

# Konduktometrická titrace

## Cíle

Provést titrační stanovení koncentrace kyseliny chlorovodíkové ve vzorku technické kyseliny. Indikace bodu ekvivalence se bude provádět konduktometricky.

### Podrobnější rozbor cílů

- Použít odpovídající instrumentální vybavení – senzor vodivosti PASCO k určení elektrické vodivosti v roztocích.
- Z naměřené titrační křivky odečíst bod ekvivalence.
- S použitím výpočtu stanovit látkovou koncentraci použité kyseliny chlorovodíkové.

## Zadání úlohy

Proveďte konduktometrické stanovení koncentrace kyseliny chlorovodíkové ve vzorku technické kyseliny.

### Technická úskalí, tipy a triky

Pro správné hodnocení dosažených výsledků doporučujeme stanovit skutečnou koncentraci kyseliny chlorovodíkové. Údaj na lahvi je pouze orientační.

## Pomůcky

počítač s USB portem; PASPORT USB Link (Interface) nebo Xplorer nebo SPARK jako Interface; PASPORT senzor elektrické vodivosti; software DataStudio; vzorek technické HCl – 100 ml; 0,1 M roztok NaOH – 500 ml; skleněná tyčinka; 2 kádinky 150 ml; odměrná baňka – 100 ml; 2 pipety s balónkem, 10 ml byreta na hydroxid sodný; míchadlo (doporučujeme magnetické); popisovač zkumavek (lihový fix); stojánek na zkumavky; destilovaná voda – 500 ml; buničina; pracovní návod; ochranné pracovní pomůcky

### Zařazení do výuky

Experiment je vhodné zařadit v rámci učiva o vlastnostech látek, v obecné chemii (acidobazické reakce), v anorganické chemii (sloučeniny s<sup>1-</sup>-prvků, p<sup>3-</sup>-prvků, p<sup>5-</sup>-prvků), eventuelně rozšířené učivo analytické chemie – střední škola (elektrochemické analytické metody).

### Časová náročnost

Dvě vyučovací hodiny, tj. 2 × 45 min.

### Navaznost experimentů

Úlohu lze zařadit jako navazující na měření pH, popř. potenciometrickou titraci. Jako rozšiřující úkol k této úloze lze zařadit např. titraci kyseliny octové a diskutovat její odlišný průběh.

### Mezipředmětové vztahy

fyzika – elektrická vodivost v kapalinách

## Teoretický úvod

Při titračních stanoveních se k určení bodu ekvivalence, tj. konce titrace, může použít indikátor (dochází ke změně barvy nebo vzniku sraženiny). Průběh neutralizačních titrací lze pozorovat např. pomocí měrné vodivosti titrovaného roztoku. Při těchto titracích se mění koncentrace vodíkových iontů  $H^+$  v závislosti na použitém titračním činidle.

Vodivost roztoku  $G$  je převrácenou hodnotou elektrického odporu, je přímo úměrná tzv. měrné vodivosti  $\kappa$  a geometrické ploše elektrod a nepřímo úměrná její vzdálenosti. Pokud měrnou vodivost vztáhneme na jednotkovou molární koncentraci, získáme tzv. molární vodivost ( $\Lambda$ ), která, společně s koncentrací, přispívá k celkové vodivosti roztoku podle rovnice (1) a (2). Měření měrné vodivosti lze využít k určení bodu ekvivalence.

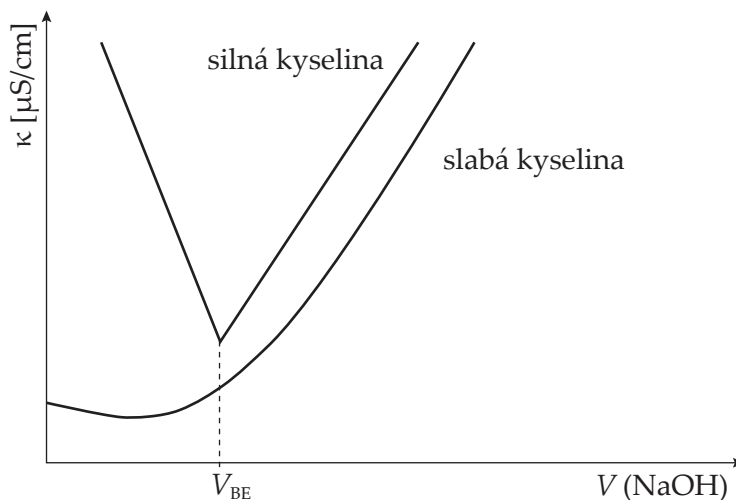
$$G = \frac{1}{R} = \kappa \cdot \frac{S}{l} \quad (1)$$

