

re, majd újabb egy perc elteltével ismét visszakapcsoltuk a szoba levegőjét. Négy kiválasztott detektor ellenállás-változása etanol és acetone esetén a 4. ábrán látható. D1 és D4 SHCH_3 , illetve Cl_2 légkörben tört, katalitikus bontással előállított többfalú szén nanocsövet; D2 elektromos ívkisüléssel előállított egyfalú nanocsövet; D3 pedig elektromos ívkisüléssel víz alatt előállított többfalú nanocsövet jelöl. A görbék alakját a vizsgált gőz abszorpciója és deszorpciója határozza meg, de a korábban vizsgált gőz deszorpciója miatt megjelenő lassú ellenállás-csökkenés is látható. A mérések előtt szobahőmérsékleten, 1 liter térfogatú edényben állítottuk elő a vizsgált folyadék telített gőzét, majd ezt a gőzt szívtuk a detektorra. A szívás eredményeként levegő áramlik a gőz helyére, ezért a mérés alatt csökken a vizsgált gőz koncentrációja, ami a detektor ellenállásának csökkenéséhez vezet.

Jól megválasztott, párhuzamosan működő detektor-sorozat esetén a különböző gázokra különböző relatív ellenállás-változás kombinációt kapunk. Ha a mérésvezérlő elektronikát ismert gőzök felhasználásával „betanítjuk” (kalibráljuk, azaz „ujjlenyomatot” veszünk), akkor az elektronika képes lesz arra, hogy a detektor-sorozat ellenállásainak változásából azonosítsa az ismeretlen gőzt. A tipikus felismerési idő a 20–30 másodperc tartományban van, ami igen jelentős előnye a szén nanocső alapú detektoroknak a klasszikus detektorok jóval hosszabb válaszidejével szemben.

Összefoglalás

Megvizsgáltuk több, eltérő tulajdonságú szén nanocsőhálózat elektromos ellenállását különböző gőz/levegő keverék jelenléte esetén és kiválasztottuk azokat a nanocsöveket melyek egymástól eltérő módon reagáltak a vizsgált gőzökre. Több nanocsődetektor egyidejű vizsgálatával azonosítható a készülékbe vezetett gőz, azaz sikerült szén nanocső-érzékelővel működő „mesterséges orr” prototípusát létrehozni.

A tárgyalt témákkal kapcsolatos további anyagok találhatók az MTA Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézet Nanoszerkezetek Osztály honlapján: <http://www.mfa.kfki.hu/int/nano/> és <http://www.nanotechnology.hu>

Irodalom

1. KÓNYA Z., BIRÓ L.P., HERNÁDI K., NAGY J.B., KIRICSI I.: *Szén nanocsövek előállítása, tulajdonságai és alkalmazási lehetőségei* – A Kémia Újabb Eredményei, 90. kötet, Akadémiai Kiadó, Budapest, 2001.
2. M.S. DRESSSELHAUS, G. DRESSSELHAUS, PH. AVOURIS: *Carbon nanotubes, synthesis, structure, properties, and applications* – Springer-Verlag Berlin–Heidelberg, 2001.
3. KÜRTI J.: *A varázslatos szénatom* – Fizikai Szemle 4/7(1997) 276
4. M.S. DRESSSELHAUS, G. DRESSSELHAUS, R. SAITO: *Physics of carbon nanotubes* – Carbon 33 (1995) 883–891
5. BIRÓ L. P.: *Nanovilág: A szén nanocsőtől a kék lepkeszárnyig* – Fizikai Szemle 53/11 (2003) 385
6. S. HEINZE, J. TERSOFF, R. MARTEL, V. DERYCKE, J. APPENZELLER, PH. AVOURIS: *Carbon nanotubes as Schottky barrier transistors* – Phys. Rev. Lett. 89 (2002) 106801
7. Y. ANDO, X. ZHAO, H. SHIMOYAMA, G. SAKAI, K. KANETO: *Physical properties of multiwalled carbon nanotubes* – Int. J. Inorg. Mat. 1 (1999) 77–82
8. J. KONG, N.R. FRANKLIN, C. ZHOU, M.G. CHAPLINE, S. PENG, K. CHO, H. DAI: *Nanotube molecular wires as chemical sensors* – Science 287 (2000) 622–625
9. A. PECCHIA, M. GHEORGHE, A. DI CARLO, P. LUGLI: *Modulation of the electronic transport properties of carbon nanotubes with adsorbed molecules* – Synth. Metals 138 (2003) 89–93
10. C. CANTALINI, L. VALENTINI, I. ARMENTANO, L. LOZZI, J.M. KENNY, S. SANTUCCI: *Sensitivity to NO_2 and cross-sensitivity analysis to NH_3 , ethanol and humidity of carbon nanotubes thin film prepared by PECVD* – Sensors and Actuators B 95 (2003) 195–202
11. F. PICAUD, R. LANGLET, M. ARAB, M. DEVEL, C. GIRARDET, S. NATARAJAN, S. CHOPRA, A.M. RAO: *Gas-induced variation in the dielectric properties of carbon nanotube bundles for selective sensing* – J. Appl. Phys. 97 (2005) 114316
12. I. KIRICSI, Z. KÓNYA, K. NIESZ, A.A. KOÓS, L.P. BIRÓ: *Synthesis procedures for production of carbon nanotube junctions* – Proceeding of SPIE 5118 (2003) 280–287
13. Z. KÓNYA, I. VESSELENYI, K. NIESZ, A. KUKOVECZ, A. DEMORTIER, A. FONSECA, J. DELHALLE, Z. MEKHALIF, J. B. NAGY, A.A. KOÓS, Z. OSVÁTH, A. KOCSONYA, L.P. BIRÓ, I. KIRICSI: *Large scale production of short functionalized carbon nanotubes* – Chemical Physics Letters 360 (2002) 429–435
14. A.A. KOÓS, Z.E. HORVÁTH, Z. OSVÁTH, L. TAPASZTÓ, K. NIESZ, Z. KÓNYA, I. KIRICSI, N. GROBERT, M. RÜHLE, L.P. BIRÓ: *STM investigation of carbon nanotubes connected by functional groups* – Materials Science and Engineering C 23 (2003) 1007–1011

