

Wigner Jenőtől tanultam szimmetriát

HARGITTAI ISTVÁN

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
és a Magyar Tudományos Akadémia
1521 Budapest, Pf. 91.
Hargittai@tki.aak.bme.hu*

ABSTRACT

The author's encounter with Eugene P. Wigner early on in his career has impacted his interest in symmetry. Michael Polanyi's impact can be traced in Wigner's symmetry studies. Wigner's modesty probably helped him in formulating the limits of science and the limits of physics. The author also quotes from a video recording with Wigner by Clarence Larson in 1986 and from his own conversations with Philip Anderson and Steven Weinberg about this giant of 20th century science.

Kutatási területem mindig is a molekulák szerkezetének meghatározása és modellezése volt. Ebben kezdettől fogva tisztában voltam a szimmetria jelentőségével, de a szimmetria iránti érdeklődésem hamar túlnőtte a szűkebb szakmai kereteket és általános érdeklődéssé bővült. Ennek a szimmetria iránti időnként szinte túlzott érzékenységnek eredetileg két forrása volt. Az első tanulmányaim idejéből származik, amikor rájöttem arra, mint ahogyan előttem is sokan mások, hogy a szimmetria felismerésével rengeteg tanulási időt takaríthatok meg. Különösen állt ez olyan területekre, mint a molekulaszervezet és a spektroszkópia. A második forrás a fényképezés szeretete volt, amely gyermekeink születésével ismét előtérbe került. A gyerekek fényképezése mellett azután lefényképeztem minden mást is, amit csak egy kicsit is érdekesnek tartottam. Idővel azután feltűnt, hogy fényképeimen milyen sok a szimmetriával (jelenlétével vagy éppen hiányával) kapcsolatos téma. Wigner Jenővel személyesen 1969-ben ismerkedtem meg és ez az esemény is döntően hatott szimmetria iránti érdeklődésemre.

Magával a Wigner névvel először Orosházán találkoztam, ahol gyerekkoromban 4 éves koromtól megszakításokkal 18 éves koromig éltem. A város kevés emeletes házainak egyike volt a Wigner Ház és 1945 után ez lett a városháza. Még évekig, amikor bármilyen hirdetemnyben

megemlítették a városházát, mindig hozzátették, hogy a volt Wigner Ház. Minden ilyen hirdetés hangsúlyozta a Wigner család volt gazdagságát és ezzel kapitalista múltját. Édesanyám sokszor emlegette, hogy milyen hálás volt nagyapámnak, aki annak idején ezt a házat, amely valamikor a mi családonk tulajdonában volt, Wigneréknek eladta. Az 1950-es években a volt gazdagság szégyenfolt volt.

A Texas állambeli Austinban 1969-ben találkoztam valakivel, aki Wigner Jenő kiköpött hasonmása volt, egy nyugalmazott cipőüzleti eladó, aki feltűnően udvarias volt; nyilván a kiszolgálásban eltöltött évei alatt ez beleivódott. De még ő sem volt olyan udvarias, mint Wigner Jenő, akivel személyesen szintén Austinban találkoztam 1969-ben. Wigner udvariassága legendás volt, bár sokan irritálónak és modorosnak találták és nem kevesen voltak azok, akiket Wigner udvariassága nem tévesztett meg, mert felismerni vélték benne egy védőpajzsot, amelyet Wigner ezzel a magatartással emelt maga köré, nehogy bárki is túlságosan közel kerüljön hozzá.

Wigner Jenőt ez az udvariasság és az ezzel rokon szerénység azonban jól szolgálta a fizikában. Nobel előadásában¹ hangsúlyozta a fizika és a fizikusok ambícióinak korlátait. Azt mondta, hogy:

„A fizikának nem a természet megmagyarázása a célja... A fizika nagy sikere valójában annak köszönhető, hogy céljait korlátozza és csupán a tárgyak viselkedésében megnyilvánuló szabályszerűségek megmagyarázására törekszik. A tágabb célról való lemondást és annak a tartománynak a behatárolását, amelyen belül a magyarázatot keresni lehet, most nyilvánvalóan szükségszerűnek tartjuk. Valószínűleg a fizika eddigi legnagyobb felfedezése éppen a megmagyarázható dolgok behatárolása. Nem lenne könnyű ennek a feltalálóját megtalálni, sem keletkezésének a pontos dátumát megadni. Kepler még megpróbált pontos szabályokat találni a bolygópályák méretére, hasonlóan a bolygómozgást leíró törvényeihez. Newton már megértette azt, hogy a fizika hosszú ideig csak azoknak a szabályszerűségeknek az értelmezésével fog foglalkozni, amelyeket Kepler fedezett fel, s amelyeket ma Kepler-törvényeknek hívunk.”

