

## Úvaha neutrální

Z pradávných časů chemického humoru si pamatují na počínání zlosyna, který chtěl otrávit svou oběť nápojem s kyselinou solnou – a aby měl jistotu, že nápoj má opravdu „grády“, přiostrčil vražedný roztok ještě louhem sodným. Necht' tato věta je úvodem k úvaze o veličině, se kterou chemici obcují již více než sto let. Je to veličina, jejíž symbol se běžně používá, ale přitom se vlastně nezná prapůvod jejího označení, ani zda je to zkratka počátečních písmen dvou slov, či nikoliv. Zkratky máme různé, např. my starší si ještě pamatujeme na používání zkratky HP, která vznikla zkrácením anglického „Horse Power“ a v minulosti se používala k vyjádření síly motorů. Tato „síla“ (správně samozřejmě výkon) se ale nyní podle soustavy SI smí vyjadřovat pouze ve wattech (W), resp. kilowattech (kW). V jednom z filmů pro pamětníky (Florenc 13:30 z roku 1957) zpívá Josef Bek, jako nadšený šofér řídící nový autobus Škoda 706 RTO, píseň s názvem Šoférská. Opěvuje svůj autobus slovy „náš cit má miliony HP...“. Takže přejdeme po tomto oslím můstku, provedeme přesmyčku k HP a máme onu chemickou veličinu, o níž bude řeč dále. Ano, je to pH.

Uznávaný zrod konceptu pH se datuje k roku 1909, kdy dánský chemik Sørensen zveřejnil článek s názvem, který by v češtině mohl znít „Enzymové studie II“. Článek vyšel současně ve třech jazycích, německy<sup>1,2</sup>, francouzsky<sup>3</sup> a dánsky<sup>4</sup>, slovní vyjádření náboje vodíkového iontu proto nebyla v člancích identická a symbol pro něj byl typograficky znázorněn tak, že písmeno H bylo možno chápat jako dolní index písmena p. V následujících deseti letech se v literatuře používaly nejrůznější typografické variace spojení písmen P a H, a současný tvar zápisu se ujal až okolo roku 1920 díky redaktorům časopisu *Journal of Biological Chemistry*. Jasně je, že „H“ značí Hydrogen, ale různí se výklady původu písmena p – podle jazykového přístupu. Existují názory, že je to počáteční písmeno slova Potenz (němčina), Puissance (francouzština) či Power (tak zní výklad domácích Sørensenových následníků v Carlsbergově laboratoři). V literatuře najdeme i teorie, že písmeno p se objevilo jako označení jedné elektrody z páru p–q či koncentrace vodíkových iontů<sup>5</sup> v tomto elektroodovém prostoru. Vzhledem k definici pH jakožto záporně vzatého dekadického logaritmu koncentrace (přesněji aktivity) vodíkových kationtů ( $-\log_{10}(a_{H^+})$ ) se později „p“ stalo univerzálním operátorem k vyjádření záporného dekadického logaritmu (pK, pOH, pK<sub>w</sub> atp.).

Skutečnost, že pH čisté vody je 7, zná každý již ze základní školy, kde se také naučil, že škála pH se pohybuje v mezích 0 až 14. Pokud se tato fakta přejímají zcela mechanicky, lze dojít ke zcela mylným úsudkům. U našich studentů se běžně stává, že na dotaz o pH roztoku silné jednosytné kyseliny o koncentraci  $10^{-4}$  mol dm<sup>-3</sup> odpoví správně 4, u koncentrace  $10^{-8}$  pak automaticky vychrlí 8. Studenti neberou v úvahu, že iontový součin čisté vody má hodnotu  $10^{-14}$ , koncentrace vodíkových kationtů ve vodě je pak  $10^{-7}$  mol dm<sup>-3</sup>, a tudíž pro správné určení pH je třeba určit součet koncentrací vodíkových iontů přítomných ve vodě a dodaných kyselinou. Další, někdy pro studenty překvapivý fakt je, že hodnota pH i u zcela čisté vody může mít při teplotě 100 °C hodnotu pH 6,12. Skutečnost, že pH čisté vody je 7, tedy platí přesně při teplotách okolo 25 °C, kdy iontový součin vody má onu hodnotu  $10^{-14}$ . Disociace vody je endotermický proces, a proto hodnota rovnovážné konstanty disociace (iontového součinu K<sub>w</sub>) se stoupající teplotou vzrůstá, a roste tedy i koncentrace vodíkových kationtů (samozřejmě stejným podílem i koncentrace OH<sup>-</sup> iontů).

Studenta často zarazí i fakt, že hodnota pH může nabývat záporných hodnot (nebo v případě vodných roztoků zásad hodnot větších než 14). Komerčně dostupný koncentrovaný roztok kyseliny chlorovodíkové (37 hmotnostních % HCl) má pH = -1,1, nasycený vodný roztok NaOH má pH přibližně 15. V literatuře lze nalézt údaj<sup>6</sup>, že důlní vody z Richmond Mine v Iron Mountain, Kalifornie, USA mají pH = -3,6. Tyto údaje samozřejmě neberou v úvahu skutečnost, že se jedná o silně neideální roztoky...



Pavel Chuchvalec

## LITERATURA

1. Sørensen S. P. L.: *Biochem. Z.* 21, 131 (1909).
2. Sørensen S. P. L.: *Biochem. Z.* 22, 352 (1909).
3. Sørensen S. P. L.: *Compt. Rend. Trav. Lab. Carlsberg* 8, 1 (1909).
4. Sørensen S. P. L.: *Meddelelser fra Carlsberg Laboratoriet* 8, 1 (1909).
5. Nørby J. G.: *Trends Biochem. Sci.* 25, 36 (2000).
6. Nordstrøm D. K., Alpers C. N., Ptacek C. J., Blowes D. W.: *Environ. Sci. Technol.* 34, 254 (2000).