munkája talán a fizikai kauzalitás válságáról írt cikke volt. Ez a jól megalapozott és lényegre törő munka a Magyar Tudományos Akadémia által kiadott *Athenaeum*[70] sorozatban jelent meg a harmincas évek közepén. Ebben a kauzalitás problémáját elemzi az új fizika tükrében, és arra a következtetésre jut, hogy a kauzalitás elve a természetről alkotott tudásunknak nem *conditio sine qua non*-ja, mint azt Newton, Kant és követőik egészen a modern fizika hajnaláig hitték. Bay meggyőzően bizonyította, hogy a kvantummechanika segítségével és a kauzalitás elvének alkalmazása nélkül új, abszolút helyes, ellentmondásoktól mentes és a tapasztalatokkal összhangban lévő fizikai világkép építhető fel. A kvantumelmélet akauzális szemszögből való tárgyalásával Bay remekül megmagyarázza az akkoriban új Heisenberg-féle bizonytalansági elv korszakalkotó jelentőségét.

Bay dolgozatának a kvantummechanika ismeretelméleti következményeivel foglalkozó fejezete szintén figyelmet érdemel.

Ebben az összefüggésben Bay elveti az *a priori* szintetikus ítélet kanti elvét, azzal érvelve, hogy ez nem teszi lehetővé a tapasztalati világ ellentmondásoktól mentes értelmezését. Mégis, érdekes módon nem veti el Kantnak azt az alapelvét, amely szerint tudásunk forrása egyrészt az érzékelés, vagyis az érzéki tapasztalat, másrészt az emberi elme különleges tevékenysége. Ennek az alapvető kanti doktrínának az elfogadását tükrözi az is, hogy gyakran felbukkan Baynak az elmélet és a gyakorlati megvalósítás egységét példázó kutatásaiban. Ezen a ponton Bay ismeretelmélete némi rokonságot mutat Comenius fő ismeretelméleti tételével, aki azt vallotta, hogy semmi nem juthat el értelmünkhöz, amit előzőleg nem érzékeltünk.

Bay helyesen ismerte fel az egyes tudományágak viszonylagos önálló státusát, és ezért határozottan tiltakozott a fizika elveinek és módszereinek bármely

más területen való merev alkalmazása ellen. Ez az ismeretelméleti álláspont ma általánosan elfogadott, bár ez a harmincas évek közepén még nem volt így. Akkoriban a tudományfilozófusok zöme a tudás egyetemességének ürügyén a tudás interdiszciplináris jellegére vonatkozóan a helytelen általánosítások csapdájába esett.

Bay nem foglalkozott rendszeresen természetfilozófiával, ezért még inkább meglepő, hogy széles körű áttekintést tudott adni róla. A kiindulópont ismét a kanti ismeretelmélet. Megcáfolja Kant híres doktrínáját a matematika, a tiszta geometria, a tér és az idő *a priori* jellegéről, valamint a kauzalitás elvét mint az emberi gondolkodás *a priori* kategóriáját. Bay ellentétes nézetei abból erednek, hogy elfogadja a huszadik századi természettudomány *a posteriori* okfejtését, amely bebizonyítja, hogy mind a matematika, mind a tiszta geometria a tények (tapasztalat) általánosítása révén jut el az elvekig. Továbbá kifejti, hogy sem a tér, sem az idő nem *a priori* fogalmak, mivel a relativitáselmélet már bebizonyította, hogy nincs külön tér és külön idő, csak egységes téridő, amely olyan egész, melyben sem a tér, sem az idő nem abszolút, hanem egymással való kölcsönhatásukban léteznek. Nagyon valószínű, hogy a térnek és időnek a téridőbe mint egységes egészbe való foglalása Bay filozófiájában, a harmincas évek közepén, képezte az alapját az egységes idő—hosszúság mértékrendszernek. Ez a mértékrendszer a fénysebességen alapult, és Bay 1965-ben tett rá először javaslatot az Egyesült Államok Nemzeti Szabványügyi Hivatalának.

A tudomány mai állásával összhangban Baynak az az álláspontja, hogy a fizika törvényeit nem lehet anyagi alapon felépíteni, mivel az anyag nem változatlan formája a természetnek. Ugyanilyen fontos, hogy a mechanikai determinizmus érvényét vesztette. Heisenberg bizonytalansági elve segítségével már tudjuk, hogy a természeti folyamatok nem eleve elrendeltek, mert a valószínűségszámítás törvényeinek megfelelően mennek végbe. Mivel az anyag nem foglal el központi helyet Bay filozófiájában, kellően hangsúlyozza, hogy vannak törvényszerűségek, melyek a természet minden formájának kiindulópontjául szolgálnak.[71] Végül azt a következtetést vonja le, hogy „a világmindenség lényege a természet törvényeinek koherens rendszere".[72] Nyilvánvaló, hogy ez a mély meggyőződés képezi Bay természetfilozófiájának tartópillérét.

X. EPILÓGUS

Két és fél évtized telt el Bay Zoltán 1948-as Egyesült Államokba való távozása és szülőhazájába, Magyarországra való első, 1973. októberi visszatérése között. Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat rendezésében Szegeden, Debrecenben és Budapesten tartott előadásokat, melyeken elmagyarázta az NBS-ben a fénysebesség meghatározására végzett kísérleteit, és felsorakoztatta érveit az egységes idő—hosszúság mértékrendszer bevezetése mellett.

Egyik előadása után egy régi tanítványa megkérdezte, hogy eljön-e máskor is Magyarországra, ismét előadásokat tartani? Azt válaszolta, hogy feltétlenül szándékában áll újra visszatérni, és mindaddig tart majd előadásokat, amíg valami újat tud mondani.

A következő évben Japánba ment, ahol a tokiói egyetemen bemutatta új mértékrendszerét.

Egy évvel később az Eötvös Loránd Fizikai Társulat hívta meg Bayt, hogy a Társulat Debrecenben (1975 augusztusában) tartott éves ülésén mondja el emlékeit a magyar Hold-visszhang kísérletekről. Az ünnepi ülést a kísérletek 30 éves évfordulója alkalmából rendezték. Egy héttel később Bay Zoltán a Magyar Asztronautikai Társaság felkérésére Budapesten is megismételte az előadást.

Bay 1977-ben újra Magyarországon járt, és a Fizikai Társulat felkérésére Egerben tartott előadást, ahol első alkalommal adott előzetes elemzést a speciális relativitáselmélet teljes kísérleti megalapozását nyújtó radarcsillagászati méréseiről.

A következő évben Bay Angliába ment, ahol — mint már említettük — az Edinburgh-i Egyetem a tudományok tiszteletbeli doktora címmel tüntette ki. Az avatási ceremóniát követően a Fizika Fakultáson a radarcsillagászati mérések most már kifinomultabb elemzéséről tartott előadást, és kifejtette a kapott eredmények és az egységes mértékrendszer megvalósíthatósága közötti összefüggést.

Korábban már szót ejtettünk arról, hogy Bayt mind a Magyar Tudományos Akadémia, mind az Eötvös Loránd Fizikai Társulat tiszteletbeli tagjává választot-

ta. A díszokleveleket a két intézmény az 1981 májusában az Akadémián megtartott közös ülésen ünnepélyes keretek között adta át Bay Zoltánnak. Az Akadémia oklevelét dr. Szentágothai János, a Magyar Tudományos Akadémia elnöke nyújtotta át, aki maga is nemzetközileg elismert szaktekintély a biológiai kutatások terén. Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat nevében Kedves Ferenc, a Társulat alelnöke adta át a tiszteletbeli tagságot jelentő oklevelet. Ezt megelőzően, 1981. május 18-án dr. Almár Iván, a Magyar Asztronautikai Társaság elnöke az 1946-ban végrehajtott úttörő Hold-radarkísérletek elismeréséül a Fonó Albert-emlékérmet adta át Bay Zoltánnak.

Kéthónapos itthonléte alatt, 1981 május—júniusában Bay meglátogatta debreceni *alma materét* is. A híres intézmény professzorai és diákjai egyaránt lelkesedéssel fogadták az egykori diákot. Bay rögtönzött beszédet tartott, és arra biztatta a diákokat, hogy kövessék azoknak a híressé vált elődöknek a példáját, akik évtizedekkel, sőt évszázadokkal ezelőtt ennek az iskolának voltak a diákjai.

1981 júniusában a Fizikai Társulat szegedi szekciója kötetlen beszélgetést szervezett Bay Zoltánnal, melyen beszámolt a közelmúltban folytatott vizsgálatairól. Részt vett a helyi Eötvös-kollégium 50 éves jubileumának megünneplésén is, amelynek egykor — mint a szegedi egyetem elméleti fizika professzora — egyik alapítója volt.

1982-ben Bayt felkérték, hogy tartson előadást a Budapesti Műszaki Egyetemen, ahol 1938-tól 1948-ig az atomfizika professzora volt. Az egyetem ebben az évben ünnepelte fennállásának 200. évfordulóját. Bay Zoltánt kérték fel a Mérnöktovábbképző Intézet első jubileumi előadásának megtartására 1982. szeptember 1-jén. Előadásának címe „A világűrkísérletek alapvető fizikai jelentősége" volt. Beszámolt a speciális relativitáselmélet kísérleti megalapozásához vezető bolygóközi radarmérések elemzéséről, az űrben végzett radarmérésekről, amelyek bebizonyították, hogy a gravitáció értelmezhető a Bolyai János által a múlt században kezdeményezett nemeuklideszi geometria alapján, és a legutóbb „égi Eötvös-kísérletként" felfogható Hold-lézerkísérletekről.

* * *

1990-ben Gyula város tiszteletbeli polgárává választotta. 90. születésnapján a köztársasági elnök kezéből vette át a Magyar Köztársaság Rubintokkal Ékesített Zászlórendjét, amit magyarságát vállalva köszönt meg.

1991-ben az Eötvös Társulat centenáriumára előadással készült, de orvosa már nem engedte repülőre ülni.

1992. október 4-én Washingtonban elhunyt. Végakaratának megfelelően hamvait hazaszállították, és szülőföldjén, Gyulaváriban 1993. április 10-én helyezték örök nyugalomra.[73]

* * *

Teljesen nyilvánvaló, hogy Bay Zoltán kutató szelleme élénk érdeklődéssel fordult a fizikatudomány számos területe felé. Figyelemre méltó, hogy miután jelentős eredményeket ért el az aktív gázok fizikájában, kidolgozta a másodlagos elektronsokszorozás elvén működő gyors atomszámlálás módszerét, korszakalkotó és úttörő űrkísérletek révén mikrohullámú jelekkel elérte a Holdat, nyolcvanas éveihez közel, majd túl, még mindig képes volt két jelentős lépés megtételére; kísérleti bizonyítékkal igazolta a speciális relativitáselméletet és bebizonyította, hogy megvalósítható egy, a fénysebességre mint természeti alapállandóra épülő egységes idő—hosszúság mértékrendszer.

XI. BAY ZOLTÁN MŰVEINEK BIBLIOGRÁFIÁJA

1. Bay Z.: Az átlátszó közegek magnetooptikájának molekuláris elméletéhez. *Akadémiai Értesítő*, **XLIV** (1927) 267.
2. Z. Bay—W. Steiner: Das kontinuierliche Wasserstoffspektrum als Lichtquelle für Absorptionsversuche im Ultraviolett (A folytonos hidrogénszínkép fényforrásként való alkalmazása az ultraibolya tartományban végzett fényelnyelési kísérleteknél). *Zeitschrift für Physik*, **45** (1927) 337.
3. Z. Bay—W. Steiner: Das kontinuierliche Wasserstoffspektrum als Lichtquelle für Absorptionsversuche im Ultraviolett (A folytonos hidrogénszínkép fényforrásként való alkalmazása az ultraibolya tartományban végzett fényelnyelési kísérleteknél). *Zeitschrift für Physik*, **59** (1929) 48.
4. Z. Bay—W. Steiner: Über Schwingungsentladungen im Wasserstoff (A hidrogén rezgéskisüléseiről). *Zeitschrift für Physik*, **34** (1028) 657.
5. Z. Bay—W. Steiner: Über das Verhalten einiger Spektren des Wasserstoffes bei verschiedenen Anregungbedingungen (A hidrogén néhány színképének viselkedése különböző gerjesztési feltételek mellett). *Zeitschrift für Physikalische Chemie*, **B1** (1928) 239.
6. Z. Bay—W. Steiner: Über das Viellinienspektrum und Kontinuum des Wasserstoffes bei verschiedenen Agregungsbedingungen (A hidrogén sokvonalas és folytonos színképe különböző gerjesztési feltételek mellett). *Réun. Int. de Chim. Phys.*, Paris (1928) 462.
7. Z. Bay—W. Steiner: Die Vereinigungsgeschwindigkeit von Wasserstoffatomen (A hidrogénatomok egyesülési sebessége). *Zeitschrift für Physikalische Chemie*, **B2** (1929) 149.
8. Z. Bay—W. Steiner: Über eine spektroskopische Methode zum Nachweis von instabilen Zwischenprodukten in aktivierten Gasen, etc. (Módszer az aktivált gázokban keletkező instabil köztes termékek kimutatására). *Zeitschrift für Physikalische Chemie*, **B3** (1929) 149.