BESZÉLGETÉS TELEGDI BÁLINTTAL

(1922. január 11., Budapest – 2006. április 8., Pasadena, Kalifornia)

Hargittai Magdolna

MTA–ELTE, Szerkezeti Kémiai Kutatócsoport

Telegdi Bálint fizikus a Magyar Tudományos Akadémia tiszteleti tagja (1990). A Chicagói Egyetemen volt „Enrico Fermi professzor”, a Zürichi Műegyetemen (ETH) emeritus professzor, élete utolsó éveit részben a genfi CERN-ben, részben a Kaliforniai Műegyetemen (Caltech) töltötte. A fizikai Wolf-díjat 1991-ben kapta meg *Maurice Goldhaber*-rel megosztva. Tagja volt többek között az USA Nemzeti Tudományos Akadémiájának, a londoni Royal Society-nak, az Academia Europaea-nak, a Királyi Svéd Tudományos Akadémiának és az Orosz Tudományos Akadémiának.

Elsősorban kísérleti fizikus volt, de írt elméleti fizikai cikkeket is. Legfőbb eredményei között említeni kell a következőket. A müonbomlásban az elsők között bizonyította kollégájával, *Jerome Friedmann*-nal, a paritásértést. Egy másik kísérlete a „g-2” kísérlet, amit a CERN-ben végzett, *Richard Garwin*-nal együtt. Ezzel a kísérlettel meghatározták a müon mágneses tulajdonságait és bebizonyították, hogy a müon nem más, mint egy nehéz elektron. A müon más tulajdonságainak meghatározásában is alapvető eredményeket ért el. Fontos eredményé-

nek tartotta a neutronbomlással kapcsolatos munkáját, a müonneutrínó helicitásával kapcsolatosat (az utóbbi munkát *Grenács László*val közösen végezte), valamint a müonbefogás spinfüggését. Végül egy tisztán elméleti cikkére is büszke volt, amely a spin mozgásáról szóló elektromágneses térben; ennek alapján nevezték el a Bargmann–Michel–Telegdi-egyenletet.

Telegdi Bálinttal pár évvel ezelőtt felvettem egy beszélgetést híres fizikusokkal foglalkozó könyvünkhöz [1]. Az alábbiakban ebből az interjúból közlök részleteket.

