

Měření pH elektrolytů, hydrolýza solí

Cíle

Cílem tohoto laboratorního cvičení je měření pH silných a slabých elektrolytů – kyselin, zásad a solí. Studenti zjistí orientační hodnotu pH pomocí univerzálního indikátoru lakmusu u předložených vzorků, dále zjistí, jak roztoky těchto látek mění zbarvení methylovaného a fenolftaleinu. Dále u předložených vzorků změří hodnoty pH skleněnou elektrodou (senzorem) a rozdělí tyto vzorky do daných skupin.

Podrobnější rozbor cílů

- Použít odpovídající instrumentální vybavení – pH senzor PASCO k určení pH roztoků.
- Pomocí univerzálního indikátoru lakmusu určit orientační hodnoty pH předložených vzorků.
- Zjistit zbarvení indikátorů – methylovaného a fenolftaleinu v prostředí předložených vzorků.
- Změřit hodnoty pH a srovnat je s orientačními hodnotami zjištěnými pomocí lakmusového papírku.
- Na základě změřených hodnot rozdělit kyseliny, zásady do skupiny silný a slabý elektrolyt a určit typ soli.

Zadání úlohy

Pomocí univerzálního indikátorového papírku zjistíte přibližné hodnoty pH u předložených vzorků. U těchto vzorků poté změřte hodnoty pH a porovnejte je s vaší hypotézou. Zjistíte zbarvení acidobazických indikátorů v prostředí roztoků předložených vzorků.

Technická úskalí, tipy a triky

Pro celkové urychlení úlohy doporučujeme všechny roztoky připravit před laboratorním cvičením.

Pomůcky

počítač s USB portem; PASPORT USB Link (Interface) nebo Xplorer nebo SPARK jako Interface; PASPORT pH senzor; software DataStudio; 0,1 M roztok HCl – 50 ml; 0,1 M roztok CH₃COOH – 50 ml; 0,1 M roztok NaOH – 50 ml; 0,1 M roztok NH₃ – 50 ml; 0,1 M roztok Na₂CO₃ – 50 ml; 0,1 M roztok NH₄Cl – 50 ml; 0,1 M roztok NaCl – 50 ml; skleněná tyčinka; odpadní kádinka 150 ml (1 ks); popisovač zkumavek (lihový fix); stojánek na zkumavky; zkumavky se širokým hrdlem, asi 20 cm vysoké (7 ks); zkumavky malé testovací – 5–10 ml (7 ks); destilovaná voda – 500 ml; stříčka; buničina; pracovní návod; pracovní list; ochranné pracovní pomůcky

Zařazení do výuky

Úlohu je vhodné zařadit především v rámci učiva obecné chemie (roztoky – elektrolyty, acidobazické reakce, hydrolytické rovnováhy), v anorganické chemii (vlastnosti kyselin a solí), eventuálně jako rozšířené učivo analytické chemie – střední škola (elektrochemické analytické metody – měření pH). Pro učivo základní školy je vhodné vynechat část týkající se solí.

Časová náročnost

Dvě vyučovací hodiny, tj. 2 × 45 min.

Návaznost experimentů

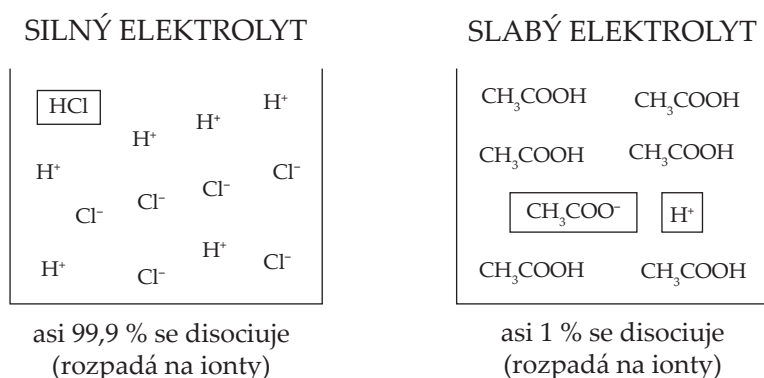
Tato úloha (acidobazické rovnováhy) může volně navazovat na kapitolu týkající se chemických rovnováh.

Mezipředmětové vztahy

matematika – logaritmy; biologie – pH tělních tekutin

Teoretický úvod

Podle Brönstedovy teorie kyselin a zásad je kyselina látka, která odštěpuje iont H^+ resp. oxoniový kationt H_3O^+ , je tedy donorem těchto iontů. Zásada je látka, která přijímá uvedené ionty a je tedy jejich akceptorem. Dvojice lišící se o iont H^+ se nazývá konjugovaný pár. Podle míry disociace rozlišujeme elektrolyty (kyseliny a zásady) na silné a slabé. Silné se v roztoku zcela disociují a pro jednosytné kyseliny nebo zásady platí rovnost mezi rovnovážnou koncentrací iontu H_3O^+ , resp. H^+ a počáteční koncentrací kyseliny nebo zásady. Slabé elektrolyty se disociují pouze nepatrně (např. 0,1 M kyselina octová se disociuje z asi 1,4 %) a neplatí tedy výše uvedená rovnost.



