

Polányi Mihály kémikus munkássága mai szemmel – Találkozások



BÉNYEI ATTILA

*DE TTK Fizikai Kémiai Tanszék
Röntgendiffrakciós Laboratórium
H-4010 Debrecen, Egyetem tér 1.
abenyei@delfin.klte.hu*

© Polanyiana 2003/1 – 2: 91-98

ABSTRACT

Michael Polanyi performed research in the field of X-ray diffraction in Berlin, between 1920 and 1923 when he joined to the Kaiser Wilhelm Institute for Fibre Chemistry. His main results included development of experimental technique by introducing the rotating crystal method and determination of dimension of unit cell of cellulose. Rather unusual at that time, he applied a physical structure determination method to solve chemical problems. Effect of pressure and mechanical stress on inorganic and metal crystals were also studied by him which lead to the description of phenomena of dislocation. Meeting Polanyi's works gives an outstanding guide for scientists of today, too. The paper is a written version of the lecture given at the 'Michael Polányi as a chemist' conference organized by the Michael Polanyi Liberal Philosophical Association in Budapest, on September 26-27, 2003.

I.

A XX. század első felében, Polányi Mihály munkássága idején rendkívüli változások zajlottak le a világban. Annak értékelése, megértése, hogy ezek a változások miképpen befolyásolták az egyén életútját még évszázadokig megválaszolandó kérdés lesz az emberiség számára. A gyökeres változások a század második felében – azaz napjainkban is – folytatódtak. A tudomány, a technika, a gazdaság, a politika és a mindennapi élet területén újabb és újabb kihívásokkal, problémákkal kerülünk szembe az immár egyesülő Európában. Polányi Mihály kémiai kutatásainak és eredményeinek megismerése hasznos tanulságokkal szolgálhat napjaink kutató vegyészei és egyetemi hallgatói számára is.

A munkásság egy rövid szakaszával foglalkozunk részletesen¹ (Polányi, 1962: 629–636). Azzal a tudományos publikációk szempontjából is nagyon termékeny időszakkal (évente 8-12 közlemény), amikor 1920 szeptembere és 1923 ősze között Berlinben Polányi röntgendiffrakációs kutatásokat végzett. Ezekről az évekről Polányi visszaemlékezéseiben (Polányi, 1962) részletesen olvashatunk.

II.

Polányi az adszorpcióval kapcsolatos kutatásai után ismét egy számára új tudományterülettel kezdett foglalkozni amikor 1920-ban a Kaiser Wilhelm Institut für Faserstoffchemie (Szálasanyagkémiai Intézet) kutatóintézetben kapott állást Berlinben. Tulajdonképpen reakciókinetikai kérdéseket szeretett volna kutatni Fritz Haber mellett. Mint ez később igazolódott is, a Reginald O. Herzog által vezetett Szálasanyagkémiai Intézetben elfogadott lehetőség csak 'ugródeszka' volt számára. Haber örömmel vette a már több érdekes eredménnyel rendelkező Polányi érdeklődését, de azt mindenképpen szükségesnek tartotta, hogy a fiatal kutató egy kisebb jelentőségű témában bizonyítsa a szakmai rátermettségét ('*You should cook a piece of meat*', Polányi 1962, 629.o.). Erre kitűnő alkalomnak bizonyult a cellulóz és más természetes szálás anyagok frissen indult

¹ A cikk annak az előadásnak a rövidített változata, ami 2003. szeptember 26-án hangzott el a Polányi Mihály Szabadelvű Filozófiai Társaság által szervezett 'Polányi Mihály a kémikus' konferencián, Budapesten. Köszönet a konferencia szervezőinek és az előadóknak a kémikus Polányit sok oldalról bemutató előadásokért.