– *Kérem, mondjon valamit családi háttéréről.*

– Budapesten születtem 1922-ben. Szüleim mindketten magyarok voltak, apám Pécsről, anyám pedig Békéscsabáról származott. Apámat nagyon vonzotta a *Nyugat* mozgalom, így, amint elvégezte tanulmányait, 1914-ben Párizsba ment. Néhány hónappal később, mint ellenséges idegen állampolgárt más magyarokkal együtt internálták, erről könyvet is írtak, *Fekete Kolostor* címmel [2]. Öt évig volt ott, 1919-ben jött vissza. Elég zavaros idők voltak akkor Magyarországon, és egy ideig mint fordító dolgozott. Különleges tehetsége volt a nyelvekhez. Egy idő múlva úgy döntött, hogy elhagyja az országot. De addigra Európában bevezették az útlevelet és a vízumot, amit majdnem lehetetlen volt beszerezni. Egyetlen olyan ország volt, amely annyira elmaradt volt, hogy talán még nem is hallott a vízum létezéséről, Bulgária. Így apám oda ment, és egy szállítási vállalatnál helyezkedett el. 1921-ben visszajött Magyarországra, megházasodott, majd rövid idő után visszatért Bulgáriába. Így életem első éveit Bulgáriában töltöttem. Ezután Romániába költöztünk, ahol apám a Duna-deltában egy hajózási vállalatnál dolgozott. Nagyjából egy évvel később visszaköltöztünk Budapestre, akkor kezdtem elemi iskolába járni. Két évet töltöttünk Budapesten – ez volt az egyetlen folyamatos időszak az életemben, amit szülőházamban töltöttem. Ezután apám Bécsben kapott állást, így odaköltöztünk. Néhány évvel később a szüleim Milánóba költöztek, de engem Bécsben hagytak, hogy ott folytassam az iskolát. Nagyon szerettem azt az iskolát, sok szép emlék fűz hozzá.

1938-ban Németország elfoglalta Ausztriát, ezért a húsvéti szünetre a szüleimhez mentem Milánóba, és utána már nem tértem vissza Bécsbe. Megtanultam olaszul, de egy évvel később apám Belgiumba küldött, hogy ott folytassam tanulmányaimat.

– *Miért éppen Belgiumba?*

– Eredetileg Angliába akart küldeni és szerzett is különböző bentlakásos iskoláktól katalógusokat. Azokban igen furcsa dolgokat olvasott (ne feledjük el, hogy az 1938–39-es évekről beszélünk), például ilyesmit: „Elsőéveseknek nem engedélyezzük, hogy saját autójuk legyen.” Apámnak persze soha nem volt autója, így nem igazán izgatta az, hogy nekem lehet-e vagy sem. Viszont azt a következtetést vonta le, hogy ezek az iskolák nem lennének jók nekem. Útban hazafelé találkozott egy belga üzletemberrel, aki azt tanácsolta neki, küldjön Belgiumba, ott eleve olcsóbbak az iskolák, mint Angliában. Apám úgy döntött, hogy megpróbálja. Elmentünk a milánói belga konzulhoz, aki azt mondta: az egyik előfeltétele annak, hogy nálunk járhatson a fia iskolába az, hogy

egyik nemzeti nyelvünket beszélje. Az ön fia egyiket sem beszél. Erre apám a maga csodálatos franciatudásával a következőt válaszolta: „Monsieur le Consul, ha a fiam beszélne franciául, miért küldeném Belgiumba?” Így kerültem oda. Az elején nagyon nehéz volt, de három hónap alatt megtanultam a nyelvet.

Belgiumban vegyészmérnöknek tanultam. Ott-tartózkodásom idején másodszor történt meg velem, hogy a németek elfoglalták azt az országot, ahol éltem. 18 éves voltam és úgy gondoltam, hogy biztonságosabb lesz, ha elmegyek Olaszországba. Ez 1940 júniusában volt, amikor Olaszország még nem volt benne a háborúban, így egy csoport olaszul sikerült kijutnom Belgiumból. Az olaszok nem törődtek olyan apró részlettel, hogy olasz állampolgár voltam-e vagy sem. Így érkeztem magyar útlevéllal Olaszországba 1940. június 10-én, azon a napon, amikor Olaszország belépett a háborúba. Egy nappal később ezt már nem tehettem volna meg. Egy idő után apám Svájcba ment, én meg anyámmal Milánóban maradtam, ahol fordításokból éltem. Három évig dolgoztam egy szabadalmi ügyvédnek – ezek életem fontos éveit voltak. Végül a németek Olaszországot is elfoglalták, és újra menekülnöm kellett. Sikerült illegális úton Svájcba mennünk, ahol más menekültekkel együtt először internáltak, de úgy három hónap múlva elengedtek minket apámhoz, aki akkor Lausanne-ban élt. 1944-ben elkezdtem az ottani Műegyetemre járni, ott kaptam diplomát 1946-ban.

