

SZÁZ ÉVE TÖRTÉNT: HAZAI TUDÓSÍTÁS LAUE BRILIÁNS ÖTLETÉRŐL

Radnai Gyula
ELTE TTK Fizikai Intézet

Száz évvel ezelőtt a *Fizikai Szemle* még csupán egy rovat volt a *Mathematikai és Physikai Lapok*ban, a Matematikai és Physikai Társulat hivatalos folyóiratában. (Innen kapta új címét is az örökébe lépő fizikai folyóirat 1950-ben.) Ebben a rovatban jelentek meg a legfrissebb hírek, tudósítások a fizika világából.

1914-ben például *Bartoniék Emil* ismertette a legújabb külföldi fizikai kísérleteket, többek között a fémek termoelektromos állandóinak mérésével, vagy a katódsugarak nyomásának mérésével kapcsolatosakat. Ugyanakkor *Rybár István* az anomális Zeeman-effektusról, *Hevesy György* az atomok szerkezetéről, *Tomits István* különböző sugármérésekről, *Selényi Pál* fotometriai mérésekről érkezett. Amikor cikkeik megjelentek, még egyikük se töltötte be 30. életévét. *Eötvös Loránd*, a Társulat elnöke, elszántan és következetesen fiatalított: 2013-ban éppen száz éve, hogy a Társulat matematikai, illetve fizikai titkári tisztét a 33 éves *Fejér Lipótra* és a 34 éves *Zemplén Győzöre* bízta, akik a következő évben már át is vették a *Mathematikai és Physikai Lapok* szerkesztését az akkor 52 éves *Rados Gusztávtól* és *Kövesligethy Radó*tól.

Rybár István (1886–1971), *Hevesy György* (1885–1966), *Tomits Iván* (1886–1953), *Selényi Pál* (1884–1954) neve jól cseng a mai olvasók fülében. Még a *Bartoniék* név is ismerős: *Bartoniék Géza* volt a nevezetes B.G. úr, több mint három évtizeden át az Eötvös Collegium igazgatója. De ki volt *Bartoniék Emil*?

Ő volt *Bartoniék Géza* egyetlen fia, aki édesapjától tanulta meg szeretni a fizikát.

Bartoniék Géza (1854–1930) Nagyszombatban kezdte és Pozsonyban fejezte be középiskolai tanulmányait. Utána a pesti egyetemre ment földrajzot és csillagászatot tanulni, de a nála csak néhány évvel idősebb *Eötvös Loránd* előadása és személyisége annyira lenyűgözte, hogy érdeklődése teljesen a fizika felé fordult. Szerencsére tehetsége is volt hozzá. Természettani diplomájának megszerzése után bent maradt az egyetemen: *Eötvös* maga mellé vette tanársegédnek, majd néhány év múlva segítette elhelyezkedni a polgári iskolai tanítóképzőben. Itt tanított fizikát 1895-ig, amikor újra *Eötvös* kérésére módosított pályát: elvállalta az akkor induló *Eötvös József Collegium* igazgatását. Az ő tevékenysége nyomán vált ez a kollégium országos hírű, sőt, az ország határain túl is ismert, nívós tanárképző intézménnyé.

Őt gyermeke volt; négy leány és egy fiú. A lányok közül *Bartoniék Emma* (1894–1957) történész, bibliográfus lett, negyvenes éveiben ő volt az Országos Széchényi Könyvtár levéltárának vezetője. *Bartoniék Anna* (1896–1978) festő lett és grafikus, művei ma is

keresettek a képzőművészeti aukciókon. A másik két lány sorsa mára már homályba veszett. Emil öt évvel volt idősebb Emmánál és héttel Annánál. Őt nem a művészetek vagy a humán tudományok érdekelték, hanem a fizika, vagy ahogy akkor mondták: a természettan. A Mintagimnáziumban érettségizett – a mai Trefort Gimnázium elődjében –, majd *Eötvös-kollégistaként* a budapesti tudományegyetemen szerzett mennyiségtan-természettan szakos középiskolai tanári diplomát. De nem gimnáziumban kezdett tanítani, hanem egyenesen a *József Műegyetemre* került, ahol 24–25 éves korában írt egy kiváló cikket a *Mathematikai és Physikai Lapok*ba *A Röntgensugarak természetéről*.

