

# HISTORIE OBORU

## Polarografie – významný příspěvek Jaroslava Heyrovského pro intenzivní péči

Pokorný Jiří, Dvořáček Bořivoj, Slánská Marie

Komise pro historii oboru ČSARIM

### Souhrn

Polarografie je jednou z elektrochemických metod, umožňující analýzu a kvantitativní měření malých množství řady látek, mj. i kyslíku. Metodu vypracoval český fyzikální chemik Jaroslav Heyrovský. Zavedl rtuťovou kapající elektrodu pro měření proudu a po zařazení citlivého galvanometru začal kontinuálně měřit a zaznamenávat i nepatrná množství různých látek, mj. také kyslíku v kapalinách, tedy i v krvi. Metodu nazval polarografií, dopracoval ji k praktickému využití v laboratořích a celosvětově obhájil. Za tento objev mu byla v roce 1959 udělena Nobelova cena za chemii.

**Klíčová slova:** polarografie – rtuťová kapající elektroda – intenzivní medicína

### Abstract

#### Polarography – major contribution of Jaroslav Heyrovský to the intensive therapy

Polarography is an electrochemical method enabling the analysis and quantitative measurement of very small quantities of a number of substances, among others the oxygen. This method has been elaborated by Czech physical chemist Jaroslav Heyrovský. He introduced the dropping mercury electrode for measuring current and after having connected a sensitive galvanometer he began to measure and record continuously even minute quantities of oxygen in fluids, among other media in blood. He called the method polarography and developed it for practical use in laboratories and upheld it worldwide. For this invention Heyrovsky was awarded the Nobel Prize for chemistry in 1959.

**Keywords:** polarography – dropping mercury electrode – intensive care medicine

*Anest. intenziv. Med., 20, 2009, č. 3, s. 165–167*

V současnosti je intenzivní léčení nemocných v kritickém stavu a během anestezie nemyslitelné bez monitorování obsahu krevních plynů – kyslíku a oxidu uhličitého v krvi, bez měření pH krve a parametrů acidobazické rovnováhy. Mnohým anesteziologům však není známo, že objev polarografie jako varianty elektroanalýzy k měření obsahu kyslíku v krvi učinil v Praze v letech 1922–1925 tehdy mladý fyzikální chemik Jaroslav Heyrovský. Žil v letech 1890–1967. Význam polarografické analýzy pro obor anesteziologie a resuscitace je značný. Tímto sdělením připomínáme anesteziologům a intenzivistům jejího vynálezece.

Jaroslav Heyrovský studoval od r. 1909 na filozofické fakultě Karlovy univerzity v Praze matematiku, fyziku a chemii. V roce 1910 se imatrikuloval na University College v Londýně, kde se pod vlivem profesora Donnana zaměřil na elektrochemii. Heyrovského experimentální práce byla zásadně ovlivněna výzkumem, který mu Donnan navrhl pro dosažení doktorské hodnosti – stanovit elektrodový potenciál hliníku. Protože tento kov vykazuje pasivitu, bylo nutno jeho povrch amalgamovat, avšak i poté stálé uvolňování vodíku na povrchu způsobovalo fluktuace potenciálu elektrody. Donnan poradil Heyrovskému, aby pro elektrodu použil rozředěný amalgamovaný hliník vytékající ze skle-

něné kapiláry, protože se bude zvolna z kapiláry uvolňovat a rychle obnovovat povrch. Toto vedlo Heyrovského ke studiu elektrochemického chování zředěného amalgamu a kapilárních elektrod a mělo velký vliv na jeho další výzkumy. Za první světové války byl zařazen v rakouské armádě do vojenské nemocnice k výdeji léků a na radiografii a tehdy zpracoval svou doktorskou práci „Elektro-afinita hliníku“. Dne 29. 9. 1918 byl promován PhDr. na Karlově univerzitě v Praze. Jeho učitel, experimentální fyzik profesor Kučera, ho navedl na problematiku elektrokapilarity rtuti a pozval ho ke spolupráci na výzkumu. Druhý den ukázal Heyrovskému, jak sestavit pomalu kapající rtuťovou elektrodu, u níž docházelo k porušení průběhu normální elektrokapilární paraboly sekundárním maximum. Přidal mu separátky prací pojednávajících o sekundárním maximu. Uložil Heyrovskému spolupracovat v nudném a únavném vážení kapek s asistentem experimentální fyziky R. Šimůnkem. V roce 1919 byl Heyrovský jmenován asistentem oddělení anorganické a analytické chemie v Chemickém ústavu přírodovědecké fakulty Karlovy univerzity v Praze vedeném prof. Braunerem. Obnovil své kontakty s Londýnem a uveřejnil tři práce, které se staly podkladem pro dosažení hodnosti doktora věd v roce 1921.