¹ Wigner, E. P., "Events, Laws of Nature, and Invariance Principles." In *Nobel Lectures: Physics 1963-1970*. Elsevier, Amsterdam, 1972, pp. 6-17.

„A jelenségekben rejlő szabályosságokat, amelyeket a fizika tudománya feltárni igyekszik, természeti törvényeknek nevezzük. Ez az elnevezés nagyon találó. Ugyanúgy, ahogy a jogi törvények szabályozzák a cselekedeteket és a viselkedést bizonyos feltételek fennállása esetén, de nem próbálnak meg minden cselekedetet és viselkedést szabályozni, a fizika törvényei is csak bizonyos, jól definiált körülmények esetére határozzák meg érdeklődésük tárgyának viselkedését, de egyébként sok más lehetőséget szabadon hagynak.”

Wigner fizikai Nobel-díját „az atommag és az elemi részecskék elméletének kialakításában, különösen pedig az alapvető szimmetria-elvek felfedezésében és alkalmazásában nyújtott munkásságáért” kapta. A szabályszerűségek keresésére tanítómestere, Polányi Mihály ösztönözte. Ez a hatás annyira fontos volt Wigner számára, hogy erre külön is kitért abban a rövid beszédében, amelyet 1963 decemberében a Nobel-díj átadását követő fogadáson mondott.

A szokás az, hogy minden díjkategóriából egy díjazott kétperces beszédet mond ezen a fogadáson. Az 1963-ik évi fizikai Nobel-díjat három tudós között osztották meg. A díj felét Wigner kapta, a másik felét pedig Maria Goeppert-Mayer (1906-72) és J. Hans D. Jensen (1907-73). A díj ilyen való megosztása, ami a Nobel-díjra vonatkozó szabályokkal teljes összhangban történt,² ugyanakkor egy potenciális protokoll problémát is megoldott. Tudni kell ehhez azt, hogy a Nobel-alapítvány nagy jelentőséget tulajdonít annak, hogy Alfred Nobel milyen sorrendben sorolta fel a díjakat végrendeletében. A fizikával kezdte, amelyet a kémia, a fiziológia vagy orvostudomány és az irodalom követett. A Nobel-ünnepségek szigorú rendet követnek. Ha egy fizikus díjazott van, akkor az ő felesége megy a svéd király karján a hatalmas ebédlőterembe. Pontos szabályok írják elő a többi díjazott és a házastársak, valamint a királyi család tagjainak bevonulását. Ugyanígy szigorú sorrendben adja át a király magukat a díjakat is. Az 1963-ban díjazott három fizikus közül Maria Goeppert-Mayer volt az első nevük abc sorrendjének megfelelően. Nő lévén ez felrúgta volna az addig kialakult protokollt. Félretették tehát az abc rendet és Wigner Jenőt vették előre azzal a magyarázattal, hogy az ő Nobel-díjára nagyobb hányad jutott, mint a többiekére. Valószínűleg ez a megfontolás segítette a három díjazottat abban, hogy eldöntsék, ki legyen hármuk közül az, aki a hagyományos kétperces beszédet elmondja. Ezek a beszédek azután már az

² Hargittai, I., *The Road to Stockholm: Nobel Prizes, Science, and Scientists*. Oxford University Press, 2002.

illető egyén mondanivalóját tartalmazzák, nem pedig valamiféle közös nyilatkozatot.

Az udvarias Wigner a beszédet azzal kezdte, hogy hármójuk nevében mondott köszönetet a magas kitüntetésért. Kifejezte háláját azoknak, akik a díjat odaítélték, de rögtön utána megjegyezte, hogy az újdonsült hála nem halványíthatja el a régi hálákat és ezért beszéde hátralevő részét tanítóinak szentelte. Hangsúlyozta a Polányi Mihálytól kapott inspirációt:

„Ő tanított meg engem, egyebek között, arra, hogy a tudomány ott kezdődik, ahol a jelenségek egy csoportja egy bizonyos összetartozást és szabályszerűségeket mutat, hogy a tudomány abból áll, hogy magáévá teszi ezeket a szabályszerűségeket, és olyan fogalom-rendszer hoz létre, amelynek keretében a szabályszerűségek természetes módon kifejezhetők.”