kde  $G$  – vodivost (S – Siemens nebo  $\Omega^{-1}$ )  
 $R$  – odpor ( $\Omega$  – „omega“, Ohm)  
 $l$  – vzdálenost elektrod (cm)  
 $S$  – plošná velikost elektrod ( $cm^2$ )  
 $\kappa$  – měrná vodivost („kapa“,  $S \cdot cm^{-1}$ )

$$\kappa (\text{rozpušt. látka}) = c \cdot \frac{\Lambda (\text{kationt}) + \Lambda (\text{aniont})}{1000} \quad (2)$$

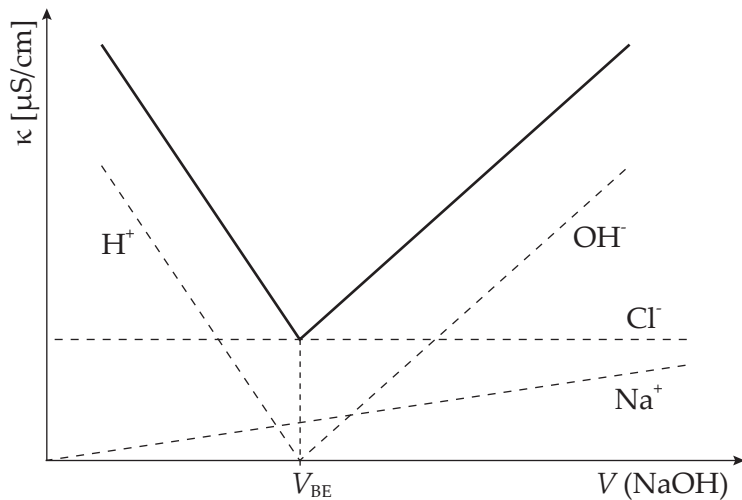
kde  $c$  – koncentrace (mol/l)

Konduktometrické (vodivostní) titrace jsou založeny na měření změn vodivosti v průběhu titrace. Absolutní hodnota vodivosti není důležitá, ale sledujeme změnu vodivosti, resp. její nejnižší hodnotu. Při titraci silné kyseliny silným hydroxidem dochází k poklesu koncentrace iontu  $H^+$ , a tím k poklesu vodivosti. Nejmenší vodivosti je dosaženo v bodě ekvivalence, kde nejsou přítomny téměř ionty  $H^+$  a  $OH^-$ . Za bodem ekvivalence dochází ke zvyšování koncentrace iontů  $OH^-$ , a tím k opětovnému zvýšení vodivosti. Titrace silné a slabé kyseliny mají odlišný průběh z důvodu rozdílné disociace (obr. 1).



Obr. 1: Titrační křivky silné a slabé kyseliny

Hodnota vodivosti aniontu kyseliny se nemění, hodnota vodivosti kationtu hydroxidu vzrůstá (obr. 2).



Obr. 2: Změna hodnot měrných vodivostí jednotlivých iontů

Konduktometrické titrace využívají rozdílné (vyšší) hodnoty molárních vodivostí iontu  $H^+$  a  $OH^-$  od ostatních iontů, jak je naznačeno v tabulce 1.

Kationt	$\Lambda^+ \cdot 10^4 [S \cdot m^2 \cdot mol^{-1}]$	Aniont	$\Lambda^- \cdot 10^4 [S \cdot m^2 \cdot mol^{-1}]$
$H^+$	349,8	$OH^-$	198,0
$Na^+$	50,1	$Cl^-$	76,3

Tabulka 1: Hodnoty molárních vodivostí vybraných iontů

## Motivace

Se studenty vedeme diskusi, co je elektrická vodivost, čím je způsobena a k čemu by se jí dalo využít. Ptáme se, jestli se při neutralizacích může elektrická vodivost měnit a jakým způsobem.