Obr. 1: Rozdíl mezi disociací silného a slabého elektrolytu

Mírou této disociace je tzv. disociační konstanta kyselosti K_A , resp. disociační konstanta zásaditosti K_B . Z autoprotolýzy lze jednoduše odvodit vztah pro výpočet pH. Platí:

$$\text{pH} = -\log [H_3O^+] \quad (1)$$

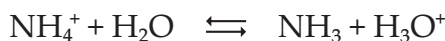
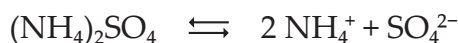
a

$$\text{pOH} = -\log [OH^-] \quad (2)$$

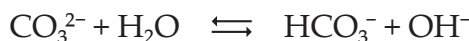
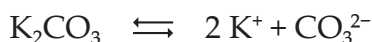
přičemž

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14 \quad (3)$$

Neutralizace jako reakce kyseliny a zásady produkuje sůl, jejíž hodnota pH nemusí být vždy neutrální. Záleží, zda sůl pochází ze silné či slabé kyseliny, resp. zásady. pH roztoku soli je určováno vznikajícím iontem při hydrolyze, přičemž platí, že ionty silných elektrolytů hydrolyze nepodléhají. Např.



Roztok síranu amonného tedy má kyselé pH.



Roztok uhličitanu draselného má zásadité pH.

Technická úskalí, tipy a triky

Kyselina chlorovodíková (HCl)

způsobuje poleptání. Dráždí dýchací orgány. Při zasažení očí okamžitě důkladně vypláchněte vodou a vyhledejte lékařskou pomoc. Používejte vhodný ochranný oděv, ochranné rukavice a ochranné brýle nebo obličejový štít. V případě úrazu, nebo necítíte-li se dobře, okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc.

Třída nebezpečnosti C.

R 34-37

S 26-36/37/39-45

Kyselina octová (CH₃COOH)

je hořlavina, způsobuje těžké poleptání. Nevdechujte páry. Při zasažení očí okamžitě důkladně vypláchněte vodou a vyhledejte lékařskou pomoc. Používejte vhodný ochranný oděv, ochranné rukavice a ochranné brýle nebo obličejový štít. V případě úrazu, nebo necítíte-li se dobře, okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc (je-li možno, ukažte toto označení).

Třída nebezpečnosti C.

R 10-35

S 23-26-36/37/39-45

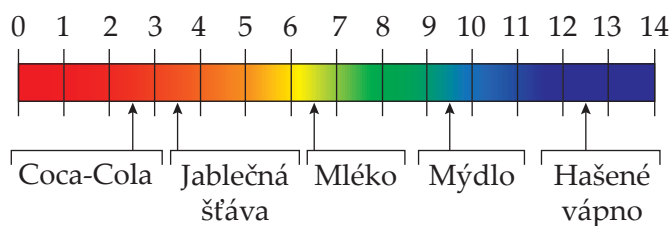
Z uvedeného vyplývá, že roztoky solí silných kyselin a slabých zásad jeví kyselou reakci, roztoky solí slabých kyselin a silných zásad jeví zásaditou reakci, roztoky solí silných kyselin a silných zásad, resp. slabých kyselin a slabých zásad jeví neutrální reakci.

Tip:

Pro střední školu lze diskutovat rozdíly v hodnotách pH u solí, hydrogen-solí, dihydrogensolí, apod.

Motivace

V úvodu se zmíníme o pH a jeho hodnotách. Studenti uvedou příklady silně kyselých, kyselých, neutrálních, zásaditých a silně zásaditých látek z běžného života (např. ocet, citrónová šťáva, perlivá voda, roztok kuchyňské soli, roztok sody, čisticí louh). Vedeme krátkou diskusi o tom, co dané hodnoty pH způsobuje. Dále pohovoříme se studenty o pojmu žiravina a necháme je přiřadit žiravinám přibližné hodnoty pH. Studenti by měli znát pojem neutralizace a uvést její příklady (např. neutralizace žaludečních šťáv při tzv. pálení žáhy). Diskuzi lze také zavést na problematiku kyselých dešťů apod.



Obr. 2: Přibližné hodnoty pH běžných látek

Bezpečnost práce

Doporučujeme běžné ochranné pomůcky (ochranné brýle, plášť), případně další pomůcky v souladu se správnou laboratorní praxí.