Úgy gondoltam, hogy matematikából és fizikából többet kellene tanulnom, ezért a zürichi ETH-ra szerettem volna menni, ahova először nem vettem fel, de aztán mégis sikerült, 1946 októberében az ETH fizika tanszékére kerültem. Eleinte az volt a feladatom, hogy kémiai kísérleteket végezzenek fizikusoknak: radioaktív anyagokat kellett elválasztanom. Hozzá kell tennem, hogy az ETH fizikusai a vegyészeket az emberiség alacsonyabb rendű teremtményeinek tekintették. Egy idő után észrevették, hogy olyasmit is csináltam, amit eddig még nem láttak kémikusoktól: megoldottam a különböző fizikafeladatokat, amelyeket a diákoknak készítettek. Ez után lehetővé tették, hogy a fizika oktatásában segítsek. Egyben komolyan elkezdtem dolgozni a Ph.D. témámon is, amit 1950-ben fejeztem be.

– *Hogy jutott Amerikába?*

– Ez egy híres amerikai professzor, *Victor Weisskopf* segítségével történt. Ott volt látogatóban, és én megkérdeztem tőle, hogy nem tudna-e állást találni nekem az MIT-n. Weisskopf megígérte, hogy utánanéző, majd néhány hónappal később a következőt írta: sajnós, nincs hely az MIT-n, de ehelyett beajánlottam *Ferminek* a Chicagói Egyetemen. Így kerültem a Chicagói Egyetemre, ami abban az időben, röviddel a háború után, valószínűleg a legkiválóbb hely volt a világon fizikában. Ott volt Fermi, *Teller*, *Szilárd*, *Gell-Mann*, *Feynman* és sokan mások. Mindig is a „fizika Mekkájának” neveztem Chicagót, fantasztikus hely volt.

– *Mivel kezdett ott foglalkozni?*

– Röviddel megérkezésem előtt készült el Chicagóban a második ciklotron, ez valójában „Fermié volt”. Abban az időben ez volt az avantgárd dolog. Volt nekik egy másik,



régebbi gyorsítójuk is, a Betatron, amit az új megérkezése után már senki nem használt. Ezért úgy döntöttem, hogy én használom azt, és a többiek még örültek is, hogy legalább valaki használja az öreg gyorsítót. Ezen azt a munkát folytattam, amelyet korábban Zürichben csináltam. Ez ment egy évig, de azután én is a másikra álltam át.

Eredetileg Ferminek és kollégáinak az új ciklotronnal az volt a fő céljuk, hogy a pionokat vizsgálják. A pionok képződése közben, mintegy melléktermékként, müonok (tulajdonképpen nehéz elektronok) is képződtek a gyorsítóban, de ezek senkit sem érdekeltek. Ezért úgy döntöttem, hogy ezekkel a feleslegesnek tekintett részecskékkel fogok foglalkozni, és valóban ez is történt a következő 15 év folyamán. A nevem azóta is kötődik a müonokhoz; egy időben az amerikai kollégáim egyszerűen csak „Mr. Müonnak” neveztek.

– *Kezdünk közel kerülni a paritásértés felfedezéséhez. Lee és Yang jöttek elő azzal a gondolattal, hogy míg a paritásmegmaradás érvényes az elektromágneses és az erős kölcsönhatásban, valamint a gravitációban, elképzeltetők, hogy a gyenge kölcsönhatásban ez nem így van. Kísérleteket is javasoltak, például azt, amit Madame Wu csinált a bétabomlással...*

– Semmi sem dühít fel jobban, mint amikor valaki úgy hivatkozik erre a kísérletre, mint „Madame Wu kísérlete”!! El tudnám mondani magának, hogy valójában hogy is történt ez.

– *Épp erre akartam kérni!*

– OK, szóval tényleg ezt akarja hallani? Persze, órákig tartana mindent elmesélni, de egy rövid verziót azért elmondok. Először is, a mi kísérletünk triviális volt. Majdnem zavarbaejtően egyszerű és bárki megcsinálhatta volna. Ami nem volt egyszerű az az volt, hogy eldöntsük, érdemes-e megcsinálni vagy sem. A legtöbb elméleti ember azt mondta, hogy az egész tiszta időpocsékolás lenne. Még Lee és Yang sem volt biztos abban, hogy egyáltalán igaz-e az egész feltevés, a paritásértés csak egy volt több lehetőség közül, amit vizsgáltak. Amit ők tettek, az csodálatos volt: felvetették, hogy mind azt hisszük, a tü-

körszimmetria érvényes a paritásban is, pedig valójában ezt még soha senki nem ellenőrizte kísérletekkel. Az általuk javasolt egyik kísérlet a sorba állított, polarizált magok által kibocsátott elektronok szimmetriájára vonatkozott. Ez az a kísérlet, amelyre maga és az emberiség többi része úgy hivatkozik, mint a „Wu-kísérlet”. Ez nagyon romantikus, de sajnos nem igaz.

