

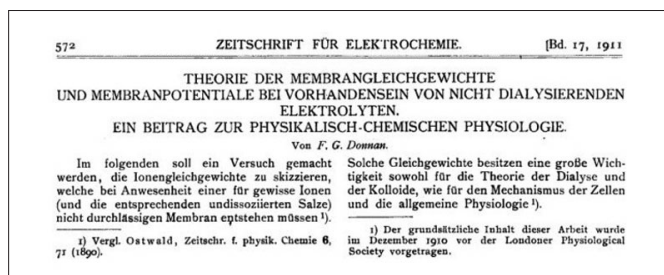
KIRŐL NEVEZTÉK EL?

Inzelt György

■ ELTE Fizikai Kémiai Tanszék

Donnan-egyensúly, Donnan-potenciál, Donnan-féle megoszlási hányados

A kémiában, a biológiában és az orvostudományban egyaránt fontos membránegyensúlyt Donnan vizsgálta kísérletileg, és írta le 1911-ben (1. ábra) [1].



1. ábra. Donnan membránegyensúlyról szóló 1911-es cikkének első sorai

Ha egy membrán két különböző vizes elektrolitoldatot választ el, a mozgékony ionok koncentrációja idővel kiegyenlítődik. Ha viszont a membrán a két elektrolitoldat (NaR és NaCl) egyik ionját, esetünkben az R^- -iont nem ereszt át, például azért, mert az túl nagy a membrán pórusméretéhez képest, akkor a membránon átmenni képes ionok (Na^+ és Cl^-) koncentrációja nem egyenlítődik ki a membrán két oldalán (I és II) (2. ábra), noha termodinamikailag egyensúlyba jut a rendszer [1–4]. Ezt az egyensúlyt hívjuk **Donnan-egyensúlynak**. Az egyensúlyi ionkoncentrációk eltérése miatt potenciálkülönbség lesz a membrán két oldalán. Ezt hívjuk membránpotenciálnak vagy **Donnan-potenciálnak**.

Na^+	Na^+
R^-	
Cl^-	Cl^-
I	II

2. ábra. Az ionok egyensúlyi eloszlása a membrán kétoldalán

Mai jelölést alkalmazva azokra a töltött részecskékre (i), amelyek képesek a membránon átmenni, az egyensúly feltétele az α és a β fázisokban az elektrokémiai potenciáljuk ($\tilde{\mu}_i$) egyenlősége

$$\tilde{\mu}_i^\alpha = \tilde{\mu}_i^\beta$$

$$\mu_i^\alpha + z_i F \varphi^\alpha = \mu_i^\beta + z_i F \varphi^\beta$$

ahol μ_i az i ion kémiai potenciálja, z_i az i ion töltése és φ a fázis belső potenciálja.

Mivel $\mu_i = \mu_i^\alpha + RT \ln a_i$, ahol a_i az i ion relatív aktivitása (ami híg oldatokban azonos a koncentrációval), R a gázállandó és T a hőmérséklet, kiszámítható az ionok eloszlása, az ún. **Donnan megoszlási állandó** (λ), ami az ionaktivitások arányától függ:

$$(a_{K^+}^\alpha / a_{K^+}^\beta)^{\frac{1}{z_+}} = (a_{A^-}^\alpha / a_{A^-}^\beta)^{\frac{1}{z_-}}$$

$$\lambda = (a_{K^+}^\alpha / a_{K^+}^\beta)^{\frac{1}{z_+}} = (a_{A^-}^\alpha / a_{A^-}^\beta)^{\frac{1}{z_-}}$$

és a **Donnan-potenciál** ($E_D = \varphi^\beta - \varphi^\alpha$) is:

$$E_D = \frac{RT}{F} \ln \frac{a_{K^+}^\beta}{a_{K^+}^\alpha}$$

ahol K^+ a kationt jelöli (természetesen az anionra ugyanilyen összefüggést lehet felírni).