Příprava úlohy

Doporučujeme připravit roztoky před vlastním experimentem.

Postup práce

Nastavení HW a SW

Připojte PASCO pH senzor přes USB link k počítači nebo využijte propojení přes zařízení SPARK (obrázek 3) a otevřete odpovídající soubor DataStudia s nastavením parametrů (**ch07_pH_elektrolytu_hydrolyza_soli.ds**). Tento dokument je dostupný na webu www.expoz.cz.

Technická úskalí, tipy a triky

Hydroxid sodný (NaOH)

způsobuje těžké poleptání. Při zasažení očí okamžitě důkladně vypláchněte vodou a vyhledejte lékařskou pomoc. Používejte vhodný ochranný oděv, ochranné rukavice a ochranné brýle nebo obličejový štít. V případě úrazu, nebo necítíte-li se dobře, okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc (je-li možno, ukažte toto označení).

Třída nebezpečnosti C.

R 35

S 26-36/37/39-45

Amoniak – vodný roztok (NH₃)

způsobuje poleptání, vysoce toxický pro vodní organismy. Při zasažení očí okamžitě důkladně vypláchněte vodou a vyhledejte lékařskou pomoc. Používejte vhodný ochranný oděv, ochranné rukavice a ochranné brýle nebo obličejový štít. V případě úrazu, nebo necítíte-li se dobře, okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc (je-li možno, ukažte toto označení). Zabraňte uvolnění do životního prostředí. Sledujte speciální pokyny nebo bezpečnostní listy.

Třída nebezpečnosti C, N.

R 34-50

S 26-36/37/39-45-61

Uhličitan sodný (Na₂CO₃)

dráždí oči. Nevdechujte prach. Při zasažení očí okamžitě důkladně vypláchněte vodou a vyhledejte lékařskou pomoc.

Třída nebezpečnosti Xi.

R 36

S 22-26

Chlorid amonný (NH₄Cl)

zdraví škodlivý při požití, dráždí oči. Nevdechujte prach.

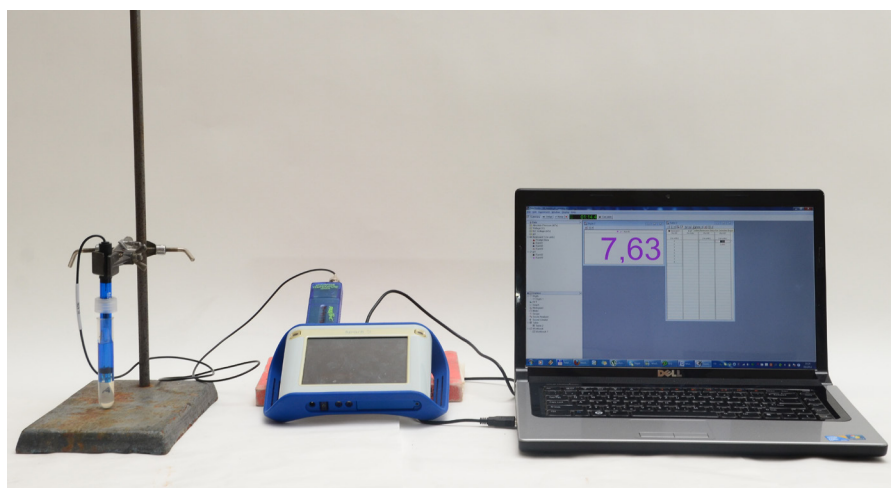
Třída nebezpečnosti Xn.

R 22-36

S 22

Technická úskalí, tipy a triky

Uvedený soubor lze modifikovat zavřením příslušných oken, tj. *Digits 1*, *Table 1*. Další okna lze přidat po stisknutí tlačítka *Summary* a přetažením dané volby na pracovní plochu.



Obr. 3: Zapojení měřicí soustavy

Příprava měření

Kalibrace pH senzoru (je-li nezbytná):

- 1) Klikněte na záložku *SETUP* a poté zvolte tlačítko *CALIBRATE*.
- 2) Zvolte 2 bodovou kalibraci (*2 Point*).
- 3) Zapište hodnotu pH pufru č. 1 (např. pH = 4) do textového pole.
- 4) Senzor pH vyjměte z uchovávacího roztoku, opláchněte ji destilovanou vodou a osušte buničinou.
- 5) Vložte senzor pH do roztoku pufru č. 1 (pH = 4).
- 6) Klikněte na tlačítko *READ FROM SENSOR*.
- 7) Vyjměte senzor pH z roztoku a pečlivě ho opláchněte destilovanou vodou a osušte buničinou.
- 8) Body 5)–7) opakujte pro pufr č. 2 (např. pH = 7).
- 9) Klikněte na tlačítko *OK*.
- 10) Zavřete okno *Experiment Setup*.