Ahhoz, hogy ezt a kísérletet el lehessen végezni, sorba kell állítani a magokat, ami 1956-ban igazi művészet volt és a világon csak néhány ember volt képes ezt megtenni. Egyikük volt *Amber*, akit, kollégáival együtt éppen azért hívtok el a National Bureau of Standards Oxfordból, mert ez a monopólium a kezükben volt. Ms. Wunak szüksége volt valakire, aki tudja, hogy állítsa sorba a magokat; az ő specialitása a radioaktivitás volt, ő tudta, hogyan számolja meg azokat a bétarészecskéket, amelyek kijönnek a kísérlet végén, de a magok beállításáról, ami a kísérlet döntő része volt, semmit sem tudott. Ezért aztán az, hogy egyedül neki tulajdonítják a kísérlet sikerét egyszerűen disznóság!

– *Miért javasolta akkor Lee éppen neki, hogy csinálja meg?*

– Lee az egész világnak javasolta, nem csak neki. Ott volt a cikkükben [3]. Persze, mindketten a Columbia Egyetemen voltak, meg aztán Wu a bétabomlás specialista volt. Lee azt is megmondta Wunak, hogy melyik magot vizsgálja, hiszen nem minden mag lett volna egyformán alkalmas. De Wu csak néha ment le Washingtonba, ahol a kísérlet folyt, és olyankor eltöltött ott pár napot – de ezért azt a kísérletet „Wu kísérletnek” nevezni enyhén szólva túlzás. Legalább azt tennék, hogy a csoport minden tagjának egyformán tulajdonítanak az eredményt. Az sem ártott volna, ha névsor szerint szerepeltek volna a szerzők a cikkben [4].

– *De hiszen mindnyájan szerepeltek a cikkben!*

– Az igaz, de Wu a maga nevét tette előre, holott az W-vel kezdődött. A többiek, angol úriemberek lévén, nem tiltakoztak. Az is igaz, hogy végül Amber karriert csinált magának ebből a dologból, hiszen ő lett később a National Bureau of Standards igazgatója.

Egyébként Lee és Yang egy másik kísérletet is javasoltak. Amikor egy pion bomlik müonra, a müon polarizálódik, vagyis a repülés irányában forogva jelenik meg. Az volt az ötlet, hogy ha ezt tudnánk igazolni, ezzel is be tudnánk bizonyítani a paritásértést. Ez az a kísérlet, amit Jerry Friedman és én csináltunk. Nukleáris emulziókkal dolgoztunk, amelyekben jól látszik a részecskék útja, úgy, mint a lábnyomok a homokban. Először a pionok kerülnek az emulzióba, ott leállnak, aztán elbomlanak müonokká, amelyek újabb nyomot hagynak az emulzióban, mintegy fél milliméter hosszút. Ezután a müonok tovább bomlanak elektronokká. Ennek a bomlásnak a szimmetriáját vizsgáltuk és megállapítottuk, hogy az elektronok aszimmetrikus módon jelennek meg, ami azt mutatja, hogy a müonok valóban polarizálódtak. Sajnos, időt veszítettünk, mert éppen akkor halt meg apám, ezért Európába kellett jönnöm és Friedmant magára kellett hagynom. Közben *Garwin* és *Lederman* egy hasonló kísérletet csinált a Columbia Egyetemen [5]. Az én utazásom miatt sajnos a mi cikkünk pár nappal később jutott

el a folyóirathoz, mint az övék [6]. Ezért vetődött fel a prioritás kérdése. Az igazán izgalmas kérdés persze az volt, hogy legtöbben úgy gondolták, a paritássértés teljesen őrült ötlet, ez sohasem következhet be, vagy, ha be is következne, az effektus olyan kicsi lenne, hogy azt nem lehetne kísérletileg kimutatni. Az én eredeti meggyőződésem az volt, hogy ha a paritássértés valóban létezik, ahogy Lee és Yang feltételezi, akkor ez igenis nagy effektus lenne, ezért igenis érdemes a kísérletet elvégezni, hogy megbizonyosodjunk róla. Ezért, amikor az emberek azt mondták, hogy csak pocskolom az időmet, azt válaszoltam, rendben van, megengedhetem magamnak, hogy elpocskoljak erre pár hónapot az életemből. A fontos döntés az volt, hogy meg kell csinálni a kísérletet és nem az, hogy hogyan.

– *Lederman azt mondja, hogy ők a kísérletüket egy hétvége alatt csinálták meg.*

– Így van.