A röntgensugárzás témája az által lett akkor újra aktuális, hogy *Laue* briliáns ötlete nyomán megindulhatott a röntgen-szerkezetkutatás. Ezt az izgalmas időszakot mutatta be szakszerűen és érdekesen *Bartoniék Emil*. Cikke kétszeresen is megérdemli figyelmünket 2013/14-ben: nemcsak az anyagtudományok egyik korszakos felfedezésének centenáriuma okán, hanem azért is, mert kiderül belőle, mennyire ráértett egy fiatal magyar fizikus a fizika akkori frontvonalára.

A fizikatörténetet kedvelők számára külön örömet okoz majd, hogy bepillantást nyerhetnek a szaktudomány akkori állásába, vitatott, még nem eldöntött kérdéseibe is, mégpedig azon a magyar nyelven, amelyen száz évvel ezelőtt írtak és beszéltek itthon a fizikusok.

Bartoniék Emil írásának fő forrása a következő cikk volt: *W. Friedrich, P. Knipping, M. Laue: Interferenzerscheinungen bei Röntgenstrahlen. Sitzungsberichte der Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften zu München* (1912) 303–322., újraközölve *Annalen der Physik* 41 (1913) 971–988.

Terjedelmi korlátok miatt nem közölhető *Bartoniék* egész cikke, de legfontosabb részeit érdemes lesz szó szerint – az akkori helyesírással – idézni. Kezdjük mindjárt a bevezetéssel.

„A RÖNTGENSUGARAK TERMÉSZETÉRŐL.

Csaknem általánosságban el van fogadva az a felfogás, hogy a Röntgensugarak a fényhez hasonló elektromágneses hullámok. E mellett a felfogás mellett számos tapasztalat szól, így: a Röntgensugarak mágneses tér által való eltéríthetlensége; azon körülmény, hogy a Röntgensugarak terjedési sebessége $3 \cdot 10^{10}$ cm/sec tehát ugyanaz, mint a fény- és általában minden elektromágneses hullámé; s az elektromágneses felfogás mellett bizonyít az a szoros analógia is, mely a fény, főleg ibolyán túli fény és a Rönt-

gensugarak ionizáló képessége közt fönnáll. Más kísérletekből ismét a Röntgensugarak szerkezetére is következtetést vonhatunk. WALTER és POHL igen keskeny ék alakú réseken keresztül felvett elhajlási fotogramjai alapján a Röntgensugarak hullámhosszának nagyságrendje 10^{ad}–9 cm-nek tekinthető. BARKLA és BASSELS kísérleteiből kitűnt, hogy a Röntgensugarak többé-kevésbé polarizálhatók. Mindezen megfigyelések alapján úgyszólván biztossággal lehet a Röntgensugarak elektromágneses természete mellett dönteni.”

A tömör bevezetés után Bartoniek Emil rögtön a lényegre tér:

„Röntgensugaraknál az optikaiakkal analóg interferenciajelenségek létesítése a valószínűen rendkívül csekély hullámhossz miatt, nagy nehézségekkel jár. A Röntgensugarak elhajlására pl. azok hullámhosszát nem lényegesen meghaladó, tehát 10^{ad}–9 cm-nél nem lényegesen nagyobb állandójú rácsra lenne szükség. Ilyen rács készítésére természetesen gondolni sem tehet. M. LAUE megtalálta e nehézségek igen elmés és egyszerű megoldását. BRAVAIS elmélete (1850) szerint ugyanis kristályokban a molekulák szabályosan vannak elrendezve. A kristályban szabályosan elrendezett molekulák kölcsönös távolsága – a kristály sűrűsége, molekulásúlya és egy grammolekulában foglalt molekulák számából – minden kristályos anyagnál körül belül 10^{ad}–8 cm-nek adódik. Így a kristályokat mintegy 10^{ad}–8 cm rácsállandójú térbeli rácsoknak tekinthetjük. LAUE gondolata az volt, hogy Röntgensugaraknak kristálylemezen, tehát egy körülbelül 10^{ad}–8 cm állandójú térbeli rácson áthaladva elhajlást kell szenvedniök. LAUE ezen feltevésének helyességét a felszólítására FRIEDRICH és KNIPPING által végzett kísérletek teljesen igazolták.”

