

Nobel-díjas tudósokról leginkább akkor esik szó Magyarországon, amikor az itt született Nobel-díjasok nevei merülnek fel valamilyen beszélgetésben. Nemzeti érzésünket erősíti amint felelgetjük őket, büszkék vagyunk rájuk.

Az Európai Unió tagjaként viszont már messzebbre tekinthetünk! Távollabbról nézve magunkénak érezhetjük Európa minden tudósát, aki életével és munkásságával növelte az európai kultúra hírét, megbecsülését.

Gyakran felteszik a kérdést: Vajon mi kellett ahhoz, hogy valaki Nobel-díjas legyen?

A tudományos pályán való érvényesülésnek annyira bonyolult a feltételrendszere, hogy érdemesnek látszik külön megvizsgálni azokat az eseteket, amikor a Nobel-díjas kutató gyermekéből ugyancsak Nobel-díjas kutató lett, mégpedig ugyanazon tudományágban – a fizikában –, amelyben apja vagy anyja működött. Csupán néhány ilyen eset fordult elő, sokkal kevesebb annál, semhogy általános következtetésekre lehessen jutni belőlük.

A Nobel-díj történetében eddig négy alkalommal történt meg, hogy Nobel-díjas fizikus apának a fia is Nobel-díjas fizikus lett, s egyetlen esetben lett fizikai Nobel-díjas anyának a lánya is Nobel-díjas. A szülők mind Európában születtek, s gyermekeik is Európában végzett kutatásaiért kapták a Nobel-díjat. Példájuk felidézése remélhetőleg elég érdekes lesz ahhoz, hogy jobban megértsük az akkori világot, mai világunk előképét.

A két Thomson: J. J. és George

Sir Joseph John Thomson

Sir Joseph John Thomson (Ceetham Hill, UK, 1856. december 18. – Cambridge, UK, 1940. augusztus 30.) az elektron felfedezője, az atom „mazsolás puding” modelljének kiagyalója skót családba született egy Manchesterhez közeli kis faluban. 16 éves korában vesztette el könyvkereskedő édesapját. Manchesterben kezdett mérnöki tanulmányait Cambridge-ben folytatta és fejezte be, a Trinity College ösztöndíjasaként. Az ösztöndíjat egy matematikai pályázattal sikerült elnyernie. 27 éves korában Cambridge-ben *Lord Rayleigh* (1842–1919) irányításával diplomázott matematikából, s egy év múlva már Rayleigh örökébe lépve a Cavendish Laboratórium igazgató professzora lett. (Rayleigh-t ugyanakkor a londoni tudományos akadémia, a Royal Society titkárává nevezték ki.) Még ugyanebben az évben választotta tagjául J. J. Thomson a Royal Society. Élete végéig Cambridge-ben dolgozott. 34 éves korában nősült meg, felesége *Rose Elisabeth Paget* (1860–1951), egy híres cambridge-i orvosprofesszor lánya volt. (Róla még lesz szó, az ifjú Thomsonnál.) Két gyermekük született, egy fiú és egy lány.

J. J. Thomson kiváló intuíciójú mérnök-fizikus és nagyon eredményes tudós-tanár volt.

Kutatói pályafutását a gázkiszülések tanulmányozásával kezdte. Ötletesen megtervezett kísérletsorozatban vizsgálta meg a katódsugarak eltérülését elektromos és mágneses térben. Ezzel tudta kísérletileg bizonyítani, hogy a katódsugárzás nem elektromágneses hullám, mint például az akkoriban felfedezett X (röntgen) sugárzás, hanem elektromosan töltött részecskék áramlása. Megalkotta az első nagyvákuumú katódsugárcsővet, ezzel sikerült meghatározni a katódból kilépő „részecskék” (az elektron elnevezést nem használta, nem is szerette) töltésének és tömegének arányát. 1898-ban körültekintően megtervezett és elvégzett kísérletsorozat eredményeként megmutatta, hogy ez az e/m hányados tág határok között független a részecskék sebességétől. Joggal tartjuk ezért 1898-at az elektron felfedezése évének.

1906-ban kapott Nobel-díjat „a gázokon áthaladó elektromosságra vonatkozó elméleti és kísérleti vizsgálatok terén szerzett nagy érdemeiért” (1. ábrán balra). Érdemes figyelni az indokolás óvatosságára, körülményességére, ez is jelzi, mennyire nem tört még utat magának akkor az anyag szerkezetének korpuszkuláris elmélete. Ebben az évben lett öngyilkos az igaztalan támadásokban meghasonlott *Ludwig Boltzmann* (1844–1906), és javában virágzott a *Wilhelm Ostwald* (1853–1932) által erőltetett energetikai elmélet.

