



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Výukové texty

pro předmět

Měřicí technika

(KKS/MT)

na téma

Podklady k principu měření hodnoty pH a vodivosti kapalin

Autor: Doc. Ing. Josef Formánek, Ph.D.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podklady k principu měření hodnoty pH a vodivosti kapalin

1) Měření pH

Jednou z velmi důležitých charakteristik vodných roztoků, převážně u průběhu chemických a zejména biochemických dějů je zjišťování hodnoty pH. Podle přesnosti, s jakou je potřeba znát hodnotu pH, se volí způsob měření. Pro orientační stanovení (kyselosti/zásaditosti) se využívají roztoky acidobazických indikátorů nebo indikátorový papírek (tj. indikátorové papírky někdy také lakmusové papírky), pro měření pH s větší přesností se užívají pH metry.

Hodnota pH je definována jako záporně vzatý dekadický logaritmus aktivity oxoniových kationtů. Ve zředěných vodných roztocích lze hodnotu aktivity aproximovat hodnotou koncentrace a pak platí:

$$pH = -\log(c(H_3O^+))$$

Ve vodném roztoku je kromě molekul H_2O je také určité množství oxoniových kationtů H_3O^+ (přesněji definováno: $H(H_2O)_4^+$) a hydroxylových aniontů OH^- . Kyselost vzniká přebytkem H_3O^+ . Hodnota pH se pohybuje v rozmezí od 0 do 14 (platí pro vodné roztoky). Kyselá oblast je v oblasti pH menších než 7 a zásaditá (alkalická) oblast se nachází při pH větších ze 7.

Orientační měření indikátory

Pro orientační měření pH se používají indikátorové papírky (tj. acidobazické indikátory). Tyto papírové proužky jsou „napuštěny“ různými chemickými látkami, tzv. indikátory, které na základě pH (kyselosti/zásaditosti) roztoku mění barvu v důsledku probíhajících chemických reakcí.

Jsou to například:

- Lakmus – červený v kyselině a modrá v zásadě
- Fenolftalein – bezbarvý v kyselině a fialový v zásadě
- Methyloranž
- Methylčerven

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Příklady acidobazických indikátorů a přibližná hodnota pH

Acidobazický indikátor	Barevný přechod	pH barevného přechodu
Methyloranž	červená – žlutá	3,0–4,4
Bromthymolová modř	žlutá – modrá	3,0–4,4
Fenolftalein	bezbarvý – červenofialový	8,2–10,0



Obr. 1 – Papírové indikátory s rozlišovací barevnou stupnicí

Potenciometrické měření pH

Metoda měření pH založená na elektrochemickém principu se využívá u tzv. pH-metrů neboli potenciometrického měření pH, které je měření rovnovážného stavu galvanického článku u kterého se napětí mění s hodnotou pH. Tento galvanický článek je tvořen dvěma elektrodami, které se umísťují společně do jedné, tzv. kombinované elektrody ponořené do měřeného roztoku. Jedna elektroda je srovnávací se známým konstantním elektrodovým potenciálem (nejčastěji kalomelová nebo argentchloridová elektroda). Druhá elektroda je