1914 decemberében, amikor Max von Laue Nobel-díjat kapott „a röntgensugár kristályokon létrejövő diffrakciójának felfedezéséért”, a díj harmadrészéről Walter Friedrich és Paul Knipping javára nyilvánosan lemondott. Nemcsak erről, de még Laue Nobel-díjáról se tudott Bartoniek Emil, amikor a cikket írta. Áttekinthető ábrán ismertette azonban a kísérleti összeállítást és beszámolt a mérés tapasztalatairól, többek között erről is:

„Legtöbb kristálylemez csak a primér-sugártól igen kevésé eltérő irányokban szolgáltatott elhajlított sugarakat; ezért csak a primér-sugarakat is felfogó fotografikus lemezen, azon is csak a középső folt közelében, lehetett interferenciafoltokat kapni, egyedül a gyémántnál lehetett nagyobb szögekkel elhajlított sugarak nyomát a lemezekon előállítani. A kristály helyére amorf testeket téve, szintén jelentkeztek elhajlási ábrák, ez esetben azonban kitüntetett irányok nélkül, a primér-sugarak átütési pontja körül szimmetrikusan elosztva. Kanadabalzsamnál, parafinnál, borostyánkőnél stb. az átütési pontot lassanként elhomályosodó udvar vette körül, viasznál több koncentrikus kör jelentkezett.”

Ezután következik Laue magyarázata:

„LAUE szerint a kristályoknál az interferenciafotogramok egészen hasonlóan keletkeznek, mint a fényelhajlási képek optikai rácsoknál. A különbség csak abban van, hogy míg az optikában lineáris, illetőleg síkbeli rácsokkal (keresztezett rácsok) dolgozunk, a Röntgensugarak interferenciaképei térbeli rácsokon keresztül létesültek. Az amorf anyagoknál fellépő diffrakcióképek analagonja a holdudvar, általában ködben a fényforrásokat körülvevő udvar s magyarázásuk is ezekéhez teljesen hasonlóan történik; az optikai jelenségeknél a levegőben lebegő nagyobb anyagi részekon, Röntgensugaraknál a szabálytalanul elrendezett molekulákon történik az elhajlás. A következőkben közelebbről fogjuk megvizsgálni a kristályokon létesülő elhajlási jelenségeket.”

Ezt a vizsgálatot teljes részletességében itt nem közölhetjük. Bartoniek közli Laue gondolatmenetét és világos magyarázatokat fűz hozzá. Kitér a reciprokrácsra, benne az Ewald-gömbbel történő szerkesztésre, s mindjárt hivatkozik is rá: „L. P. P. EWALD: *Phys. Zeitschr. XIV.* 465. 1. (1913)” (Ma már ismert, hogy Ewaldnak fontos szerepe volt Laue ötletének megszületésében. 1912-ben mindketten Münchenben dolgoztak, Sommerfeld elméleti fizikai intézetében, Laue mint egyetemi docens, Ewald pedig mint Sommerfeld doktorandusza. Ewald a látható fénynek kristályokban történő terjedéséről írta doktori disszertációját, és bemutatta téziseit Lauénak. Ezt meglátva kezdte foglalkoztatni Lauét a rácsállandóval összemérhető hullámhosszú elektromágneses hullámok terjedése a kristályban.)

