

KIRÓL NEVEZTÉK EL?

Inzelt György

■ ELTE Fizikai Kémiai Tanszék

Olivia Newton-John nagypapája és a hidratáció elmélete

Born hidratációs törvénye, a Born–Haber-ciklus

„A fizikai kémia professzora, R. Lorenz¹ felhívta a figyelmet az egy vegyértékű ionok mozgékonyásával kapcsolatos rendelkezésekre (a nagyobbak gyorsabban mozognak, mint a kisebbek). Ezekre egy terjedelmes kutatás keretében adtam magyarázatot, amelyet a modern magnetodinamikával való analógia miatt elektrohidrodinamikának nevezhetnénk” [1].

A Born által említett rendelkezés lényege az, hogy a *Stokes-féle súrlódási törvény* [2, 3] értelmében egy hozzá képest kontinuumnak tekinthető közegben mozgó gömb alakú testre (például vízben egy mozgó golyóra, amelyet a víz nedvesít) ható súrlódási ellenállási erő (F_R) és a B mozgó test sugara (r_B), valamint a sebessége (v_B) között az alábbi kapcsolat áll fenn:

$$F_R = 6\pi \eta r_B v_B$$

ahol η a közeg viszkozitása. Ez a *Navier–Stokes-egyenlet* egyik speciális, linearizált megoldása *Stokes-áramlás* esetén. Azzal együtt jól használható a Stokes-egyenlet, hogy a mozgó ion mérete összemérhető az oldószer-molekuláéval, vagyis a közeg ez esetben nem tekinthető kontinuumnak. Tehát nem az a helyzet, mint egy golyós viszkoziméternél, ahol a golyóhoz képest az oldat kontinuumnak tekinthető.

Mindazonáltal azt várhatnánk, hogy egy nagyobb sugarú ion (pl. K^+) mozgékonyága kisebb lesz, mint egy kisebbé (pl. Li^+). A kísérleti tapasztalatok éppen fordított sortrendet mutattak.

Meg kell említenünk, hogy az egyik tudós, akinek a gondos átviteliszám-mérési eredményeiből számolt hidratációs számokat széleskörűen elfogadták, Buchböck Gusztáv (1869–1935) volt. „Über die Hydratation der Ionen” című cikke (*Zeitschrift für physikalische Chemie*, 1906) 563 alapmunkának számít (**1. ábra**).

Born olyan elméletet dolgozott ki, amely a mozgékonyágokban észlelt látszólagos anomáliát meg tudta magyarázni. Ennek alap gondolata az volt, hogy a felületi töltéssűrűségtől függ az, hogy az ion mennyi vízmolekulát (oldószer-molekulát) tud meg-

Über die Hydratation der Ionen.

I. Mitteilung.

Von

Gustav Buchböck.

(Vorgelegt der königl. ungarischen Akademie der Wissensch. am 18. Dozbr. 1906.)

(Mit 5 Figuren im Text.)

Die Frage, ob die Ionen eines Elektrolyten in wässriger Lösung als Hydrate oder frei vorhanden sind, ist eine der aktuellsten der physikalischen Chemie; kommt ihr doch sowohl für die Beurteilung der Rolle des Lösungsmittels bei der Ionisation, also des Mechanismus des Zustandekommens der Ionisation überhaupt, wie auch für die Anwendung der Gesetze des Gleichgewichts auf die Elektrolyte eine grundlegende Bedeutung zu. Den ersten Anstoss zur Annahme einer Hydratation der Ionen in wässriger Lösung gab wohl die Erkenntnis, dass es hauptsächlich associierende Flüssigkeiten sind, denen eine dissoziierende Wirkung zukommt, und wenn es auch lange Zeit an direkten Beweisen fehlte, so mehrten sich doch in rascher Folge die indirekten Hinweise darauf, dass die Annahme einer Hydratation berechtigt ist. Die Literatur über diese Frage schwoll in der Folge immer mehr an und hat in neuester Zeit eine zusammenfassende Behandlung erfahren¹⁾, so dass auf eine Wiederholung derselben hier verzichtet werden kann.