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

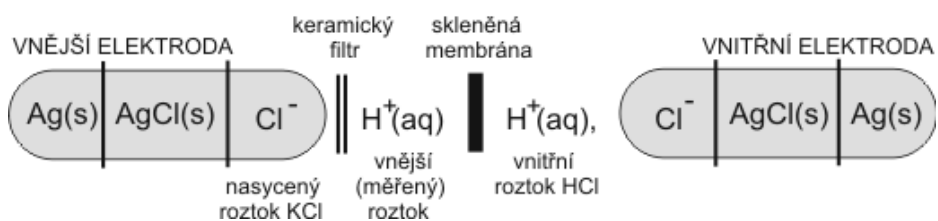
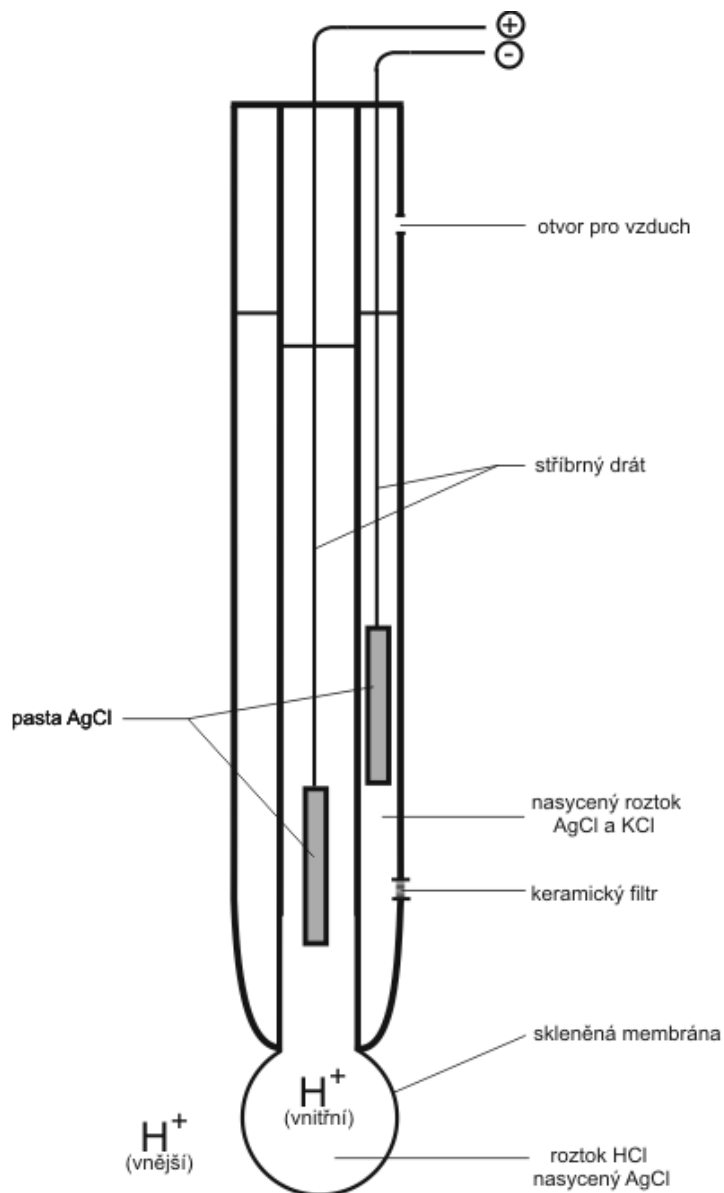
indikační (měrná), jejíž potenciál je funkcí aktivity vodíkových iontů a (H^+), a závisí tedy na hodnotě pH.

Indikační elektrodou je skleněná elektroda (viz obr. 1.1 a 1.2), která jako celek je velice citlivá na hrubé zacházení a to jak mechanické tak „chemické“. Má tvar kulové baňky s přechodem do skleněné trubičky a je vyrobena ze speciálního skla. Je naplněná roztokem o známé a konstantní hodnotě pH, do něhož zasahuje vnitřní srovnávací elektroda, např. argentchloridová. Při ponoření elektrody do měřeného roztoku vzniká mezi vnější a vnitřní stranou skleněné membrány potenciálový rozdíl, jehož velikost je úměrná rozdílu hodnoty pH měřeného vodného roztoku a vnitřního roztoku.



Obr. 1.1 – Digitální měřidlo pH s měřící skleněnou elektrodou

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 1.2 – Schématický princip skleněné elektrody pro měření pH [9]



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

1) Měření vodivosti

Elektrická vodivost je jedna ze základní aditivní vlastnost kapalných roztoků, tj. látek (kyselin, zásad a solí), ze kterých disociací (štěpením) vznikají elektricky nabitě částice (ionty) a tím umožňují průtok elektrického proudu tzv. konduktivita. Konduktivita je fyzikální veličina, která právě popisuje schopnost látky vést zmíněný elektrický proud. Látka, která je tzv. dobrým vodičem, má vysokou hodnotu konduktivity, méně vodivé látky mají nízkou hodnotu konduktivity.

Elektrická vodivost roztoků je závislá na množství těchto iontů v měřeném roztoku, tj. na jejich koncentraci, dále na velikosti náboje jednotlivých iontů, na teplotě roztoku a na tzv. pohyblivosti iontů v elektrickém poli, tj. jak rychle se ten který iont v elektrickém poli pohybuje.