Technická úskalí, tipy a triky

Při ponoření pH senzoru dbejte na to, aby byl ponořen alespoň 2–3 cm od hladiny roztoku.

Příprava měření

- 1) Označte 7 zkumavek čísly 1 až 7, tato čísla souhlasí s čísly vzorků zapsaných v tabulce.
- 2) Do těchto zkumavek odlijte asi 20 ml zkoumaných roztoků o koncentraci 0,1 mol/l podle tabulky:

č. vzorku	vzorek
1	CH ₃ COOH
2	Na ₂ CO ₃
3	NH ₄ Cl
4	NaCl
5	NH ₃
6	HCl
7	NaOH

- 3) Do zkumavky č. 1 namočte skleněnou tyčinku a kápněte na lakmusový papírek. Ke zbarvenému papírku přiložte stupnici pH na krabici pH papírků a přibližnou hodnotu pH (celé číslo nebo rozmezí, např. pH = 3 nebo pH = 4–5) zapište do tabulky. Skleněnou tyčinku opláchněte destilovanou vodou.
- 4) Krok 3 opakujte pro zkumavky označené 2–7.

- 5) Do malých testovacích zkumavek odlijte 3–5 ml každého vzorku a do každé zkumavky přidejte 1–2 kapky roztoku methylované oranže.
- 6) Každou zkumavku opatrně protřepte a do tabulky zapište zbarvení indikátoru.
- 7) Do malých testovacích zkumavek odlijte 3–5 ml každého vzorku a do každé zkumavky přidejte 1–2 kapky roztoku fenolftaleinu.
- 8) Každou zkumavku opatrně protřepte a do tabulky zapište zbarvení indikátoru.

Vlastní měření a záznam dat

- 1) Zaznamenávání dat zahajte kliknutím na tlačítko *START*. Tlačítko *START* se změní na tlačítko *KEEP*. Po ustálení hodnoty pH vždy stiskněte tlačítko *KEEP*. Na číslcovém displeji se zobrazí změřená hodnota pH. Tato hodnota se zapiše do tabulky.
- 2) Opláchnutý pH senzor ponořte do roztoku ve zkumavce označené č. 1 a po ustálení hodnoty pH stiskněte tlačítko *KEEP*. Vyjměte senzor pH ze zkumavky č. 1 a opláchněte jej destilovanou vodou.
- 3) Postupně proměřte hodnoty pH ve zkumavkách označených čísly 2–7.
- 4) Po ukončení měření klikněte na tlačítko *STOP*.
- 5) Po skončení měření opláchněte opakovaně senzor pH destilovanou vodou, osušte buničinou a vložte ji do nádobky s uchovávacím roztokem.

Analýza naměřených dat

- 1) Zapište naměřené hodnoty pH do tabulky.
- 2) Rovněž zapište do tabulky přibližné hodnoty pH zjištěné pomocí univerzálního lakmusového papírku.
- 3) Zapište zbarvení acidobazických indikátorů v jednotlivých vzorcích.
- 4) Své výsledky v *DataStudiosu* uložte (nabídka *File* → *Save Activity As...*) na místo, které máte vyhrazeno k ukládání svých souborů.
- 5) Odpovězte na otázky v pracovním listu.

Informační zdroje

- http://www.pasco.com/prodCatalog/PS/PS-2125_pasport-temperature-sensor/index.cfm
- <http://www.pasco.com/family/datastudio/index.cfm>
- http://www.pasco.com/prodCatalog/ps/ps-2008_spark-science-learning-system/index.cfm
- http://www.pasco.com/prodCatalog/PS/PS-2102_pasport-ph-sensor/index.cfm
- <http://cs.wikipedia.org/wiki/Kyselost>
- <http://www.jergym.hiedu.cz/~canovm/ph/ph.html>
- <http://xerius.jergym.hiedu.cz/~canovm/indikato/priklady/acidobaz.html>
- <http://www.jergym.hiedu.cz/~canovm/objevite/objev2/sore.htm>

Hodnocení výsledků

- Sestavili a použili studenti měřicí aparaturu správně?
- Postupovali správně podle pracovního postupu?
- Porozuměli studenti problematice pH, jsou schopni odhadnout hodnotu pH u dané látky?
- Vypracovali studenti správně své pracovní listy?
- Zaznamenali přibližnou shodu mezi změřenou hodnotou pH a odhadem pomocí lakmusového papírku?
- Zapsali správně zbarvení methylované oranže a fenolftaleinu v prostředí předložených vzorků?
- Rozdělili studenti správně zkoumané vzorky do daných skupin?

Syntéza a závěr

Poté, co studenti vyplní své pracovní listy, společně shrneme získané poznatky o pH elektrolytů. Popíšeme rozdíly mezi silným a slabým elektrolytem.