A Nobel-díjat követően se csökkent J. J. Thomson kutatási tevékenységének intenzitása. Rendkívüli sikereket ért el a pozitív töltésű ionok alkotta csősugarak vizsgálatával. A neon-ionok eltérülését vizsgálva kimutatta, hogy kétféle tömegű neon-ion létezhet, ezzel kísérleti bizonyítékot szolgáltatott az izotóp-atomok létezésére. Egyidejűleg feltalálta és meg is építette az első tömegspektrográfot.

Eredményeit legtöbbször kiváló tanítványaival együtt érte el. Nagyon jó érzékkel válogatta ki és vette őket maga mellé a Cavendish Laboratóriumba, mun-

1. ábra. Sir Joseph John Thomson és Sir George Paget Thomson



katársnak. Nemsokára egész Európából jöttek Cambridge-be a jobbnál jobb fizikusok, hogy J. J. Thomson mellett dolgozhassanak. És nemcsak Európából jöttek!

Végül is hét Nobel-díjas fizikus mondhatta magát Thomson-tanítványnak. Leghíresebb közülük *Ernest Rutherford* (1871–1937), aki a tanítványok közül elsőnek, 1908-ban kapott Nobel-díjat, és aki később J. J. Thomsont követte Cambridge-ben a Cavendish Laboratórium élén. Rajta kívül *W. H. Bragg* (1862–1942) 1915-ben, *C. G. Barkla* (1877–1944) 1917-ben, *F. W. Aston* (1877–1945) 1922-ben, *C. T. R. Wilson* (1869–1959) 1927-ben, *O. Richardson* (1879–1959) 1929-ben kapták meg ezt az elegáns kitüntetést. *J. J. Thomson* tanítványai közé számíthatjuk *Max Born*t (1882–1970) is, aki azonban már jóval Thomson halála után, 1954-ben lett Nobel-díjas, vagy a nem Nobel-díjasok közül például *Robert Oppenheimer*t (1904–1967), *John Townsend*et (1868–1957) és *Paul Langevin*t (1872–1946).

A hetedik fizikus tanítvány, aki még J. J. Thomson életében kapott Nobel-díjat, saját fia volt, *George Paget Thomson*.

Sir George Paget Thomson

A fiatalabbik Thomson (Cambridge, UK, 1892. május 3. – Cambridge, UK, 1975. szeptember 10.) nevében a Paget nem keresztnév, hanem édesanyja vezetékneve. Ez a kettős vezetéknevét azt fejezi ki, hogy mindkét család egyenlő jogú örökösének tartja magát az illető. Az anyai nagyapa, *Sir George Edward Paget* (1809–1892) jelentős királyi kitüntetések birtokosa volt, miközben cambridge-i orvosprofesszorként szerzett hírnevet magának és népes családjának. Öt fiú és öt leány gyermeke született és ért meg tisztes öregkort – a negyedik leány volt George Thomson édesanyja, J. J. Thomson felesége, aki 91 éves korában hunyt el Cambridge-ben, 1951-ben.

George Thomson Cambridge-ben született, itt járt iskolába, itt kezdte meg egyetemi tanulmányait a Trinity College diákjaként matematikából, majd folytatta fizikából. Diplomamunkájának témavezetője ugyanúgy Lord Rayleigh volt, mint édesapjának. Ezután az édesapa által irányított Cavendish Laboratóriumban kezdett izotópokkal folyó kutatásokba, azonban rövidesen kitört az első világháború. Besorozták, majd Franciaországba küldték, egyenesen a frontra. Szerencsére hamarosan a képességeit jobban kihasználni tudó Royal Air Force alkalmazásába került, ahol az aerodinamikai kutatásokba kapcsolódott be. A háború után visszatért Cambridge-be, folytatta izotópokkal végzett kutatásait. 1922-ben sikerrel pályázott az Aberdeeni Egyetem természetfilozófia tanszékére, de továbbra is szoros kapcsolatban maradt édesapjával. Ennek eredménye lett 1928-ban kiadott közös könyvük a gázok elektromos vezetéséről. Közben 1924-ben megnősült, feleségül vette *Kathleen Buchanan Smith*-t (?–1941), egy anglikán tiszteletes leányát. Négy gyermekük született, két fiú és két leány.