9. Z. Bay—W. Steiner: Über den aktiven Stickstoff (Az aktivált nitrogénről). *Zeitschrift für Elektrochemie*, **35** (1929) 733.
10. Z. Bay—W. Steiner: Über den aktiven Stickstoff (Az aktivált nitrogénről). *Naturwissenschaften*, **17**, 24, (1929) 442.
11. Z. Bay—W. Steiner: Über die Zusammensetzung des aktiven Stickstoffs. (Az aktivált nitrogén összetételéről). *Zeitschrift für Physikalische Chemie*, **B9** (1930) 93.
12. Bay Z.: Nagyintenzitású áramlökések ritkított gázokban. *Akadémiai Értesítő*, **XLVII** (1930) 450.
13. Z. Bay—W. Finkelnburg—W. Steiner: Über ein neues Bandensystem des Wasserstoffes und seine Erzeugungsbedingungen (A hidrogén egy új sávrendszeréről és előállításának feltételeiről). *Zeitschrift für Physikalische Chemie*, **B11** (1931) 351.
14. Bay Z.: A kondenzált kisülések új elmélete és kísérleti megvizsgálása. *Akadémiai Értesítő*, **LI** (1934) 20.
15. Bay Z.: Egy új rendszerű elektrokardiográfiáról. *Orvosi Hetilap*, **LXXVIII** (1934) 50.
16. Bay Z.: Kis mozgásoknak csuklólánc által való nagyításáról. *Akadémiai Értesítő*, **LIII** (1935) 169.
17. Bay Z.: A fizikai kauzalitás válsága. *Athenaeum*, **II** (1935) 79.
18. Z. Bay: Über eine Methode zur mechanischen Vergrösserung von kleinen Bewegungen (A kis mozgások mechanikai úton való felnagyításának módszeréről). *Zeitschrift für Physik*, **100** (1936) 253.
19. Z. Bay: Untersuchungen über die kondensierte Entlandung (A kondenzált kisülés tanulmányozása). *Zeitschrift für Physik*, **102** (1936) 507.
20. Z. Bay—G. Papp—Z. Szepesi: Über die Streuung von Gamma Strahlen (A gamma-sugarak szóródásáról). *Naturwissenschaften*, **25** (1937) 366.
21. Bay Z.: Elektronsokszorozó mint elektronszámláló. *Akadémiai Értesítő*, **LVII** (1938) 533.
22. Z. Bay: Electron Multiplier as an Electron Counting Device (Elektronsokszorozó mint elektronszámláló). *Nature*, **141** (1938) 284.
23. Z. Bay: Electron Multiplier as an Electron Counting Device (Elektronsokszorozó mint elektronszámláló). *Nature*, **141** (1938) 1011.
24. Bay Z.: Egy új elektronszámlálóról. *Technikai Kurír*, **IX** 12 (1938) 89.
25. Z. Bay—Z. Szepesi: Über die Intensitätsverteilung der Compton-Streuung von Gamma Strahlen (A gamma-sugarak Compton-szórásának intenzitáseloszlásáról). *Zeitschrift für Physik*, **112** (1939) 20.

26. Z. Bay—G. Papp: Über den Kerneffekt bei Streuung von Gamma Strahlen (A gamma-sugarak szórásánál fellépő maghatásról). *Zeitschrift für Physik*, **112** (1939) 96.
27. Bay Z.: Nagyenergiájú korpuszkulák és fotonok számlálása elektronsokszorozóval. *Akadémiai Értesítő*, **LIX** (1941) 117.
28. Z. Bay: Elektronenvervielfacher als Elektronenzahler. (Elektronsokszorozó mint elektronszámláló). *Zeitschrift für Physik*, **117** (1941) 227.
29. Z. Bay: Electron Multiplier as an Electron Counting Device (Elektronsokszorozó mint elektronszámláló). *Reviews of Scientific Instruments*, **12**/3 (1941) 127.
30. Bay Z.: Az atomátalakítás elvei és eszközei. *Természettudományi Közlöny*, **10** (1941) 1.
31. Bay Z.: Az atom, a jövő energiaforrása. *Természettudományi Közlöny*, **10** (1941).
32. Bay Z.: Atomfizika. *Mérnöki Továbbképző Intézet*, **VI** (1942) 1.
33. Bay Z.: A rádióhullámok tovaterjedése. *Mérnöki Továbbképző Intézet* **XXVI** (1945) 40.
34. Bay Z.: Atommagfizika. *Mérnöki Továbbképző Intézet*, Monograph 71. (1946).
35. Bay Z.: Az atomkorszak kezdetén. *Természettudomány*, **1—2** (1946).
36. Bay Z.: Hazai mikrohullám-kísérletek. *Elektrotechnika*, **38** (1946) 1—5.
37. Z. Bay: Reflection of Microwaves from the Moon (Mikrohullámok visszaverődése a Holdról). *Acta Physica Hung.*, **1** (1946) 1—22.
38. Bay Z.: A foton. *Természettudomány*, **4** (1948) 1.
39. Z. Bay—G. Papp: Coincidence Device of $10^{-8}-10^{-9}$ Second Resolving Power ($10^{-8}-10^{-9}$ másodperc felbontóképességű koincidenciaberendezés). *Nature*, **161** (1948) 59; *Reviews of Scientific Instruments*, **19** (1948) 565.
40. Z. Bay—G. Papp: A New Coincidence Circuit (Egy új koincidenciakapcsolás). *Bulletin MIT Electronics Conf.* (1950).
41. Z. Bay—M. M. Slawsky: General Relation between Genuine and Chance Coincidences and its Application of Measurement of High Activity Sources (A valódi és véletlen koincidenciák közötti általános összefüggés és alkalmazása a nagy aktivitások mérésében). *Physical Review*, **77** (1950) 414.
42. Z. Bay: Calculation of Dead Times from Coincidence Experiments (Holtidők számítása koincidenciakapcsolásoknál). *Physical Review*, **77** (1950) 419.
43. Z. Bay: New Type of Hight Speed Coincidence Circuit (Új típusú nagysebességű koincidenciakapcsolás). *Physical Review*, **79** (1950) 233
44. Z. Bay—R. R. Meijer—G. Papp: On Measuring Very Short Half-Lives (Nagyon rövid felezési idők méréséről). *Physical Review*, **82** (1951) 754.

45. Z. Bay: Differential Coincidence Counting Method (Koincidenciakülönbségen alapuló számlálási módszer). *Physical Review*, **83** (1951) 242.
46. Z. Bay, G. Papp: On the Probability Distribution of the Number of Secondary Electrons (A másodlagos elektronok számának valószínűségi eloszlásáról). *Bulletin MIT Electronics Conf.* (1951).
47. Z. Bay: A New Type of High Speed Coincidence Circuit (Egy új típusú nagysebességű koincidenciakapcsolás). *Reviews of Scientific Instruments*, **22** (1951) 597.
48. Z. Bay—A. Szent-Györgyi: Window Field in Muscle (Ablakmező az izomban). *Nature*, **167** (1951) 482.
49. Z. Bay—R. R. Meijer—G. Papp: Differencial Coincidence Counting Method (Koincidenciakülönbségen alapuló számlálási módszer). *Nucleonics*, **10**/3 (1952) 39.
50. Z. Bay—W. A. Tanner: Artificial Coincidence with a Single Photomultiplier for Suppressing Dark Current Pulses (Egyetlen fotoelektronsokszorozóval végrehajtott mesterséges koincidencia a sötétáramingadozás csökkentésére). *Nucleonics*, **10**/3 (1952) 40.
51. Z. Bay: Determination of the Resolving Time of Coincidences (Koincidenciák felbontóképességének meghatározása). *Physical Review*, **87** (1952) 194.
52. Z. Bay—V. P. Cleland—F. M. McLernon: Fast Coincidences with Cerenkov Counters (Gyors koincidenciák Cserenkov-számlálókkal). *Physical Review*, **87** (1952) 901.
53. Z. Bay—V. P. Henri—F. McLernon: On the Lifetimes of Excited States of Ni^{60} (A Ni^{60} gerjesztett állapotainak élettartamáról). *Physical Review*, **90** (1953) 371.
54. H. Kanner—Z. Bay—V. P. Henri: Accuracy of Time Measurement by Delayed Coincidences (A késleltetett koincidenciákkal való időmérés pontosságáról). *Physical Review*, **90** (1953) 371.
55. Z. Bay—M. C. Goddal—A. Szent-Györgyi: Transmission of Excitation from the Membrane to Actomyosin (Az ingerületvezetés a membrántól az aktomiozin felé). *Bull. Math. Biophysics*, **15** (1953) 1.
56. Z. Bay—V. P. Henry—F. McLernon: Upper Limits for the Lifetimes of Ni^{60} (A Ni^{60} élettartamának felső határa). *Physical Review*, **97** (1955) 561.
57. Z. Bay—V. P. Henri—F. McLernon: Simultaneity in the Compton Effect (Egyidejűség a Compton-szórásban). *Physical Review*, **97** (1955) 1710.
58. Z. Bay—V. P. Henri—H. Kanner: Statistical Theory of Delayed Coincidence Experiments (Késleltetett koincidenciakísérletek statisztikai elmélete.) *Physical Review*, **100**/4 (1955) 1197.

59. Z. Bay—N. T. Grisamore: High-Speed Flip-Flops for the Millimicrosecond Region (Nagy sebességű flip-flop-körök a millimikroszekundum tartományban). *IRE Transactions on Electronic Computers*, **EC-5**/3 (1956) 125.
60. Z. Bay—N. T. Grisamore: Pulse Generator and High-Speed Memory Circuit (Impulzusgenerátor és a nagysebességű memória-áramkörök.) *IRE Transactions on Electronic Computers*, **EC-5**/4 (1956) 213.
61. Z. Bay: Millimicrosecond Coincidence Circuits (Millimikroszekundumos koincidenciakapcsolások). *Nucelonics*, **14**/5 (1956) 56.
62. Z. Bay: Techniques and Theory of Fast Coincidence Experiments (Invited Paper, Scintillation Counter Symposium, Washington, D. C. 1956.) (A gyors koincidenciakapcsolások elmélete és gyakorlata; felkért előadás a washingtoni Szcintillációs Számlálók Szimpóziumán, 1956-ban.) *IRE Transactions on Nuclear Science*, November, 1956. p. 12. (Ezért a dolgozatáért a szerzőt az IRE Magfizikusok Szakosztályának 1956. évi díjával tüntették ki.)
63. Z. Bay—W. B. Mann—H. H. Seliger: Absolute Measurement of W_{air} for Sulfur-35 Beta Rays. (A ^{35}S béta-sugarak $W_{levegő}$ értékének pontos mérése). *Radiation Research*, **7** (1957) 558.
64. Z. Bay—H. H. Seliger: Absolute Measurement of W_{air} for Po^{210} Alpha Particles (A ^{210}Po alfa-részecskék $W_{levegő}$ értékének pontos mérése). *Alpha Radiation Research*, **9** (1958) 90. (Abstract).
65. Z. Bay—F. D. McLernon: A Time Delays to Amplitude Converter (Késleltetett amlitúdókonverter). *Bulletin, Fast Pulse Techniques in Nuclear Counting* UCRL-8706, Berkeley, California, 1959.
66. Z. Bay—P. A. Newmann: Comparison of the Ionization Produced in Air by Alpha Particles near 5 MeV and by Beta Particles (A kb. 5 MeV-os alfa-részecskék és a béta-részecskék által levegőben kiváltott ionizáció összehasonlítása). *Bull. Am. Phys. Soc.* **4,** (1959) A8. (Abstract).
67. Z. Bay—F. D. McLernon—P. A. Newmann: Fast Counting of Alpha Particles in an Air Ionization Chamber (Alfa-részecskék gyors számlálása levegőionizációs kamrában). *Bull. Am. Phys. Soc. Ser.* II, **5,** K 10 (1960) 355. (Abstract).
68. Z. Bay—H. H. Seliger: Collection of Ions Produced by Alpha Particles in Air (Alfa-részecskék által levegőben termelt ionok összegyűjtése). *Physical Review*, **120** (1960) 141.
69. Z. Bay—F. D. McLernon—P. A. Newmann: Fast Counting of Alpha Particles in Air Ionization Chambers (Alfa-részecskék gyors számlálása levegőionizációs kamrában). J. of Res. N BS, **65C,** No. 1 (1961) 51.
70. Z. Bay—P. A. Newmann—H. H. Seliger: Absolute Measurement of W for Po^{210} Alpha Particles in Air, Nitrogen, and Carbon Dioxide. (A ^{210}Po alfa-

részecskék W értékének pontos mérése levegőben, nitrogénben és szén-dioxidban). *Radiation Research*, **14**/5 (1961) 551.

71. Z. Bay—P. A. Newmann: Comparison of the Ionization Produced in Air by Alpha Particles near 5 MeV and be Beta Particles (A kb. 5 MeV-os alfa-részecskék és a béta-részecskék által levegőben kiváltott ionizáció összehasonlítása). *Radiation Research*, **14**/4 (1961) 566.
72. J. Avery—Z. Bay—A. Szent-Györgyi: On the Energy Transfer in Biological Systems (A biológiai rendszerekben való energiaátadásról). *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, **47**, No. 11 (1961) 1742.
73. Z. Bay—R. M. Pearlstein: Search for Slow Component in Alpha Ionization (Egy lassú komponens keresése az alfa-ionizációban). *Physical Review*, **130** (1963) 223—227.
74. Z. Bay—P. S. Faragó: Remarks on Coincidence Experiments with Visible Light (Észrevételek a látható fénnyel végzett koincidenciakísérletekkel kapcsolatban). *Proceedings of the Royal Soc., Edinburgh*, **66**, Part II, No. 1 (1963) 111—115.
75. Z. Bay—R. M. Pearlstein: Delocalized Versus Localized Pictures in Resonance Energy Transfer (Delokalizált kontra lokalizált képek a rezonanciaenergia átvitelében). *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, **50** (1963) 962.
76. Z. Bay—R. M. Pearlstein: A Theory of Energy Transfer in the Photosynthetic Unit (A fotoszintézis helyén végbemenő energiaátadás lehetséges elmélete). *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, **50** (1963) 1071.
77. Z. Bay—G. Papp: Determination of the Probability Distribution of the Number of Secondary Electrons (A szekunder elektronok száma valószínűségi eloszlásának meghatározása). *IEEE Transaction on Nuclear Science*, **NS-11**/3 (1964) 160.
78. Z. Bay—H. S. Boyne: The Use of Terahertz Photobeats for Precise Velocity-of-Light Measurements. (A terahertzes fénylebegés felhasználása pontos fénysebesség-mérésekben). *Rendiconti Scuola Intern. di Fisica E. Fermi*, **XXXI** (1964) 352.
79. Z. Bay—F. D. McLernon: Absolute Measurement of W for Polonium-210 Alpha Particles in Nitrogen, Argon, and an Argon-Methane Mixture. (A ^{210}Po alfa-részecskék W értékének pontos mérése levegőben, nitrogénben és argon-metán elegyben). *Radiation Research*, **24**/1 (1965) 1.
80. Z. Bay—G. G. Luther: Locking a Laser Frequency to the Time Standard (Egy lézerfrekvencia és az időstandard összekapcsolása). *Applied Physics Letters*, **13**/3 (1968) 303.

