

Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity
Komenského, Bratislava



CELOŠTÁTNE KOLO OLYMPIÁDY MLADÝCH VEDCOV

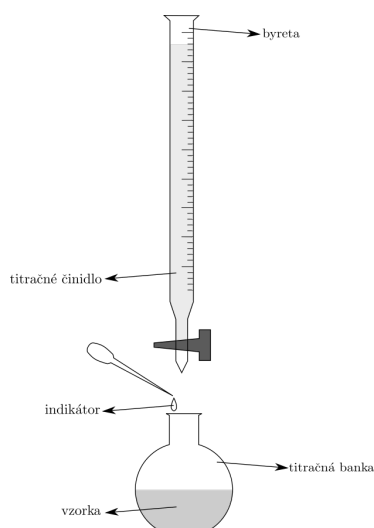
Náučný text – Titrácia

Titracia je postup, ktorým zisťujeme neznámu koncentráciu stanovovanej látky vo vzorke. Spočíva v reakcii stanovovanej látky s tzv. titračným činidlom, ktorého koncentráciu poznáme. Na určenie konca tejto reakcie, keď vo vzorke zreaguje všetka stanovovaná látka, slúži tzv. indikátor. Indikátorom je látka, ktorá deteguje minucie stanovovanej látky v roztoku svojou farebnou zmenou.

Typicky sa vzorka počas titrácie nachádza v titračnej banke a titračné činidlo v tzv. byrete. Byreta sa podobá na pipetu, ktorú iste z hodín chémie poznáte, má ale dole ventil a tekutina sa do nej nenasáva, ale nalieva zhora.

1 Princíp

Princíp titrácie si vysvetlíme na nasledujúcom príklade.



Obr. 1: Schematické znázornenie aparatury potrebnej na titraciu

Majme vzorku vodného roztoku HCl o neznámej koncentrácii a objeme 25 ml. Stanovujeme ju titračným činidlom, ktorým je roztok hydroxidu sodného NaOH o známej koncentrácii 0.05 mol/dm^3 .

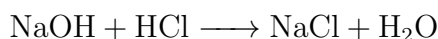
Stanovenie prebieha tak, že do kyseliny po kvapkách z byrety budeme pridávať hydroxid. Pri pridávaní NaOH do HCl prebieha neutralizácia:



Pointou titrácie je, že vďaka indikátoru vieme, kedy sme pridali práve toľko NaOH, že všetka HCl zreagovala. Sfarbenie indikátora je totiž závislé od pH. V okamihu, keď už všetka kyselina zreagovala a my pridáme ďalšiu kvapku hydroxidu, sa zmení pH roztoku z kyslého na zásadité a my pozorujeme farebnú zmenu pH indikátora. V titračnej banke zmení farbu z bezfarebnej na ružovú. Stav, kedy celá stanovovaná látka (v našom prípade HCl) zreagovala s pridávaným titračným činidlom (NaOH), sa nazýva bod ekvivalencie. V okamihu, keď vidíme, že v titračnej banke nastáva farebná zmena, zastavíme prikvapkávanie NaOH ku kyseline a odčítame z byrety objem NaOH, ktorý sme k nej pridali.

2 Výpočet

Povedzme, že v našom prípade sme bod ekvivalencie dosiahli po pridaní 15.4 ml roztoku NaOH do vzorky. Vieme, že v systéme prebiehala reakcia:



V bode ekvivalencie sú látkové množstvá reaktantov presne v pomere ich stechiometrických koeficientov. V našom prípade je tento pomer 1:1. To znamená, že látkové množstvo NaOH, ktoré sme do vzorky pridali, musí byť rovné látkovému množstvu HCl, ktoré sa vo vzorke nachádzalo. Toto látkové množstvo vieme vypočítať, pretože poznáme pridaný objem roztoku hydroxidu aj jeho koncentráciu. Vzťah pre výpočet koncentrácie je nasledovný:

$$c = \frac{n}{V}$$

kde c je koncentrácia látky v roztoku, n je látkové množstvo rozpustenej látky a V je objem roztoku. Látkové množstvo pridaného NaOH teda vypočítame nasledovne (premena jednotiek 15.4 ml = 0.0154 dm³):

$$n(\text{NaOH}) = c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}) = 0.05 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0.0154 \text{ dm}^3 = 0.00077 \text{ mol}$$

Toto látkové množstvo je rovné látkovému množstvu HCl vo vzorke. Platí teda:

$$n(\text{NaOH}) = n(\text{HCl}) = 0.00077 \text{ mol}$$

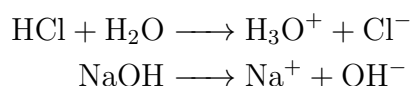
Koncentráciu HCl vo vzorke potom vypočítame:

$$c(\text{HCl}) = \frac{n(\text{HCl})}{V(\text{HCl})} = \frac{0.00077 \text{ mol}}{0.025 \text{ dm}^3} = 0.0308 \text{ mol/dm}^3$$

Zistili sme teda neznámu koncentráciu HCl vo vzorke, ktorá je 0.0308 mol/dm³.