Polányi tehát Wigner figyelmét a szabályszerűségek felismerésének fontosságára hívta fel és ennek a felismerésnek az eszköze a szimmetria.

Abban az időben, amikor Wigner Nobel-díjas lett, negyedéves vegyészhallgató voltam a Moszkvai Állami Egyetemen. A Nobel-díjakat nem kísértem figyelemmel és ha eljutott hozzám Wigner Nobel-díjának a híre, akkor sem emlékszem rá. A következő évben azonban olvastam az *Élet és Irodalom*-ban egy Wigner cikket, amely nagyon megragadta a figyelmemet. Az *Élet és Irodalom* ugyanis kiválasztott egy korábbi Wigner írást³ a tudományok határáról és annak egy részét közölte valamikor 1964 őszén. Ekkor már ötödéves hallgató voltam, a cikk elindította a fantáziámat és írtam egy válaszcikket, amelyet elküldtem a lap szerkesztőjének. Cikkem hamarosan meg is jelent, ez volt első nyomtatásban megjelent írásom.⁴ Természetesen kellemesen meglepett, hogy a cikket kinyomtatták, de még nagyobb volt a meglepetésem, amikor néhány héttel később nagy, vaskos boríték érkezett számomra Wigner Jenőtől. Írt egy szép levelet és küldött néhány különlenyomatot. A levélben leírta, hogy mivel értett egyet abból, amit írtam, és a maga udvarias módján azt is, amivel nem értett egyet. Akkor is jólesett a levele, de most visszagondolva, ez hatalmas gesztus volt egy Nobel-díjas világtekintély részéről egy ismeretlen egyetemi hallgató felé.

³ Wigner, E. P., "The Limits of Science." *Proceedings of the American Philosophical Society* 1950, 94, No. 5 (October).

⁴ Hargittai, I., "Tudományok határán." *Élet és Irodalom* 1964, VIII, 51. szám, 6. oldal (1964 december 19).

Wignerrel majdnem élete végéig levelezésben maradtunk. Az utolsó években azonban már erősen érezhető volt betegsége. Személyesen csak egy alkalommal találkoztunk, igaz az a találkozás kiadós volt, öt, egyenként egyórás beszélgetésből állt. Ez akkor történt, amikor 1969-ben egy egész évet a Texasi Egyetem Fizikai Intézetében dolgoztam, mint vendégkutató. Bár kémikus vagyok, kutatási érdeklődésem a fizikai kémia és azon belül a molekulaszervezet-kutatás, amit abban az időben szinte kizárólag gázfázisú elektrondiffrakcióval végeztem. Ez a terület Európában inkább kémia tanszékeken folyt, míg Amerikában gyakran fizika tanszékeken. A Texasi Egyetem Fizikai Intézetének vezetője akkoriban Harold P. Hanson volt, akinek a kutatási területe ugyancsak a gázfázisú elektrondiffrakció volt, és akivel az előző évben, 1968-ban, az Oslói Egyetemen ismerkedtem meg. Hanson az atomok röntgensugár-szórási tényezőinek kiszámításával idézettségi klasszikus lett, széleslátókörű, norvég-származású fizikus volt. Vezetése alatt indult el a Texasi Egyetem Fizikai Intézetének látványos fejlődése, amit elsősorban azzal ért el, hogy világtekintélyeket toborzott intézetébe. Ennek keretében meghívta a gázfázisú elektrondiffrakció egyik vezető tudósát, a norvég Otto Bastiansent egyéves vendégprofesszorságra és nemcsak magas fizetést ajánlott fel neki, hanem azt is, hogy hozza magával két munkatársát. A körülmények szerencsés összejátszása folytán Bastiansen a norvég Jon Brunvoll mellett engem választott. Abban az időben nem volt egyszerű dolog Magyarországról magánkezdeményezésre ilyen tanulmányútra menni, és a szükséges engedélyek megszerzése után 1968 szeptembere helyett csak 1969 januárjában csatlakozhattam Bastiansenhez és a Fizikai Intézethez Austinban. Mire Wigner Jenő Austinba látogatott, addigra Bastiansen már visszatért Norvégiába, és addigra már Harold Hanson is elhagyta Texast egy fontosabb floridai állás kedvéért.