81. Z. Bay—G. G. Luther: Microwave Modulation of Laser Light for the Determination of Light Frequencies (A lézerfény mikrohullámú modulálása az optikai rezgésszámok meghatározásához). *Bull. Am. Phys. Soc.*, Ser. II, **14**, No. 4 (1969) 620.
82. Bay Z.: Az ember és világa. A kozmológia mai problémái. *Új Látóhatár*, 1968. március—április.
83. Z. Bay—G. G. Luther: Progrès dans la mesure des fréquences optiques et de la vitesse de la lumière par la téchnique de modulation en hyperfréquence de la lumière laser (Előrelépés az optikairezgésszám-meghatározás és a fénysebességmérés területén mikrohullámmal modulált lézerfény alkalmazásával). Comité Consultatif pour la Définition du Mètre, Bureau International des Poids et Mesures, Pavillon de Breteuil, F 92-Sèvres, France.
84. Z. Bay: The Use of Microwave Modulation of Lasers for Length Measurement (A lézerfény mikrohullámú modulációjának alkalmazása hosszúságméréseknél). In: *Precision Measurements and Fundamental Constants*, edited by N. D. Langenberg and B. N. Taylor, NBS Spec. Publ. 343 (U. S. GPO, Washington, D. C.) 1971, p. 59.
85. Z. Bay—G. G. Luther: The Measuring of Optical Frequencies and the Velocity of Light. (Optikai rezgésszámok és a fénysebesség mérése). In: *Precision Measurements and Fundamental Constants*, edited by N. D. Langenberg and B. N. Taylor NBS Spec. Publ. 343 (U. S. GPO, Washington, D. C.) 1971. p. 63.
86. Z. Bay: The Constancy of the Velocity of Light and Prospects for a Unified Standardization of Time, Frequency and Lenght (A fénysebesség állandósága és a rezgésidő és a hosszúság egységes standardizálásának esélyei). *Proceedings of the Fourth International Conference on Atomic Masses and Fundamental Constants*. Teddington, England, September 1971, edited by J. H. Sanders and A. H. Wapstra. Plenum Press, New York, 1972, p. 334.
87. Z. Bay—J. A. White: Frequency Dependence of the Speed of Light in Space (A fénysebesség frekvenciafüggése az űrben). *Physical Review*, D, **5**/4 (1972) 796.
88. Z. Bay—G. G. Luther—J. A. White: Measurement of an Optical Frequency and the Speed of Light (Egy optikairezgésszám-mérés és a fény sebessége). *Physical Review Letters*, **29**/3 (1972) 189.
89. Bay Z.: A fénysebesség állandósága és az egységes idő—frekvencia—hosszúság szabványra irányuló törekvések. *Fizikai Szemle*, **XXII** (1972) 129.
90. Z. Bay—J. A. White: The Speed of Light and the New Meter. (A fénysebesség és az új méter). *Acta Physica Hung.*, **36** (1974) 91.

91. Z. Bay—J. A. White: The Speed of Light and the New Meter. (A fénysebesség és az új méter). *Physics Today*, April (1974) 9.
92. Bay Z.: Az ember és világa. Az élet keletkezése és a természetfilozófia néhány kérdése. *Ötágú Síp*, **I**/5—6 (1974) 380.
93. Bay Z.: A fénysebesség és az új méter. *Fizikai Szemle*, **XXIV** (1974) 103.
94. Bay Z.: Visszaemlékezés a magyar Hold-visszhang-kísérletekre. *Fizikai Szemle*, **XXVI** (1976) 41.
95. Bay Z.: A fényreszabott méter. *Természet Világa*, **111** (1980) 312.
96. Bay Z.: Az ember és világa. A kozmológia mai problémái, I. *Természet Világa*, **112** (1981) 208.
97. Bay Z.: Az ember és világa. A kozmológia mai problémái II. *Természet Világa*, **112** (1981) 260.
98. Bay Z.: Mennyire állandó a fény sebessége? *Fizikai Szemle*, **XXXI** (1981) 281.
99. Z. Bay—J. A. White: Radar Astronomy and the Special Theory of Relativity (A radarcsillagászat és a speciális relativitáselmélet). *Acta Physica Hung.* **51** (1981) 273.
100. Bay Z.: A világűrkísérletek alapvető fizikai jelentősége. *Természet Világa*, **113** (1982) 534.
101. Bay Z.: Beszéd a Debreceni Kollégiumban. *Reformátusok Lapja*, 1981.
102. Bay Z.: Emlékeim Szent-Györgyi Albertről. *Valóság*, **32** (1983. november).
103. Bay Z.: Üzenet a magyar fizikatanároknak. Fizikatanári Ankét, Debrecen, 1984.
104. Bay Z.: *A Hold-visszhangtól az új méterig*. Kriterion, Bukarest, 1985.
105. Bay Z.: Új méter, új kutatás. *Fizikai Szemle*, **XXXVI** (1986) 361.
106. Bay Z.: Emlékeim a debreceni Református Kollégiumról. *Fizikai Szemle*, **XXXVIII** (1988) 441.
107. Z. Bay—J. A. White: Kinematics and Theory of Relativity. *Acta Physica Hung.*, **64** (1988) 27.
108. Bay Z.: *Válogatott tanulmányok*. Gondolat, Budapest, 1988.
109. Bay Z.: Két kézszorítás, és ami mögötte volt. *Fizikai Szemle*, **XXXIX** (1989) 81.
110. Bay Z.: A Tungsram sorsa a negyvenes években I—II. *Fizikai Szemle*, **XXXIX** (1989) 121, 173, 210.
111. Bay Z.: A világűrkísérletek jövője. *Fizikai Szemle*, **XL** (1990) 361.
112. Bay Z.: *Az élet erősebb*. Püski, Budapest, 1990.
113. Bay Z.: Az egyirányú fénysebesség. *Fizikai Szemle*, **XLIII** (1993) 70.

FÜGGELÉK

Leipzig 5. 5. 41.

Sehr geehrter lieber Herr Bay!

Sie haben in Budapest in so rührender Weise für mich gesorgt, soviel Zeit und Mühe dafür verwendet, den Aufenthalt für mich schön zu machen, dass ich Ihnen von Herzen danken möchte für alle Gastfreundschaft, die Sie mir erwiesen haben. Ich denke an den herrlichen Aufflug zum Lehstein Sonntag, die Besuche von Jancsó bei, den Spaziergang auf den Hegyestetőn und I denke ich noch oft zurück. Auch die Arbeit in Ihrem Laboratorium und die Besichtigung Ihrer Fabrik in Budapest wird für mich ein grosser Eindruck gewesen. Also haben Sie für dies alles vielen Dank und denken Sie bitte auch den Kollegen, die so freundlich zu mir waren, in meinem Namen.

Mit den besten Wünschen für Sie und Ihre Frau Gemahlin

Ihr sehr ergebener

Werner Heisenberg.

1. Werner Heisenberg 1941. május 5-én kelt levele Lipcséből, melyben köszönetét fejezi ki Bay Zoltánnak a budapesti tudományos eszmecserék és a látogatás megszervezéséért

Leipzig 6.12.42.

Lieber Herr Bay!

Gestern morgen bin ich gut hier angekommen und ich möchte Ihnen und Ihrer Frau Gemahlin nochmals herzlich für alle Hilfe und alle Gastfreundschaft danken. Auch die Photozelle ist gut angekommen, ich werde sie morgen Herrn Bohnenn übergeben, der Ihnen dann gelegentlich schreiben wird. Sie sind Ihnen sehr dankbar für die Möglichkeit, mit dem von Ihnen gebauten Instrument Versuche anstellen.

Über die Ergebnisse unserer Rundfunkgespräche am Donnerstag wird sich meine Frau an Weihnachten sicher sehr freuen. Ich habe in diesem Zusammenhang aber noch eine kleine Bitte: Beim Übergang über die Grenze wurde mir mitgeteilt, dass ich das Porzellan nur dann

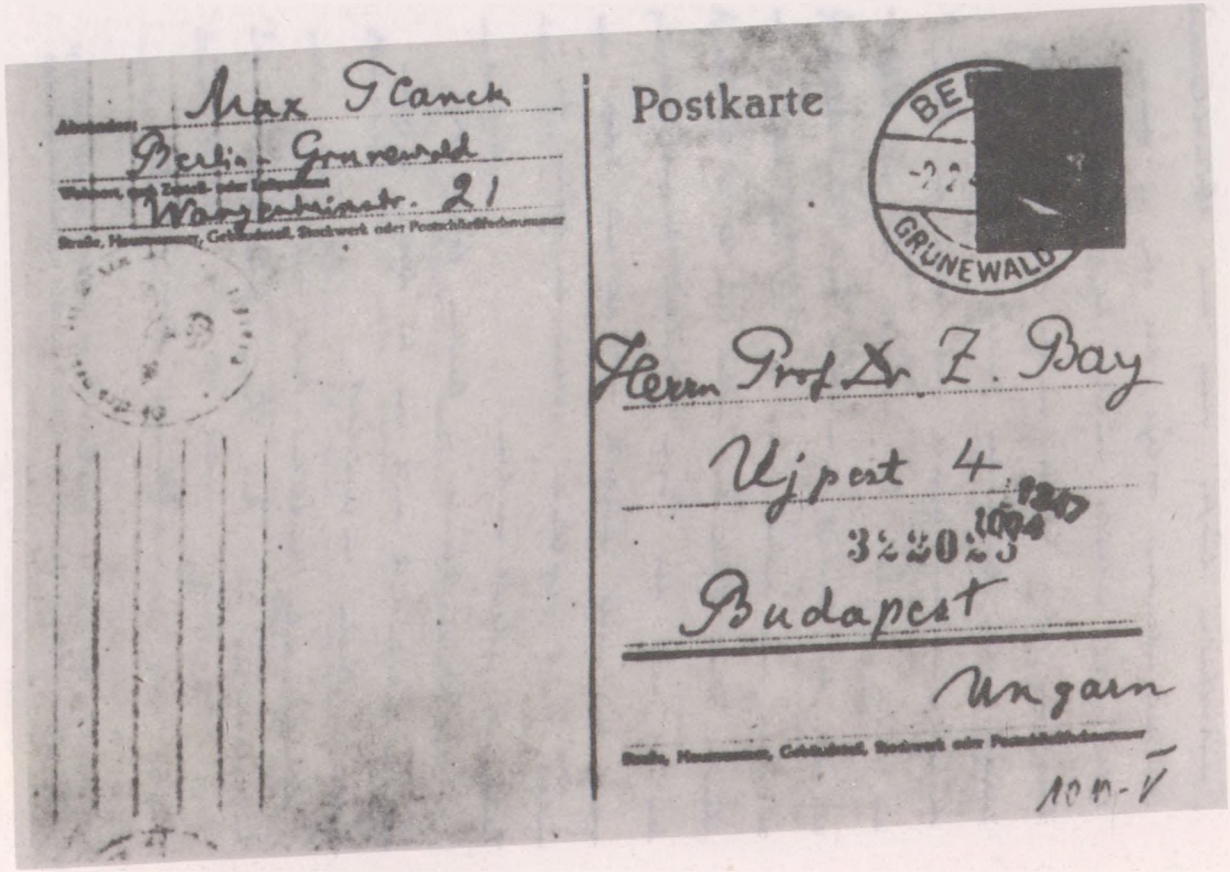
mitnehmen könnte, wenn eine Abrechnung
der Fabrikation vorläge; die aber in diesem
Falle wohl erteilt würde. Ich wurde das
Porzellan also leider wieder an den Geschäft
zurückschicken, damit das Geschäft zunächst die
Fabrikationsnummer erwirbt und dann die Sachen
an mich schickt. Ich möchte Sie nun bitten,
einmal das Geschäft anzurufen und den Leuten
zu sagen, sie müssten so tun, wie ich eben
schrieb. Beim Abschicken sollen sie es so einrichten,
dass ich hier das Paket bekommen kann, oder-
wenn das nicht möglich ist – das eine oder
andere Stück verlieren, sodass die Kosten des
Transports gedeckt werden.

Auf Ihren Besuch in Berlin freuen wir
uns sehr, hoffentlich wird wir bis dahin eingerichtet
in Berlin eingerichtet.

Nochmals vielen herzlichen Dank und viele
Empfehlungen an Ihre Frau Gemahlin!