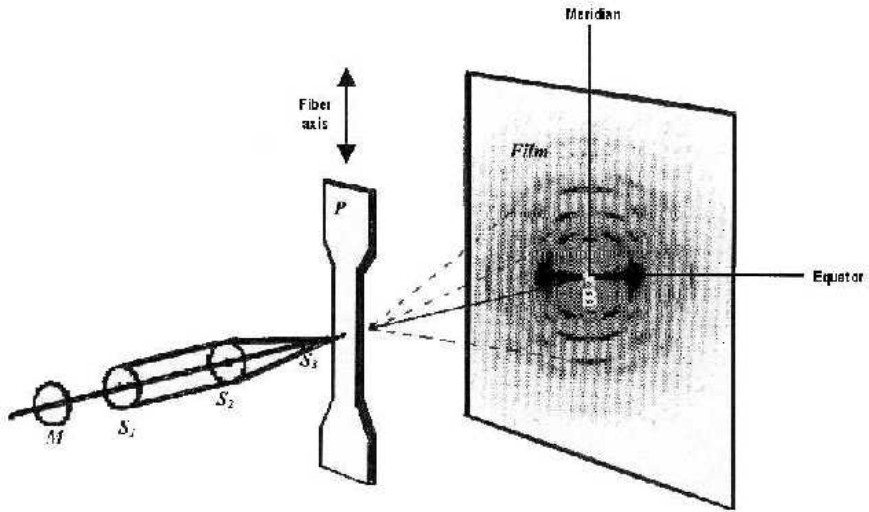
röntgendiffrakciós vizsgálata. Természetesen ezek a kutatások is szoros kapcsolatban voltak a vegyipar által felvetett kérdésekkel, amit az is bizonyít, hogy az 1920-as évek végétől az I. G. Farbenindustrie A.G. Ludwigshafenben a röntgendiffrakciós módszert is alkalmazta az ipari anyagok jellemzésére (Mark, 1962). Polányi a cellulóz mellett a szérum fibroin és más rostos anyagok szerkezetét is vizsgálta.

Az 1920-as évek Németországa és különösen Berlin a szellemi, tudományos és kulturális élet szempontjából rendkívüli jelentőségű volt és többek között Frank Tibor (Frank, 2002) elemezte a történelmi helyzetnek a magyar emigráló értelmiségre kifejtett hatását. A tanulmány foglalkozik azokkal az erőfeszítésekkel, amelyeket magyar gyárak és a kormány, elsősorban Gróf Klebelsberg Kunó kultuszminiszter kifejtett, hogy a külföldön dolgozó tudósokat – így Polányit is – megpróbálják rávenni a hazaköltözésre. Ma is nagy elismeréssel és csodálattal adózhatunk annak a kornak, amelyben a 21 éves orvostanhallgató Polányi a termodinamika III. főtételeéről írt cikket és ezt a kor legelső tudósához, Albert Einsteinhez juttatta el véleményezésre!

III.

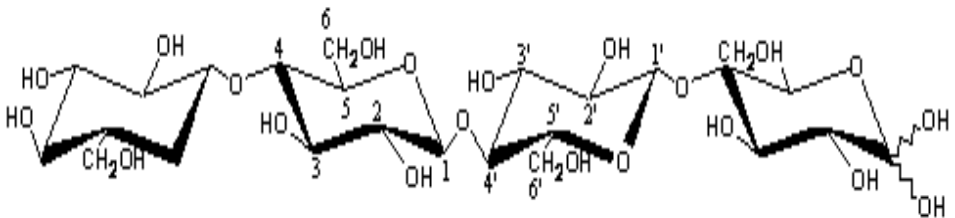
1920 és 1923 között Berlinben Polányi munkatársai voltak Herzog és Willy Jancke mellett többek között Mark Hermann (aki később mint a polimer kémia atyja lett ismert), Erich Schmid, Karl Weissenberg (akiről a krisztallográfiában évtizedekig használt Weissenberg kamera a nevét kapta) valamint Erwin von Gomperz is. Az inspiráló környezetet Polányi „asszisztensek köztársaságának” nevezi.

Polányi röntgendiffrakciós kutatásait a matematikai alapok gyors elsajátításával kezdte 1920 nyarán. Mivel a röntgendiffrakció akkoriban (is) 'forró' kutatási téma volt és a megfelelő elméleti háttér már rendelkezésre állt, nem meglepő Polányi érdeklődése. Ugyanakkor a Szálasanyagkémiai Intézetben Herzog és Jancke jelentős kísérleti előrehaladást is tett: stabil sugárforrást építettek és megfigyelték, hogy ha cellulóz szálakra bizonyos szögben röntgensugarakat bocsátanak, akkor diffrakciós kép alakul ki (1. ábra).