Prof. PhDr. Jaroslav Heyrovský, DrSc. (1890–1967)

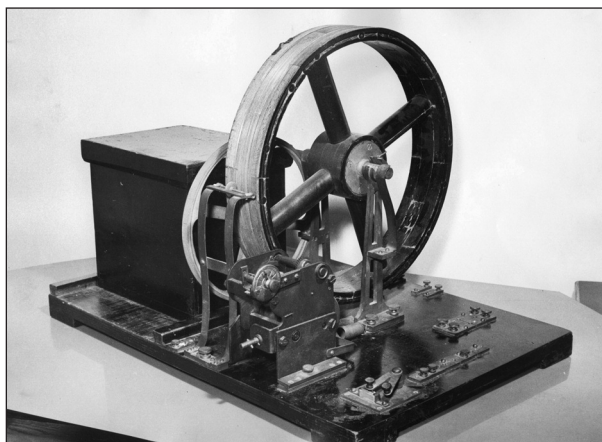
Heyrovský dále studoval problémy kolem Kučerovy anomálie a vážil kapky amalgamů dalších kovů (Zn, Cd, Mg, Ba). Zprávu o výsledcích podal na sjezdu České společnosti matematiků a fyziků v září 1921. Heyrovský začal vedle vážení kapek měřit současně i proud, který procházel kapkovou elektrodou. K tomu získal citlivý zrcátkový galvanometr od profesora Závišky, který mu pomohl vybavit aparaturu potenciometrem, odpory a stojanem. To Heyrovskému umožnilo pokračovat v práci v laboratoři chemického ústavu. Již podle prvních křivek proud-napětí, získaných na rtuťové kapkové elektrodě, bylo možno očekávat velké výhody této elektrody pro elektrochemiky. Křivky roztoků připravených na vzduchu zaznamenávaly elektrodredukci rozpuštěného vzdušného kyslíku. První zprávy o této inovaci publikoval Heyrovský v Chemických listech v roce 1922 [1] a v následujícím roce obšírněji ve Philosophical Magazine [2]. První vědeckou diskusi podstoupil v Londýně v roce 1923 jako člen Faradayovy společnosti, kterým byl od 1919. Jinou práci na témtě shromáždění přednesl mladý spolupracovník Heyrovského, Japonec Masuzo Shikata, o elektrodredukci nitrobenzenu na kapkové rtuťové katodě. Heyrovský s ním následně zkonstruoval přístroj zapisující automaticky dobře reprodukovatelné křivky proud-napětí získané se rtuťovou kapkovou elektrodou, který nazval *polarograf* (1925). Slouží k registraci polarografických křivek závislosti proudu na napětí vkládaném na elektrody při elektrolyze. Tento přístroj zkrá-

til získání křivky z několika hodin na několik minut a postupně došel rozšíření. Brzo následovalo množství prací publikovaných v řadě časopisů. Díky profesorovi Braunerovi byl Heyrovský v roce 1922 jmenován docentem. V témtě roce se stal vedoucím nového oddělení fyzikální chemie Chemického ústavu přírodovědecké fakulty Karlovy univerzity v Praze.

Od roku 1926 byl profesorem fyzikální chemie na Karlově univerzitě v Praze. Když byl založen Polarografický ústav Československé akademie věd v Praze, stal se v letech 1950–1963 jeho prvním ředitelem. Ústav nese nyní jeho jméno. Od roku 1952 byl členem Československé akademie věd a postupně mnoha dalších akademií, byl jmenován čestným doktorem mnoha vysokých škol. Je zakladatelem české elektrochemické školy. V roce 1929 založil spolu s E. Votočkem časopis *Collection of Czechoslovak Chemical Communications* [3].



Masuzo Shikata a Jaroslav Heyrovský



První polarograf Jaroslava Heyrovského

V roce 1959 mu byla za vynález polarografické metody a její využití v analytické a fyzikální chemii udělena Nobelova cena za chemii. J. Severinghaus o něm píše v knize o historii krevních plynů a acidobazické rovnováhy [4], kde na s. 280 cituje promotora profesora Ölandera, který hovořil o práci J. Heyrovského takto: „*Tato studie nepravidelností kapilarity rtuť byla jedním z nespočetných malých problémů, které utvářejí vědu. Heyrovský nechal proudit rtuť skleněnou kapilárou a vážil kapky. Byla to pomalá a nudná metoda.*

Místo toho se rozhodl měřit elektrický proud, získaný po zařazení napětí mezi rtuť v kapiláře a rtuť shromažďovanou na dně. Skleněná kapilára nekončila ve vzduchu, ale v roztoku, kterým procházel proud.