Ihr
Werner Heisenberg

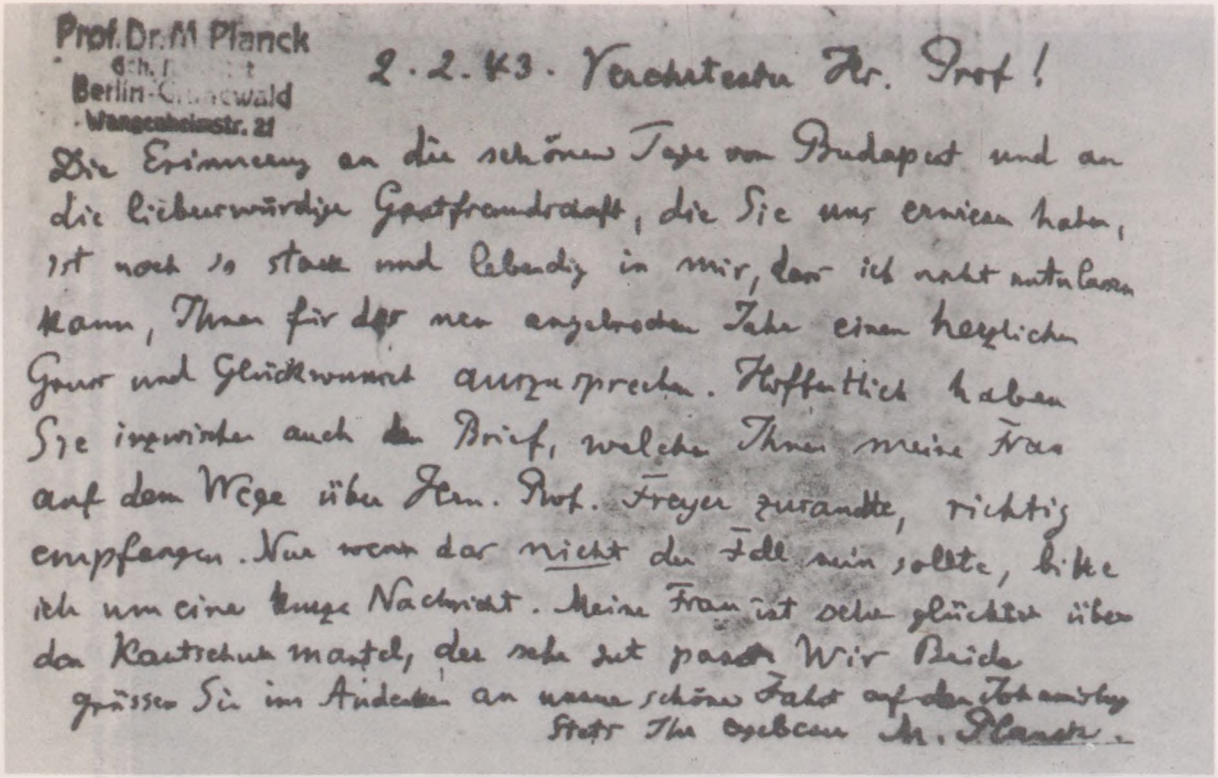
2. Werner Heisenberg 1942. június 12-én, Lipcsében kelt levele, melyben köszönetét fejezi ki az elektronsokszorozó-számlálókért, amelyeket Bay küldött a kozmikus sugárzások vizsgálatához


Absender: Max Planck
Berlin-Grunewald
Wohnort und Zustell-Postamt
Wangenheimstr. 21
Straße, Hausnummer, Gebäudeteil, Stockwerk oder Postschließfachnummer

Postkarte

BE[redacted]
-22[redacted]
GRUNEWALD

Herrn Prof. Dr. Z. Bay
Ujpest 4
322023
Budapest
Ungarn
Straße, Hausnummer, Gebäudeteil, Stockwerk oder Postschließfachnummer
10 H-V



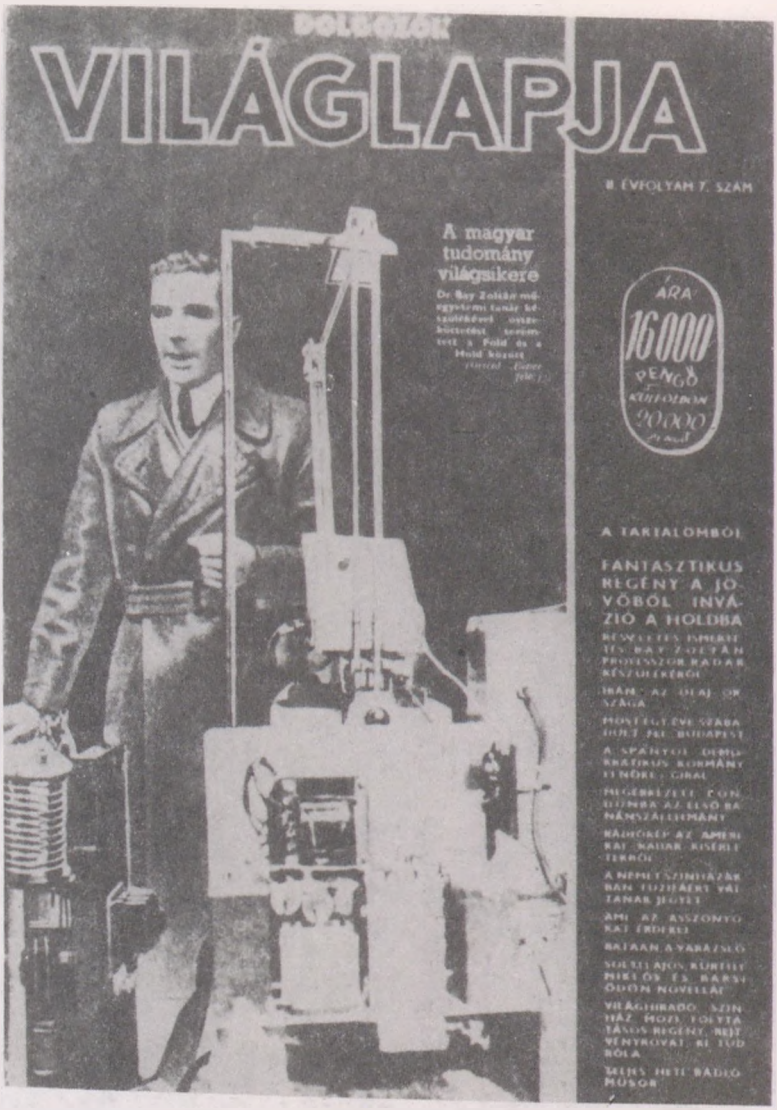
Prof. Dr. M. Planck
Geh. Rat
Berlin-Grunewald
Wangenheimstr. 21

2. 2. 43. Verehrter Hr. Prof!

Die Erinnerung an die schönen Tage von Budapest und an die liebenswürdige Gastfreundschaft, die Sie uns erwiesen haben, ist noch so stark und lebendig in mir, dass ich nicht unterlassen kann, Ihnen für das neu angebrochene Jahr einen herzlichen Gruss und Glückwunsch auszusprechen. Hoffentlich haben Sie inzwischen auch den Brief, welchen Ihnen meine Frau auf dem Wege über Herrn. Prof. Freyer zuwandte, richtig empfangen. Nur wenn das nicht der Fall sein sollte, bitte ich um eine kurze Nachricht. Meine Frau ist sehr glücklich über den Kautschukmantel, der sehr gut passt. Wir Beide grüssen Sie im Andenken an unsere schöne Zeit auf der Jahrestagung

Stets Ihr ergebener M. Planck.

3. Max Planck 1943. február 2-án kelt levelezőlapja, melyben köszönetét fejezi ki Bay Zoltánnak azért, hogy tudományos eszmecseréket szervezett Budapesten, és azért a szívélyességért, mellyel neki és feleségének bemutatta az országot



4. Címlapkép a sajtóból az úttörő Hold-radarkísérletek alkalmából (*Jövendő*, 1946. február 14). Bay Zoltán bemutatja a berendezés részeit

5. Címlapkép a sajtóból az úttörő Hold-radarkísérletek alkalmából (*Dolgozók Világlapja*, 1946. február 16). Bay Zoltán elmagyarázza a kísérlet lényegét

Los Alamos, 1973 június 21, kedd

Kedves Zoltán!

Mégegyszer meg szeretném Neked mondani, hogy mennyire örültem, hogy elutazásom előtt találkozhattunk, és hogy volt egy alkalmunk az "electron multiplier" és a számológép problémaköröknek és ezeknek az érintkezési pontjairól beszélgetnünk. Tisztán látom, hogy lényeges dolgokat tanultam Tőled, és a meggyőződésem egyre erősebb, hogy az "electron multiplier" a számológépek terén a jövőben valószínűleg lényeges szerepet fog játszani.

Időközben tovább gondolkodtam a rácsos (vegyített) "el. mult." lehetőségeiről, és arra a meggyőződésre jutottam hogy a legokosabb, ha mégis szóban írok az ONR mathematikai osztályfőnökének, Dr. Reesnek. Ezt ma megtettem. A lehető legerősebben a figyelmébe ajánlottam a Te "el. mult." projektedet. Ill. hálás lennék Neked, ha megírnád nekem, hogy az ONR-el való tárgyalásaid

2./ egyébként hogy haladnak.

Még egy ~~[illegible]~~ kormány-körökben ismerős csoportról azt hiszem, hogy röviden érdeklődést fog mutatni az "el. mult." - jelek iránt, de erről inkább akkor referálok bővebben, ha konkrétabb formát ölt.

A visszatérésig és viszontlátásig, sokszor üdvözöl

Igaz híved

(Neumann) János.

P.S. A postám via Princeton mindig minimális halasztással elér.

6. Neumann János 1949. június 21-én, Los Alamosban (New Mexico) kelt levele, melyben köszönetet mond Bay Zoltánnak korábbi beszélgetéseik során adott tanácsáért, hogy a komputerek felgyorsítására rácsvezérelt elektronsokszorozókat kellene építeni

SMITHSONIAN INSTITUTION
UNITED STATES NATIONAL MUSEUM
WASHINGTON 25 D. C.

DEC - 8 1964

Dr. Zoltan Bay
National Bureau of Standards
Washington, D. C.

Dear Dr. Bay:

It is with great pleasure that I acknowledge on behalf of the United States National Museum, the first high vacuum electron multiplying tube developed by you at the Institute of Atomic Physics of the Royal Hungarian University and reported in Nature 141, 284 and 1011 (1938) and the Review of Scientific Instruments 12, No. 3 March 1941, page 127.

It is a special privilege to be entrusted with this apparatus, representing, as it does, a turning point in the development of instruments for the counting of elementary particles and photos.

Yours sincerely,

P. W. Bishop, Chairman
Department of Arts & Manufactures

7. A Smithsonian Institution (Washington, D. C.) 1964. december 8-án kelt visszaigazoló levele, melyben köszönetet mondanak az Egyesült Államok Nemzeti Múzeumának adományozott elektronsokszorozókért

Tudd be ennek a pályán megszokott szorgalmas
gaszat, hogy most ezek bolyongásait kiszűrni szint-
kettőtökre s a gondosan kezelemmel korszakon meg,
ennek kettős órán volt szükséges: az igen kaptam az
a fiatal érdeklődőjeitől lassan tisztuló kérdéseivel
egy hosszú, világos áttekintést – s külön ~~szép volt~~ melegítő,
hogy ennek az volt delszenai díjat, Szabó Lőrincet
Gabó Pál antológiájára lett volna a magyar esszé
csúcsa ő se gáz mellettem cuki díjára.

Meg levélkéjét ölel; fiaiegyetemek tőzsdéjét
küldi

Szabó.

Budapest 1969 június 10.

8. Németh László 1969. június 10-én, Budapesten kelt levele, melyben az író elismerését fejezi ki Bay Zoltán egyik cikkéért, amely azon kívül, hogy érthetően tárgyalja a kozmológia legújabb elméleteit, azt is bizonyítja, hogy Bay kitűnő esszéíró

KDF/DMI

Department of Trade and Industry

NATIONAL PHYSICAL LABORATORY

TEDDINGTON, Middlesex, England

Telex: 262344 Telegrams: Bushylab, Teddington, Telex

Telephone: 01-977 3222, ext. 3037

Please address any reply to THE DIRECTOR and quote: NPU 38/01

Your reference:

Division of Quantum Metrology

4 July 1972

Dear Dr Bay

Thank you for your letter, and reprints, of 23 June. I was sorry to hear that your work is to cease - but at least you have achieved an outstanding success.