## Bezpečnost práce

Pracujte pečlivě a v souladu s pracovním návodem. S chemikáliemi zacházejte vždy podle instrukcí pedagoga. V laboratoři používejte ochranné brýle, plášť, a případně další pomůcky v souladu se správnou laboratorní praxí.

## Příprava úlohy

Doporučujeme, aby si studenti nejprve prostudovali teoretickou část a doplnili slovníček pojmů (možno zadat i jako domácí úkol). Ověřte, že studenti přípravnou část úlohy opravdu vypracovali.

## Postup práce

### Nastavení HW a SW

Připojte PASCO senzor vodivosti přes USB link k počítači nebo využijte propojení přes zařízení SPARK (obr. 3) a otevřete odpovídající soubor DataStudia s nastavením parametrů (**ch08\_konduktometricka\_titrace.ds**). Tento dokument je dostupný na webu [www.expoz.cz](http://www.expoz.cz).

### 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

#### 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).

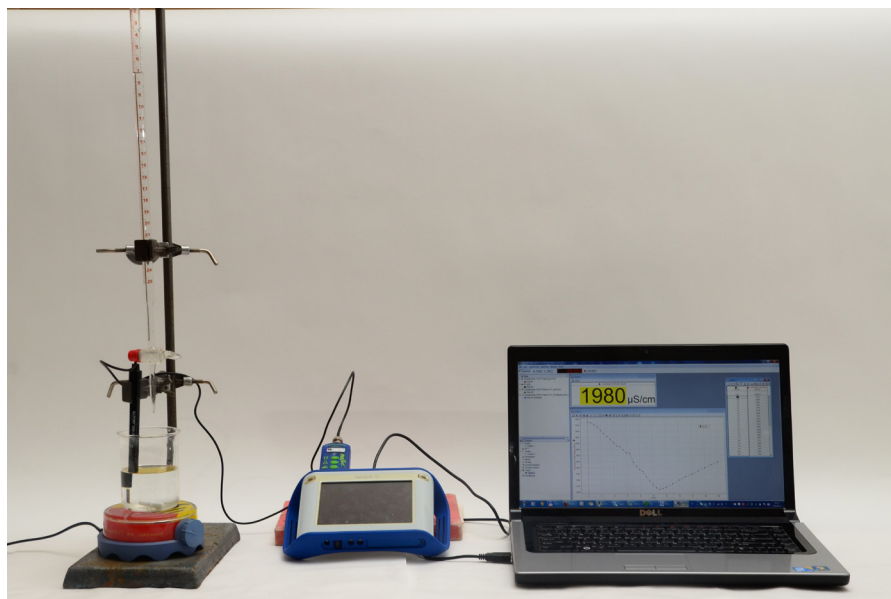
Třída nebezpečnosti C.

R 35

S 26-36/37/39-45

### Technická úskalí, tipy a triky

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



Obr. 3: Zapojení měřicí soustavy

**Technická úskalí, tipy a triky**

Při ponoření senzoru dbejte na to, aby bylo ponořeno alespoň 2–3 cm od hladiny a zároveň, aby se magnetické míchadélko nedostalo do kontaktu s elektrodou.

**Příprava měření****Kalibrace konduktometru (je-li nezbytná):**

- 1) Klikněte na záložku *SETUP* a poté zvolte tlačítko *CALIBRATE*.
- 2) Zvolte 1 bodovou kalibraci (*1 Point*).
- 3) Zapište známou hodnotu měrné vodivosti standardu (např. 0,01M KCl odpovídá vodivosti  $1413 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  při  $25^\circ\text{C}$ ) do textového pole.
- 4) Vložte senzor vodivosti do roztoku standardu.
- 5) Klikněte na tlačítko *READ FROM SENSOR*.
- 6) Klikněte na tlačítko *OK*.
- 7) Zavřete okno *Experiment Setup*.

