

## KIRÓL NEVEZTÉK EL?

Inzelt György

■ ELTE Fizikai Kémiai Tanszék

## Kohlrausch törvényei

**F**riedrich Kohlrausch a 19. század kiemelkedő tudósa volt. A kísérleti módszerek kidolgozásával, a precíz mérések kivitelezésével és azok értelmezésével ő indította el azokat a kutatásokat, amelyek az elektrolitokkal foglalkozó tudományterület megalapozásában döntő szerepet játszottak. Nem kevésbé jelentős, hogy minden későbbi szereplő (így például Ostwald, Arrhenius, Nernst) valamilyen formában az ő tanítványa volt.

## Az ionok független vándorlásának Kohlrausch-féle törvénye

Friedrich Kohlrausch 1873-ban a következő törvényt fogalmazta meg: Végtelen hígításban (azaz nagyon híg oldatban) az ionmozgékonyságok ( $u_i$ ,  $\text{m}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}$ ) az egyes ionokra jellemző és az oldatban lévő többi ionoktól független értékek. Következésképpen az elektrolitok moláris vezetése ( $\Lambda = \kappa c_B$ , ahol  $\kappa = \sum z_i F u_i c_i$  az elektrolit (fajlagos vagy mért) vezetése és  $c_B$  az elektrolit koncentrációja,  $\Lambda$  mértékegysége:  $\text{S m}^2 \text{mol}^{-1}$ ) az egyes ionok moláris vezetése ( $\lambda = z_i F u_i$ , ahol  $z_i$  az ion töltésszáma,  $F$  a Faraday állandó,  $\lambda_i$  mértékegysége:  $\text{S m}^2 \text{mol}^{-1}$ ) összegeként írható fel:

$$\Lambda = \lambda_K + \lambda_A, \text{ azaz } \Lambda = u_K + u_A,$$

ahol K és A alsó indexek az adott elektrolit kationját, illetve anionját jelölik.

Kohlrausch törvényét annak a kísérletsorozatnak az eredményére alapozta, amelyben sorban megmérte különböző kationok azonos anionnal és különböző anionok azonos kationnal alkotott sóinak vezetését. Azt figyelte meg, hogy a két különböző kation közös anionnal alkotott sóinak moláris vezetése közötti különbség híg oldatban gyakorlatilag független a közös anion minőségétől, illetve különböző anionok közös kationnal alkotott sóinál ugyanez a helyzet.

Svante Arrhenius (1859–1927, Nobel-díj: 1903) az elektrolitikus disszociáció elméletét csak 1884-ben fogalmazta meg, de az ehhez vezető utat Kohlrausch követte ki mind a mérési technika kidolgozásával, mind szisztematikus mérési eredmények közzétételével. Megjegyzendő, hogy Arrhenius 1886-ban posztdoktor volt Kohlrauschnál Würzburgban (1. ábra).

## Kohlrausch hígítási törvénye

1900 körül Kohlrausch meghatározta az erős (teljesen disszociáló) elektrolitok híg oldataiban az elektromos vezetés koncentrációval való változását. E szerint



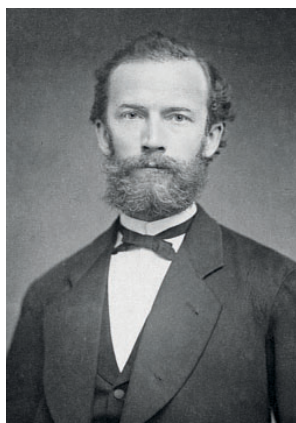
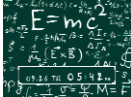
1. ábra. Kohlrausch (középen ül) és tanítványai: Arrhenius (áll, jobbról a második), mellette a kép jobb szélén a még ifjabb Walther Nernst

$$\Lambda_0 - \Lambda_c = A \sqrt{c},$$

ahol  $\Lambda_0$  és  $\Lambda_c$  a „végtelen hígítású” oldat (extrapolációval határozható meg), illetve a  $c$  koncentrációjú oldat moláris vezetése,  $A$  pedig egy állandó. Ez az eredmény ellentétben van a gyenge elektrolitokra vonatkozó Ostwald-féle hígítási törvénnyel, ami szerint a moláris fajlagos vezetés lineárisan változik a koncentrációval híg oldatokban. Ebből következik, hogy erős elektrolitok esetében nem a disszociáció fokának változása játszik szerepet, amelyben a tömeghatás törvénye érvényesül. Erős elektrolitokban a domináló hatás az ionok közötti elektrosztatikus kölcsönhatás. Ennek elméletét Peter Debye (1884–1966, Nobel-díj: 1936) és Erich Hückel (1896–1980) dolgozta ki 1923-ban [1], majd Lars Onsagerrel (1903–1976, Nobel-díj: 1968) együtt a vezetés Kohlrausch-féle gyökös koncentrációfüggésre is magyarázatot tudtak adni.