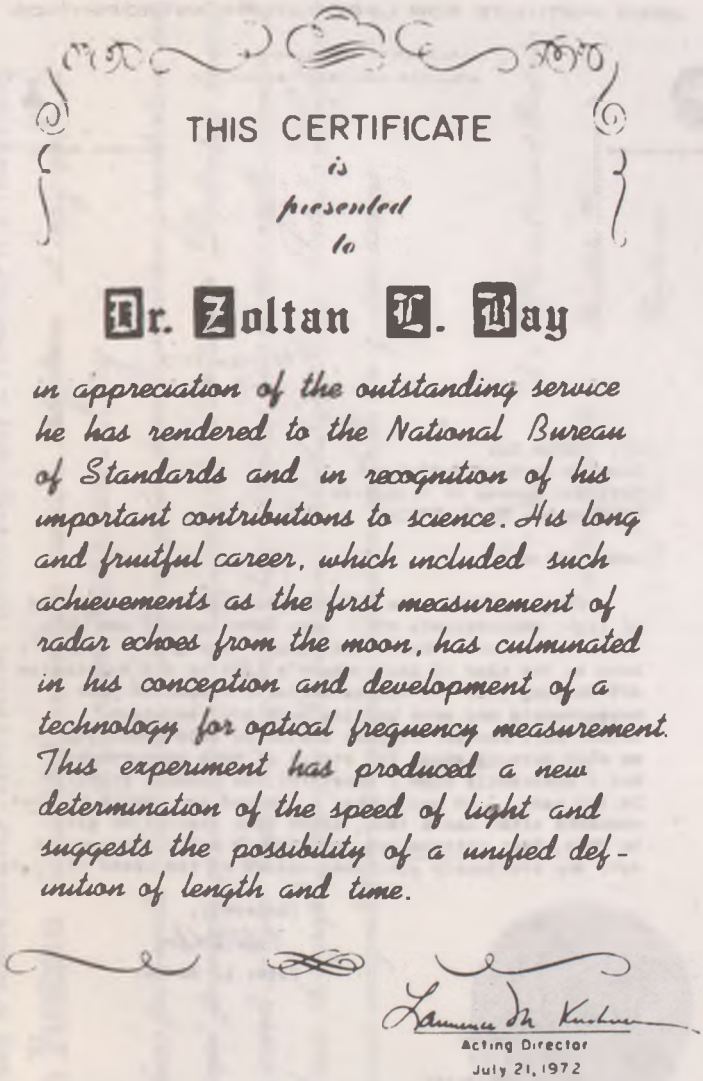
As you know, I agree entirely with your views on utilising the velocity of light as a length standard via frequency measurement. I also agree that your method can lead to a practical realisation of this ideal. Unfortunately any form of international adoption of a new standard can take an astonishingly long time! But I think it will come in the end.

Yours sincerely

K D Froome

Dr Z. Bay
Quantum Metrology Section
Optical Physics Division, LBS
National Bureau of Standards
Washington D.C. 20234
USA.

9. K. D. Froome 1972. július 14-én, Teddingtonban (Middlesex, Anglia) kelt levele, melyben egyetértéséről biztosítja Bay Zoltánt a fénysebességnek hosszúságstandardként váló alkalmazásával kapcsolatos nézeteiért. Kifejti, hogy Bay módszere elvezethet ennek az elvnek a gyakorlati megvalósulásához



THIS CERTIFICATE
is
presented
to

Dr. Zoltan L. Bay

in appreciation of the outstanding service he has rendered to the National Bureau of Standards and in recognition of his important contributions to science. His long and fruitful career, which included such achievements as the first measurement of radar echoes from the moon, has culminated in his conception and development of a technology for optical frequency measurement. This experiment has produced a new determination of the speed of light and suggests the possibility of a unified definition of length and time.

Acting Director
July 21, 1972

10. A National Bureau of Standards (Washington, D. C.) oklevele, amelyet a tudomány haladása érdekében kifejtett tevékenység elismeréseként ítéltek oda Bay Zoltánnak és munkatársainak

JOINT INSTITUTE FOR LABORATORY ASTROPHYSICS

UNIVERSITY OF COLORADO
BOULDER COLORADO 80302

UNIVERSITY OF COLORADO

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS

27 July 1972

Dr. Zoltan Bay
Quantum Metrology Division
National Bureau of Standards
Washington, D. C. 20234

Dear Zoltan:

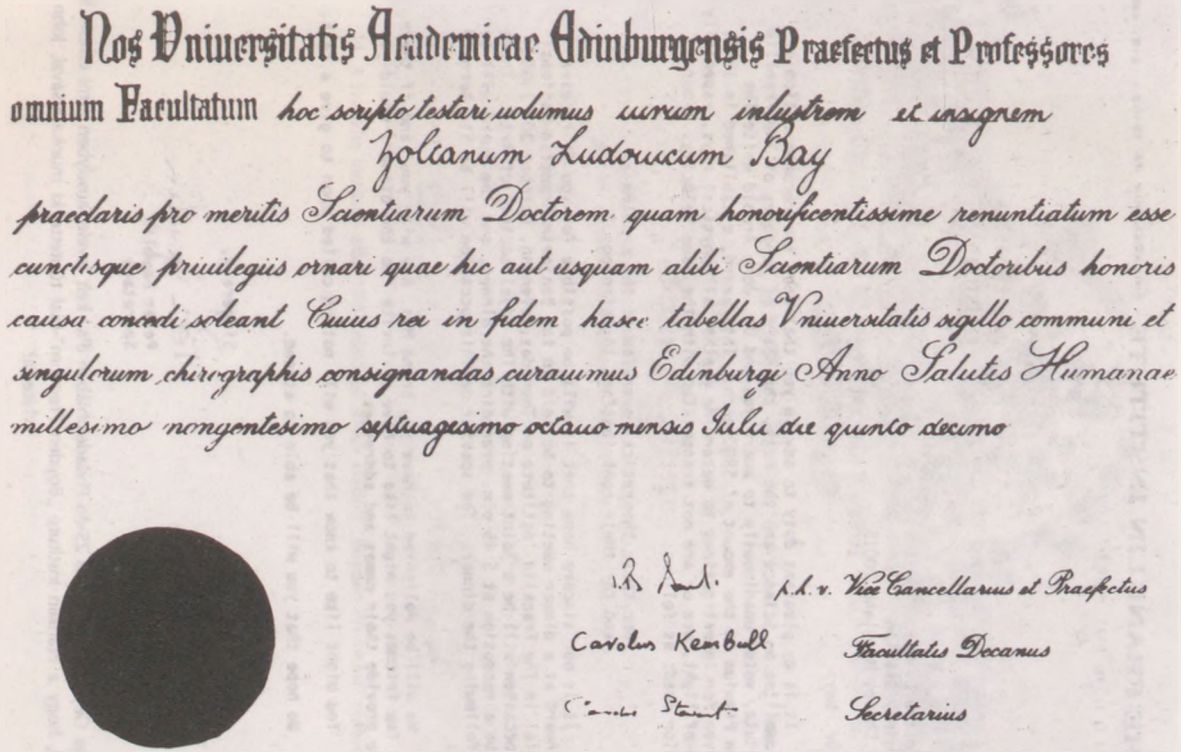
Congratulations on the optical frequency and speed of light measurements which you, Gabe Luther, and John White have done. The results sound very good. I didn't know at the time of Ken Evenson's talk at the Washington APS Meeting that you had essentially completed your measurements and were getting such good accuracy. Either Karl Kessler or Dick Deslattes said something to me that morning about the status of your measurements, but I apparently didn't interpret the comment properly. In any case, I am sorry that I limited the length of your comments after Ken's talk, since your results as given in Phys. Rev. Letters are certainly a major improvement over any previously published values of the speed of light.

Sincerely,

Peter L. Bender

PLB:ob
cc: G. G. Luther
J. A. White
R. D. Deslattes

11. Peter L. Bender 1972. július 27-én, Boulderben (Colorado) kelt levele, melyben gratulál Bay Zoltánnak és munkatársainak optikairezgésszám- és fénysebességméréseik alkalmából



Nos Vniuersitatis Academicae Edinburgensis Praefectus et Professores omnium Facultatum hoc scripto testari volumus virum inlustrem et insignem

Zoltanum Ludovicum Bay

praeclaris pro meritis Scientiarum Doctorem quam honorificentissime renuntiatum esse cunctisque priuilegiis ornari quae hic aut usquam alibi Scientiarum Doctoribus honoris causa concedi soleant Cuius rei in fidem hasce tabellas Vniuersitatis sigillo communi et singulorum chirographis consignandas curauimus Edinburgi Anno Salutis Humanae millesimo nongentesimo septuagesimo octauo mensis Iulii die quinto decimo

p.l.v. Vice Cancellarius et Praefectus

Carolus Kemball — Facultatis Decanus

Secretarius

12. Az Edinburghi Egyetem által 1978. július 15-én Bay Zoltánnak adományozott tiszteletbeli doktori diploma

THE FRANKLIN INSTITUTE · PHILADELPHIA PA 19103 · (215) 448 1000

OFFICE OF THE SECRETARY

July 25, 1980

REGISTERED

Dr. Zoltan L. Bay
151 Quincy Station
Chevy Chase, Maryland 20015

Dear Dr. Bay:

It is my pleasant duty to advise you that upon the recommendation of our Committee on Science and the Arts, the Board of Managers of The Franklin Institute, voted unanimously to award you and Dr. John Arnold White The Boyden Premium in the amount of $500 each. This award, established in 1859, is given for investigations to determine whether all physical rays, especially those of light, are or are not transmitted with the same velocity. Your citation reads as follows:

"For their theoretical overview of the problem
and for their contributions to metrology."

It is our sincere hope that it will be possible for you to receive this Award at a dinner meeting to be held in the Benjamin Franklin National Memorial in The Franklin Institute on Thursday, evening, Octobet 30, 1980. This occasion will be a joint meeting with The Royal Society of Arts. There will be a reception at 5:45 p.m. preceding the dinner, and the award will be made following the dinner. The speaker on this occasion will be Sir Bernard Lovell.

We will be delighted to have you bring Mrs. Bay with you, and if there are a few friends you might like to have us invite to the dinner, would you please provide their names and addresses.

You might like to know that you will not be called upon to give a talk.

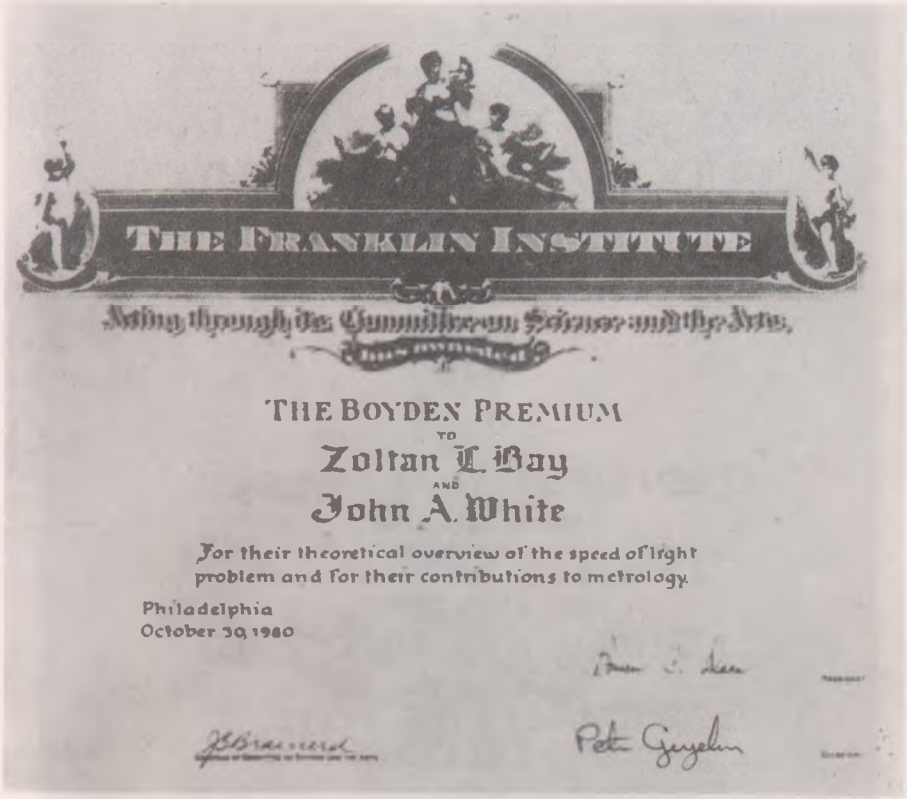
We hope that you will be able to attend.

Sincerely,

Peter Geyelin

Peter Geyelin
Secretary

13. Peter Geyelin 1980. július 25-én Philadelphiában (Pa.) kelt levele, amelyben arról értesíti Bay Zoltánt, hogy a Franklin Institute „Boyden Premium"-mal tüntette ki munkatársával, John A. White-tal



THE FRANKLIN INSTITUTE

Acting through its Committee on Science and the Arts,

THE BOYDEN PREMIUM

TO

Zoltan L. Bay

AND

John A. White

For their theoretical overview of the speed of light problem and for their contributions to metrology.