Bartoniek Emilnek Laue gondolatmenetéről írt beszámolója jóval részletesebb, mint ami például ma a Budó-Mátrai *Kísérleti fizika III.*-ban található, de a ZnS kristállyal történt mérés ábrája s a közölt Laue-diagram lényegében ugyanaz, mint az említett tankönyvben. Az elméleti és kísérleti eredmények ismertetése után tér rá Bartoniek arra a visszhangra, amelyet ezek a felfedezések fizikus körökben keltettek.

„Az a szabadoság, melylyel LAUE elmélete az interferencia fotogramokon feltalálható pontok helyzetét megadja, úgyszólván kétségtelessé teszi az elmélet legalább alapgondolatának helyességét. A Röntgen-interferenciajelenségek többi magyarázója is úgyszólván mind a LAUE-féle alapfeltevésekből indulnak ki s inkább csak annak egy más irányban való kiegészítésére törekszenek. Lényeges eltérés LAUE elméletétől csak STARK magyarázásmódjában van. STARK a Röntgensugarakat korpuszkuláris sugaraknak tekinti; a kristály térrács-szerkezete az elektromos részecskék áthaladását különböző irányokban különböző mértékben akadályozza s innen adódik a fotografikus lemez egyes pontjaiban való erősebb feketedés. Az interferencia foltok ezen elmélet alapján várható elrendezése azonban nem egyezik a fotografikus felvételeken tényleg mutatkozó interferenciaképekkel s így az elmélet a kísérleti próbát nem állja. Látszólag ellentétben vannak LAUE felfogásával BRAGG, MAN-

DELSTAM, ROHMANN s még többen, kik a Röntgen-interferenciajelenséget a kristály hasadási felületein történő reflexió következményének tartják. De az elterés tényleg csak látszólagos, mert ha az elmélet helyesen meg is adja az interferencia pontok helyzetét, ezáltal tulajdonképpen csak a jelenség leírását nyertük, ámde magát a hasadási felületen történő reflexiót megint csak LAUE felfogása szerint, mint a kristálymolekulákból kiinduló szekundér-sugarak interferenciáját kell értelmeznünk.”

Bartoniek Emil ezután kitér a termikus effektusokra, részletesen ismerteti az itthon is jól ismert és közkedvelt *Peter Debye* holland fizikus elméletét, ugyancsak egy 1913-as cikke alapján:

„A térrács-interferenciajelenségek elméletét LAUE alapfeltevéseiből kiindulva, de a molekulák hőmozgása tekintetbevételével dolgozta ki DEBYE. DEBYE elméletében a molekulák helyzete nem változatlan, hanem azok adott (x, y, z) koordinátájú pontok körül különböző kristályoknál és más-más hőmérsékleten különböző amplitudójú rezgőmozgást végeznek. Ezen egyensúlyi helyzetük körül szabálytalan rezgő mozgásokat végző molekulákból kiinduló elemi sugárzásokat összegezve, DEBYE a kristálylemezből kiinduló s különböző irányokban megfigyelhető intenzitások algebrai kifejezését nyerte. E kifejezés két részből áll, az egyik LAUE intenzitáskifejezésével azonos, ez az interferenciasugárzásnak felel meg, a másik rész minden irányban egyenletesen eloszló szét-szórt sugárzást állít elő. A hőmérséklettel, tehát a molekulák mozgásának hevességével megváltozik e két rész viszonya, a hőmérsékletváltozás irányának megfelelően az interferenciapontok jobban vagy kevésbé fognak a fotogramm alaptónusától eltérni, de az interferenciafoltok területe, illetőleg azok élessége nem fog a hőmérséklettel módosulni.”

