

Neutralizačná titrácia

Princíp:

Titrácia je metóda kvantitatívnej chemickej analýzy, konkrétne odmerná analýza založená na meraní presného objemu pridávaného odmerného činidla. Do roztoku látky, ktorej koncentráciu je potrebné stanoviť, sa pridáva odmerný roztok (roztok so známou koncentráciou napr. H_3O^+) až do kvantitatívneho priebehu neutralizačnej reakcie. Princípom neutralizačnej titrácie je reakcia kationov H_3O^+ s hydroxidovými aniónmi OH^- za vzniku neutrálnej H_2O . Ekvivalentný bod, ktorý určuje koniec reakcie, nastáva, keď sú skúmaná látka a odmerné činidlo v stechiometrickom pomere. Je charakteristický výraznou zmenou pH (prudkým stúpaním príp. klesaním titračnej krivky), ktorú môžeme pozorovať pomocou pH senzora.

Stanovenie koncentrácie HCl odmerným roztokom NaOH opisuje reakcia



Potom podiel látkových množstiev HCl a NaOH je úmerný podielu príslušných stechiometrických koeficientov reakcie, t.j.

$$\frac{n_{\text{HCl}}}{n_{\text{NaOH}}} = \frac{1}{1} \quad (2)$$

Po dosadení $n_{\text{HCl}} = V_{\text{HCl}} \cdot c_{\text{HCl}}$ a $n_{\text{NaOH}} = V_{\text{NaOH}} \cdot c_{\text{NaOH}}$ do rovnice (2) a po jej úprave koncentráciu HCl v mol.dm^{-3} (ozn. M) vypočítame podľa vzťahu

$$c_{\text{HCl}} = \frac{V_{\text{NaOH}} \cdot c_{\text{NaOH}}}{V_{\text{HCl}}} \cdot f_z \quad (3)$$

kde V_{NaOH} (dm^3), c_{NaOH} (mol.dm^{-3}) sú objem a koncentrácia odmerného činidla NaOH, V_{HCl} (dm^3) je objem HCl na začiatku titrácie a f_z je tzv. faktor vyjadrujúci zriedenie vzorky (podiel odpipetovaného objemu vzorky k jej celkovému objemu).

Úlohy:

1. Zaznamenať priebeh titrácie
2. Určiť ekvivalentný bod neutralizačnej titrácie.

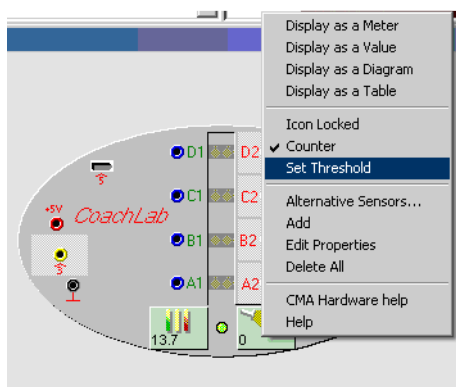
Pomôcky:

Systém COACH 6, interfejs, pH senzor (Vernier, pH-BTA), zdroj svetla, senzor svetla, byreta, 200ml kadička, magnetická miešačka, roztok 0,1M NaOH, roztok 0,1M HCl

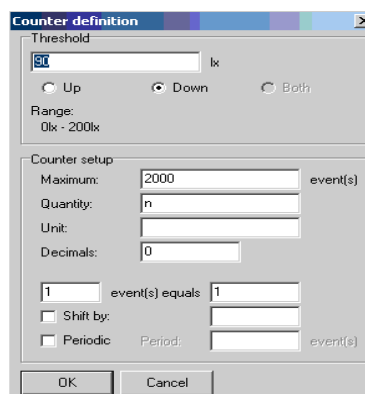
Postup práce:

1. Otvorte aktivitu *Neutralizačná titrácia*. Ak súbor ešte nie je pripravený, vytvorte novú úlohu. Odkryte panel, z knižnice vyberte príslušný pH senzor a presuňte ho na kanál 1. Z knižnice vyberte aj príslušné počítadlo kvapiek a presuňte ho na kanál 5. Počítadlo kvapiek je možné nahradiť optickou sústavou, ktorú si zostavíme. Z knižnice vyberte senzor svetla a presuňte na kanál 2, ktorý si nastavte ako počítadlo (obr.1a). Prah registrácie nastavte podľa zdroja svetla (obr.1b). V našom príklade to bolo 90 lux down. Znamená to, že pri poklese úrovne osvetlenia pod túto hodnotu sa hodnota počítadla zvýši

o jeden, čo sa stane pri padnutí kvapky pri svetelnom senzore. Tým sa zaznamená počet kvapiek, z ktorých je možné určiť objem pridanej zásady.



Obr.1a



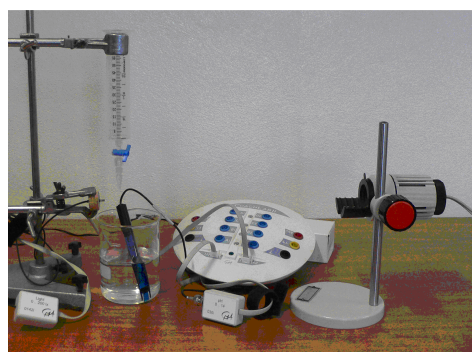
Obr.1b

Zobrazte graf závislosti pH od počtu kvapiek, zaznamenaných senzorom svetla.

2. Zostavte experiment podľa obrázku (obr.2a). Na druhom obrázku (obr.2b) je experiment s nami zostavenou optickou sústavou. Senzor svetla je tesne pri konci byrety.