1924-ben vetette fel *Louis de Broglie* (1892–1987) az anyaghullámok létezésének hipotézisét, amiről George Thomson egy oxfordi fizikuskonferencián értesült 1926-ban. Az ötlet megragadta fantáziáját és Aberdeenben hozzáfogott tanítványaival az elektronok hullámtermészetének kísérleti kimutatásához. Sok sikertelen próbálkozás után akkor tudott először transzmissziós elektrondiffrakciós képet előállítani, amikor sikerült az Aberdeeni Egyetem műhelyében egy vékony, csupán 60 nm vastag aranyfóliát készíteni, ami már nem nyelte el az elektronsugarakat. Nagyjából ugyanebben az időben sikerült az elektronok hullámtermészetének kimutatása tőle függetlenül, az Egyesült Államokban dolgozó *C. J. Davisson*nak (1881–1958) is, aki kis energiájú elektronok szóródását vizsgálta nikkkel egykristályok felületén.

1937-ben George Paget Thomson és Clinton Joseph Davisson megosztott Nobel-díjat kaptak „a kristályok elektronokkal való besugárzásánál fellépő interferenciajelenségek kísérleti kimutatásáért” (*1. ábrán jobbra*). Thomsonék számára a teljességet sugallhatta, hogy az apa bizonyította be az elektronok részecske-természetét, a fiú pedig az elektronok hullámtermészetét.

Amikor a Nobel-díjat kapta, George Thomson már nem Aberdeenben, hanem Londonban tanított, az Imperial College professzora volt. A második világháború kitörésekor visszahívták a légierő katonai kutatásaihoz, és nem lehet véletlen, hogy 1940. áprilisában éppen őt, Anglia ünnepelt, de már életének utolsó hónapjait élő tudósának fiát nevezték ki az atombomba angliai előállítási lehetőségeinek vizsgálatára létrehozott titkos katonai szakértői bizottság, az úgynevezett MAUD-bizottság élére. A bizottság tagjai voltak: *Patrick Blackett* (1897–1974), *James Chadwick* (1891–1974), *John Cockcroft* (1897–1967), *Philip Moon* (1907–1994), valamennyien Angliában született és ottani egyetemeken működő, politikailag is megbízhatónak tartott fizikusok, valamint az ausztráliai *Marcus Oliphant* (1901–2000), aki akkor a Birminghami Egyetem vezető fizikaprofesszora volt. Az uránbomba megvalósításának reális lehetőségét ugyanis 1940 februárjában Birminghamban vetette fel két, akkor ott dolgozó emigráns kutató, a Berlinben született *Rudolf Peierls* (1907–1995) és a Bécsben született *Otto Frisch* (1904–1979). A MAUD-bizottság munkájában az egyik fontos eredményt az oxfordi egyetemről felkért két emigráns fizikus, a német *Franz Simon* (1893–1956) és a magyar *Kürti Miklós* (1908–1998) érte el a gázdifúziós izotópszétválasztási módszer kidolgozásával. A bizottság titkos jelentései a gondosan kiépített szovjet kémhálózat révén előbb-utóbb a Szovjetunióba is elkerültek. Ekkor itt is alakult egy megfelelő titkos bizottság, *Molotov* (1890–1986) politikai és *Igor Kurcsatov* (1903–1960) szakmai irányításával, csak éppen *Sztálin* bizalmatlansága, amely nemcsak az emberekkel, de az ismeretlen tudománnyal szemben is hihetetlenül erős volt, pénzt akkor még nem nagyon juttatott a kísérletekre.

Nemsokára megindult az Egyesült Államokban a Manhattan projekt, ebbe válogattak be néhányat a megbízhatónak tartott angol fizikusok közül. Bekerült a Los Alamosban dolgozó angol csoportba *Niels Bohr* és fizikus fia, akik a megszállt Dániából menekültek el. Viszont csak 1943-tól kezdve engedték meg Rudolf Peierlsnek, aki pedig már 1940 óta brit állampolgár volt, hogy dolgozzon a Manhattan programban. Igaz, Peierlssel együtt *Klaus Fuchs* (1911–1988) is bekerült a csapatba, aki pedig Moszkvának kémkedett...

A háború után George Thomson a szabályozott nukleáris reakciók kutatását folytatta Angliában. Atombomba helyett az atomerőművek létrehozásán fáradozott, ahogy Párizsban *Frédéric Joliot-Curie*, vagy Moszkvában a szovjet fizikusok és az elfogott német tudósok egy része. George Thomson 1952-ig maradt Londonban az Imperial College professzora, ekkor visszaköltözött Cambridge-be, ahol még tíz évig dolgozott és tanított a Corpus Christi College-ban. Tiszteletére már életében, 1964-ben elneveztek róla egy épületet a cambridge-i egyetemen.