3 BONUS: Ako funguje indikátor?

Stanovovaná HCl ako aj titračné činidlo NaOH vo vodnom roztoku disociujú:



Pri pridávaní roztoku titračného činidla do roztoku vzorky teda prebieha reakcia neutralizácie:

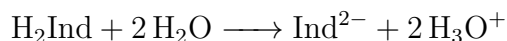


Ide o acidobázickú reakciu, preto je potrebné pre náš prípad použiť acidobázický indikátor. Ten treba v malom množstve pridať do roztoku vzorky pred tým, než do nej začneme pridávať samotné titračné činidlo. Indikátor je látka, ktorá v roztoku nadobúda

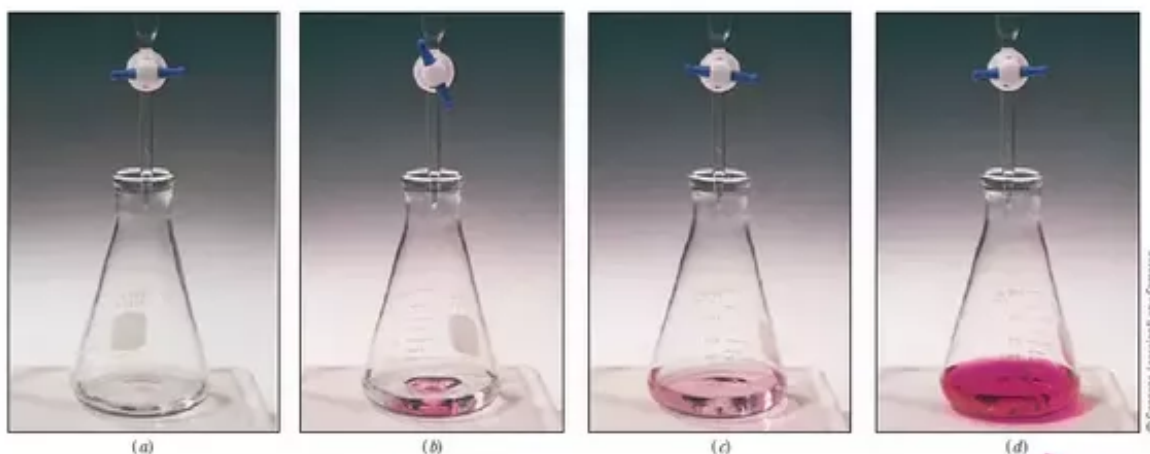
3 BONUS: AKO FUNGUJE INDIKÁTOR?

za prítomnosti stanovovanej látky jednu formu, a keď celá stanovovaná látka zreaguje s titračným činidlom, nadobudne odlišnú formu, pričom táto zmena formy sa prejaví farebnou zmenou.

Pred titráciou roztoku HCl pridáme do vzorky pár kvapiek roztoku fenolftaleínu. Fenolftaleín je acidobázický indikátor, ktorý vieme zjednodušene zapísať vzorcom H_2Ind . Je to slabá kyselina. Vo vodnom roztoku disociuje nasledovne:



Forma H_2Ind je vo vodnom roztoku bezfarebná a forma Ind^{2-} má ružovú farbu. Fenolftaleín v roztoku HCl nie je schopný disociovať, pretože je slabšou kyselinou ako HCl. Ostáva teda vo forme H_2Ind a roztok je bezfarebný. Po začatí titrácie roztok NaOH neutralizuje H_3O^+ ióny vzniknuté disociáciou HCl. Po pridaní dostatočného objemu titračného činidla zreagujú všetky ióny H_3O^+ vzniknuté disociáciou HCl. Ďalším pridaním roztoku NaOH do vzorky sa teda spôsobí, že titračné činidlo už nebude mať čo neutralizovať a po jeho disociácii sa v roztoku vytvoria voľné OH^- ióny. Pre fenolftaleín, ktorý doteraz zaujímal formu H_2Ind to znamená, že už je schopný disociovať a zaujať teda formu Ind^{2-} . Roztok v titračnej banke zmení farbu z bezfarebnej na ružovú.



Obr. 2: 4 snímky z titrácie vzorky kyseliny hydroxidom. Na začiatku (a) je vzorka bezfarebná. Keď sa blížíme k bodu ekvivalencie, začínajú sa za kvapkami hydroxidu vytvárať fialové stopy (b). V bode ekvivalencie má roztok veľmi svetlofialovú farbu, ktorá ale nemizne. Ak prilejeme príliš veľa hydroxidu (d), „pretitrujeme“, bude mať roztok intenzívnu fialovú farbu a titráciu musíme opakovať. Zdroj: Basic Chemistry od Zumdahl a Decoste