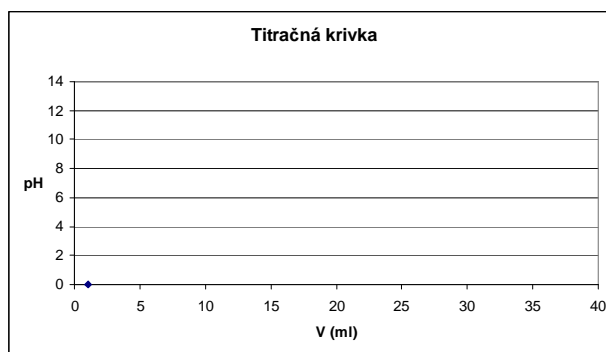


Obr. 2a



Obr.2b

3. Teoreticky predpokladajte priebeh titrácie a zakreslite do grafu (obr. 3).



Obr. 3

4. Pred meraním odoberte 10 ml roztoku 0,1 M NaOH do odmernej banky a doplňte do 100 ml, čím ste roztok desaťnásobne zriedili. Do byrety nalejte pripravený roztok NaOH a do

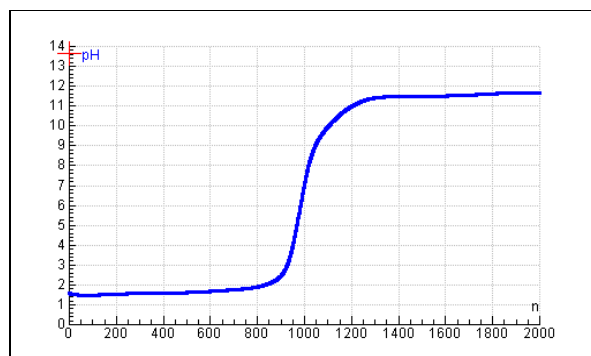
kadičky umiestnenej pod byretou nalejte 20 ml desaťnásobne zriedeného roztoku HCl. Ponorte do nej pH senzor. Zapnite zdroj svetla, spust'te meranie a následne nastavte kohútik na byrete tak, aby sa roztok zásady z nej vypúšťal po kvapkách.

Analýza:

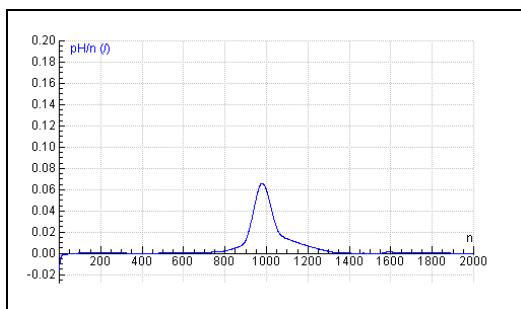
1. Zobrazte titračnú krivku
2. Určte ekvivalentný bod titrácie a vypočítajte neznámu koncentráciu podľa rovnice (3.3)
3. Popíšte zmeny pH v priebehu experimentu

Získané výsledky:

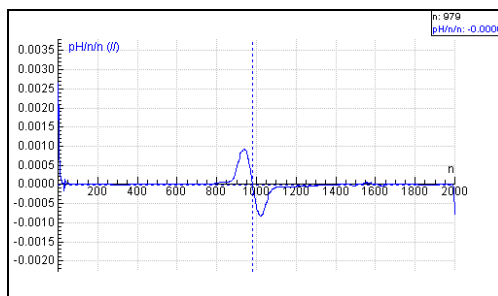
Pre ilustráciu sme titrovali NaOH (0,1M) do HCl podľa návodu a vyhodnotili sme graf závislosti pH od objemu odmerného činidla, čo predstavuje titračnú krivku (obr. 4).



Obr. 4



Obr.5a



Obr. 5b

Množstvo spotrebovaného roztoku NaOH (0,1M) sme odčítali z byrety $V_c = 30\text{ml}$, čo zodpovedá 2000 kvapkám. Objem jednej kvapky je $V_{kv} = 30\text{ml} / 2000\text{kvapiek} = 0,015\text{ml}$. Ekvivalentný bod titračnej krivky predstavuje jej inflexný bod, v ktorom je druhá derivácia rovná nule.

Prvá derivácia je zobrazená na obrázku (obr.5a). Bod ekvivalencie je v maxime krivky. Druhá derivácia je na obrázku (obr.5b)

Bod ekvivalencie pretína x-ovú os (druhá derivácia v tomto bode je nulová), odkiaľ sme odčítali objem, pri ktorom došlo k úplnej neutralizácii. Neutrálna hodnota pH je pri 979 kvapkách, čo je objem $V_{NaOH} = 14,685\text{ml}$ odmerného činidla NaOH.

Koncentráciu HCl sme potom vypočítali podľa vzťahu (4):

$$c_{HCl} = \frac{V_{NaOH} \cdot c_{NaOH}}{V_{HCl}} \cdot f_z = \frac{0,01M \cdot 14,685ml}{20ml} \cdot 10 = 0,073M \quad (4)$$

Takto vypočítaná koncentrácia HCl je už na prvý pohľad iná ako koncentrácia roztoku, ktorý sme si pripravili na začiatku merania. Je to spôsobené tým, že sme pred titráciou roztoky neštandardizovali (neurčili presnú koncentráciu pomocou základnej látky). V chémii nie je možné pripraviť roztok HCl a NaOH presnej koncentrácie iba približnej, keďže zloženie týchto roztokov sa časom mení. Kyselina je prchavá a absorbuje vodu. Zásada zase pohlcuje oxid uhličitý.