1. ábra. Diffrakciós kép kialakulása szálas anyagokon
(forrás: http://www.cermav.cnrs.fr/cours/smc_anglais/contenu/Chap_3/3.html)

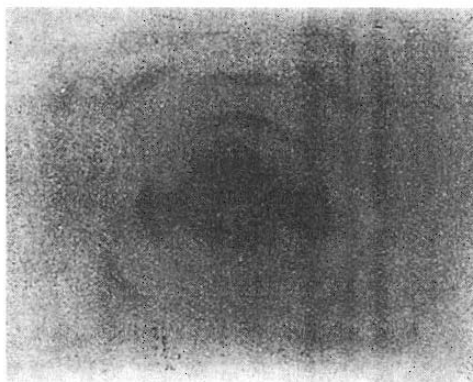
Ezen felvételek kiértékelése volt Polányi első feladata (Nye, 2000.). Az, hogy diffrakciós foltok voltak a fényképező lemezen egyértelműen bizonyította, hogy a cellulóz legalábbis bizonyos szempontból egykristálynak tekinthető. Mivel a diffrakciós foltok csak adott szögben történő besugárzáskor voltak észlelhetők, ez arra utalt, hogy a kristallitok elhelyezkedése nagymértékben irányított a cellulóz szálakon belül. A cellulóz kémiai tulajdonságairól már számos eredmény volt ismert, többek között elemi összetétele és az, hogy savas hidrolízise édeskes szirupot ad.



2. ábra. A cellulózt felépítő glukóz egységek ma ismert kapcsolódási módja

A cellulóz szerkezetéről azonban élénk vita folyt már akkor is. A molekulatömeg mérések igazolták, hogy a molekula nagy méretű, de a cukor részek kapcsolódási módja és a poliszacharid szálakat összetartó erők jellege nem volt ismert. A probléma jelentőségét és nehézségét jelzi, hogy a cellulóz a természetben legnagyobb mennyiségben előforduló szerves anyag: növényi és állati sejtek falának fő komponense. Ugyanakkor a cellulóz és származékainak szerkezetével kapcsolatban napjainkban is intenzív kutatások folynak és bár sok mindent tudunk, számos, a gyakorlatban is fontos kérdés megválaszolása a mai eszközökkel is nehézségekbe ütközik.

Polányi megfigyelte, hogy a fényképeken (3. ábra) a diffrakciós foltok elhelyezkedése szabályszerűséget mutat és ebből meghatározta az elemi cella méretét és javaslatot tett a szimmetriára is.



3. ábra. Polányi Mihály közleményében (Herzog, 1921) szereplő diffrakciós felvétel.

Ezek az eredmények meglehetősen jó egyezést mutatnak a modern elektrondiffrakciós és infravörös spektroszkópiai mérések eredményeivel (Sugiyama, 1991). Ma már tudjuk, hogy a cellulóz, mint nagyon sok más természetes eredetű anyag, a származásától függően különböző összetételű. A természetes cellulóz (cellulóz I) legalább két kristályos módosulatból áll (cellulóz I α és cellulóz I β), amik a szilárd fázisban megjelenő polimorf módosulatok és a szálak között a cellulóz amorf tulajdonságú formája is megtalálható. Az általában nagyobb mennyiségben megtalálható cellulóz I β elemi cellája (a, b, c a cella hossza, α , β , γ az élek által bezárt szögek) csaknem megegyezik a Polányi által közölt adatokkal (1. táblázat). A cel-

lulóz szerkezetének pontos tisztázására napjainkban a biotechnológia, a géntechnológia, a diffrakciós és spektroszkópiai módszerek, valamint a kvantumkémiai számítások és molekulamodellezés teljes eszköztárát felhasználják.

Elemi cella paraméter	Cellulóz I α	Cellulóz I β	Polányi adata
a (Å)	6.74	8.01	7.9
b (Å)	5.93	8.17	8.45
c (Å)	10.36	10.36	10.2
α (°)	117	90	90
β (°)	113	90	90
γ (°)	97.3	97.3	90

1. táblázat. Cellulóz I polimorf módosulatok elemi cella adatai (Sugiyama, 1991) és Polányi mérési eredményei