– *Alapvetően ugyanaz volt, mint az Önöké?*

– Igen. Az egyetlen különbség az volt, hogy ők elektronikusan mértek. Úgy alakult, hogy ott volt egy készülék, amit Lederman egyik diákja épített valami más célra, de a lényeg, hogy ott volt és egyből használni lehetett. Csak egy tekercset kellett csinálniuk. De annak a kísérletnek minden briliáns ötlete Richard Garwintól származik, aki mellesleg szintén magyar származású.

– *Ők jóval később csinálták ezt a kísérletet, mint Önök a magukét.*

– Sokkal később.

– *Hallottak közben az Önök kísérletéről?*

– Fogalmam sincs. Csak azt tudom, hogy Lee már egy ideje próbálta rábeszélni Ledermant, hogy csinálja meg, de ő nem tudta, hogyan. Aztán egy ebéd közben Dick Garwin meghallotta ezt, és egyből elmondta nekik, hogy kellene csinálni és meg is csinálták egy éjszaka alatt. De a lényeg az, és erről nem igazán lehet az irodalomban olvasni, hogy amikor Garwin és Lederman ezt a kísérletet csinálta, már tudták a washingtoni kobalt-60 kísérlet előzetes eredményeit. Addigra ők már tudták, hogy a paritássértés megvalósul. Állítólag meg is próbálták még Ms. Wu előtt publikálni az eredményeiket, de ezt nem hagyták.

– *Kik?*

– A kollégáik. Az már tényleg túlzás lett volna. Lederman nem túl etikus ember. Például megpróbált bennünket is diszkreditálni azzal, hogy azt mondta, csaltunk, hogy az eredményeink nem is valódiak!

– *Miért tett volna ilyet?*

– Hogy ne tudjuk publikálni őket.

– *Honnan tudott a kísérletükről?*

– Én hívtam fel Garwint telefonon és elmondtam neki. Mondtam, hogy hallottam, hogy ők megcsinálták ezt a munkát, mi is megcsináltuk, szóval mi az eredményetek? Garwin azt mondta: Mi a tiétek, előbb te mondd meg! Úgyhogy én megmondtam, és ő azt válaszolta, rendben van.

– *Látom, van bizonyos feszültség Ön és Lederman között.*

– Természetesen.

– *Valaha is beszéltek erről?*

– Nem hiszem. Viszont írt egy rémes könyvet, *God Particle* címmel [7], amelynek olvasása után nagyon dühös levelet írtam neki. Ebben többek között azt írtam: „Ez a könyv annyi félremagyarázást tartalmaz, amit még egy iraki diplomatától sem várnánk.” Soha nem válaszolt.

– *Melyik munkájára emlékszik legszívesebben?*

– Ez olyan, mintha azt kérdeznék, hogy ki a legszebb nő, akit valaha láttam. Határozottan nem a paritássértés kísérlet. Általában azokat a kísérleteket szeretem, amelyekben van valami ügyesség, leleményesség, amelyekről nem nyilvánvaló, hogyan kell elvégezni. Az a kísérlet nyilvánvaló volt, ha mi nem csináltuk volna meg, más megcsinálta volna. Ilyen szempontból a Garwin–Lederman-kísérlet érdekesebb volt, kimondottan ügyes ötlet.

Azt hiszem, hogy négy cikkemet említhetem meg. A legnagyobb hatása a neutronbomlással kapcsolatos munkáinknak volt. Egy másik a müon-neutrínó helicitásával foglalkozott; ez ugyanaz a kísérlet, amit Goldhaber és kollégái csináltak az elektronnal, csak mi a müon-neutrínóval csináltuk meg. Végül egy tisztán elméleti cikket kell említenem, amely a spin elektromágneses térben történő mozgásáról szól és amelynek komoly visszhangja és hatása volt [8].

– *Mi a véleménye a kísérleti és elméleti részecskefizikusok kapcsolatáról?*

– Nem lehet erre abszolút választ adni, függ a helytől és időtől. Vannak olyan helyek, ahol jó a kapcsolat kísérlet és elmélet között. Ez például az Egyesült Államok jelentős részében így van, de persze nem mindenütt. Vannak olyan elméleti emberek, akik semmi hasznos munkát nem tudnak végezni, ha nincs valami megdöbentő kísérleti eredmény, vannak emberek, akiknek a gondolkodását ösztönzik a kísérletek által felvetett kérdések. Persze, olyanok is vannak, akik éppen fordítva, maguk találhatnak ki kérdéseket, és ezzel a kísérleteket ösztönzik, mint például a korábban említett Lee és Yang. Az európai fizikusok sokkal inkább matematikailag orientáltak, mint az angolszászok, az utóbbiak sokkal inkább pragmatikusak. Érdekes szociológiai kérdés, hogy miért Amerikában fedezték fel a paritássértést és nem Európában. Európában is megtörténhetett volna, gondoljunk csak azokra az angolokra, akik Oxfordból a Bureau of Standardhoz mentek. Két olyan laboratórium van Európában, ahol a magok rendezésének nagyapjai éltek, az egyik Leiden Hollandiában, a másik Oxford Angliában. Mégsem ezeken a helyeken fedezték fel a paritássértést. Nem igazán tudom, hogy miért. Oxfordban, azt hiszem, az volt a baj, hogy az ottani elméleti kutatók nem hittek a paritássértésben, úgy gondolták, túl furcsa ötlet és nem valószínű. Ezt tudom, hogy így volt. Hollandiában más problémák voltak. Ott is volt egy nagyon erős laboratórium, de azt hiszem, azok sem tettek túl sokat azért, hogy ezt a kérdést megoldják.

