

Práca 2 OBJEM

ÚVOD

Kým začnete čítať návod k **Úlohe 2 MERANIE OBJEMU**, pozorne si preštudujte potrebné poznatky o objeme a titráciách (text nižšie). Meranie objemu patrí k základným meraniam.

Objem (označenie V) je odvodená, skalárna, stavová veličina, ktorá vyjadruje koľkokrát sa v danom systéme nachádza objemová jednotka.

Základnou jednotkou objemu je **meter kubický** (m^3).

Meranie objemu je operácia, ktorou sa zisťuje objem tuhých látok, plynov a kvapalín.

- **Tuhé látky** - ich objem sa meria vtedy, keď potrebujeme stanoviť ich hustotu. V prípade, že tuhá látka je homogénna a má tvar jednoduchého pravidelného telesa, objem vypočítame z jej rozmerov.

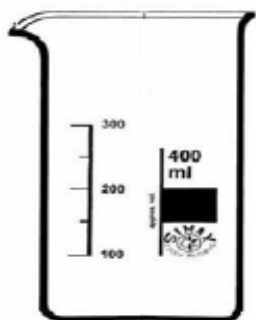
Častejšie objem látky vypočítame nepriamo. Látku ponoríme do kvapaliny a zistíme objem alebo hmotnosť vytlačenej kvapaliny so známou hustotou.

Tuhá látka sa nesmie rozpúšťať v použitej kvapaline, ani s ňou reagovať.

- **Plyny** - na meranie ich objemu sa používajú plynové byrety. Princíp merania objemu plynu plynovou byretou spočíva v meraní objemu uzatváracej kvapaliny, ktorú z byrety vytlačil meraný plyn, uvoľnený napríklad pri reakcii.

- **Kvapaliny** - jednou zo základných požiadaviek pre prácu v laboratóriu je dokonalé ovládanie prípravy roztokov. S tým súvisí meranie objemu kvapalín.

Na meranie objemu kvapalných čistých látok a roztokov sa používajú odmerné nádoby, ktorých tvar, rozmery a veľkosť sú normalizované. Odmerné nádoby sú kalibrované najčastejšie pri teplote $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, čo je na nich vyznačené. Podľa požadovanej presnosti sa objem kvapalín môže merať kadičkou, odmerným valcom, odmernou bankou, pipetou, byretou.