Az elemi cella térfogatát és az általa feltételezett rombos szimmetriát figyelembe véve Polányi meglepő következtetésre jutott: az elemi cellában négy cukormolekula van, de elképzelhető az is, hogy a cellulóz végtelen molekulákból áll. Ez a két egymást látszólag kizáró állítás mindazoknak, akik nem ismerték a röntgendiffrakció jelenségének matematikáját elfogadhatatlan volt. A helyzetet az is bonyolította, hogy ezek az állítások a cellulózzal szerzett kémiai ismeretekkel is ellentmondásban voltak: négy cukor molekula feltételezése túlságosan kevésnek, a makromolekula elképzelhetetlenül nagynek látszott. Nem meglepő, hogy amikor Polányi 1921. március 7-én tartott előadásában bemutatta eredményeit, nagyon éles vita bontakozott ki és minden oldalról támadták a következtetéseit („...storm and protest from all sides...” Polányi 1962, 631.o.). Maga Polányi írja, hogy nem ismerte fel ennek a kérdésnek a központi jelentőségét. Az azonban Fritz Haber számára is nyilvánvalóvá vált, hogy Polányi

'letette névjegyét az asztalra' és minden szempontból bizonyította rátermettségét a kémiai kutatásokra. A szálas anyagok vizsgálata után ugyancsak röntgendiffrakciós módszerrel vizsgálta különböző kristályok nyomás és hideg megmunkálás hatására bekövetkező változásait. Ezen a területen a diszlokáció jelenségét is leírta aminek német nyelvű közleményében a '*Versetzung*' nevet adta (lásd Polányi 1962, 636.o.).

IV.

Polányi Mihály röntgendiffrakciós kutatásaival számos ma is helytálló eredménnyel gazdagította tudásunkat. Akkoriban szokatlan módon alkalmazott fizikai szerkezetvizsgáló módszert kémiai problémák megoldására. Jelentős erőfeszítéseket tett a kísérleti technika fejlesztésére és ennek eredményeként míg korábban csak néhány diffrakciós felvételt sikerült készíteni egy-egy anyagról, a Polányi és munkatársai által bevezetett, bár később nem az ő nevük alatt elterjedt forgó kristály módszer a felvételek rutinszerű készítését tette lehetővé. Ennek továbbfejlesztése vezetett el a Weissenberg kamera kialakításához és végső soron a modern négykörös diffraktométerekhez. Polányi ma is imponáló könnyedséggel váltott kutatási területet és fektetett hangsúlyt a munkatársak együttműködésére. Röntgendiffrakciós kutatásainak egyik fontos eredménye, hogy legismertebb tanítványát, Wigner Jenőt a kristályok szimmetriájának vizsgálatára ösztönözte és végül is hozzájárult, hogy Wigner megírta *Csoportelméleti módszer a kvantummechanikában* című művét.

Figyelembe véve napjaink gyorsan változó világát, társadalmát, valamint a tudomány mennyiségi fejlődését, a tudományos élet változásait, az informatika és a gazdaság legújabb kori forradalmait, Polányi Mihály élete és munkássága, találkozás műveivel a mai kutatók számára is számos tanulsággal szolgálhat. A szerző számára különösen emlékezetes volt találkozása John C. Polanyival a Nobeldíjasok 50. Találkozóján Lindauban, 2000 nyarán.



4. ábra. Bényei Attila John C. Polanyi társaságában. Lindau, 2000.

IRODALOM

- Frank Tibor, 2002: 'Polányi Mihály Berlinben', *Polanyiana*, Vol. 11., No. 1-2., pp. 117-133.
- Herzog, R.O.; W. Jancke; M. Polanyi: 'Röntgenospektrographische Beobachtungen an Zellulose: II' *Zeitschrift für Physik* 3, pp. 343-348.
- Mark, H. 1962: 'Recollections of Dahlem and Ludwigshafen', in: P.P. Ewald (ed.), *Fifty Years of X-Ray Diffraction*, Oosthoek, Utrecht, pp. 603-607.
- Nye, Mary Jo. 2000: 'Laboratory Practice and the Physical Chemistry of Michael Polanyi', in: F.L. Holmes & T. Levere (eds.), *Instruments and Experimentation in the History of Chemistry*, MIT Press, Cambridge, pp. 367-400.
- Polányi Mihály, 1962: 'My Time with X-Rays and Crystals', in: P.P. Ewald (ed.), *Fifty Years of X-Ray Diffraction*, Oosthoek, Utrecht, pp. 629-636.
- Sugiyama, J.; J. Persson, H. Chanzy, 1991: 'Combined infrared and electron diffraction study of the polymorphism of native celluloses', *Macromolecules*, 24, pp. 2461-2466.