Vodivost „ K “ je definována jako převrácená hodnota odporu s rozměrem siemens [S].

$$K = \frac{1}{R} = \frac{I}{U}$$

Kde:

U ... elektrické napětí [V]

I ... elektrický proud [A]

R ... elektrický odpor [Ω]

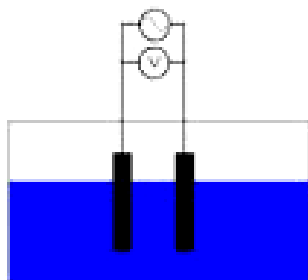
Měrná vodivost (konduktivita „ κ “) vyjadřuje vodivost mezi dvěma elektrodami o ploše S [m^2], které jsou od sebe o L [m] vzdáleny, a proto má rozměr [$S \cdot m^{-1}$ nebo $S \cdot cm^{-1}$]. Při měření vody se obvykle měrná vodivost udává v jednotkách [$\mu S \cdot cm^{-1}$] (tj. mikrosiemens na cm). Proto ve skutečnosti měří konduktometry měrnou vodivost, i když se se definuje vodivost.

$$\kappa = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{R} \cdot \frac{L}{S} = K \cdot \frac{L}{S} = K \cdot C$$

Změřená měrná vodivost nám dává informaci o množství iontů v daném roztoku (koncentraci rozpuštěných disociovaných látek), ale nedokáže bez chemického složení měřeného roztoku určit koncentrace jednotlivých látek.

Stanovení měrné vodivosti roztoků se provádí v nádobce změřením jejího odporu, kde jsou umístěny dvě elektrody potopené v měřené kapalině. Plocha každé elektrody S (v m^2 nebo cm^2) a vzdálenost elektrod l (m nebo cm) určují tzv. odporovou konstantu.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



obr.1.3 Základní schéma měření vodivosti

Měřiče vodivosti kapalin se vyrábí podle koncentrace:

- Pro nízké (do $0,03 \text{ S}\cdot\text{m}^{-1}$) koncentrace – mají velkoplošné elektrody blízko u sebe
- Pro střední (do $3 \text{ S}\cdot\text{m}^{-1}$) koncentrace – mají středně velké elektrody
- Pro vysoké (nad $3 \text{ S}\cdot\text{m}^{-1}$) koncentrace – mají elektrody o malé ploše daleko od sebe

Vodivost kapaliny je důležitým parametrem například u kotelních systémů. Měření se obvykle vztahuje na vodní roztok NaCl:

1 mg NaCl v 1 litru vody o teplotě $20 \text{ }^\circ\text{C}$ odpovídá vodivosti $1,9 \mu\text{S}$



Obr. 1.4 – Profesionální měřič vodivosti kapalin



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Poděkování

Investice do rozvoje vzdělávání.

Tento výukový text je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky v rámci projektu č. CZ.1.07/2.2.00/28.0206 „Inovace výuky podpořená praxí“.

Literatura

- [1] JENČÍK, J., Volf, J. a kol.: *Technická měření*. ČVUT v Praze, Praha 2000, ISBN 80-01-02138-6
- [2] pH kapalin, http://www.fbi.vsb.cz/export/sites/fbi/040/.content/sys-cs/resource/PDF/11NLOII_Mereni_pH.pdf
- [3] Měření pH, http://www.wikiskripta.eu/index.php/M%C4%9B%C5%99en%C3%AD_pH
- [4] pH, <http://www.akvarijni.cz/texty/vodivost.htm>
- [5] Häberle, H.: *Průmyslová elektronika a informační technologie*, Europa-Sobotáles, Praha, 2003, ISBN 80-86706-04-4
- [6] Kreidl, M., Šmíd, R.: *Technická diagnostika - senzory, metody, analýza signálu*, BEN, Praha, 2006, ISBN 80-7300-158-6
- [7] Martinek: *Senzory v průmyslové praxi*, BEN, Praha, 2004, ISBN 80-7300-114-4
- [8] Schmidt, D.: *Řízení a regulace pro strojírenství a mechatroniku*, Europa-Sobotáles, Praha, 2005, ISBN 80-86706-10-9
- [9] Měření pH, http://www.wikiskripta.eu/index.php/Sklen%C4%9Bn%C3%A1_elektroda