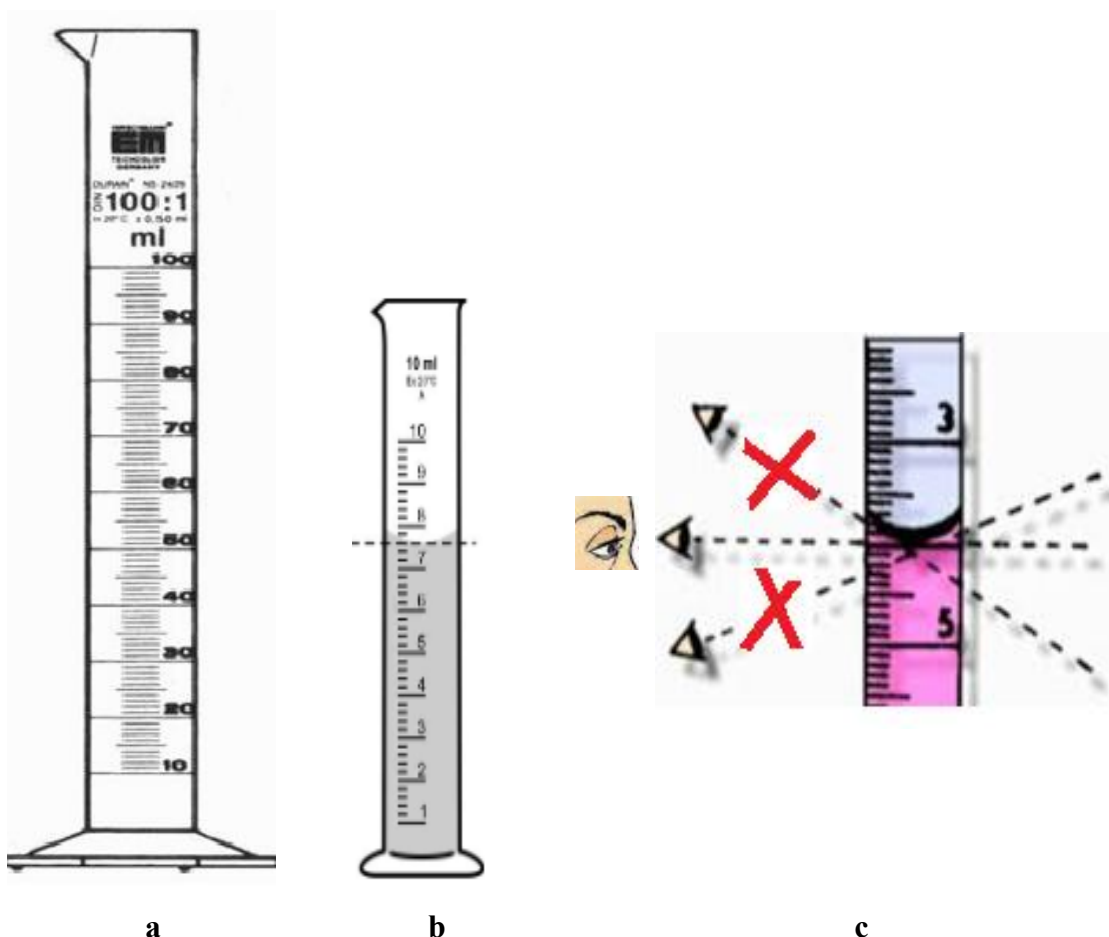
Obrázok 2.1 Kadička

Na odmeranie približného množstva roztoku používame kadičky a odmerné valce.

Kadičky sú sklenené nádoby s výlevkou. Nie sú kalibrované, nie sú teda považované za kalibrované nádoby. Používame ich len na približné odmeranie objemu roztoku od 10 ml až po 10 litrov (obrázok 2.1)

Na vonkajšej stene kadičiek sa okrem rysiek nachádzajú špeciálne značky, napr. teplota v $^{\circ}\text{C}$, objem nádoby v cm^3 (ml) a iné, ktoré udávajú, pri akých podmienkach odmeriame potrebný objem s presnosťou udanou výrobcom.

Odmerné valce slúžia na približné odmeranie objemu kvapalín. Používané odmerné valce sú vyrábané s objemami: 5, 10, 25, 50, 100, 250, 500, 1 000 a 2 000 cm^3 . Valce sú sklenené alebo plastové s podstavcom a výlevkou. Na vonkajšej stene majú stupnicu s delením v ml (obrázok 2.2a). Ich presnosť je oproti ostatným kalibrovaným nádobám nízka. Na čo najpresnejšie odmeranie objemu je dôležité jeho presné odčítanie zo stupnice.



Obrázok 2.2 a Odmerný valec
b Poloha menisku pri odčítaní objemu v odmerných nádobách so stupnicou
c Správna poloha oka pri odčítaní objemu



Obrázok 2.3 Odmerné banky

Odmerné nádoby sú kalibrované na odčítanie tzv. **spodného okraja menisku** (obrázok 2.2b). Meniskus je oblúkovité prehnutie kvapaliny. Vzniká na rozhraní kvapaliny, steny nádoby a vzduchu, vplyvom, povrchového napätia. Pri odčítaní sa musí oko pozorovateľa nachádzať na úrovni spodného okraja menisku (obrázok 2.2c). Ak sa nachádza oko pod alebo nad úrovňou menisku, je odčítaný objem iný ako zodpovedá skutočnosti. Pri nepriehľadných roztokoch, ako napr. roztok manganistanu draselného, sa objem odčíta podľa horného okraja menisku.