Philadelphia
October 30, 1980

14. A Franklin Institute által 1980. október 30-án átadott „Boyden Premium" oklevele

A MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
141. KÖZGYŰLÉSE
MEGÁLLAPÍTJA, HOGY

Bay Zoltán

AKIT

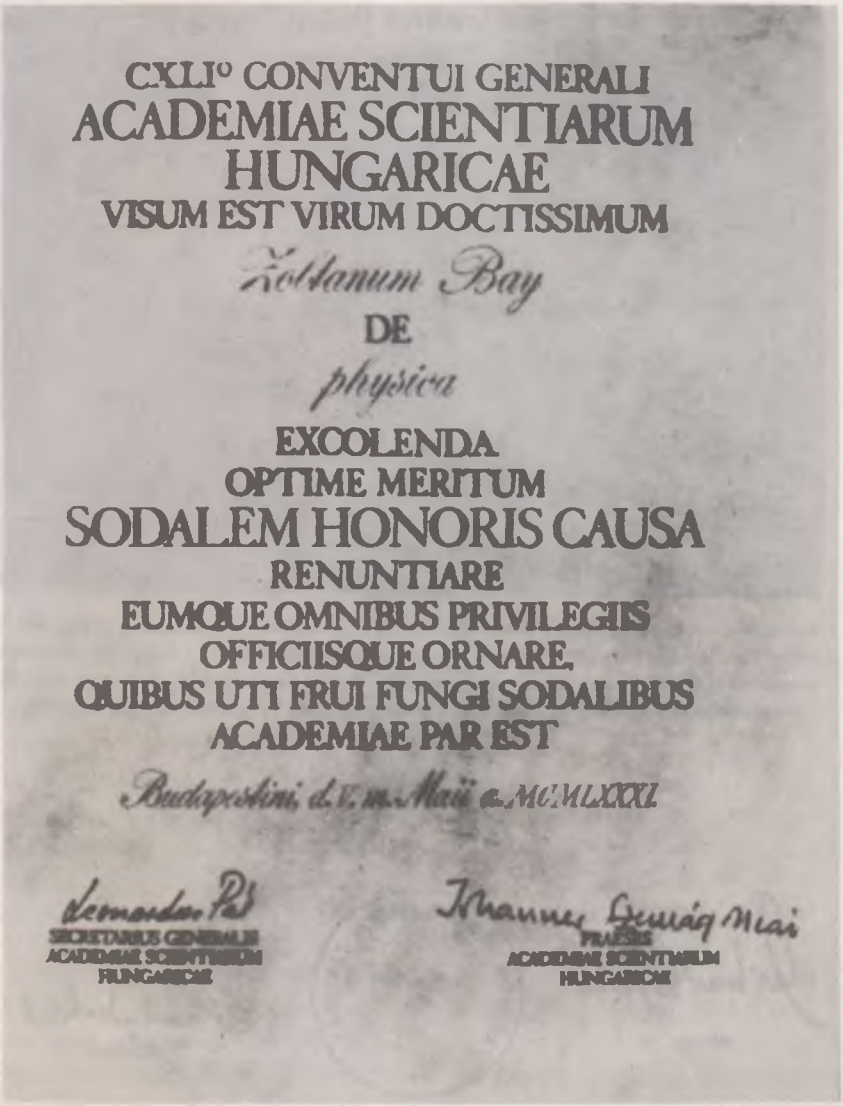
a fizika

TERÉN KIFEJTETT MUNKÁSSÁGA
ELISMERÉSÉÜL
TISZTELETI TAGGÁ
VÁLASZTOTT,
AZ AKADÉMIAI TAGSÁGÁBÓL EREDŐ
JOGOKKAL ÉS
KÖTELEZETTSÉGEKKEL
RENDELKEZIK

Budapest, 1981. május 5.

PÓTTITKÁR

ELNÖK



CXLI° CONVENTUI GENERALI
ACADEMIAE SCIENTIARUM
HUNGARICAE
VISUM EST VIRUM DOCTISSIMUM
Zoltanum Bay
DE
physica
EXCOLENDA
OPTIME MERITUM
SODALEM HONORIS CAUSA
RENUNTIARE
EUMQUE OMNIBUS PRIVILEGIIS
OFFICIISQUE ORNARE,
QUIBUS UTI FRUI FUNGI SODALIBUS
ACADEMIAE PAR EST
Budapestini, d. V. m. Maii a. MCMLXXXI
Szemerdy Pál
SECRETARIUS GENERALIS
ACADEMIAE SCIENTIARUM
HUNGARICAE
Marx György Mai
PRAESES
ACADEMIAE SCIENTIARUM
HUNGARICAE

15. A Magyar Tudományos Akadémia tiszteletbeli tagsági oklevele, 1981

Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat

Bay Zoltánt

tiszteletbeli taggá választotta

elnök

EÖTVÖS LORÁND FIZIKAI TÁRSULAT
BUDAPEST
1981

főtitkár

16. Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat tiszteletbeli tagsági oklevele, 1981

17. Bay Zoltán a Smithsonian Institutionnek adományozott két korai típusú elektronsokszorozó-számlálóját szemléli. A számlálók állandó kiállítási tárgyai a National Museum of American History-nak, Washingtonban. A kísérőszöveg kiemeli, hogy mekkora szerepet játszott Bay 1938-as Magyarországon végzett munkája valamennyi későbbi gyors részecskedetektor kifejlesztésében

A SZERZŐ BEMUTATÁSA

Francis S. Wagner a szegedi egyetemen tanult és ott szerzett *summa cum laude* doktori fokozatot 1940-ben történelemből, filozófiából és irodalomból. A szegedi és a budapesti egyetemen oktatott, és az Oktatásügyi és a Külügyminisztérium szlavisztikai szakértőjeként tevékenykedett. 1946 és 1948 között a Magyar Konzulátust vezette Pozsonyban. 1949-ben emigrált az Egyesült Államokba. A Szövetségi Kormánynál eltöltött 29 évi szolgálat után, melyből 28-at a Kongresszusi Könyvtárban dolgozott, 1981-ben vonult nyugállományba.

Dr. Wagner érdeklődése a nemzetiségek és a fajok kapcsolatára, a II. világháború diplomáciai történetére, tudománytörténetre, történetfilozófiára és a dialektikus materializmus elméletére és gyakorlatára irányult. Számtalan könyve jelent meg angolul, magyarul és szlovák nyelven, valamint tobb mint 250 cikke angol, francia, német és magyar nyelvű folyóiratokban. Ezek között F. S. Wagner cikkeket írt az *Archivum Europae Centro-Orientalis*, a *Revue d'Histoire Comparée*, az *American Quarterly*, az *American Historical Review*, a *Journal of Central European Affairs*, a *Slavic Review* számára. Rendszeresen írt a *Collier's Encyclopediába*, az Amerikai Történeti Társaság *Guide to Historical Literature* c. kiadványába. Jelentős művei: *Széchenyi és a nemzetiségi kérdés a Habsburg Birodalomban* (1960), *A magyarok szerepe a világ kulturális fejlődésében* (1977), *Eugene P. Wigner: Az atomkorszak építészete* (1981), *Nemzetépítés az Egyesült Államokban* (1985).

A szerző neve számos életrajzi szótárban szerepel, néhány ezek közül: *Directory of American Scholars, International Scholars Directory, Directory of International Biography, Contemporary Authors, Men of Achievement, International Authors and Writer's Who is Who, Community Leaders and Noteworthy Americans, Directory of International Platform Association.*

Miközben a szerző sokoldalú érdeklődésének megfelelően dolgozik, mindig talál módot arra, hogy Amerika-szerte előadásokat tartson.

JEGYZETEK

1. Ez a fejezet részleteket tartalmaz Francis S. Wagner: *Hungarian Contributions to World Civilization* (A magyarok szerepe a világ kultúrájában) c. könyvéből, Alpha Publications, Center Square, Pennsylvania, 1977.

2. Kúnfalvi Rezső: *Beszélgetés Bay Zoltánnal. Fizikai Szemle*, **XXIV** (1974) 122—124.

3. Bay Zoltán: Az átlátszó közegek magnetooptikája. *Akadémiai Értesítő*, **XLIV** (1927) 267.

4. Sas Elemér: Amire Bay Zoltán tanít. *Magyar Tudomány*, **10** (1981) 786.

5. Idézet Francis S. Wagner: *Fifty years in the Laboratory. A Survey of the Research Activities of Physicist, Zoltán Bay* (Ötven év a laboratóriumban. Bay Zoltán, a fizikus kutatómunkájának áttekintése) c. művéből, Alpha Publications, Center Square, Pennsylvania, 1977, p. 1.

6. *Ibid.* p. 1. lásd még Vajda Pál: Hat évtized a fizikai kutatások szolgálatában. *Fizikai Szemle*, **XXXI** (1981) 12.

7. Z. Bay—W. Steiner: Über eine spektroskopische Methode zum Nachweis von instabilen Zwischenprodukten in aktivierten Gasen, etc. (Spektroszkópiai módszer az instabil köztes termékek kimutatására aktivált gázokban stb.). *Zeitschrift für Physikalische Chemie*, **B3** (1929) 149.

8. Idézet H. O. Kneser: Der aktive Stickstoff (Az aktív nitrogén) c. cikkéből, az *Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften* (Az egzakt természettudomány eredményei) c. kiadvány 8. kötetében, Verlag von Julius Springer, Berlin, 1929, p. 229. Lásd még H. Spone: *Molekülspektren* (Molekulaszínképek). Verlag von Julius Springer, Berlin, 1936, pp. 458—461.

9. Z. Bay—W. Steiner: Über die Zusammensetzung des aktiven Stickstoffs (Az aktív nitrogén összetételéről). *Zeitschrift für Physikalische Chemie*, **B9** (1930) 93.

10. Z. Bay: Untersuchungen über die kondensierte Entladung (A kondenzált kisülésekkel végzett vizsgálatok). *Zeitschrift für Physik*, **102** (1936) 507.

11. Z. Bay—G. Papp—Z. Szepesi: Über die Streuung von Gamma Strahlen (A gammasugarak szóródásáról). *Naturwissenschaften*, **25** (1937) 366.

12. Bay Zoltán: Egy új rendszerű elektrokardiográfról. *Orvosi Hetilap*, **LXXVIII** (1934) 50.

13. További részleteket lásd Vajda Pál: Hat évtized a fizikai kutatások szolgálatában. *Fizikai Szemle*, **XXXI** (1981) 2—3.

14. Idézet Francis S. Wagner: *Op. cit.*, 1. és Vajda Pál: Hat évtized stb., *Fizikai Szemle*, **XXXI** (1981) 3.

15. *Ibid.*

16. Ennek az alapvető jelentőségű kísérletnek részletes leírását lásd Gnädig Péter, szerk.: Az első elektronsokszorozó születése. Beszélgetés Bay Zoltánnal. *Természet Világa*, **110** (1979) 374—376.

17. Z. Bay: Electron Multiplyer as an Electron Counting Device (Elektronsokszorozó mint elektronszámláló). *Nature*, **141** (1938) 284, 1011 és *Review of Scientific Instruments*, **12**/3 (1941) 127. Lásd még a következő tanulmányokat: Elektronsokszorozó mint elektronszámláló. *Akadémiai Értesítő*, **LVII** (1938) 533; Egy új elektronszámlálóról. *Technikai Kurír*, **IX**/12 (1938) 89; Nagyenergiájú korpuszkulák és fotonok számlálása elektronsokszorozóval. *Akadémiai Értesítő*, **LIX** (1941) 106; Elektronenvielfacher als Elektronenzähler (Elektronsokszorozó mint elektronszámláló). *Zeitschrift für Physik*, **117** (1941) 227.

18. Z. Bay—G. Papp: Coincidence Device of $10^{-8}-10^{-9}$ Second Resolving Power ($10^{-8}-10^{-9}$ másodperc felbontóképességű koincidenciakészülék). *Nature*, **161** (1948) 59 és *Reviews of Scientific Instruments*, **19** (1948) 565.

19. Idézet Z. Bay—N. T. Grisamore: High-Speed flip-flops for the Millimicrosecond Region (Nagy sebességű flip-flop-körök a millimikroszekundum tartományban). *IRE Transactions on Electronic Computers*, **EC-5**/3 (1956) 125.

20. Budapest háború alatti életkörülményeinek illusztrálására lásd Francis S. Wagner „Human Behaviour in Disaster: The Siege of Budapest" (Az emberek viselkedése katasztrófában: Budapest ostroma) c. cikkét az Eugene P. Wigner szerkesztésében megjelent *Survival and the Bomb; Methods of Civil Defence* (Túlélés és a bomba; Polgári védelmi módszerek) c. kötetben, Indiana University Press, Bloomington—London 1969, pp. 79—104.

21. Bay Zoltán Hold-programjuk történetét, valamint a program tudományos leírását „Reflection of Microvawes from the Moon" (A mikrohullámok visszaverődése a Holdról) címmel közölte az *Acta Physica Hung.*, **1**/1 (1946) 1—22. számában (Tungsram Tudományos Közlemények), valamint „Visszaemlékezés a magyar Hold-visszhang kísérletekre" címmel a *Fizikai Szemle* **XXVI** (1976) 41. számában.

A Kossuth-díjas szemtanú, Dr. Budincsevits Andor „Első rádióvisszhangok a Holdról" címmel megjelent beszámolója, *Természet Világa*, **109** (1978) 233—236, igen hasznos volt, hiszen ő volt az ún. Bay-csoport egyik oszlopa. Pócza Jenőnek a *Rádióévkönyv az 1947. évre*, Budapest (1947) 12—16., majd a *Radar*, Budapest (1947) 66—72. c. kiadványban jelent meg a Hold-visszhang kísérletekről szóló, első kézből származó részletes és pontos beszámolója. Lásd még Vajda Pál: Újabb adatok a híradástechnika magyar úttörőiről. *Technikatörténeti Szemle*, **VII** (1973—1974) 93—96.

22. 30th Anniversary of Zoltan Bay's Pioneer Lunar Radar Investigations and Modern Radar Astronomy (Bay Zoltán úttörő Hold-radarkísérleteinek 30 éves jubileuma és a modern radarcsillagászat). *Acta Physica Hung.*, **40** (1976) 65—70.

23. Francis S. Wagner: *Fifty Years in the Laboratory. A Survey of the Research Activities of the Physicist, Zoltan Bay* (Ötven év a laboratóriumban. Bay Zoltán, a fizikus kutatómunkájának áttekintése). Alpha publications, Center Square, Pennsylvania, 1977, p. 2.

24. P. Vajda—J. A. White: *Op. cit.* p. 66.

25. *Ibid.* p. 68.

26. Z. Bay: Reflection of Microwaves from the Moon (Mikrohullámok visszaverődése a Holdról). *Acta Physica Hung.*, **1**/1 (1946) 1—22.

27. Lásd R. Price, P. E. Green, T. J. Goblick, R. H. Kingston, L. G. Kraft, G. H. Pettengill, R. Silver, W. B. Smith közleményeit a *Science* **129** (1959) 751. számában.

28. P. E. Green és G. H. Pettengill tanulmánya a *Sky and Telescope* **XX**/2 (1960) számában.

29. A. G. Smith—T. D. Carr: *Radio Exploration of the Planetary System* (A Naprendszer felfedezése rádióhullámok segítségével). D. Van Nostrand Co., Inc., Princeton—New York, 1964, p. 110, 111, 123.