A két Bragg: William és Lawrence

Sir William Henry Bragg

Sir William Henry Bragg (Westward, UK, 1862. július 2. – London, UK, 1942. március. 10.) apja vidéki gazdálkodó volt, aki gyakran vállalt szolgálatot kereskedelmi hajókon és keveset volt otthon. Édesanyját, egy anglikán tiszteletes lányát, hétéves korában elvesztette. Ekkor a nagybácsi, akit szintén *William Bragg*nek hívtak, magához vette és iskoláztatta. Tehetséges matematikusként Cambridge-be, a Trinity College-ba nyert ösztöndíjat, ahol J. J. Thomson tanítványa lett. 1884-ben diplomázott, s a következő évben J. J. Thomson támogatásával kinevezték Ausztráliába, Adelaide-be az elméleti és alkalmazott matematika professzorának, azzal a kiegészítéssel, hogy fizikát is kell oktatnia. (Ausztrália, akárcsak Kanada, a Brit Birodalom része volt. A brit birodalmi küldetéstudat, amely kötelességének tartotta a brit kultúra világméretű terjesztését, lelkes követőkre talált a pályakezdő, fiatal tudósokban.) Az ausztráliai állást 1886-ban, 24 évesen foglalta el.

Három évvel odaérkezése után, 1889-ben megnősült. Felesége *Gwendoline Todd* (?–1929), Dél-Ausztrália főpostamesterének és állami csillagásznak leánya, tehetséges akvarellista volt. Két fiúk és egy lányuk született, az elsőszülött volt *William Lawrence*.

Adelaide-ből William Henry Bragg levelezéssel és tudományos folyóiratok járatásával tartotta a kapcsolatot Angliával, különösen Cambridge-

re figyelt oda. Minden új felfedezést igyekezett számon tartani, de már elmúlt negyven éves, amikor első publikációjával megjelent a tudományos közéletben. Addig az ausztrál egyetemi oktatás színvonalának emelése, az itteni egyetemi élet felvirágoztatása kötötte le energiáit. Még gyeplabdaklubot is alapított az ausztrál egyetemisták számára.

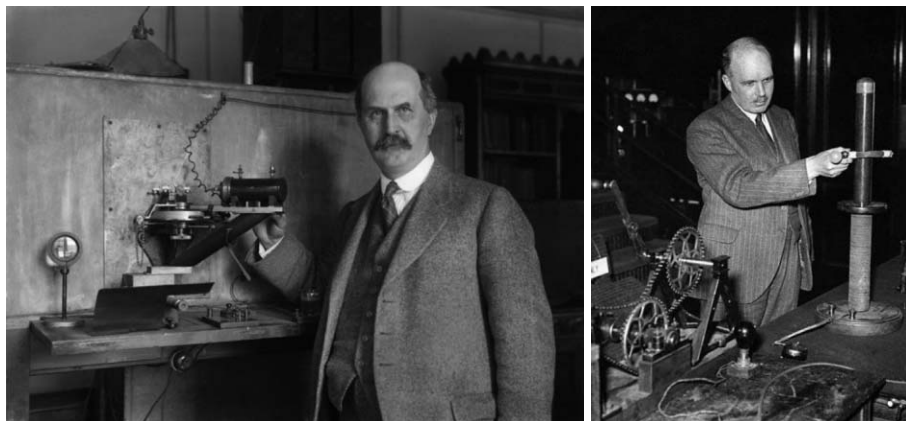
Már a felfedezés évében, 1896-ban szerzett röntgensövet, és máris diagnosztizálásra használta, amikor hatéves kisfia elesett otthon a triciklijével és eltörte a karját. A csillagászati obszervatóriumban apósával felszerelt egy Marconi adóvevőt, valamint beállított egy szeizmográfot. Amikor fiai nagyobbak lettek, megengedte nekik, hogy a kerti fészerben műhelyt rendezzenek be, és ott kísérletezzenek az egyetemi műhelyből leselejtezett tárgyakkal, műszerekkel.

Rádiumbromiddal végzett tudományos kísérleteit ismertető dolgozatai olyan sikert arattak, hogy 1907-ben a Royal Society tagjává választották. A következő évben feladta ausztráliai állását és családjával együtt visszatelepült Angliába. A Leedsi Egyetemen kapott fizikaprofesszori állást. Itt sikeresen folytatta Ausztráliában megkezdett, a röntgensugárzásra vonatkozó kísérleteit, feltalálta többek között a röntgenspektrométert. Lawrence fiával, aki csak nemrég fejezte be egyetemi tanulmányait Cambridge-ben kifejlesztették a röntgenanalízis módszerét a kristályos anyagok szerkezetvizsgálatára. 1915-ben jelent meg közös könyvük *X sugárzás és kristályszerkezet* címmel. (Angol nyelvterületen mind a mai napig X sugárzásnak hívják a *Röntgen* által 1895-ben felfedezett sugárzást.)