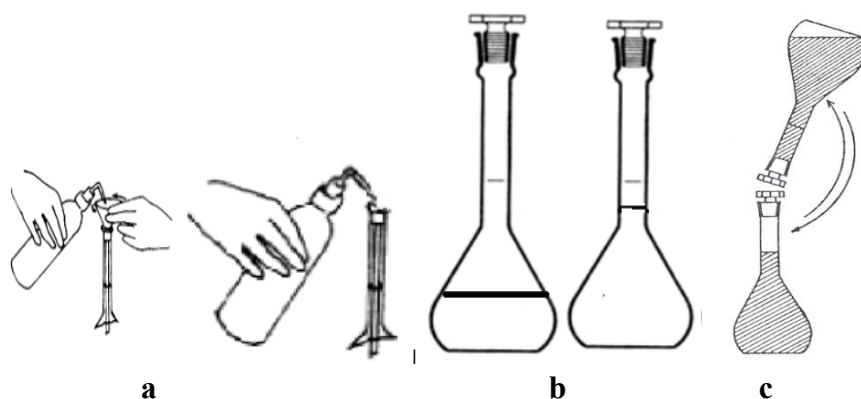
Odmerné banky (obrázok 2.3) sú presne kalibrované nádoby, používané na prípravu presných roztokov.

Odmerné banky sú sklenené nádoby hruškovitého tvaru zúžené do hrdielka, ktoré môže, ale nemusí mať na konci zábrus. Na hrdielku je značka (ryska), pokiaľ sa má odmerná banka naplniť kvapalinou. Odmerná banka je naplnená správne vtedy, keď je spodný meniskus kvapaliny na ryske. Banky sú presne kalibrované na objemy (1, 2, 3, 5, 10, 25, 50, 100, 200,

250, 500, 1 000 a 2 000 cm³) a teplotu, ktoré sú na nich vyznačené. Plnia sa v zvislej polohe kvapalinou. Po rysku sa dopĺňajú pipetou tak, že meniskus kvapaliny je spodným okrajom na ryske. Pri dopĺňaní roztoku pipetou, treba mať rysku vo výške očí.

Postup pri príprave roztokov v odmerných bankách

1. Odmerné banky naplňajte kvapalinou v zvislej polohe z kadičky pomocou lievika alebo stričkou (obrázok 2.4a).
2. Pri príprave zriedených roztokov z koncentrovaných, vypočítaný objem koncentrovaného roztoku premiestnite do odmernej banky pipetou, alebo z byrety.
3. Po rysku dopĺňajte banky pipetou tak, že sa meniskus kvapaliny leží spodným okrajom na ryske (obrázok 2.4b).



Obrázok 2.4 Príprava roztokov - dopĺňanie odmerných baniek

4. Pri dopĺňaní roztoku pipetou, držte odmernú banku tak, aby ste mali rysku banky vo výške očí.
5. Pri práci dbajte, aby sa na hrdle banky uchytilo čo najmenej kvapiek kvapaliny. Po premiešaní by kvapky zriedili roztok. Ak by na hrdle zostali kvapky rozpúšťadla, vysušte hrdlo banky zrolovaným filtračným papierom.
6. Nakoniec banku zatvorte zátkou (*nie prstom!*) a obsah dôkladne premiešajte (obrázok 2.4c).
7. Pred každým použitím odmerný roztok v banke premiešajte, aby sa napríklad skondenovaná voda vo vrchnej časti banky opätovne premiešala s ostatným roztokom a roztok sa zhomogenizoval.
8. Roztok už raz odobraný z odmernej banky nikdy nevracajte späť, aby ste zabránili jeho znečisteniu alebo zriedeniu.