## Friedrich Kohlrausch

Friedrich Wilhelm Georg Kohlrausch (Rinteln, Németország, 1840. október 14. – Marburg, 1910. január 17.) (2. ábra) apja, Rudolf Hermann Arndt Kohlrausch (1809–1858) neves fizikus volt. A fiatalabb Kohlrausch Erlangenben és Göttingenben fizikát tanult, az utóbbi egyetemen doktorált is. Wilhelm Eduard Weber (1804–1891), a mágneses fluxus egységének névadója volt a témavezetője, aki már apjával is együtt dolgozott. Weber és Rudolf Kohl-



2. ábra. Friedrich Kohlrausch 1875 körül

rausch 1856-os híres munkájában azt mutatták ki, hogy az elektrosztatikus és az elektromágneses egységek aránya a fénysebességet adja, amit ők jelöltek először  $c$  betűvel. Friedrich Kohlrausch a kor szokásának megfelelően különböző egyetemeken vállalt munkát, először Frankfurtban előadó, 1866 és 1870 között a Göttingeni Egyetemen fizikatanár, 1870-től az ETH professzora Zürichben, de egy év múlva már a Darmstadt Műszaki Egyetemen találjuk. 1875-től a Würzburgi Egyetem professzora, ahol fő témája az elektrolitikus vezetés lesz. Nála doktorált Walther Nernst (1864–1941, Nobel-díj: 1920) és Erasmus Kittler (1852–1929) fizikus, az elektrotechnika egyik jeles úttörője is. 1888-tól a Strasbourgi (Straßburgi) Egyetem professzora. Utóda Wilhelm Conrad Röntgen (1845–1923) lett a würzburgi tanszéken. 1894-ben visszautasítja a professzori állást a berlini Humboldt Egyetemen, de 1900-tól tanít Berlinben. 1887-ben Wilhelm Ostwald (1853–1932) felkereste őt Würzburgban. Így írja le Kohlrausch: „Magas, vékony ember, szürkés-szőke szakállal, nyugodt, keveset beszélő, tartózkodó.” Ostwald nagyon hálás volt Kohlrauschnak, mert az ő ajánlásával került azután a Lipcsei Egyetemre professzornak [2].

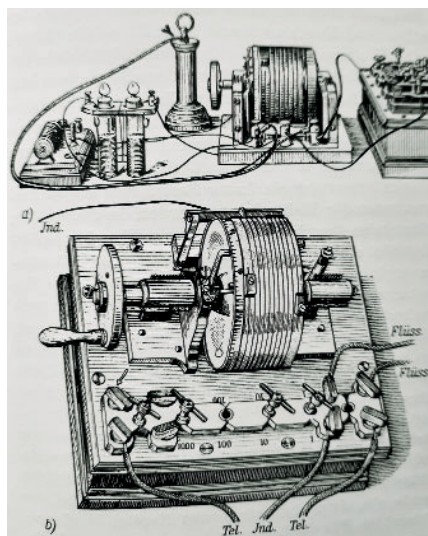


3. ábra. Kohlrausch a laboratóriumában 1902-ben

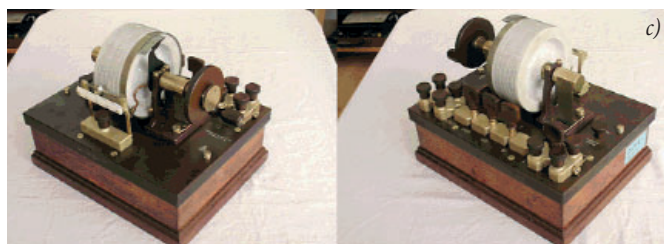
1895-től Hermann von Helmholtz (1821–1894) utódként Kohlrausch a Physikalisch-Technische Reichsanstalt elnöke (3. ábra), amely tisztséget 1905-ig tölti be. Számos precíziós műszert és mérési technikát (torziós magnetométer, árnyékolt galvanométer, dinamométer, Kohlrausch-híd (dob) ellenállásmérésekhez) fejleszt, szabványokat, kalibrálási módszereket dolgoz ki, amelyeket azután az egész világban használtak. Tárgyunk tekintetében például alapvető jelentőségű, hogy ő használt először váltoáramot elektrolitikus elektromos ellenállásának (vezetésének) mérése során, elkerülve ezzel az elektrolízis okozta mérési pontatlanságot [3]. Egyik fontos találmánya a helikális (spirális) potenciométer, amit Kohlrausch-dobnak vagy -Walzénak neveznek (4. ábra).

Helmholtz és Ernst Werner Siemens (1816–1892) mellett Kohlrauschnak nagy szerepe volt az élenjáró német elektrotechnikai, optikai és mechanikai ipar megalapozásában.

Könyvei – Leitfaden der praktischen Physik (1870), Lehrbuch der praktischen Physik (1901) – több nyelven és több mint húsz kiadásban jelentek meg.



4. ábra. a) Kohlrausch mérési berendezése oldatok vezetésének mérése, b) A Kohlrausch-dob ellenállás (feszültség) értékének beállítására [5] c) Wheatstone-híd Kohlrausch-dobbal 1889-ből (https://www.alte-messgeraete.de/)



5. ábra. Az Annalen der Physik címlapja a kuratórium tagjaival



6. ábra. Kohlrausch összes publikációjának gyűjteményes kötete

Szerkesztett folyóiratot (5. ábra), nagyon sok cikket publikált. Már egy évvel halála után, 1911-ben gyűjteményes kötetben kiadják összes műveit (6. ábra).

Munkásságát Wilhelm Wien (1864–1928), az 1911. évi fizikai Nobel-díjas méltatta [6], illetve a londoni Royal Society – amelynek 1906-tól tiszteletbeli tagja volt – kiadványában jelent meg értő és elismerő megemlékezés [7].

IRODALOM

- [1] Erdy-Grúz T., Schay G., Elméleti fizikai kémia III. Tankönyvkiadó, Budapest, 1962. 32–82.
[2] W. Ostwald, The Autobiography (R. S. Jack, F. Scholz, szerk.). Springer, 2017, 114, 137.
[3] F. Kohlrausch, Annalen der Physik (1876) 235, 233–275.
[4] L. Dunsch, Geschichte der Elektrochemie. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1985, 70–72.
[5] W. Wien (1910), Obituary: Friedrich Kohlrausch. Annalen der Physik (1910) 336(3), 449–454.
[6] G. C. F. Obituary Notices of Fellows Deceased. Proceedings of the Royal Society of London. Series A (1911) 85(582), xi–xiii.