Von den zur Zeit gangbaren Wegen, die Frage sicher und bis zu einem gewissen Grade auch quantitativ entscheiden zu können, erscheint besonders das zuerst von Nernst und seinen Schülern Lotmar, Garrard und Oppermann angewendete Verfahren²⁾ aussichtsreich. Dasselbe bestand darin, den Elektrolyten bei Gegenwart eines Nichtelektrolyten zu elektrolysieren und zu untersuchen, ob während der Elektrolyse das Wasser eine Verschiebung in bezug auf den Nichtelektrolyten er-

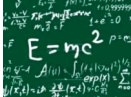
1. ábra. Buchböck cikke az ionok hidratációjáról

kötni. Mivel például a Li^+ -ion mérete sokkal kisebb, mint a K^+ -ioné, de mindkettő egy pozitív töltéssel rendelkezik, a Li^+ -ion felületi töltéssűrűsége sokkal nagyobb, több vízmolekulát köt meg. Egy transzportfolyamat során ezekkel együtt mozog, így mérete nagyobb lesz, mint a kevésbé hidratálódó nagyobb ioné.

Born hidratációelmélete

Born cikkében (**2. ábra**) abból indult ki, hogy a hidratációs hő, vagyis az ionok (töltött részecskék) és a vízmolekulák (dipólusok) kölcsönhatása során mérhető hő annál nagyobbak adódott, minél kisebb volt az ion [2, 3, 4, 5]. Egy ionra nem lehet közvetlenül mérni a hidratációs hőt, hiszen csak sókat vagy savakat tudunk

¹ Richard Lorenz (1863–1929) fizikokémikus, elektrokémikus, a Frankfurteri Egyetem professzora (1914–1929).



Volumen und Hydratationswärme der Ionen.

Von M. Born.

(Eingegangen am 21. Dezember 1919.)

Mit Hilfe der von mir kürzlich mitgeteilten Formeln für die Gitterenergie binärer Salze¹⁾ läßt sich, wie Herr Fajans²⁾ gezeigt hat, die Arbeit berechnen, die man aufwenden muß, um aus der wässrigen Lösung eines Salzes die Ionen in das Vakuum zu befördern; Herr Fajans nennt diese Arbeit Hydratationswärme der Ionen und bezeichnet sie mit *W*. Zunächst erhält man die Summe der Hydratationswärmen von Anionen und Kationen; Herr

A **Born-egyenlet** összhangban van a *Nernst–Thomson-szabálylyal*, amely kimondja, hogy valamely elektrolit disszociációjának mértéke annál nagyobb, minél nagyobb az oldószer dielektromos permittivitása. Segítségével jól becsülhetők a szolvatációhoz kötődő termodinamikai mennyiségek. Mindazonáltal elég durva közelítésről van szó, mert nem számol a specifikus oldószer-oldószer illetve ion-oldószer kölcsönhatásokkal [2, 3].

Közelítő jellege ellenére Born elméletét Rudolf A. Marcus (1923) sikerrel alkalmazta elektronátlépési elmélete kidolgozásakor, amelyért 1992-ben Nobel-díjjal jutalmazták. Redoxireakciók esetén ugyanis a szolvátburok átrendeződik, hiszen a különböző töltésszámú ionok környezetében más az oldószer-molekulák száma és elrendezése. Marcus egy gyors elektronátlépési folyamatot és azt követő lassú átrendeződést tételez fel [2, 5, 6]. Ez tulajdonképpen ugyanazon az elven alapul, mint a *Born–Oppenheimer-közelítés* (lásd alább).

A **Born–Haber-ciklus**

Ha ionkristályokat (pl. NaCl-ot) oldunk, az oldódást nem kíséri jelentős hőváltozás. Ugyanez igaz akkor is, amikor egy ún. potenciális elektrolitot oldunk (pl. HCl), és az ionok csak a sav és az oldószer közötti kölcsönhatás során jönnek létre.