Pipety (obrázok 2.5) sú sklenené trubice v spodnej časti kónicky zúžené, ktoré sa používajú na presné meranie menších objemov kvapalín. Pipety rozdeľujeme na: nedelené
delené
mikropipety

- **Nedelené pipety** (obrázok 2.5) sú sklenené alebo plastové trubice, ktoré majú v hornej časti značku, pokiaľ treba nasť kvapalinu a teplotu, pri ktorej bola pipeta kalibrovaná.



nedelené pipety

delené pipety

mikropipety

Obrázok 2.5 Pipety nedelené

delené

digitálne mikropipety

<http://labsklo.vkatelier.cz/pipety.html>

Nedelené pipety sú presnejšie ako delené, ale môžeme s nimi pipetovať len objem, na ktorý sú kalibrované.

- **Delené pipety** (obrázok 2.5) sú trubice so stupnicou a s nulou v jej hornej časti. Požadovaný objem je určený rozdielom dvoch polôh spodného okraja meniskusu. Tak ako pre odmerné banky aj tu platí, že spodný meniskus kvapaliny musí byť presne na značke.
- **Mikropipety** (obrázok 2.5) sa používajú na odmeranie malých objemov roztokov (1 μ l - 10 ml). Zaručujú presnosť a opakovateľnosť pipetovaného objemu.

Postup pri pipetovaní

1. Roztok *nepipetujte priamo zo zásobného roztoku vo fľaši*, ale z kadičky, do ktorej si

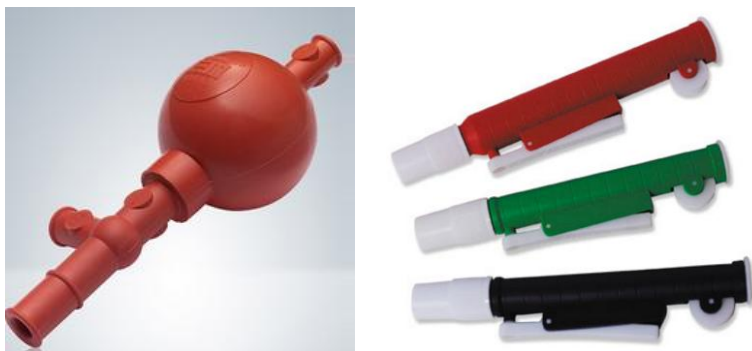
nalejte dostatočné množstvo roztoku určeného na pipetovanie.

2. Na pipetovanie použite čistú a suchú pipetu.

Ak je pipeta znečistená, prepláchnite ju niekoľkokrát destilovanou vodou a potom aspoň jedenkrát pipetovaným roztokom.

Najlepšie sa pipeta vymýva nasatím kvapaliny asi do tretiny jej objemu a jej otáčaním vo vodorovnej polohe - roztok nesmie pretiecť až na koniec pipety, ktorým sa pipetuje.

3. **Nepipetujte ústami**, ale použite pipetovací balónik, alebo nástavec na pipetu (obrázok 2.6).