Amikor meghallottam, hogy Wigner Jenő látogatóba jön – előadásait jó előre propagálták –, megkerestem a Fizikai Intézet új vezetőit, hogy megszervezhessem a vele való találkozást. Hanson idejében ez nem okozott volna problémát. Most azonban Wigner meghívói elmondták nekem, hogy ez a látogatás sokkal drágább annál, mintsem megengedhetnék maguknak, hogy Wigner idejének egy részét velem töltsék, de eljöhettek az előadásaira. Azt is lehetővé tették, hogy otthagyjak Wigner számára egy levélkét, amelyben megírtam neki, hogy ott vagyok a Fizikai Intézetben. Wigner megkapta a feljegyzésemet, mert az első naptól kezdve meglátogatott a szobámban és ott-tartózkodása minden napját nálam kezdte reggel 8 órakor és 9 óráig beszélgettünk. A hivatalos programja 9 órakor kezdődött, így Wigner a „saját” idejét töltötte velem; vendéglátóit nem rövidítette meg.

Beszélgetéseink témái széles kört öleltek fel; számomra a legfontosabb a szimmetriával kapcsolatos volt. Abban az időben az egyik vizsgált

szerkezetem az adamantánmolekula szerkezete volt. Ez az egyik legszimmetrikusabb molekula, a képlete $C_{10}H_{16}$, neve nagy stabilitására utal, ami nyilvánvalóan a szimmetria következménye. Wignerrel való beszélgetéseim több szinten is hatással voltak a szimmetria iránti érdeklődésemre. Bár nagyon sok részletben nem mélyedtünk el, megértettem, hogy mennyire fontos a csoportelmélet a szimmetria elvének kémiai alkalmazásában. Feleségemmel írt későbbi könyvünkben ezzel részletesen foglalkoztunk, az atomok és molekulák rezgésének, elektronszerkezetének és a kémiai reakciók szimmetria-vonatkozású tárgyalásában⁵.



*Wigner Jenő és Hargittai István Austin, Texasban, 1969-ben
(ismeretlen szerző felvétele)*

⁵ Hargittai, I., Hargittai, M., *Symmetry through the Eyes of a Chemist*, Second Edition. Plenum, New York, 1995.

Amikor visszagondolok Wignerrel való beszélgetéseimre, nem a részleteket tartom így utólag a legfontosabbnak, hanem inkább két általános dolgot. Az egyik az, hogy Wigner tudatosította bennem először a geometriai szimmetria és minden más szimmetria közötti különbséget. A kémiai alkalmazásokban is a szimmetria kevésbé szigorú vonatkozásai az igazán hasznosak. Amikor egy molekula szimmetriáját leírjuk, nem hagyhatjuk figyelmen kívül a molekula mozgását és minél nagyobb amplitúdójúak ezek a mozgások, annál kevésbé érvényesíthetők a geometriai szimmetria szigorú megkötései az ilyen molekulák leírására. A geometriai szimmetria szigorának feloldása azután elvezet a szimmetria általánosabb értelmezéséhez, ami Hermann Weylt követve arányokat és harmóniát is jelent⁶. Visszagondolva beszélgetéseinkre, és azokat azóta összegyűjtött tapasztalataim háttérére vetítve, Wigner számomra a legmélyebb benyomást azzal érte el, hogy számára nem volt külön fizikai szimmetria és kémiai szimmetria, és így tovább, csak szimmetria létezett. Alkalmazott modelljeiben különböző esetekben különböző dolgok kaptak hangsúlyt, de a szimmetria univerzalitása megmaradt. Azóta Nobel-díjas fizikusok is többször megmagyarázták nekem, hogy a fizikai szimmetria és a kémiai szimmetria mennyire eltér egymástól, de én már Wigner óta tudom, hogy nem ezek az eltérések a meghatározóak.