– *Milyen a kapcsolata az elméleti fizikusokkal?*

– Nagyon jó, legalábbis egy csoportjukkal. De itt is van egy probléma. Nagyon kevés olyan elméleti fizikus van, aki megért egy kísérletet. Néhány igazán nagynevű elméleti ember értette, más ugyancsak híres fizikusok viszont nem. Mondok két példát. Feynman tökéletesen

megértette a kísérleteket. Csak ránézett egy kísérleti cikkre és egyből észrevett olyan hibaforrásokat, amelyeket a kísérletet végzők nem vettek figyelembe. Ugyanakkor *Pauli* egy percet sem szánt volna arra, hogy kísérleti cikket olvasson, nem értette őket. Sok elméleti ember egyszerűen úgy gondolja, hogy nem is próbálja meg. Persze, ugyanez érvényes a kísérleti emberekre, akik közül sokan nem hajlandók bizonyos mennyiségű matematikát megtanulni, mert feleslegesnek érzik azt. Én magam nagyon szeretem az elméletet és több elméleti cikket is írtam. Ugyan a matematikai tudásom nem túl jó, de tudok bizonyos elméleti fizikai kérdésekről gondolkodni, ezért aztán az elméleti cikkeimet általában valaki mással együtt írtam. Általában az ötlet az enyém volt, de a technikai megoldáshoz már nem volt elég jó a matematikai tudásom.

– *Amikor a részecskefizika jövőjéről beszélünk, mit lát: egyre nagyobb és nagyobb gyorsítókat, vagy több föld alatti detektort?*

– Szerintem mindkettőre szükség van. Épp a legutóbbi Nobel-díj nyertesei, egy japán és egy amerikai foglalkoznak rendkívül izgalmas föld alatti kísérletekkel.¹ Ezekkel a kísérletekkel az a baj, hogy a források felett nincs semmi kontrollunk. Ha, mondjuk, másodpercenként száz neutrínó érkezik, akkor nem lehet mást tenni, mint nagyobb detektorokat építeni, mivel a bejövő fluxus adott. Viszont az is igaz, hogy az elmúlt húsz évben sokkal többet tudtunk meg a Világegyetemről, mint a részecskékről. Ma már láthatjuk az eget röntgensugarakkal, ami teljesen új dolog. Szerintem az asztrofizika állapota ma olyan, mint a részecskefizikáé volt az 1960-as években; óriási a fejlődés. De ezek a kutatások is hatalmas vállalkozásokban folynak, így azoknak, akik kísérleteket akarnak végezni, néha három-négy évet is várniuk kell, mielőtt a készülékeiket eljuttathatják az űrbe.

Valójában gondom van azzal, ahogy a kísérleti fizikát manapság űzik: a stílusa sokak számára nem feltétlenül vonzó. Ha ma lennék fiatal, valószínűleg nem lennék részecskefizikus, nem szeretnék 500–1000 embert magukba foglaló csoportokban dolgozni. Magam inkább olyan kézműves típus vagyok, szeretem a függetlenséget; ha lehetőségem lenne két kísérlet közül választani, azt választanám, amelyik nagyobb függetlenséget biztosít és nem azt, amelyik „fontosabb”. Szerencsés voltam egész életemben, soha nem volt főnököm, mindig azt csinálhattam, amit akartam.

– *Hogy látja a fizika jövőjét?*

– Úgy gondolom, hogy a következő tíz év további fantasztikus eredményeket fog produkálni a fizika és asztrológia határán. Több új eredményt látni, mint amennyi az elmúlt 100 évben született. Teljesen új technológiák fejlődnek ki, olyanok, amelyek igazi forradalommal érnek fel.