A Hess-féle törvény szerint egy reakció entalpiaváltozása független attól, hogy az egy vagy több lépésben történik. NaCl esetén oldódáskor, szolvatált (s) ionok képződnek (S = oldószer-molekulák): Na^+Cl^- (kristályrácsban) + (S) $\rightarrow Na^+_{(S)} + Cl^-_{(S)}$. Ezt két rész-folyamattal is előállíthatjuk: 1) a Na^+ -ionok és a Cl^- -ionok kiszakítása a kristályrácsból és gázfázisba vitele (nagy befektetendő energiát igényel), 2) a gázfázisban lévő ionok szolvatációja. HCl esetén még van egy ionizációs lépés is. Mivel a rácsenergia igen nagy érték, a Na^+Cl^- kristályrács felbontásához jelentős energia szükséges. HCl esetében a disszociáció, illetve az ionizáció igényel energiát. Következésképpen az ionok szolvatációjának, vagyis az ion-oldószer kölcsönhatásnak kell fedeznie a szükséges energiát. Ez tehát igen erős kölcsönhatás. Tulajdonképpen a szolvatáció miatt létezhetnek ionok az oldatban. Born [6], Fritz Haber (1868–1934, szintén Breslauban született, Nobel-díj: 1918) [7], illetve Kasimir Fajans (1887–1975) [8] ezt a körfolyamatot írták le. Born és Haber egyébként szilárd ionos anyagok rácsenergiájának kiszámítására alkalmazta az elképzelést, illetve a reakcióhőnek a kiszámítására. Erről Born így írt: „Az eredmények alapján meghatároztam heteropoláris molekulák képződési hőjét. A munkában Fritz Haber kémikus volt segítségemre” [1]. Tömény oldatokban, illetve az oldószer dielektromos permittivitása függvényében elő is fordulnak ionasszociátumok az oldatban, hiszen egy pozitív ion és egy negatív ion számára energetikailag legkedvezőbb, ha minél közelebb vannak egymáshoz. Meg kell jegyeznünk, hogy ma szabadentalpiával (és nem entalpiával) számolunk, mert entrópiaváltozások is történnek a szolvatáció során, így az oldószer-molekulák (vízmolekulák) erősen kötődnek az ionhoz, mozgási lehetőségük csökken, és ez entrópiacsökkenéssel jár.

Válogatás további, Bornról elnevezett egyenletek, elméletek köréből

A **Born–Landé-egyenlet** ionos vegyületek rácsenergiájának kiszámítására szolgál. Az elektrosztatikus potenciált és a taszítóerőket veszi figyelembe.²

² Alfred Landé (1888 –1976) fizikus, fő kutatási területe a kvantumelmélet volt.

2. ábra. Born hidratációról szóló cikkének első oldala

Tabelle.

Positive Ionen	W	$r_i \cdot 10^8$	$r_a \cdot 10^8$	Negative Ionen	W	$r_i \cdot 10^8$	$r_a \cdot 10^8$
H . . .	262	0,625	1,68	Cl . . .	77	2,13	1,94
Li . . .	110	1,49	1,72	Br . . .	68	2,41	2,09
Na . . .	103	1,59	2,10	J . . .	57	2,88	2,16
K . . .	82	2,00	2,62	—	—	—	—
Rb . . .	73	2,24	2,81	—	—	—	—
Cs . . .	74	2,22	3,02	—	—	—	—
Tl . . .	82	2,00	1,89	—	—	—	—
Ga . . .	344	1,91	2,16	—	—	—	—

3. ábra. A hidratációs hő és az ionsugár összefüggését bemutató táblázat Born cikkében

oldani. Ezért ezeket az értékeket úgy becsüljük a mért adatokból, hogy olyan sokat választunk, amelyeket különböző kationok azonos anionnal, illetve különböző anionok azonos kationokkal képeznek, és feltételezzük, hogy a kevésbé hidratálódó Cs^+ és I^- hidratációentalpiája közelítőleg azonos. Elvileg a közel azonos kristallográfiai sugarú K^+ és F^- párt is választhatnánk, de a tapasztalatok szerint ezek hidratációentalpiája jelentősen eltér. Ma némileg más értékekkel számolunk, mint amelyekkel Born dolgozott (3. ábra), figyelembe véve az újabb mérések eredményét.

Born csak elektrosztatikus kölcsönhatást tételez fel, amelyet az elektrosztatika törvényei szerint az oldószer dielektromos permittivitása (ϵ) befolyásol.