Obrázok 2.6 Pipetovací balónik a nástavce na pipety

4. Pri nasávaní musí byť špička pipety ponorená dostatočne hlboko v roztoku, aby ste nenasali vzduch.

5. Roztok do pipety nasajte asi 2-4 cm nad rysku.

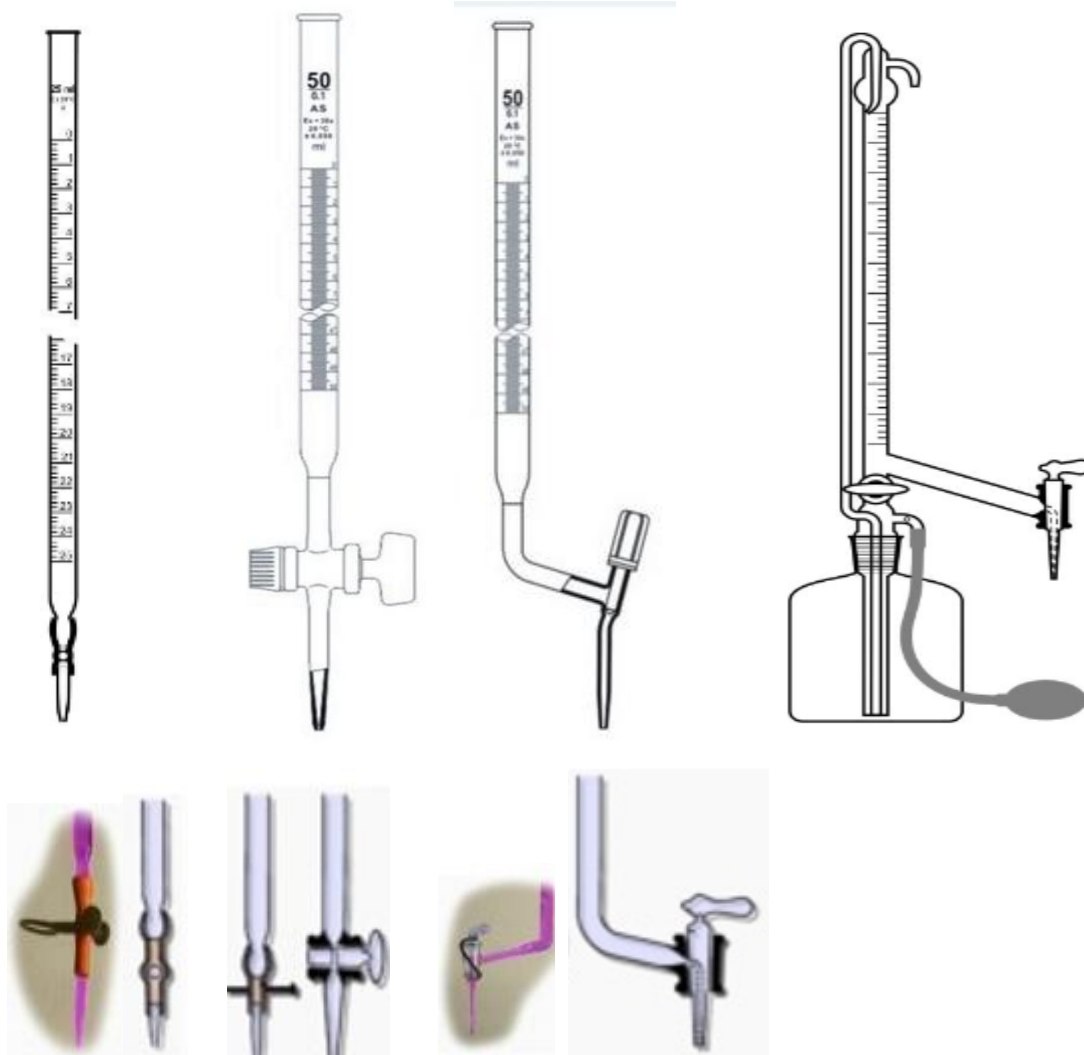
6. Odstráňte z pipety balónik alebo nástavec, rýchlo uzatvorte pipetu **ukazovákom** a vyberte pipetu z roztoku.

7. Opatrným zdvíhaním ukazováka odpúšťajte nadbytočnú kvapalinu v pipete do kadičky, až kvapalina spodným meniskom dosiahne rysku na nedelených, alebo nulu na delených pipetách.

8. Filtračným papierom opatrne osušte okolie výtoku pipety.

- Roztok z **nedelenej pipety** vypúšťajte pomaly tak, že pipetu opriete o stenu nádoby (nevyfukujte roztok z pipety). Na to, aby vytiekla kvapalina pomaly stekajúca po vnútorných stenách byrety, je treba počkať ešte niekoľko sekúnd (tzv. *výtoková doba*). Po vypustení kvapaliny z pipety, môže v jej špičke zostať určitý objem kvapaliny. Tento nevyfukujte, ale opatrne oprite pipetu o stenu nádoby s vypustenou kvapalinou, alebo roztok v nádobke a sledujte, či sa objem zvyšnej kvapaliny v špičke zmenší. Ak sa nezmenil, s malým množstvom kvapaliny v špičke pipety sa počíta už pri kalibrácii a nechajte ho v pipete.
- Z roztoku v **delenej pipete** po jeho nasatí a úprave menisku na nulu, vypustite do vybranej nádoby, napr. do titračnej banky, požadované množstvo roztoku. Zvyšný roztok z pipety vypustite späť do kadičky, alebo do odpadu.
- Na **digitálnej mikropipete** nastavte potrebný objem, roztok nasajte a celý vypustite do vybranej nádoby.