Donnan és munkatársai [5–7], majd más kutatók is bebizonyították, hogy a levezetett összefüggés segítségével a kísérleti eredmények jól értelmezhetők. Loeb könyve [8] terjesztette el Donnan elméletét a koloid oldatokra, elsősorban a fehérjék tartalmazó rendszerekre. Világossá vált az is, hogy az élő sejtekben is fellépő jelenségről van szó, mert a sejtmembrán nem engedi át a nagy molekulákat, amilyenek a fehérjék és a nukleinsavak. A sejtmembránon keresztül lezajló transzportfolyamatok és a kialakuló potenciál bonyolult jelenségeivel e helyütt nem foglalkozunk. Ugyancsak jelentősek azok a rendszerek (például az ionszelektív elektródok), ahol magán a membránon vannak rögzített töltések (polielektrolit membránok), amelyek az azonos töltésű ionokat nem engedik át.

Frederick George Donnan



3. ábra. Frederick George Donnan

Frederick George Donnan (Colombo, Ceylon, 1870. szeptember 6. – Canterbury, 1956. december 16.) (3. ábra) édesapja, William Donnan belfasti kereskedő, édesanyja, a szintén észak-ír Jane Ross Turnley Liggate volt. Két fiú és négy lány született a családban, Frederick George másodikként. Gyermekkori balesetben a bal szemére megvakult. (Ezért is fényképezték így, profilból.) Nem nősült meg. Nővéreivel élt. Leonora vezette a háztartást, Jane a titkárnői teendőket látta el [3, 9].

A Belfast Royal Academyben tanult 1880 és 1889 között, amelyet kitüntetéssel végzett el. A belfasti Queen's College-ban kapta BSc-diplomáját 1894-ben. Itt is kitűnt társai közül, aminek eredményeként külföldre szóló ösztöndíjat kapott. A PhD-fokozatát *magna cum laude* minősítéssel a Lipcsei Egyetemen Wilhelm Ostwaldnál (1853–1932, Nobel-díj: 1909) szerezte meg 1896-ban. Az oldatbeli ionizáció és a fényabszorpció közötti összefüggést vizsgálta, amelyhez egy új típusú kolorimétert is szerkesztett (Donnan-féle koloriméter). A következő két évben van 't Hoffnál (1852–1911, Nobel-díj: 1901) is dolgozott Berlinben.

1899-től lett kutatóhallgató, majd 1901-től tanársegéd a londoni University College-ban William Ramsay (1852–1916, kémiai Nobel-díj: 1904) laboratóriumában.

1903-tól szerves kémiát tanított a dublini Royal College of Science egyetemen (4. ábra), mielőtt 1906-ban a fizikai kémia tanészék vezetője lett a Liverpooli Egyetemen.



4. ábra. A Royal College of Science épülete Dublinban. A természet- és műszaki tudományokkal foglalkozó egyetem 1926-ban beolvadt az University College Dublin egyetembe. Az épületet jelenleg az ír kormányzat használja

kult Imperial Chemical Industries (ICI) vegyipari céggel később is megmaradtak. Ezek a cégek sokat segítettek az egyetemi kutatások finanszírozásában.

1920-ban a háború alatti tevékenységéért megkapta a Brit Birodalom Rendje parancsnoki fokozatát. Számos elismerése közül kiemelünk néhányat: 1911-ben Fellow of the Royal Society, Davy

1911-ben jelent meg nagy hatású cikke a membránegyensúlyokról és a membránpotenciálról [1]. 1913-ban visszatért a londoni University College-ba, ahol 1928-tól 1937-es nyugdíjazásáig tanszékvezető volt. Az első világháború alatt a hadfelszerelési minisztériumot segítette tanácsadóként. Főleg a növények nitrogénmegkötési folyamatait tanulmányozta. Ebben az időben találta ki az aerosol (aeroszól) szót. A világháborúban kialakított ipari kapcsolatai kiváltképp a Brunner Mond & Co., illetve az ebből ala-