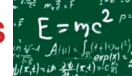
Az elektrosztatika törvényei szerint

$$\Psi = Q/4\pi\epsilon r_i$$

A felületi potenciál (Ψ) egy $z_i e$ töltésű részecske esetén arányos a töltéssel ($Q = z_i e$, ahol e az elemi töltés), és fordítva arányos a közeg dielektromos permittivitásával. Ebből kiszámítható az a munka (a szolvatációhoz/hidratációhoz, ΔG_{solv} , vagy az oldószercseréhez kötődő szabadentalpiaváltozás, ΔG_S^T), amely az adott töltött részecske átvitelével jár vákuumból (ϵ_0) az ϵ dielektromos permittivitású közegbe, vagy tetszőleges dielektromos permittivitású közegek között (például egy ion transzportja esetén alkoholból vízbe):

$$\Delta G_{solv} = -\frac{n z_i^2 e^2}{8\pi r_i} \left(\frac{1}{\epsilon_0} - \frac{1}{\epsilon} \right)$$

$$\Delta G_S^T = \frac{N_A z_i^2 e^2}{8\pi \epsilon_0 r_i} \left(\frac{1}{\epsilon_1} - \frac{1}{\epsilon_2} \right)$$



A **Born–Mayer-egyenlet** kristályos testek rácsenergiájának kiszámítására szolgál, amely figyelembe veszi ionok adott elrendeződésénél a vonzó és a taszító erőket [9]. A Born–Landé-egyenlet továbbfejlesztése.

A **Born–Oppenheimer közelítés.** 1927-ben Born és Julius Robert Oppenheimer (1904–1967) egy fontos elméletet közölt, amely később a kémia reakciók megmagyarázására is szolgált. Ennek kiindulópontja az, hogy mivel az atommag tömege sokkal nagyobb, mint az elektroné, ezért az elektronszerkezet igen gyorsan, kváziadiabaticusan képes válaszolni a magban létrejövő állapotváltozásra, mintha a mag nem is lenne mozgásban [10].

Ezekon kívül számos egyenlet, elmélet viseli Born nevét, de azokat a kémiában kevésbé használjuk.

Max Born

Max Born [Breslau, Németország (ma Wrocław, Lengyelország), 1882. december 11. – Göttingen, Németország, 1970. január 5.] (4. ábra) apja Gustav Born anatómus, a Breslauer Egyetem professzora volt. Anyja, Margarethe Kauffmann, Max négyéves korában meghalt. Így Max, nővérel együtt, árvaságra jutott. Apja második házasságából született egy féltestvére [11, 12, 13].



4. ábra. Max Born 1939-ben (Walter Stoneman felvétele)

Max Born a breslauer König-Wilhelm gimnáziumba járt, 1901-től a Breslauer Egyetemen tanult. A német egyetemeken megengedett volt, hogy közben máshol is tanuljanak, így Born a következő évben Heidelbergbe ment, majd 1903-ban a Zürichi Egyetemen tanult, 1904-től pedig Göttingenben, ahol olyan tanárai voltak, mint Felix Klein (1849–1925), David Hilbert (1862–1943) és Hermann Minkowski (1864–1909). Doktori fokozatát kitüntetéssel nyerte el matematikából 1907-ben. Rövid katonai szolgálat után Cambridge-ben tanult fizikát, és dolgozott a Cavendish Laboratóriumban Joseph John Thomson (1856–1940, Nobel-díj: 1906), George Searle (1864–1954) és Joseph Larmor (1857–1942) irányítása mellett. Ezután újra Breslauban találjuk, ahol Otto Lummer (1860–1925) és Ernst Pringsheim (1859–1917) segítségével a habilitációs disszertációján dolgozott. Miután egy vizes hűtője eltört, és a víz elárasztotta a labort, Lummer azt tanácsolta, hogy foglalkozzon inkább elméleti fizikával. Born így is tett, fellelkesedve Einstein és Minkowski kutatásain a relativitáselmélet területén. Minkowski hívta vissza Göttingenbe habilitálni. Mentora váratlanul meghalt vakbélgyulladásban 1909-ben. Bár voltak,

akik támadták új elképzeléseit, két neves professzor, Hilbert és Carl Runge (1856–1927) Born mellé állt, és ő végül sikerrel habilitált 1909-ben megvédve „Die Theorie des starren Elektrons in der Kinematik des Relativitätsprinzips” című disszertációját. Magántanár lett az egyetemen. Egy panzióban lakott többek között a szintén magántanár Kármán Tóddal (1881–1963) együtt. Volt több közös munkájuk is, például: M. Born, T. von Karman (1912) Über Schwingungen im Raumgittern. Physikalische Zeitschrift (1912) 13, 297–309. Ekkor fejtették ki azt a modellt, a **Born–Kármán-elméletet**, ami azóta része lett a fizikusok fegyvertárának. Born így emlékezett [11]: „Sokkal tartozom Kármán Tóddalnak [...] naponta beszélgettünk fizikai problémákról.”