De még Debye se az utolsó szót mondta ki a témában, mivel *Schrödinger* 1914-es cikke talán már a korrektúra olvasása közben került Bartoniek Emil kezébe, akinek volt alkalma így még a Born–Kármán- és az Einstein-modellre is hivatkozni:

„A Röntgen-interferenciajelenségeknél fellépő hőmérsékleti hatás – a DEBYE-effektus – elméletét SCHRÖDINGER DEBYE-től némileg eltérően vezette le. SCHRÖDINGER számításai alapjául oly atommodell szolgál, melynél a szabályos rendszer szerint hexaeder-térrács csúcspontjaiban elhelyezett molekulák nem mint DEBYE-nél változatlan egyensúlyi helyzetűkhöz, hanem a szomszédos molekulákhoz vannak kvázielasztikus erők által kapcsolva. (Ily értelemben egymástól eltérő atommodellek szerepelnek egyrészt EINSTEIN, másrészt BORN és KÁRMÁN szilárd testek fajhevére vonatkozó vizsgálatainál.) Ily atommodellből kiindulva SCHRÖDINGER arra az eredményre jutott, hogy a DEBYE által levezetett intenzitáseloszlásbeli változáson kívül az interferenciafoltok élessége is módosul a hőmérséklettel, oly módon, hogy emelkedő hőmérséklettel a foltok területe mindin-

kább növekszik, azok lassanként az egész lemezt belepik s a különálló foltok helyét egyenletesen feketített mező foglalja el.”

Végül a cikk egy friss kísérleti eredménnyel zárul:

„A Röntgen-interferenciajelenségek a kristályok szabályos, térrács-szerű molekuláris elrendezését is bizonyítják, ugyanis e szabályos molekuláris elrendezés az interferenciaképek létrejöttének ép annyira szükséges feltétele, mint az interferáló szekundér sugarak periodicitása. Így a Röntgen-interferenciajelenségek az anyagok molekuláris szerkezetének megvizsgálására is alkalmas eljárást szolgáltatnak. A molekuláris szerkezet Röntgensugarakkal való kikutatására egy esetben történt is már kísérlet: VAN DER LINGEN ily módon megállapította, hogy a folyékony kristályok nem térrácsszerkezetűek, tehát nem tulajdonképeni kristályok.”

Szinte biztosak lehetünk benne, hogy a 25 éves Bartoniek Emil szívesen megismételte volna ezt a kísérletet, és maga is ki akart találni újabbakat az anyagok molekuláris szerkezetének vizsgálatára. Hasonló programot tűzött ki a nála egy évvel fiatalabb *Lawrence Bragg* a cambridge-i Trinity College-ban, akit azután a Leedsi Egyetem fizikai tanszékén dolgozó apja, *Henry Bragg* segített „a kristályszerkezet röntgensugár-módszerrel történő analízisének” kidolgozásához, s a következő évi, 1915-ös fizikai Nobel-díj közös elnyeréséhez.

Igaz, nem tudtak igazán örülni a díjnak, mivel Henry Bragg másik fia 1915-ben elesett Gallipolinál, a közben kitört világháborúban. Ugyanitt esett el a 28 éves *Henry Moseley* is, aki az atomok által kibocsátott karakterisztikus röntgensugárzás vizsgálatával jutott el a periódusos rendszerbeli rendszám atomfizikai jelentésének felismeréséhez.

A tudományos sikerekért folyó versenyt elnyomta a katonai verseny, olykor a nemesebb feladatra termett tehetséges fiatalok életét is követelve. Így esett el a front innenső oldalán, Isonzónál ugyancsak 1915-ben az osztrák fizikus, *Boltzmann* utóda, *Schrödinger* tanára, *Friedrich Hasenöbhl*, vagy a magyar Zemplén Győző szintén az olasz fronton 1916-ban.

Bartoniek Emil, a műegyetem fizikai intézetének 26 éves tanársegédje sem tudta beváltani a tudományos pályafutásához fűzött reményeket. Bartoniek Géza egyetlen fia, aki mint a cs. és k. 38. (kecskeméti) gyalogezred tart. zászlósa vonult be, elesett a háborúban, roham közben a Kárpátokban. Nem követte, hanem megelőzte tanárát, Zemplén Győzőt.

Ha ma a *História Tudósnaptárban* szócikk készülne róla, az így kezdődhetne:

Bartoniek Emil
Budapest, 1889. ápr. 8. – Kryvka, 1915. febr. 6.
Magyar fizikus
Munkája: A röntgensugarak természetéről. *Math. és Phys. Lapok* (1914) 144–156.

És így is fejeződne be.