Medal: 1928, nyolc díszdoktori cím, nagyszámú tudományos társaság tagsága szerte a világon. Sokat járt külföldön. Németországban gyakorta részt vett a Bunsen Gesellschaft konferenciáin; a társaságnak is tagja volt. Segített, hogy munkájukat veszített, veszélyeztetett német és Németországban dolgozó kutatók külföldre és ott álláshoz jussanak. Néhányan közülük: Franz (Francis) Eugen Simon (1893–1956), Edward Teller (1908–2003), Rudolf Ernst Peierls (1907–1995), Herbert M. F. Freundlich (1880–1941), Heinz London (1907–1970). Simon, Peierls, London a brit-amerikai atombombaprogram meghatározó emberei lettek, később lovaggá (Sir) is ültették őket. Telleren kívül mindnyájan megkapták a Fellow of the Royal Society (FRS) rangos címet is. Simon doktorandusza volt még Németországban Nicolas Kurti (azaz Kürti Miklós, 1908–1998). Simon 1933-ban magával hozta Oxfordba Londont és Kürtit, akiből később szintén FRS és Sir lett. A pénzt az ICI cég biztosította. 1941 és 1946 között Donnan elnöke volt a Royal Society Scientific Relief Committee-nek; ez a bizottság 1859 óta foglalkozott a tudományos kutatók segélyezésével.

Donnannak sok közös cikke jelent meg más jeles kutatókkal, így például Teller Edével is (5. ábra).

LXXXV. *Fluctuations of Composition in a System of Molecules in Chemical Equilibrium.* By F. G. DONNAN, E. TELLER, and B. TOPLEY *.

1. Introduction

IN discussions on the problem of fluctuations in a system in equilibrium, comparatively little attention has been paid in the past to the case of fluctuations of chemical composition in a system of molecules in chemical equilibrium. An important exception must be made, however, in the case of Professor R. H. Fowler's standard work on 'Statistical Mechanics.' The comparatively simple treatment given in the present paper is restricted to cases where the physical interaction between the molecules is sufficiently small and the state of dilution sufficiently large to allow them to be treated independently, and where the method employed may be that of classical statistics. Concerning the applicability of this method to the present case, some remarks will be made at a later stage.

5. ábra. Donnan Tellerrel és Topley-val írt cikkének – „*Fluctuations of composition in a system of molecules in chemical equilibrium*” – eleje. Philosophical Magazine (1937) 24, 981–1001.

Donnan a fizikai kémia nagyon sok problémájával foglalkozott. Kétségtelen, hogy azóta is töretlen hírnevét a membránegyensúlyok termodinamikai leírása és kísérleti bizonyítása alapozta meg, de más jelentős munkái is születtek. Kiemelkedő szakértője volt J. W. Gibbs munkáinak. A membránegyensúlyok elméleti leírásakor is Gibbs alapvetéséből indult ki. Ezért gyakorta beszélnek Gibbs–Donnan-egyensúlyról is. Az viszont egyértelmű, hogy a bizonyító részletes kísérleti eredmények, amelyek azután rendkívül megtermékenyítően hatottak a kémiában, a biológiában, az orvostudományban, egyedül Donnannak köszönhetők.

Néhány terület, amelyeket művelt: nemesgázok effúziója és cseppfolyósítása; olajemulziók, felületi feszültség vizsgálata (ezekért a munkákért a kolloid kémia is számontartja, valamint róla nevezték el a **Donnan-féle sztalagmométert** és a **Donnan-pipettát**).

IRODALOM

- [1] F. G. Donnan, Membranpotentiale bei vorhandenem von nicht dialysierenden Elektrolyte. Ein Beitrag zur physikalische chemischen Physiologie. Zeitschrift für Elektrochemie (1911) 17, 572–581.
- [2] Kiss L., Láng Gy., Elektrokémia, Semmelweis Kiadó, Budapest, 2011, 99–100.
- [3] Barócsi A., A biofizika alapjai. Typotex Kiadó, Budapest, 2011. 131–134.
- [4] Electrochemical Dictionary (eds. A. J. Bard, G. Inzelt, F. Scholz), 2nd edition, Springer, Heidelberg, 2012, 228–229.
- [5] F. G. Donnan, A. B. Harris, Osmotic pressure and conductivity of aqueous solutions Congo red and reversible membrane equilibria. Journal of the Chemical Society (1911) 99, 1554–1577.
- [6] F. G. Donnan, The theory of membrane equilibrium in the presence of a non-dialyzable electrolyte. Zeitschrift für Elektrochemie (1911) 17, 572–581.
- [7] F. G. Donnan, 1924. The theory of membrane equilibria. Chemical Review (1924) 1, 73–90.
- [8] J. Loeb, Proteins and the theory of colloidal behaviour. McGraw-Hill, New York, 1922.
- [9] E. A. Freeth, Frederick George Donnan. 1870–1956. Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society (1957) 3, 23–26.