Wigner kiválóan tudta alkalmazni egyik tudományterületén megszerzett tudását más tudományterületeken, éppen mivel számára a tudomány és a természet mesterséges felosztása tudományterületekre valójában csak egy szükséges, de mesterséges felosztás volt. Ezért tudta alkalmazni vegyészmérnöki ismereteit a Manhattan Projektben, ahol az atombomba előállításában annyira nagy szükség volt arra az ismeretanyagra, amelyet az anyagok tulajdonságairól és viselkedéséről szerzett meg a korábbi években. Ugyanígy ezért tudott tanácsot adni a hozzá forduló John A. Wheeler princetoni fizikusnak maghasadás elmélete kidolgozásában. Wheeler Niels Bohrral együttműködésben dolgozta ki a maghasadás elméletét⁷ és tudott Wignernek a kémiai reakciók átmeneti komplexeire vonatkozó, Polanyi Mihállyal folytatott tanulmányairól, ami ebben az esetben valóban nagy segítséget jelentett⁸.

⁶ Weyl, H., *Symmetry*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1952.

⁷ Bohr, N., Wheeler, J. A., *Phys. Rev.* 1939, 56, 426.

⁸ Hargittai, M. beszélgetései John A. Wheelerrel Princetonban 1999-ben és 2000-ben; megjelenésre előkészítve: Hargittai, M., Hargittai, I., *Candid Science IV: Conversations with Famous Physicists*. Imperial College Press, London.

Wigner sokat töprengő egyéniség volt, de ezt a sokat töprengő egyéniséget csak kevesen ismerhették meg. Clarence Larson, aki maga is tevékenyen részt vett a Manhattan Projektben, már nyugalmazott kémia professzorként sok híres tudóssal, főleg az atomkorszak megteremtőivel vett fel videóinterjút, köztük Wigner Jenővel is. Larson halála után özvegye feleségemnek és nekem ajándékozta az eredeti felvételeket. Két momentumot említek meg az 1986-ban Wignerrel felvett beszélgetésből⁹. Az egyik arra vonatkozik, hogy miután előzőleg a Princetoni Egyetem nem véglegesítette Wignert és így állás után kellett néznie, miért ment végül vissza Princetonba, miután a Wisconsin Egyetemen már volt állása, amikor a Princetoni Egyetem újra állást ajánlott fel neki. A másik pedig Wigner gondolataiba enged bepillantást a Japánra ledobott atombombával kapcsolatban. Ami a Princeton-Wisconsin vonatkozást illeti, a következőket mondotta:

„Princetonban sohasem éreztem otthon magamat, míg Wisconsinban már a második naptól kezdve otthon éreztem magamat. Két év elteltével visszahívtak Princetonba. A visszahívás oka az volt, hogy azok, akik miatt engem elküldtek, mégsem kapták meg az állást Princetonban. Akkor meghívták Van Vlecket, de ő inkább a Harvardot választotta és engem ajánlott maga helyett. Volt azután még egy oka annak, hogy eljöjsek Wisconsinból. Madisonban szerelmes lettem és a fiatal hölgygel össze is házasodtunk, de ő nyolc hónap múltán meghalt. Nagy szomorúságomban úgy gondoltam, hogy jobb lesz elmennem arról a helyről, ahol elvesztettem a jobbik feletem. Így azután 1937-ben visszamentem Princetonba.”

Közismert, hogy Wignernek Szilárddal és Tellerrel együtt kezdeményező szerepe volt az amerikai atombomba programban és Wigner végig részt vett a feladat megoldásában. Őket is, mint annyi más menekült tudóst, erősen motiválta a nácizmustól való félelem és a nácizmus elleni harc. Idővel azután kiderült, hogy a németeknek nem volt hasonlóan eredményes programjuk és Németországgal egyébként is véget ért a háború, mielőtt még az atombomba elkészült volna. Az amerikai vezetés elhatározta, hogy az első bombákat a japánok ellen vetik be, de ebben nem volt egyetértés a tudósok körében. Wigner így emlékezett erre 1986-ban:

„Azt javasoltuk, hogy japán tudósok és katonai vezetők jelenlétében demonstrálják a bombát. Groves [tábornok, az

⁹ Hargittai, I. "‘You Are Pleasantly Disagreeable’: Eugene P. Wigner Remembers." *Chem. Intell.* 1999, 5(3), 50-52.