1915-ben javában folyt a háború és nagy emberáldozatot követelt mindkét oldalon. A Nobel-díj bizottság ekkor úgy döntött, hogy kettőjüknek ítéli oda az 1915. évi Nobel-díjat „a kristályszerkezet röntgensugármódszerrel történő analizésének felfedezéséért” (2. ábra). A díj történetében azóta is ez az egyetlen eset, hogy apa és fia egyszerre kapta meg ezt a kitüntetést.

Az első világháború alatt William Bragg a német tengeralattjárók elhárításán dolgozott a hadsereg megbízásából, majd a háború befejezése után Leedsből a londoni egyetemre ment át. 1922-ben Brüsszelben az akkor alakuló IUPAP (International Union of

2. ábra. Sir William Henry Bragg és Sir William Lawrence Bragg a laboratóriumában.



Pure and Applied Physics – Nemzetközi Elméleti és Alkalmazott Fizikai Unió) első elnökének választották – 1931-ig töltötte be ezt a tiszteletet. Idős korában a tudomány népszerűsítésében végzett hasznos munkát: ismeretterjesztő könyveket írt, tevékeny, fáradhatatlan igazgatója lett Faraday egykori intézetének, a Royal Institutionnak. Ugyanakkor megőrizte tekintélyét a tudományban is: 1935 és 1940 között a Royal Society elnöke volt.

Sikeres életének legszomorúbb pillanata az volt, amikor megtudta, hogy másik fia elesett Gallipolinál a háborúban. Ugyanaz év őszén esett el a fiú, amikor decemberben William Bragg átvehette a Nobel-díjat, most már egyetlen élő fiával, Lawrence Bragg-gel együtt. Ezt a veszteséget apa és fia soha se tudták kiheverni.

Sir William Lawrence Bragg

William Lawrence Bragg (Adelaide, Ausztrália, 1890. március 31. – Ipswich, UK, 1971. július 1.) 18 éves koráig Ausztráliában élt. Itt született, itt járt iskolába, 14 éves korától fogva pedig az egyetemre, ahol édesapja tanított. Rendkívüli tehetségnek tartották. Apjával ellentétben eléggé visszahúzódozó gyerek volt, aki sokkal inkább szellemi, semmint fizikai képességeivel tűnt ki a többiek közül. Amíg azok gyeplabdáztak, ő a tengerparton kószált és kagylókat gyűjtött, vagy otthon, öccsével együtt kísérletezett. 18 évesen diplomázott Adelaide-ben, és minden vágya az volt, hogy Angliában, lehetőleg Cambridge-ben képezhesse tovább magát, első sorban matematikából. Ekkor költöztek el Ausztráliából.

Cambridge-i matematikai tanulmányait a Trinity College-ban kezdte meg, majd átment ugyanitt fizikára, és ebből diplomázott 1911-ben. Utána is ott tartották az egyetemen, kutatónak. Első kutatói évében írta fel a híres „Bragg-egyenletet”, dolgozta ki – apja sugalmazására és vele együttműködve – a kristályok röntgenanalízisének matematikai módszerét. Ezért kapták meg közösen a Nobel-díjat 1915-ben.

Mind a mai napig ő nyerte el legfiatalabb korban a Nobel-díjat: még csak 25 éves volt. A nőszüléssel 31 éves koráig várt, akkor vette feleségül *Alice Hopkinson*, egy orvos leányát. Négy gyermekük született, két fiú és két leány.

A háborúban azt kutatta, hogyan lehet a hang terjedését figyelembe véve bemérni az ellenséges ütegek pontos helyét. Sok fizikus foglalkozott ezzel a problémával mindkét oldalon, a magyarok közül például *Zemplén Győző* (1879–1916), *Kármán Tódor* (1881–1963), *Selényi Pál* (1884–1954).

1919-ben, amikor J. J. Thomsont Ernest Rutherford váltotta Cambridge-ben a Cavendish Laboratórium élén, a Manchesteri Egyetemen Lawrence Bragg kapta meg Ernest Rutherford tanszékét. Röntgendiffrakciós iskolát hozott létre az egyetemen, messze földről jöttek hozzá tanulni az anyagszerkezet kutatásában érdekelt tudósok. Magyar tanítványai is lettek: az egyik *Hevesy György* (1885–1966) volt, a másik *Náray-*

Szabó István (1899–1972), aki a szilikátszerkezeti kutatásokba kapcsolódott be 1928 és 1930 között, majd miután hazajött, meghonosította itthon is a kristálykémiai kutatásokat. (Az már Magyarország tragédiája, hogy ezt a Náray-Szabó Istvánt, aki 1938-tól a Budapesti Műegyetem fizikai-kémiai tanszékét vezette, 1947-ben hamis vádakkal bíróság elé állították, koncepciók perben elítélték, majd internálták. Sohasem térhetett vissza a Műegyetemre.)