Heyrovský zjistil, že jeho zařízení může být využitelné k něčemu mnohem důležitějšímu, než je původní problém. Může být používáno ke stanovování velice malých množství nejrůznějších látek rozpuštěných ve vodě a nadto ke změření jejich podílu v procentech.

Nové významné objevy bývají nalezeny, když nejsou očekávány. Objevy učiní některý vědec, když si všimne něčeho zvláštního, možná si téhož všimnou nezávisle i dva vědci v jiných zemích. Proto je důležité, aby příští vedoucí týmů a autority poskytující granty netrvali striktně na zadaném úkolu, ale dali badatelům příležitost objevit nečekané nové věci, i když nádejě nalézt je bývá nepatrná.“

Heyrovského objev polarografie a využití rtuťové kapkové elektrody k měření malých kvant kyslíku v krvi se stal východiskem pro další intenzivní výzkumnou práci. Jeho kapková rtuťová elektroda pro tento účel je dnes minulostí. Na výzkumu elektrod pro polarografické měření obsahu kyslíku v krvi pracoval již od 50. let anesteziolog John Severinghaus. Vyřešení problému snadného měření  $pO_2$  v kapalinách připisuje v knize o historii krevních plynů a acidobazické rovnováhy [4] Lelandu C. Clarkovi, biochemikovi, fyziologovi a vynálezci, který sestrojil polarografickou platino-

vou kyslíkovou elektrodu potaženou polyetylenovou membránou. Do používání byla uvedena v roce 1956. Dodnes je součástí přístrojů pro monitorování krevních plynů na lůžkových částech oddělení pro anesteziologii a intenzivní medicínu. Soudobé provedení umožňuje používat je u lůžka nemocných, takže není nutné přenášení vzorků krve do biochemické laboratoře. Plynulá kontrola tenze krevních plynů je dnes předpokladem bezpečného vedení intenzivního léčení, zejména u nemocných se závažným postižením plic (ARDS) a krevního oběhu. Polarografie jako varianta elektroanalýzy se ukázala mimořádně významnou i pro lékařství – nejen pro obory, které pečují o nemocné v kritickém stavu, ale též pro onkologii, pro výzkum DNA, bílkovin a dalších biologicky významných molekul. Vypracování polarografie a celosvětový význam objevu Jaroslava Heyrovského byly mezinárodně oceněny v roce 1959 udělením Nobelovy ceny za chemii.

Jaroslav Heyrovský je prozatím jediným Čechem, který získal Nobelovu cenu za vědu.

## Literatura

1. **Heyrovský, J.** Electrolysis with the dropping mercury electrode. *Chemické listy*, 1922, 16, s. 256.
2. **Heyrovský, J., Shikata, M.** Researches with the dropping mercury cathode. Part II. The polarograph. *Recl. Trav. Chim. Pays Bas.*, 1925, 44, s. 496.
3. **Brdička, R.** To the sixtieth birthday of professor J. Heyrovský – An account of his scientific achievements to 1950. *Collection of Czechoslovak Chemical Communications XV*, 1950, s. 689–692.
4. **Astrup, P., Severinghaus, J. W.** *The History of Blood Gases, Acids and Bases*. Copenhagen: Munksgaard 1986.

Poděkování: Za cenné připomínky a upřesnění fyzikálně-chemické části textu děkuji panu RNDr. Michaelu Heyrovskému, Ph.D., pracovníkovi Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského Akademie věd České republiky.

Adresa pro korespondenci:  
Prof. MUDr. Jiří Pokorný, DrSc.  
Pod Krocínkou 9  
190 00 Praha 9  
e-mail: jiri.krocinka@volny.cz



Jaroslav Heyrovský přijímá Nobelovu cenu za chemii (1959)

### Zařazení časopisu Anesteziologie a intenzivní medicína do pozitivního seznamu

Časopis Anesteziologie a intenzivní medicína je od 10. 4. 2009 zařazen do seznamu recenzovaných neimpaktovaných periodik vydávaných v České republice (tzv. pozitivní seznam). Tento seznam bude poradním orgánem vlády České republiky, Radou pro výzkum a vývoj, využíván při hodnocení výsledků výzkumu a vývoje podporovaných z veřejných prostředků, které jsou vykazovány jako články v českém odborném periodiku.