1913-ban feleségül vette Hedwig Ehrenberget (5. ábra). Három gyermekük született: Irene (1914), Margarethe (1915) és Gustav (1921).

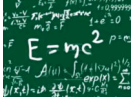
1914-ben a Berlieni Egyetemen ajánlottak neki professzori állást, de behívták katonának. Erről az időszakról így írt [1]: „1915 tavaszán költöztünk Berlinbe. Megkezdtem az előadásaimat, de igen hamar abba is kellett hagynom őket, mert behívtak katonának. Rövid időt töltöttem a légierők rádiószolgálatánál, majd



5. ábra. Max Bornék nászútjukon Bad Pyrmontban, 1913

[Rudolf] Ladenburg (1882–1952) barátom kérésére áthelyeztek egy tüzérségi kutatóintézet »akusztikus távolságmérő« osztályára, ahol a lövegek helyzetének a hang különböző helyeken észlelt érkezési időpontjából való meghatározásával foglalkoztak. Ugyanabban a helyiségben többen dolgoztunk fizikusok, és amikor beosztásunk engedte, igazi tudományt műveltünk.” Amikor elszabadult a szolgálatról, akkor is a háború volt a fő téma: „A háború sötét napjaiban (amikor a család számára alig lehetett elegendő élelmiszert szerezni) nagy vigasz volt Einsteinnel való barátságom. Gyakran találkoztunk, együtt játszottunk hegedűszonátákat, és nemcsak a tudományos problémákat, hanem a politikai és a katonai helyzetet is megvitattuk” [1].

1919-ben a Frankfurter Egyetem, majd 1921-től a Göttingeni Egyetem elméletifizika-professzora lett. Sikerült elérnie, hogy létesüljön egy kísérleti fizika tanszék is, amelyre jó barátját, James



6. ábra. Born James Franckkel a születésük 100. évfordulójára kiadott német bélyegen

Born professzorsága idején Göttingen a fizika egyik fellegrája lett. A következő generáció nagyjai, Nobel-díjasok itt kapták az ösztönzést és a tudást (lásd alább).

De térjünk vissza a kezdetekhez, amikor megszületett a modern fizika. A kezdeti időkről Born így írt [1]: „Az első esztendőben tanítványaim segítségével továbbra is a rácsdinamika területén dolgoztam. Itt új vonal kezdődött, amikor a rendkívül tehetséges magyar Bródy Imrével (aki később náci koncentrációs táborban pusztult el) kidolgoztuk a kristályok dinamikáját.” Ők ketten fejezték be azt a munkát, amelyet Born még Kármánnal kezdett el. A következő kutatási periódus kezdetéről Born a következőképpen emlékezett: „Fő érdeklődésem hamarosan a kvantumelmélet felé fordult. Két adjunktusom Wolfgang Pauli és Werner Heisenberg voltak, akikben az elképzelhető legélesebb eszű és a legcélratoróbb segítő társakat kaptam.”

Heisenberg erről az időszakról ezt írta [14]: „1924 nyarán Max Born göttingeni szemináriumain egy új kvantummechanikáról kezdtünk beszélni, mely egy napon megfoszthatja trónjától a régi newtoni mechanikát.”

Born kvantummechanikai eredményeiről nem írok részletesen, mert szétfeszítené ezen írás kereteit, és a vegyészektől általában távoli területről van szó, kivéve az elméleti kémikusokat, akik használják Born eredményeit a kémiai kötések és reakciók magyarázata során. Aki kíváncsi Born legfontosabb eredményeire, annak ajánlom a már idézett könyvből [1] a további tanulmányokat, amelyek az 1956 és 1968 között megjelent négy könyvben publikált összefoglaló munkákon alapulnak.