– *Lehetséges, hogy az új kozmológiai ismeretek következtében egy teljesen új fizika alakul ki?*

¹ A 2002. évi fizikai Nobel-díjat megosztva (a felét) kapták *Raymond Davis Jr.* és *Masatoshi Koshiba* az asztrofizikában elért kiemelkedő eredményeikért, különösen a kozmikus neutrínók detektálásáért, míg a másik felét *Riccardo Giacconi* kapta azokért a kiemelkedő asztrofizikai eredményeiért, amelyek a kozmikus röntgensugár forrásainak felfedezéséhez vezettek.

– Lehet, de nem feltétlenül. Az is lehetséges, hogy csak tökéletesíteni kell a már ismert fizikát anélkül, hogy annak alapjait megváltoztatnánk. Az általános relativitás elmélet, például, ma már nem tisztán akadémiai téma többé, sokkal inkább gyakorlati mérnöki kérdés. Ismeri a GPS-rendszert? Ez a General Positioning System, azok a térképek, amelyeket az autókba tehetünk, hogy menet közben segítsen a tájékozódásban. Ez a készülék a műholdakról kapja a hullámokat. Ha nem vennék az általános relativitást figyelembe, egyáltalán nem működne, vagyis a relativitáselmélet mára gyakorlati tudománnyá vált.

– *Mivel foglalkozik mostanában?*

– Hobbijaim soha nem voltak. A fizika volt a foglalkozásom és a hobbim is. Néha zenét hallgatok. Tíz évvel ezelőtt nyugdíjba mentem, de még ma is minden nap bemegyek a CERN-be; részt veszek a szemináriumokon, olvasom a folyóiratokat. Egy dolog hiányzik nagyon: a tanítás. Mindig is szerettem tanítani, és szerintem jól is csináltam. A tanítás sokkal jobban hiányzik, mint a kutatás. Amit még szeretek, az a fizika története, ezzel is foglalkozom.

– *Olvassa vagy ír róla?*

– Írtam cikkeket a fizika történetével kapcsolatban. Persze, ez egy tipikus öregkori elfoglaltság egy fizikus számára, de számomra jó mentség az, hogy már fiatal koromban is írtam erről. Szeretem a családfákat, például ki volt *Wigner* tanára, a tanár tanára stb. Kimondottan érdekelnek ezek az intellektuális kapcsolatok, látni, hogy ki honnan jön, és hasonlók. Néha konferenciákon az ember annyi badarságot hall, csupa olyan dolgot, ami nem igaz, és ez mindig mélységesen felháborít. Amíg valaki fizikusként dolgozik, általában komolyan csinálja és megpróbál önkritikus lenni. Sokszor, ha ezek a fizikusok a fizika történetéről írnak, elvesztik ezt a készségüket – és ez baj.

Visszagonolvam az életemre, mindig úgy tartottam, hogy egy kísérleti fizikusnak az a feladata, hogy a legpontosabb eredményeket érje el a legegyszerűbb és legolcsóbb módon. Nem szeretek ágyúval lőni verébre, még ha sokan ezt elegánsnak tartják is. Amikor 40 éves voltam, azt mondtam a feleségemnek: Az életem fő célja az volt, hogy tiszteljenek azok, akiket én is tiszteltem. Ezt a célt elértem és boldog vagyok. Sokan érzik azt, hogy nem kaptak elég elismerést a világtól, ezért keserűek. Én úgy érzem, hogy a világ több elismerést adott nekem, mint amennyit megérdemeltem, bennem nincs semmi keserűség. Elégedett vagyok az életemmel.

Irodalom

1. M. HARGITTAI, I. HARGITTAI: *Valentine Telegdi in Candid Science IV: Conversations with Famous Physicists* – Imperial College Press, London (2004) 160–191
2. KUNCZ ALADÁR: *Fekete Kolostor: Feljegyzések a francia internáltságból* – (Magyar elbeszélők) Szépirodalmi Könyvkiadó, Budapest, 1975.
3. T.D. LEE, C.N. YANG – *Phys. Rev.* 104 (1956) 254
4. C.S. WU, E. AMBLER, R.W. HAYWARD, D.D. HOPPES, R.P. HUDSON – *Phys. Rev.* 105 (1957) 1413
5. R.L. GARWIN, L. LEDERMAN, M. WEINRICH – *Phys. Rev.* 105 (1957) 1415
6. J.I. FRIEDMAN, V.L. TELEGGI – *Phys. Rev.* 105 (1957) 1681
7. L. LEDERMAN (with *Dick Teresi*): *The God Particle: If the Universe is the Answer what is the Question?* – Delta, New York, 1993.
8. V. BARGMANN, L. MICHEL, V.L. TELEGGI – *Phys. Rev. Lett.* 2 (1959) 435