1937-ben, Rutherford halála után, Lawrence Bragg-et kérték fel Cambridge-ben a Cavendish Laboratórium vezetésére. Itteni működésének leglátványosabb sikerét *Watson* és *Crick* 1953-as kutatásai hozták, akik feltárták a DNS kettős spirál szerkezetét. A molekuláris biofizikai kutatásokat ugyanis Bragg honosította meg a Cavendish Laboratóriumban, ő maga is a proteinek szerkezetét kutatta akkor, röntgendiffrakciós módszerrel.

1953-ban Londonba költözött és akárcsak édesapja annak idején, idősebb korában ő is átvette a Royal Institution irányítását. Sikeresen vezetett be reformokat, megerősítette az intézet kapcsolatát a középiskolákkal. Olyan ismeretterjesztő előadásokat szorgalmazott, ahol a diákok maguk mutathattak be kísérleteket, tarthattak kutatási beszámolókat saját kortársaiknak.

1966-ban ment nyugdíjba és költözött Ipswich melletti vidéki házába. Egész életében szívesen és ügyesen festegetett, ezt a képességét valószínűleg édesanyjától örökölte. Szívesen írt is, világosan és érthetően fogalmazott. A tudós számára ugyanolyan fontosnak tartotta az ismeretek átadását, mint azok megszerzését. Nemcsak a fizikában, de a pedagógiában is progresszív elveket vallott. Emlékét őrzi az Institute of Physics Bragg-érme, amelyet 1967 óta ítélnék oda évente-kétévente egy, a fizika tanításában, a fizikai tudás terjesztésében kiemelkedőt alkotó tudós-tanárnak. Az érem első nem angolszász kitüntetettje 2001-ben *Marx György* (1927–2002) volt.

Életének egyik emlékezetes napja volt, amikor megtudta, hogy kisebbik lányát, *Patience Maryt* nem más, mint kedves barátja, George Thomson fia, *David Thomson* kéri feleségül. Beleegyezett!

Így talált egymásra, így vált szimbolikusan is eggyé a két Nobel-díjas család.

A két Siegbahn: Manne és Kai

Karl Manne Georg Siegbahn

A Braggék által kifejlesztett röntgendiffrakciós szerkezetvizsgálatok széles körben elterjedtek Európában. Svédországban volt egy tudós, aki érdemben tudta továbbfejleszteni ezt a kutatási módszert. A fiatalabb Bragg kortársa volt, életpályája és egyéni tulajdonságai azonban inkább az idősebb Braggre és az idősebb Thomsonra emlékeztetnek. *Karl Manne Georg Siegbahn* (Örebro, Svédország, 1886. december 3. – Stockholm, Svédország, 1978. szeptember 26.) is saját erejéből küzdötte fel magát, és ő is alapvetően kísérleti fizikus, invenciózus mérnök-fizikus volt.



3. ábra. Karl Manne Georg Siegbahn és Kai Manne Björne Siegbahn

Édesapja állomásfőnök volt a svéd államvasutaknál, édesanyja a háztartást vezette.

Manne Siegbahn Stockholmban járt középiskolába, majd ösztöndíjasként végezte el a Lundi Egyetemet. Itt doktorált 1911-ben, a mágneses tér mérésével kapcsolatos témából. Utána az a *J. R. Rydberg* (1854–1919) professzor vette maga mellé tanársegédnek, aki az elemek gázkiszülési színekpavonainak hullámhosszára vezetett be egy empirikus formulát még 1888-ban, de ezt csak Bohrnak sikerült értelmeznie, először csak hidrogénre, 1913-ban.

1914-ben Manne Siegbahn megnősült. Az ebben az évben kitört világháború a semleges Svédországot nem érintette, nem kellett félni, hogy a tudóst „kiküldik a frontra”. Felesége, *Karin Högbom* 1915-ben szülte meg *Bo* nevű, 1918-ban pedig *Kai* nevű fiúkat.