1933-ban feleségével együtt emigrált. Born először Cambridgeben tartott előadásokat. 1935–36-ban a bangalore-i Indian Institute of Science-nél dolgozott C. V. Ramannal (1888–1970, Nobel-díj: 1930). 1936-tól Edinburgh-ben lett Tait Professor of Natural Philosophy. (Ez fizikai tanszék volt, de akkor még hagyományosan természetfilozófiának nevezték. Bornnak jobban is tetszett ez az elnevezés, mint a fizikai.) Nyugdíjba menetele után, 1953-ban visszatért Németországba.

Born statisztikus értelmezést adott a kvantummechanikának, és lehetővé tette a terület kutatóinak, hogy bizonyos valószínűségekkkel előre jelezzék az eredményeket.

Wigner Jenő a kvantummechanika keletkezését így foglalta össze [15]: „... Max Born felismerte: bizonyos számítási szabályok, amelyeket Heisenberg adott meg, formálisan azonosak a matrixszámításnak a matematikusok által sokkal régebben megállapított szabályaival. Ezt követően Born, Jordan és Heisenberg a klasszikus mechanika egyenleteiben szereplő hely- és impulzusváltozók matrixokkal való helyettesítését javasolta. A matrixmechanika szabályait alkalmazták néhány rendkívül idealizált problémára, és teljesen kielégítő eredményt kaptak.”

Franck (1882–1964, Nobel-díj: 1925) hívták meg (**6. ábra**). Kettőjük együttműködése nagyon gyümölcsözőnek bizonyult. Mindkettőjük 1933-ig dolgozott az egyetemen. Ekkor Bornnak származása miatt távoznia kellett. Franck, mint I. világháborús, súlyosan sebesült veterán, akkor még felmentést kapott a faji törvények hatálya alól, de ő tiltakozásul lemondott.

Born professzorsága idején Göttingen a fizika egyik fellegrája lett.

Born végül 1954-ben Walther Bothével (1891–1957) megosztva kapott fizikai Nobel-díjat (**7. ábra**) a kvantummechanika területén folytatott alapvető kutatásáért, különös tekintettel a hullámfüggvény statisztikus értelmezésére [16, 17, 18].



7. ábra. A Nobel-díj bankettjén Margareta hercegnővel 1954. december 10-én

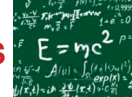
Born tanítványairól

Bornnak olyan tanítványai és munkatársai voltak Göteborgban, mint: Max Delbrück (1906–1981, orvosi (!) Nobel-díj: 1969) Siegfried Flügge (1902–1997), Friedrich Hund (1896–1997), Pascual Jordan (1902–1980), Maria Goeppert-Mayer (1906–1972, Nobel-díj: 1963; **8. ábra**), Lothar Wolfgang Nordheim (1899–1985), J. Robert Oppenheimer, Victor Weisskopf (1908–2002), Bródy Imre (1891–1944), Enrico Fermi (1901–1954, Nobel-díj: 1938), Werner Heisenberg (1901–1976, Nobel-díj: 1932), Gerhard Herzberg (1904–1999, Nobel-díj: 1971), Wolfgang Pauli (1900–1958, Nobel-díj: 1945), Walter Heitler (1904–1981), Teller Ede (1908–2003) és Wigner Jenő (1902–1995, Nobel-díj: 1963).

Olyan gyors volt a fejlődés, hogy a csak néhány évvel fiatalabb Weisskopf (**8. ábra**) így kesergett [19]: „Akkortájt Heitler, Herz-

8. ábra. Victor Weisskopf, Maria Göppert és Max Born Göttingenben az 1920-as években