30. *Van Nostrand's Scientific Encyclopedia.* Ötödik kiadás. Ed. Douglas M. Considine. D. Van Nostrand Co., Inc., New York—Cincinnati—Atlanta—Dallas—San Francisco —London—Toronto—Melbourne, 1976, p. 1875.

31. Bernard Lovell—J. A. Clegg: *Radio Astronomy* (Rádiócsillagászat), Chapman & Hall, Ltd., London, 1952, p. 2.

J. L. Pawsey—R. N. Bracewell: *Radio Astronomy* (Rádiócsillagászat). IX. fejezet. Clarendon Press, Oxford, 1955.

R. Hanbury Brown—A. C. B. Lovell: *The Exploration of Space by Radio* (Az űr felfedezése rádióhullámok segítségével). Chapman & Hall, Ltd., London, 1957, p. 180.

R. D. Davies—H. P. Palmer: *Radio Studies of the Universe* (A világegyetem tanulmányozása rádióhullámokkal). D. Van Nostrand Co., Inc., Princeton—New York, 1959, p. 155.

J. H. Trexler tanulmánya, *Proc. IRE*, **46** (1958) 286.

B. S. Yaplee—R. H. Bruton—K. J. Craig—N. C. Roman közleményei, *Proc. IRE*, **46** (1958) 293.

F. J. Kerr tanulmánya a S. Flügge által szerkesztett *Encyclopedia of Physics*-ben, Vol. **LII**, Sect. 4 (1959) 452.

J. L. Steinberg—J. Lequeux: *Radioastronomie* (Rádiócsillagászat). Dunod, Paris, 1960, p. 189.

V. R. Eschleman—A. M. Peterson: *Radar Astronomy* (Radarcsillagászat). Scientific American **203,** No. 2. Aug. (1960) 50.

Z. Kopal: *Physics and Astronomy of the Moon* (A Hold fizikája és asztronómiája). (Chapter 12 by J. V. Evans) Academic Press, New York—London, 1962, p. 429, 447.

A. G. Smith—T. D. Carr: *Radio Exploration of the Planetary System* (A bolygók felfedezése rádióhullámok segítségével). D. Van Nostrand Co., Inc., Princeton—New York, 1964, p. 110, 111, 123.

E. C. Cowen: *The Christian Science Monitor* Second Section June 16, 1967.

J. V. Evans—T. Hagfors (szerk.): *Radar Astronomy* (Radarcsillagászat). McGraw-Hill Book Co., New York—St. Lewis—San Francisco—Toronto—London—Sidney, 1968, p. 392, 397.

Z. Kopal: *Man and His Universe* (Az ember és az univerzum). William Morrow Co., Inc., New York, 1972, p. 201.

Van Nostrand's Scientific Encyclopedia. Ötödik kiadás. Ed.: Douglas M. Considine D. Van Nostrand Co., Inc., New York—Cincinnati—Atlanta—Dallas—San Francisco —London—Toronto—Melbourne, 1976, p. 1875.

Collier's Encyclopedia. Vol. 19. Educational Corporation, New York, 1980, p. 600.
Meanwhile in Hungary (Ezalatt Magyarországon). *IEEE Spectrum*, **17**/5 (1980) 48.
Encyclopedia Americana. International Edition. Vol. 23. Grolier Inc., Denbury, Connecticut, 1983, p. 135.

32. Lásd tanulmányát, *Proc. IRE* **21** (1933) 1387.

33. Újságcikkek napilapokból: *Népszava*, 1946. február 8, 9, 22; *Szabad Nép*, 1946. február 8; *Kossuth Népe*, 1946. február 8, 9; *Esti Szabad Szó*, 1946. február 8, 9; *Szabad Szó*, 1946. február 9; *Szabadság*, 1946. február 9; *Kis Újság*, 1946. február 9; *Világ*, 1946. február 8, 9; *Világosság*, 1946. február 22; *Magyar Nemzet*, 1946. február 9; *Képes Figyelő*, 1946. no. 6.; *Jövendő*, 1946. vol. 12, no. 6; *Dolgozók Világlapja*, **2**/7 (1946).

34. Idézet Bay Zoltán kétkötetes (158 és 290 oldalas) „Az Élet erősebb" c. kézírásos feljegyzéséből, amelyben összegezi a háborús Magyarországról 1941 júliusa és 1948 szeptembere között szerzett tapasztalatait, különös tekintettel a körülmények változására a Tungsram Műveknél.

35. „Az első Hold-visszhangok vételét úgy foghatjuk fel, mint a csillagászat első kísérletét. Bár ez a tudományok legrégebbike, a csillagászat eleddig teljes mértékben megfigyelésre volt alapozva. A radarcsillagászat első ízben juttatott ember általi jeleket a Földön kívülre, amelyet számos szatellit és űrszonda követett." *Collier's Encyclopedia*. Vol. 19. Macmillan Educational Corporation, New York, 1980, p. 600.

36. Z. Bay—V. P. Henri—H. Kanner: Stastistical Theory of Delayed Coincidence Experiments (A késleltetett koincidenciás kísérletek statisztikai elmélete). *Physical Review*, **100** (1955) 1197—1208.

37. Z. Bay—V. P. Henri—F. McLernon: Simultaneity in the Compton Effect (Egyidejűség a Compton-szórásnál). *Physical Review*, **97** (1955) 1710.

38. Z. Bay: Techniques and Theory of Fast Coincidence Experiments (A gyorskoincidencia-kísérletek elmélete és gyakorlata. Felkért előadás a Scintillation Counter Symposiumon, Washingtonban, 1955-ben). *IRE Transactions on Nuclear Science*, 1956. november, 12.

39. Idézet Francis S. Wagner: *Hungarian Contributions to World Civilization* (A magyarok szerepe a világ kultúrájában) c. könyvéből, Alpha Publications, Center Square, Pennsylvania, 1977, p. 39.

40. Z. Bay—M. C. Goddal—A. Szent-Györgyi: Transmission of Excitation from the Membrane to Actinomyosin (Az ingerületvezetés a membrántól az aktinomiozinig). *Bull. Math. Biophysics*, **15** (1953) 1.

41. J. Avery—Z. Bay—A. Szent-Györgyi: On the Energy Transfer in Biological Systems (A biológiai rendszerekben való energiaátadásról). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, USA, **47**, 11 (1961) 1742; és Z. Bay—R. M. Pearlstein: Delocalized Versus Localized Pictures in Resonance Energy Transfer (Delokalizált, illetve lokalizált képek a rezonanciaenergia átvitelében). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, USA, **50**, 11 (1963) 962.

42. Z. Bay—R. M. Pearlstein: A Theory of Energy Transfer in the Photosynthetic Unit (A fotoszintézis helyén végbemenő energiaátadás elmélete). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, USA, **50**, (1963) 1071.

43. Z. Bay—W. B. Mann—H. H. Seliger—H. O. Wyckoff: Absolute Measurements of W_{air} for Sulphur-35 Beta Rays (A kén-35 béta-sugarak $W_{levegő}$ értékének pontos mérése). *Radiation Research*, **7** (1957) 558.

44. Z. Bay—P. A. Newman—H. H. Seliger: Absolute Measurement of W for Po^{210} Alpha Particles in Air, Nitrogen, and Carbon Dioxide (A ^{210}Po alfa-részecskéi W értékének levegőben, nitrogénben és szén-dioxidban való pontos mérése). *Radiation Research*, **14**/5 (1961) 551.

45. Z. Bay—P. A. Newman: Comparison of the Ionization Produced in Air by Alpha Particles near 5 MeV and by Beta Particles (A kb. 5 MeV-os alfa-részecskék és a béta-részecskék által levegőben kiváltott ionizáció összehasonlítása). *Radiation Research*, **14**/5 (1961) 566.

46. Z. Bay—G. G. Luther: Locking a Laser Frequency to the Time Standard (Lézerfrekvencia és az időstandard összekapcsolása). *Applied Physics Letters*, **13**/3 (1968) 303. Idézet a 304. oldalról: A fenti stabilizálási és rezgésszámmérési módszer bármely lézervonalra alkalmazható. Más módszerekkel stabilizált lézervonalak rezgésszáma szintén meghatározható ezekkel a módszerekkel. Így egyik fontos alkalmazási terület lehet az, hogy a spektroszkópiában a teljes színképtartományban referenciavonalakat lehet definiálni bárhol, ahol lézerszínképvonal van. Másik alkalmazási lehetőség a fénysebesség értékének a meghatározása. Nyilvánvaló, hogy a standard másodpercben kifejezett rezgésszám ismerete és a hosszúság standardban kifejezett megfelelő hullámhossz egyidejű mérése a méter/másodpercben kifejezett fénysebességérték finomítását eredményezi. S mert avval kell számolni, hogy a rezgésszám mérésének pontossága felülmúlja a méter jelenlegi definíciójáét, a c pontosságát a jelenlegi méteré fogja megszabni, vagyis kb. $1:10^8$ lesz. A c érték definiálása (a mai méterrel összhangban, de elméleti alapon) elvezet a méter új definíciójához. Mivel a fenti módszer bármely lézervonalra alkalmazható, így a pontos hosszúságmérésekhez megfelelő referencia-hullámhosszak fognak rendelkezésre állni a teljes optikai színképtartományban anélkül, hogy egy adott hullámhosszat új hosszúságstandardként definiálni kellene. A (földi és űrradar-) terjedési idők mérése a c definícióján keresztül szintén közvetlenül kifejezhető távolságban.

47. Az *NBS Techn. News Bull.* (Az NBS Technikai Közleményei), **53.** kötete 1969. szeptemberi számának 206. oldalán egy belső felhasználásra szánt beszámolót közölt Bay Zoltán és G. G. Luther optikairezgésszám-méréseiről. Idézet a levont következtetésekből: A jövőben a hosszúságstandard tökéletesítésének problematikájában kétféle megközelítés lehetséges. Az első megközelítés szerint a hosszúságstandard pontossága úgy növelhető, ha a gázkisülési cső által kibocsátott sugárzás kripton-86 színképvonala helyett egy jól definiált lézervonalat választunk. A másik lehetőség, hogy az új méterdefiníciót a jelenlegi méterrel összhangban levő meghatározott c értékre alapozzuk. Ebben az esetben valamennyi ismert rezgésszámú színképvonal egyben referenciavonal lehet a hosszúságméréseknél is. A rezgésszámok összehasonlítása könnyebb feladatot jelent a jövő metrológiája számára, mint a színkép egymástól távol levő hullámhosszainak összehasonlítása. Ezért Bay dr. és Luther dr. a méter új és végleges definiálásánál előnyben részesítik a második megközelítést.

48. K. M. Baird: „Length Standards" (Hosszúságstandardok) c. cikke a D. N. Langen-

berg és B. N. Taylor által szerkesztett *Precision Measurements and Fundamental Constants* (Precíziós mérések és alapállandók) c., az NBS 343. sz. (1971) kiadványában (U. S. GPO, Washington, D. C.). Idézet a 46. oldalról.

49. z. Bay: „The Use of Microwave Modulation of Lasers for Length Measurements" (A lézerek mikrohullámú modulálásának alkalmazása a hosszúságméréseknél) c. cikke az NBS 343. sz. (1971) *„Precision Measurements and Fundamental Constants"* (Precíziós mérések és alapállandók) c., Langenberg és B. N. Taylor által szerkesztett kiadványának 59. oldalán (U. S. GPO, Washington, D. C.). Idézet a 62. oldalról: „Mivel a mikrohullámú rezgésekre alapozott optikai frekvencia-összehasonlítás és hosszúságmérés változatlan pontosság mellett megkerüli a hullámhossz-standard alkalmazását, a fénysebesség egy adott értékén alapuló egységes rezgésidő- és hosszúságstandardot lehet bevezetni, mihelyt a c értéke a jelenlegi hosszúságstandard pontosságáig ismert lesz."

50. Z. Bay—G. G. Luther: „The Measuring of Optical Frequencies and the Velocity of Light" (Optikai rezgésszámok mérése és a fénysebesség) c. cikke az NBS 343. sz. (1971) *„Precision Measurements and Fundamental Constants"* (Precíziós mérések és alapállandók) c., Langenberg és B. N. Taylor által szerkesztett kiadványának 63. oldalán (U. S. GPO, Washington, D. C. Idézet a 66. oldalról: „A fenti következtetések alapján nyomatékosan javasoljuk a fénysebesség adott értékén alapuló egységes idő—hosszúság standard elfogadását."

51. Z. Bay: „The Constancy of the Velocity of Light and Prospects for a Unified Standardization of Time Frequency and Length" (A fénysebesség állandósága és a rezgésidő és hosszúság egységes standardizálásának kilátásai) c. cikke a J. H. Sanders és A. H. Wapstra szerkesztette *„Proceedings of the Fourth International Conference on Atomic Masses and Fundamental Constants"*-ból (Atomtömegek és alapállandók negyedik nemzetközi konferenciájának kiadványa) (Plenum Press, New York, 1972). Idézet a 334. oldalról: „. . . az idő, a rezgésszám és a hosszúság egységes standardizálása a c egy megegyezésen alapuló értéke alapján előnyösebb, mint egy rezgésszám- és egy hullámhosszstandardon alapuló rendszer. Valójában ez utóbbi esetben a rezgésszámstandardtól függetlenül definiált hullámhosszstandard nem jelent újabb előnyt a tér—idő mértékrendszerben . . . Elméleti egyszerűsége és sokoldalúsága mellett az egységesített standardizálási rendszer további előnye. hogy a standardok későbbi továbbfejlesztése esetén csak egy mértékegységet kell újradefiniálni. A 4. és 5. fejezetben leírtak alapján ez az *idő* mértékegysége, a másodperc kell legyen, nem pedig a méter. A hosszúságmérési technika fejlődésével a c értékén keresztül a méter automatikusan finomodik. Ha bebizonyosodik, hogy egy frekvenciastabilizált lézer pontosabb, mint a jelenlegi, vagy egy kilátásban lévő rezgésszám standard, és ha frekvenciája közvetlenül kapcsolható mikrohullámú rezgésekhez, nos akkor azt a lézert kell új rezgésszámstandardként alkalmazni. De a méter nem kapcsolódhat a lézer hullámhosszához. Ha ehelyett a c-re meghatározott értéket fogadunk el, akkor ez a további standardizálásnál állandóként alkalmazható."