1912-től kezdve a röntgenspektroszkópiába ásta bele magát. Új légszivattyút szerkesztett, amellyel minden eddiginél jobb vákuumot lehetett előállítani. Az ezzel készített röntgensövekkel sokkal nagyobb intenzitást, jobb felbontást tudott elérni, növelni tudta méréseinek pontosságát. Az elemek karakterisztikus röntgenspektrumának új sorozatait sikerült kimérnie, amelyek kvantummechanikai magyarázatai az atomok elektronhéjainak pontosabb leírását tették lehetővé.

William Bragg a besugárzott kristályokban az atomok elrendeződését kutatta a röntgenspektroszkópiával, Manne Siegbahn pedig a sugárzást kibocsátó atomok elektronszerkezetét.

Rydberg halála után Manne Siegbahn lett a vezető fizikaprofesszor Lundban, de 1923-ban átment Uppsalába, az ottani fizikatanszékre. Innen tartott szoros kapcsolatot Európa azon fizikusaival is, akiket az IUPAP-ban ismert meg. Még ebben az évben, az ő közbenjárására vették fel Svédországot az 1922-ben megalakult és William Bragg által elnökölt IUPAP tagjai sorába.

Az 1924-es fizikai Nobel-díjat 1925-ben kapta meg „röntgenspektroszkópiai vizsgálataiért és felfedezéseiért” (3. ábra, balra).

1937-ig maradt a család Uppsalában, ekkor Manne Siegbahnt visszahívták Stockholmba, az akkor alapított Nobel Fizikai Intézet élére. Itt főleg magfizikai kutatásokat végeztek. Ciklotront építettek deutronok

gyorsítására, egyre nagyobb feszültségű (400 kV-tól 1500 kV-ig) generátorokat, béta-spektrográfot, izotópszeparátorokat, speciális célú elektronmikroszkópokat terveztek és építettek meg. A második világháború alatt, amelyből ugyancsak sikerült Svédországnak kimaradnia, népes kutatógárda működött itt.

1938-tól 1947-ig Manne Siegbahn volt az IUPAP elnöke.

1964-ben ment nyugdíjba, 78 éves korában. Utána még 14 évet élt, de már nem tudta kivárni azt a napot, amikor 1981-ben Kai fia is Nobel-díjat kapott.

Kai Manne Björne Siegbahn

Kai Siegbahn (Lund, Svédország, 1918. április 20. – Angelholm, Svédország, 2007. július 20.) öt éves volt, amikor a család Uppsalába költözött. Itt járt gimnáziumba, és itt járt egyetemre is, bár szülei akkor már Stockholmban éltek. 1942-ben diplomázott, és Stockholmban az apja által vezetett Nobel Fizikai Intézetben kezdett el dolgozni. Itt doktorált 1944-ben, és mindjárt meg is nősült: feleségül vette *Anna-Brita Rbedint*. Három fiúk született: *Per* 1945-ben, *Hans* 1947-ben, *Nils* 1953-ban. Csak a két idősebb fiúból lett fizikus.

Továbbra is apja intézetében dolgozott, majd 1951-ben a Stockholmi Műegyetemen lett fizikaprofesszor. Mégsem maradt itt sokáig.

1954-ben feleségével és gyerekeivel együtt „hazament” Uppsalába, s annak a kísérleti fizika tanszéknek lett vezető professzora, ahol egykor *A. J. Angström* (1814–1874) működött, és amelyet édesapja vezetett 1923-tól 1937-ig. Manne Siegbahn 14 évet töltött itt, a fia viszont 30-at, egészen a nyugdíjazásáig (3. ábra, jobbra).

Akárcsak apja, Kai Siegbahn is az atom szerkezetét kutatta, de ő nem az atomból kilépő karakterisztikus röntgensugárzást analizálta, hanem kemény röntgen-

4. ábra. Kai Manne Björne Siegbahn átveszi az 1981. évi fizikai Nobel-díjat Carl Gustaf svéd királytól.



sugárzás hatására az atomból kilökött elektronok spektrumát térképezte fel. Ezt a módszert ma röntgen fotoelektron-spektroszkópiának hívják (XPS = X-ray photoelectron spectroscopy), Kai Siegbahn pedig a kémiai analízist segítő elektron-spektroszkópiának nevezte (ESCA = electron spectroscopy for chemical analysis). A kapott intenzitáscsúcsok ugyanis nagyon érzékenyek a vizsgált gáz vagy folyadék atomjaihoz kapcsolódó idegen atomokra, ezért különösen alkalmasak a legkisebb szennyeződés kimutatására is. Ez az, amiért a módszer kiterjedten alkalmazható a legkülönbözőbb területeken, a légszennyezés analízisétől kezdve az olajfinomítóknak használatos katalizátorok vizsgálatáig.