berg, Nordheim, és Wigner voltak a fiatal docensek; Delbrück és Teller és Maria Mayer s mások voltak velem egykorú vagy kevéssel idősebb hallgatók. [...] Túlságosan későn érkeztem: mindenüvé megnyitották már az utakat.” Mindnyájan a fizika kiválóságai lettek. Delbrück, aki kítűnő fizikus is volt, témát váltott, és a mutáció mibenlétének feltárásáért kapott orvosi Nobel-díjat. A fenti tudósok közül sokan a 2. világháború során központi szerepet játszottak a Manhattan-projektben, az atombomba létrehozásában. Kivételt jelentett Jordan, Flügge és Heisenberg, akik viszont a náci háborús erőfeszítésekben vettek részt. Born maga nem vett részt a háború alatti nukleáris kutatásokban. Azt írta, hogy ő magfizikában nem volt szakember. Megemlékezett három skóciai munkatársáról, akik közül az egyik a német menekült Klaus Fuchs (1911–1988) elméleti fizikus volt. Ő a brit munkacsoport tagjaként később Los Alamosban dolgozott, és az atombomba készítésének részleteiről informálta a Szovjetuniót. Róla Born a következőket írta: „... ez az igen tehetséges ember, aki sohasem titkolja azt a tényt, hogy kommunista.” „Úgy gondolom, hogy nem aljas indokból, hanem becületlen meggyőződésből váltalta később a hírszerzést.” Fuchsot 1950-ben Nagy-Britanniában elítélték kémkedésért. 1959-ben szabadult, és az NDK-ban a Rosendorfi Nukleáris Kutatóintézet igazgatóhelyettesévé nevezték ki. Fuchs Nevill Mott (1905–1996, Nobel-díj: 1977) témavezetésével szerezte meg PhD-fokozatát Bristolban 1937-ben, és Mott ajánlotta Bornnak. Born mellett dolgozva nyerte el a Dsc-fokozatot. A háború kezdetekor internálták, de Born garanciát vállalt érte azzal, hogy biztosan náciellenes. Több közös publikációjuk is megjelent. Fuchs jelentkezett Rudolf Peierlsnél (1907–1995), hogy szívesen részt venne a brit atomprogramban. Megkapta a brit állampolgárságot. Peierlsszel fontos munkát végzett az izotópváltással kapcsolatban, és vele együtt került a New York-i Columbia Egyetemre, ahol a Manhattan-projekt szempontjából létfontosságú urándúsításon dolgoztak. Fuchs 1944-ben került Los Alamosba Hans Bethe (1906–2005, Nobel-díj: 1967) csoportjába. Bethe így jellemezte: „Ő volt a legértékesebb ember a csoportban, és a legjobb elméleti fizikus, akivel valaha is találkoztam.” Fuchs fő témája a plutóniumbomba berobbanása volt. Jelen volt az első atombomba felrobbantásánál is 1945 júliusában. Ott volt az 1946-os Los Alamos-i konferencián is, ahol a termokémiás fegyver előállítását volt a téma. Neumann Jánossal (1903–1957) közös szabadalmat nyújtottak be a fúziós reakció iniciálásáról termokémiás fegyverben [20].

Érdekes, hogy Bornnak négy kínai tanítványa is volt az 1950-es évek elején, méghozzá a Kínai Népköztársaságból, ami abban az időben nem volt általános. Ilyen volt Kun Huang (1919–2005) 1949 és 1951 között, akivel közös könyvet (*Dynamical Theory of Crystal Lattices*. Clarendon Press, Oxford, 1954) is írt a kristályrácsok dinamikájáról szisztematikusan alkalmazva a kvantummechanikát (**Born–Huang-közelítés**). Kun Huang Bristolban védte meg PhD-disszertációját 1948-ban. 1951-ben hazatért, Pekingben lett professzor, akadémikus, a Félvezetők Intézetét vezette. A legnagyobb kínai tudományos kitüntetés is megkapta.

A Born családban a tehetség öröklődése egy genetikus tollára kíváncsnak. Bár a tudósok képességei, zsenialitása az alapvető tényező, a külső, társadalmi hatások (család, iskola, élethelyzetek) is fontos szerephez jutnak [21]. A tudományos kiválóság generációkon keresztül nyomon követhető. Természetesen ehhez hozzájárul a család a szellemiségével és a hagyományaival. Born erről így írt [2]: „Édesapám anatómiát oktatott az egyetemen, leginkább azonban az embriológia és az evolúció tana érdekelt.

Kulturált otthonban, erősen tudományos légkörben nevelkedtem. Kicsi korunkban nővéremmel gyakran jártunk édesapám laboratóriumában, amely egyebek között tele volt mindenféle műszerrel, mikroszkóppal és mikroszkópi metszetek készítéséhez szükséges késekkel. Később apám megengedte, hogy meghallgassam tudós barátaival folytatott vitáit. Barátai többen nagy hírnevet szereztek, így Paul Ehrlich, a Salvarsan felfedezője és a kemoterápia megalapítója, továbbá Albert Neisser bőrgyógyász, aki felfedezte a gonokokkusz és más mikroorganizmusokat.”³ Born nagyapja, Marcus Born az első zsidó tisztifőorvos volt a porosz államban.