52. Az *NBS Techn. News Bull.* (Az NBS Technikai Közleményei), **55.** kötete 1971. júliusi számának 170. oldalán beszámolt az 1971. évi Stratton Award (Stratton-díj, a Hivatalnak a tudományos előrehaladásért adományozott legmagasabb kitüntetése) odaítéléséről

R. L. Bergernek és J. L. Hallnak a He—Ne-lézernek a metánmolekula egyik színképvonalával való stabilizálásáért, és megállapította: „. . . szinte bizonyos, hogy a metánhoz stabilizált lézer elfogadható lesz, mint új nemzetközi hosszúságstandard." Vegyük észre, hogy ez a bejelentés 6 évvel azt követően kelteződött, hogy Bay Zoltán 1965-ben javasolta, és ismételten érvekkel sürgette, hogy a kutatásokat az új koncepció, a fénysebességen alapuló egységes rendszer irányában kell folytatni. Meg kell jegyezni, hogy míg az NBS 1971-ben hajlandóságot mutatott az új rendszer elfogadására, addig a nemzeti laboratóriumok nemzetközi közössége mereven elzárkózott tőle. Így a Comité Consultatif pour la Définition du Mètre (Nemzetközi Méterbizottság) 4. ülésén (Párizs, 1970. szeptember) az akkori NSZK Braunschweigi Szövetségi Műszaki-Fizikai Intézet (Physikalisch-Technische Bundesanstalt) jelentésében megállapította: „. . . a hosszúság és az idő mértékegységének a fénysebességen keresztül való összekapcsolása olyan definíció, amely a farkába harapó kígyóhoz hasonlatos". Az idézet az ülés Jegyzőkönyvéből *(Minutes)* való, amelyet a Nemzetközi Súly- és Mértékhivatal adott ki (Bureau International Des Poids et Mesures, Pavillon de Breteuil, F 92-Sèvres, M70 oldal). Bay Zoltánnak és G. G. Luthernek az új rendszer mellett érvelő cikke szintén megjelent a Jegyzőkönyv M96—M100. oldalán.

53. Z. Bay—J. A. White: „Frequency Dependence of the Speed of Light in Space" (A fénysebesség frekvenciafüggése az űrben). *Physical Review*, D, **5**/4 (1972) 796. Idézet a 798. oldalról: „. . . Ez a tény újabb kísérletekkel támasztja alá azt a nemrég ismertetett javaslatot, hogy c szerepe a metrológiában az idő mértékegységének (a másodpercnek) és a hosszúság mértékegységének (a méternek) az összekapcsolása. Az összekapcsolás alapja a c-re egy adott érték meghatározása m/s-ban. Ennek a dolgozatnak az eredményei azt mutatják, hogy ez az érték a fent említett széles spektrumon belül a frekvenciára való hivatkozás nélkül megadható. A két mértékegység közötti kapcsolat létrehozása után előnyösebb, ha az idő és a c mértékegységét tekintjük standardnak, mint a hosszúságét és a c-ét. Az idő preferálása abból a tényből következik, hogy a hullámterjedés időbeli periodicitása (rezgésszám) stacioner állapotban bármely inerciarendszerben megmarad, míg a térbeli periodicitás (hullámhossz) a hullámterjedés geometriájától függ és pontról pontra változhat. Elméleti tetszetősségén és egyszerűségén kívül az egységes tér—idő mértékrendszer előnyei a következők: (1) A két mértékegység pontossága a definíciójukból következően azonos és megfelel egy optikai mikrohullámú átmenetének, amely a legjobb standardnak tekinthető. (2) A jövőben bekövetkező tökéletesítés esetén csak egy értéket kell újra definiálni. Feltehetően ez az idő mértékegysége, a másodperc lesz. Ezzel egyidejűleg a hosszúságmérési módszerek fejlődése révén a méter értéke a c értékén keresztül automatikusan finomodik."

54. Z. Bay—G. G. Luther—J. A. White: „Measurement of an Optical Frequency and the Speed of Light" (Egy optikairezgésszám-mérés és a fény sebessége). *Physical Review Letters*, **29**/3 (1972) 189. Idézet a 192. oldalról: „E módszer alkalmazásával az optikairezgésszám-mérések és a hosszúságmérések elérhető végső pontosságának csak a tükrök felületi hibái szabnak határt. Ez a technológiai korlát bármely hullámhossz-standardra vonatkoztatott hullámhosszmérésnél érvényes, függetlenül azok esetleges jobb minőségétől. Így, mivel ezek a kísérletek a teljes színképtartományban elvégezhetők, bizonyít-

ják, hogy létrehozható és használható egy olyan egységes tér—idő rendszer, amely egy rezgésszámstandardon és a jelenlegi méterrel kompatíbilis, de különben önkényes, definiált fénysebességen alapul."

55. „Eine bemerkenswerte Leistung der Experimentierkunst und des Menschlichen Denkens!" (Egy kiemelkedő teljesítménye a kísérletezés művészetének és az emberi gondolkodásnak) *Physikalische Blätter*, **28**/12 (1972) 569. Lásd még D. K. Froome: Measuring Optical Frequences and the Speed of Light. (Optikai frekvenciák és a fénysebesség mérése). *Nature*, **239**/65—66 (1972) 5367.

56. Így az *NBS Technical News Bulletin* (Az NBS Technikai Közleményei) 1972. áprilisi 56. számának 75. oldalán közölte L. M. Branscomb, az NBS igazgatója, véleményét az NBS boulderi laboratóriuma által az infravörös színképtartományban végzett optikairezgésszám-mérésekkel kapcsolatban. Azt írja: „A fénysebesség értékének 30-szor pontosabb meghatározása válik lehetővé, ami azt sugallja, hogy ez az egyetemes természeti állandó egy olyan önkényes szám lehet, amely révén csak egy standard szükséges a hosszúság- és időmérésekhez."

57. A tudományos ülés részletes programját lásd az *NBS Technical Calendar* 1972. júliusi számában.

58. Az idézet az NBS Optical Physics Division (Fénytani Fizikai Osztály) által az Atomic and Molecular Physics Evaluation Panel in 1973 (1973. évi Atom- és Molekulafizikai Összefoglaló) számára készített füzetből. A „Bevezetés" 2. oldalán ez áll: „Egyik kiemelkedő fontosságú területünk a hosszúság mértékegységének definiálása. Az itt (Washingtonban, a ford.) és az NBS boulderi laboratóriumában végzett munka hasznos volt, amennyiben számos fontos határozati javaslatot terjesztettünk elő a Nemzetközi Méterdefiniáló Munkabizottság (CCDM) számára. Ezek a határozati javaslatok a jód és a metán által kibocsátott sugárzások hullámhosszára, és új, pontosabb fénysebességértékre vonatkozóan adnak ajánlást. A júniusi ülés jegyzőkönyvében a CCDM továbbra is arra ösztönzi követőit, hogy a méter minden ezután következő újradefiniálásánál tartsák meg a c-nek ezt az értékét. Ez nagyon közelivé teszi Dr. Bay Zoltán sok éven át szorgalmazott javaslatának elfogadását, hogy a métert fénysebességben fejezzék ki."

59. Z. Bay—J. A. White: The Speed of Light and the New Meter (A fénysebesség és az új méter). *Acta Physica Hung.*, **36** (1974) 91. A 106. oldal zárómondata így hangzik: „Mindez afelé mutat, hogy a fénysebesség egy adott értéke alapján egységesített idő—hosszúság mértékrendszer lesz a jövő rendszere."

60. Z. Bay—J. A. White: The Speed of Light and the New Meter (A fénysebesség és az új méter). *Physics Today*, 1974. április, 9. oldal: A 10. oldal zárómondata így hangzik: „Az adott kérdés részletes tanulmányozása és a fent említett sikeres kísérletek véleményünk szerint teljes mértékben megalapozzák az egységesített rendszer javára való döntést."

61. Bay kísérletének összefoglaló leírását lásd Szerző megj. nélkül: A New Way to Measure the Speed of Light" (A fénysebesség mérésének új módszere). *New Scientist*, 1972. július 27, 181. oldalán.

62. Lásd University of Edinburgh. *Graduation Ceremonial*. Saturday, 15th July 1978, *Laureation Address* 15th July 1978: „Zoltan Bay Recevies Honorary Degree" Avatási

ünnepség, 1978. július 15. Az 1978. július 15-ei kitüntetettek címei: „Bay Zoltán tiszteletbeli doktori címet kap". *NBS Standard*. **24**/23, (1972. nov. 14) 6.

63. Franklin Institute, Committee on Science and Arts Case No. 3653 (Franklin Intézet, Tudományos és Művészeti Bizottság 3653. eset). Philadelphia, 1980. június 11, 18.; Scott W. Tilden: Tracking Light Velocity (A fénysebesség nyomában). *American*, Magazin of the American University. Winter (1981) 5.; Physicists Win Award (Fizikusok kitüntetése). *Reporter* (The American University), 12, 3 (1980) 19.

64. Bay Zoltán számos tudományos társaság tagja, egy sor tudományos fokozat és kitüntetés birtokosa. Levelező tagja az American Physical Societynek (Amerikai Fizikai Társaság), a Sigma Xinek, az American Academy of Sciencesnek (Amerikai Tudományos Akadémia), rendes tagja az IEEE-nek és megkapta az Abraham Lincoln Award of the American Hungarian Foundation, USA, Silver Medal-t (az Amerikai Magyar Alapítvány Abraham Lincoln díjának Ezüstérmét), a Special Award of the U. S. National Bureau of Standards-t (Az NBS Különdíja) és a Honorary Doctor of Science (A tudományok tiszteletbeli doktora) fokozatot az Edinburgh-i Egyetemről stb.

65. Ez az előadás az *Acta Physica Hung.*, **51** (1981) 273. oldalán jelent meg.

66. Mennyire állandó a fény sebessége? címmel jelent meg Tarján Imre akadémikus bevezetőjével a *Fizikai Szemle*, **XXXI** (1981) 281. oldalán.

67. Bay Zoltán: Ember és világa. *Új Látóhatár*, 1968. április.

68. Francis S. Wagner: Bay Zoltán torontói előadása előtt. *Kanadai Magyarság*, 1967. május 13. p. 3.

69. Lásd 36. jegyzet.

70. Bay Zoltán: A fizikai kauzalitás válsága. *Athenaeum*, **II** (1935) 79—90.

71. Bay Zoltán: Az ember és világa; Az élet keletkezése és a természetfilozófia néhány kérdése. *Ötágú Síp*, **1**/5—6 (1974) 393.

72. Bay Zoltán: Az ember és világa; A kozmológia mai problémái, II, *Természet világa*, **112** (1981) 263.

73. További dokumentumok, a kiváló fizikus munkásságát ismertető és méltató cikkek, vele készült interjúk találhatók az alábbi kiadványokban:

Fizikai Szemle, **XXXIV** (1985) 2. szám; **XLIII** (1993) 2. és 11. szám.

Természet Világa, **117** (1986) 1. szám; **123** (1992) 4. szám.

Staar Gy.: *Megszállottak—Öt magyar fizikus*. Typotex Kiadó, Budapest, 1991.

In memoriam Bay Zoltán (1900—1992). Programfüzet. Kiadta: Bay Zoltán emlékbizottság, 1993.

NÉV- ÉS TÁRGYMUTATÓ

A kiadásért felelős
az Akadémiai Kiadó és Nyomda Vállalat igazgatója
A nyomdai munkálatokat
az Akadémiai Kiadó és Nyomda Vállalat végezte
Felelős vezető: Zöld Ferenc
Budapest, 1994

Nyomdai táskaszám: 23085
Kiadványszám: I/231
Felelős szerkesztő: Szente László
Műszaki szerkesztő: Agócs András
A fedélterv Székely Edit munkája
Megjelent 9,2 (A/5) ív terjedelemben

Bay Zoltán a 20. század egyik legnagyobb, ám legkevésbé ünnepelt fizikusa volt. Igen jelentős eredményeket ért el a fizikában. A világon elsőként bizonyította be spektroszkópiai úton, hogy az aktív nitrogéngáz atomos nitrogént tartalmaz. Új elvet fejlesztett ki a gyors atomszámlálásra és a nagy sebességű koincidencia mérésére, amelyet világszerte felhasználnak az atomkutatásban — két korai típusú elektronsokszorozója a washingtoni Smithsonian Institutionnek, a világ legnépszerűbb tudományos múzeumának állandó kiállítási tárgya. Élen járt egy, a fénysebességen alapuló egységes idő—hosszúság mértékrendszer létrehozásában, amelyet nemzetközileg elfogadtak. Az űrkutatás úttörőjének kiemelkedő teljesítménye sorsdöntő hatást gyakorolt a modern tudományra és ezen keresztül jelenlegi életünkre. Bay Zoltánt egész életében lenyűgözte a repülés — először a fellegekbe való repülés fogalma, később a csillagokba való repülés ötlete. Bay Zoltán szilárdan hitte, hogy a világűr meghódítása az emberiség számára egy magasabbrendű létformát jelent.

Ára: 330,– Ft áfával

1828