Már elmúlt 63 éves, amikor *N. Bloembergen*nel és *A. L. Schawlow*-val megosztva neki ítelték az ESCA-eljárás kidolgozásáért az 1981. évi fizikai Nobel-díjat. Fénykép is készült ekkor róla (*4. ábra*): fehér hajú kitüntetett veszi át a díjat a fiatal *Carl Gustaf* királytól, akivel anyanyelvén tud beszélgetni... Egész Svédor-

szág boldog volt. Egy kíváncsi újságíró megkérdezte: Mennyit segített Nobel-díjas édesapja, hogy a fia is megkapja ezt a díjat? Mosolyogva válaszolt: Ha egy gyerek már a reggeliző asztalnál elkezdheti diszkutálni apjával a fizikát, az bizony nagy előny. Az újságíró tovább faggatta: Nem lephette meg nagyon a díj, hiszen Ön is tagja a Svéd Tudományos Akadémiának, ahol a Nobel-díjakról döntenek. Most ez hogyan történt? A válasz egyszerű volt és őszinte: Nem vehettem részt azokon az üléseken, ahol a felterjesztéseket tárgyalták, ebből tudtam, hogy a jelöltek között vagyok. De azért meglepődtem – nyerni mindig meglepetés.

Számos könyvet írt, számos hazai és külföldi kitüntetést kapott, sok egyetemnek lett díszdoktora, sok ország akadémiaja választotta tiszteleti tagjának, és a Nobel-díjat követő három évben 1981-től 1984-ig ő volt az IUPAP elnöke. Ebben is utolérte apját. Egyben nem tudta utolérni: apja 92 évet élt, ő csak 89-et.

Igaz, Svédországban nem volt háború ebben a században.

A FIZIKA TANÍTÁSA

ELEKTROMOSAN FŰTÖTT RIJKE-CSŐ TERMOAKUSZTIKUS MODELLJE

A Rijke-cső egy viszonylag egyszerű termoakusztikus eszköz: mindkét végén nyitott cső, amelynek belsejébe egy hőforrást helyeznek el; a hő forrása lehet gázláng vagy elektromos fűtés. Ha a cső függőleges helyzetben van és a hőforrás a cső alsó felében található, akkor a cső erős hangot bocsáthat ki a hőforrás helyzetétől függően. A jelenséget *Petrus Leonardus Rijke* fedezte fel, ezért Rijke hanghatásnak nevezik ezt a termoakusztikus jelenséget, amely során a hő hatására hanghullám alakul ki az eszközben [1].

Korábbi cikkeinkben a gázzal fűtött Rijke-csővek termoakusztikus tulajdonságait, folyamatait mutattuk be [2–5]. A csövek viselkedését a Nagyasszonyunk Katolikus Általános Iskola és Gimnázium gimnazista tanulóival vizsgáltuk projektfeladat keretei között. A gázfűtésű Rijke-csővekkel több mint egy évig végeztünk méréseket, számos összefüggést „felfedeztünk”, de ezek inkább csak kvalitatív jelegű megállapítások voltak. Mérési eredményeink nagyfokú bizonytalanságot mutattak, ezért úgy döntöttünk, hogy építünk egy elektromos árammal fűtött Rijke-csővet, és azzal pontosabb méréseket végzünk. (Az áram teljesítményét könnyebben szabályozhatjuk és egyszerűbb a hőteljesítmény mérése is, mint a gázláng esetén.) Ez volt

projektünk második lépcsőfoka, ami szintén egy évnél hosszabb időt vett igénybe. Ebben a cikkben az elektromosan fűtött Rijke-csővel végzett mérési sorozat jellemzőit mutatjuk be.

A mérési elrendezés

A korábbi mérések alapján megállapítottuk, hogy a cső hangkibocsátását a cső geometriai paraméterein kívül a cső helyzete, a rács helyzete (x_r), rácsra jutó hőteljesítmény (P), a rács abszolút hőmérséklete (T_r), a csövön átáramló légáram intenzitása (m_t), a fűtés időtartama (t_f), és a fűtött rács áteresztőképessége határozza meg. A mérésekhez egy $L = 1200$ mm hosszúságú, alumíniumból készült Rijke-csővet használtuk, amelynek külső átmérője 78 mm, belső átmérője 72 mm. A vízszintes helyzetű, elektromos árammal fűtött Rijke-csővet az *1. ábrán* láthatjuk.

A vízszintes elhelyezkedésű cső esetében egy külön szerkezettel (porszívóval) nekünk kell légáramlást biztosítani a Rijke-csőben. A porszívó által keltett légáram intenzitást szabályozni tudtuk a porszívó teljesítményével, illetve a szívócsőbe helyezett „fojtószelep”