Fia, Gustav Victor Rudolf Born (1921–2018) Cambridge-ben és a londoni King’s College-ban a farmakológia volt, később a William Harvey Research Institute és a londoni London School of Medicine and Dentistry professzora lett; a Royal Society tagja volt.

Említették, hogy Max Born Einsteinnel zenélt. A zenei tehetség öröklődött a családban. Bár édesanyja Max Born négyéves korában meghalt, zeneszeretét valószínűleg tőle örökölte, mint azt az albumot is, amelyben neves muzsikusok, például Brahms, Sarasate aláírása szerepelt.

Irene Born (1914–2003) lánya, tehát Max Born unokája Olivia Newton-John (1948–2022), a világhírű énekesnő és színésznő. Megjegyzendő, hogy Olivia apja, Brinley Newton-John (1914–1992) is operaénekesnek készült, de végül a német nyelv professzora lett. A szülők 1937-ben házasodtak, és 1959-ben váltak el. Gustav lánya, Georgina Born antropológus, aki emellett neves muzsikus és zenetudós.



IRODALOM

- [1] M. Born, Mit tettem mint fizikus? Válogatott tanulmányok, Gondolat Könyvkiadó, 1973, 16–28. (Ford. Nagy I.)
- [2] Inzelt Gy., Az elektrokémia korszerű elmélete és módszerei I. kötet, Nemzeti Tankönyvkiadó, 1999, 27–32, 190–192. (Marcus-elmélet).
- [3] Erdely-Grúz T., Transzportfolyamatok vizes oldatokban. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1971.
- [4] M. Born, Volumen und Hydratationswärme der Ionen. Zeitschrift für Physik (1920) 1, 45–48.
- [5] Kiss L., Láng Gy., Elektrokémia, Semmelweis Kiadó, Budapest, 2011. 37–39.
- [6] M. Born, Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (1919) 21, 679–685.
- [7] E. Haber, Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (1919) 21, 750–768.
- [8] K. Fajans, Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (1919) 21, 714–722.
- [9] M. Born, K. Huang, Dynamical theory of crystal lattices. Oxford University Press, Oxford, 1954.
- [10] M. Born, J. R. Oppenheimer, Annalen der Physik (1927) 84, 457–484.
- [11] Max Born, Hogyan lettem fizikus? Válogatott tanulmányok, Gondolat Könyvkiadó, 1973, 7–15.
- [12] N. Kemmer, R. Schlapp, Max Born. 1882–1970, Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society (1971) 17, 17–52. (Tartalmazza Born jelentősebb eredményeit és összes munkáinak listáját.)
- [13] G. V. R. Born, The Born Family in Göttingen and Beyond. Termessos Verlag, Göttingen, 2002.
- [14] W. Heisenberg, A rész és az egész. Beszélgetések az atomfizikáról. Gondolat, Budapest, 1975. 84. (Ford. Falvay M.)
- [15] Wigner J., Szimmetriák és reflexiók. Válogatott tanulmányok, Gondolat, Budapest, 1972. 298. (Ford. Györgyi G.)
- [16] M. Born (1954), The statistical interpretation of quantum mechanics. Nobel Lecture; <http://nobelprize.org/index.html>
- [17] M. Born, Zur Quantenmechanik der Stoßvorgänge. Zeitschrift für Physik (1926) 37(12), 863–867. Az ütközési folyamatok kvantummechanikája.
- [18] M. Born, W. Heisenberg, P. Jordan, Zur Quantenmechanik II. Zeitschrift für Physik (1925) 35, 557–615.
- [19] V. F. Weisskopf, Fizika a huszadik században. Válogatott tanulmányok. Gondolat, Budapest, 1978. 22–23. (Ford. Vekerdí L.)
- [20] J. Bernstein, John von Neumann and Klaus Fuchs: an Unlikely Collaboration. Physics in Perspective (2010) 12(1), 36–50.
- [21] Czeizel E., Tudósok, gének, tanulságok. Galenus Kiadó, 2006.

³ P. Erlich (1854–1915), Nobel-díj: 1908; A. Neisser (1855–1916).