**Příprava roztoků a byrety:**

- 1) Ze zásobního roztoku 0,1 M NaOH si odlijte asi 100 ml do připravené kádinky.
- 2) Byretu propláchněte destilovanou vodou. Dále ji propláchněte odměrným roztokem 0,1 M NaOH, upevněte ji pomocí držáku do křížové spojky na stojan.
- 3) Byretu naplňte odměrným roztokem 0,1 M NaOH, dbejte na to, aby ve výpustné části nebyl vzduch.
- 4) Ze vzorku technické HCl (asi 30%) odpipetujeme 1 ml do odměrné baňky 100 ml (vzorek 100× naředíme). Odměrnou baňku doplníme destilovanou vodou po rysku a řádně zamícháme.
- 5) Z takto připravené odměrné baňky odpipetujte do čisté a vypláchnuté kádinky 10 ml tohoto roztoku HCl a zředte destilovanou vodou tak, aby senzor vodivosti byl ponořen.
- 6) Senzor vodivosti upevněte do stojanu pomocí klemy a křížové spojky.
- 7) Do kádinky se vzorkem ponořte míchadlo nebo vhodte míchadélko magnetického míchadla a ponořte senzor opláchnutý destilovanou vodou a pečlivě osušený buničinou.

**Vlastní měření a záznam dat**

- 1) Zaznamenávání dat zahajte kliknutím na tlačítko *START*. Tlačítko *START* se změní na tlačítko *KEEP*. Po ustálení hodnoty vodivosti stisk-

něte tlačítko *KEEP*. Na číslíkovém displeji se zobrazí změřená hodnota měrné vodivosti. Dále se zobrazí dialogové okno, do kterého запиšte objem, tj. 0 ml (pište bez jednotky). Tyto hodnoty se zapíší do tabulky a do grafu.

- 2) Z byrety přidejte 0,5 ml a po hodnoty vodivosti stiskněte opět tlačítko *KEEP*.
- 3) Z byrety přidejte další 0,5 ml a krok 2 opakujte až do hodnoty asi 20 ml.
- 4) Po ukončení měření klikněte na tlačítko *STOP*.
- 5) Po skončení měření senzor opláchněte opakovaně destilovanou vodou, osušte buničinou.

### Analýza naměřených dat

- 1) V okně grafu konduktometrické křivky klikněte na tlačítko  $\Sigma$ . Hodnota zobrazeného minima odpovídá bodu ekvivalence. K odečtení hodnoty použijte šipku.
- 2) Zaznamenejte zjištěnou hodnotu koncentrace do pracovního listu.
- 3) Své výsledky v *DATA STUDIO* uložte (nabídka *File* → *Save Activity As...*) na místo, které máte vyhrazeno k ukládání svých souborů.
- 4) Odpovězte na otázky v pracovním listu.
- 5) Dle instrukcí učitele uklidte své pracovní místo.

### Informační zdroje

- <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-2008_spark-science-learning-system/index.cfm)
- [http://www.pasco.com/prodCatalog/PS/PS-2116\\_pasport-conductivity-sensor/](http://www.pasco.com/prodCatalog/PS/PS-2116_pasport-conductivity-sensor/)
- <http://cs.wikipedia.org/wiki/Titrace>
- <http://www.wikiskripta.eu/index.php/Konduktometrie>

#### Technická úskalí, tipy a triky

Hodnota měrné vodivosti se bude pozvolna snižovat, v bodě ekvivalence dosáhne minima, za bodem ekvivalence se bude vodivost opět zvyšovat. Získané hodnoty je možné exportovat z nabídky *FILE*, poté *EXPORT DATA* a vybrat si příslušné měření (*RUN*). Výsledky je pak možné zpracovat v externím editoru (např. Microsoft Excel).

#### Technická úskalí, tipy a triky

Naměřená data studentům poslouží k zodpovězení otázek v pracovním listu. V učitelské verzi pracovního listu jsou uvedeny možné odpovědi studentů.

#### Hodnocení výsledků

- Sestavili a použili studenti měřící zařízení správně?
- Postupovali korektně podle pracovního postupu?
- Pochopili studenti průběh konduktometrických křivek?
- Vypracovali studenti správně své pracovní listy?
- Stanovili koncentraci kyseliny chlorovodíkové správně?
- Jsou studenti schopni zdůvodnit případné rozpory mezi stanovenou a skutečnou koncentrací kyseliny chlorovodíkové?

#### Syntéza a závěr

Poté, co studenti vyplní své pracovní listy, společně shrneme získané poznatky o konduktometrické titraci a indikaci bodu ekvivalence. Vysvětlíme princip stanovení koncentrace látky pomocí titrace.