*Wigner Jenő Austin, Texasban, 1969-ben
(Hargittai István felvétele)*

atombomba-projekt vezetője] ezzel sem értett egyet és azt mondta, hogy egy város példáján kell azt demonstrálnunk. Valóban ez történt, de ez eléggé elkésérített bennünket. Azt gondoltuk, hogy sok japán életét menthettünk volna meg, ha a bombát egy lakatlan területen lehetett volna bemutatni. Úgy tűnik azonban, és ezt el kell ismernem és ezt el is ismerem, tévedtünk. Sok évvel később olvastam egy könyvben, hogy a Hirosimában és Nagaszakiban végzett demonstrálás valószínűleg sok-sok japán életet mentett meg. Mivel jómagam azt gondoltam, hogy egy lakatlan területen történő bemutatás japán tudósok és politikusok jelenlétében elegendő lett volna, több japán barátomat is megkérdeztem arról, hogy mi a véleményük az esetről. Egy kivételével ők a következőt mondták nekem: »Nem, egy lakatlan területen történő demonstrálásnak nem lett volna hatása a Császárra.« Egy kivételével minden japán barátom azt mondta nekem, hogy »annak nem lett volna meg ugyanaz a hatása; nagyon is jó volt, hogy a demonstrálás úgy történt ahogy történt.« Lehet, hogy ez tényleg így volt, bár abban az időben nem így gondoltam. De hát ők ismerték a japán politikusokat, a japán Császárt és a japán katonai vezetőket, és sokkal jobban ismerték őket, mint mi. De a dolog meglepett. Japán barátaim úgy gondolták, hogy sok japán életet mentettünk meg azzal, ami történt, bár ennek az ára sok japán

élet elvesztése volt. Úgy tűnik, hogy Groves tábornoknak igaza volt és a bombát úgy kellett demonstrálni, ahogyan az meg is történt.”

Wigner Jenővel való beszélgetéseimben sok minden másról is szó esett, nemcsak a szimmetriáról. Beszélgettünk például a költészetéről is. Vörösmarty Mihály volt a kedvenc költője és én ismertettem meg Radnóti Miklós költészetével; később küldtem neki egy Radnóti kötetet is és leveleztünk Radnótiról. Wigner élénken érdeklődött a magyar belpolitikáról, érdemeim felül, hiszen a magyar politikai élet akkoriban nagyon szegényes volt. De Wigner mindent gondosan elolvasott, ami csak a kezébe került. Emlékszem arra, hogy milyen gondosan elemezte az akkori jelentéktelen politikus honvédelmi miniszter jelentéktelen beszédét. Wigner az amerikai konzervatívokkal szimpatizált, amit fizikus kollégái is mindig felelgetnek, amikor Wigner szóba kerül¹⁰. Számomra Wigner konzervatizmusa abban nyilvánult meg, hogy nem ismerte el azt, hogy Amerikában is van szegénység, pedig ez akkoriban, különösen Lyndon Johnson elnök 1968-ban véget ért kormányzása után még mindig napirenden volt. Wigner hívott, hogy látogassam meg Princetonban, hogy megmutathassa a környéküket, ahol garantáltan nem fogok szegényeket találni.

A szimmetrián kívül azonban számomra beszélgetéseinknek az volt a legemlékezetesebb része, amikor Wigner a korai 1920-as évek magyarországi tapasztalatairól mesélt nekem. Mindez szomorú volt és ezt az érzést az is fokozta, hogy elbeszéléseiből egy kicsit az 1960-as évek hazai viszonyaira is ráismertem. Legfontosabb megfigyelése azzal volt kapcsolatos, ahogyan a magyar hivatalokban az ügyfeleket kezelték, azokat az embereket, akiket ezekben a hivatalokban ezeknek a hivatalnokoknak szolgálniuk kellett volna. A hivatalnokok voltak a hatóság és az ügyfelek a kiszolgáltatók. Az ügyfelek mindig kértek valamit, mindig folyamodtak valamiért, a hivatalnokok pedig kegyet gyakoroltak. Wigner elmondta nekem, hogy amikor valaha is honvágyat érzett Magyarország iránt, akkor csak arra volt szüksége, hogy eszébe jussanak ezek a tapasztalatok és nyomban elpárolgott minden nosztalgikus érzése; az emlékezés kijózanította.

Köszönetnyilvánítás: Molekulaszerkezet-kutatásainkat az OTKA (030053 és T037978) és az Oktatási Minisztérium (0364/1999) támogatja.

¹⁰ Beszélgetések Steven Weinberggel, Philip Andersonnal, 1999-ben és 2000-ben; Hargittai, M., Hargittai, I., *Candid Science IV: Conversations with Famous Physicists*. Imperial College Press, London, előkészületben.