Byrety (obrázok 2.7) sa používajú na odmeranie presného objemu kvapalín. Byrety sú



bez kohúta

rovný kohút

postranný kohút

automatická byreta

Obrázok 2.7 Byrety

<http://labsklo.vkatelier.cz/byrety.html>

sklenené trubice s jemným delením objemu. Byrety na meranie objemu alkalických roztokov sú bez kohúta. Najčastejšie sa používajú byrety so zábrusovým kohútom rovným, alebo postranným.

Objemy vyrábaných byriet sú 1, 2, 5, 10, 25, 50 a 100 cm³. Čím má byreta menší objem, tým je jej delenie jemnejšie.

Okrem týchto byriet (tzv. nalievacích) sa používajú **automatické byrety** (obrázok 2.7), ktoré sa vkladajú do zásobnej fľaše s roztokom. Roztok do byrety nasávame balónikom. Byreta sa nastavuje automaticky na nulu.

Postup práce s byretami

1. Skontrolujte, či je zábrusový kohút zatvorený.
2. Z fľaše so zásobným roztokom, ktorý budete nalievať do byrety, odlejte dostatočný objem do kadičky.
3. Byretu naplňte pomocou kadičky tak, aby kvapalina siahala asi 2-3 cm nad značku **0**

(nula).

4. Otvorte kohút na byrete a odstráňte vzduch z dolnej časti byrety - časť byrety pod kohútom.

Meniskus kvapaliny v hornej časti byrety nastavte na hodnotu nula. Nadbytočnú kvapalinu z byrety vypustite do odpadovej kadičky.

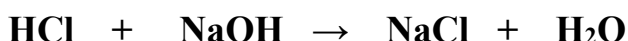
Ak na špičke byrety zostala kvapalina, odstráňte ju osušením filtračným papierom.

Byreta je pripravená na meranie.

5. Po dokončení merania s byretou zatvorte kohút, počkajte, kým stečie kvapalina zo stien byrety a ustáli sa rovnováha. Správne odčítajte z byrety použitý objem.
6. Po skončení meraní, roztok z byrety vypustite a prepláchnite ju dvakrát destilovanou vodou (automatickú byretu vodou nepreplachujte).

ODMERNÁ ANALÝZA (TITRÁCIA)

Pri stanovovaní obsahu zložky v roztoku sa využívajú chemické reakcie medzi stanovovanou látkou a tzv. skúmadlom, napríklad:



HCl je stanovovaná (analyzovaná) látka, tiež *titrand*

NaOH je skúmadlo (titračné činidlo), tiež *titrant*

Titrácia je laboratórna metóda na zisťovanie presného objemu skúmadla potrebného na úplné zreagovanie stanovovanej (analyzovanej) látky v roztoku. Medzi stanovovanou látkou a roztokom skúmadla prebieha kvantitatívna chemická reakcia, ktorá končí v bode ekvivalencie.

Bod ekvivalencie sa určuje pri titráciách:

- *vizuálne* (porovnaním farebných zmien v analyzovanom roztoku)
- *inštrumentálne* (meraním vhodnej vlastnosti roztoku)

Vizuálne sa určuje priebeh a bod ekvivalencie pri titráciách pomocou vhodného indikátora.

Indikátory sú činidlá, ktoré pridávame pri titráciách do analyzovaného roztoku iba v malých množstvách a pomocou nich zisťujeme koniec titrácie. Indikátory sú iba pomocné látky, ktoré neovplyvňujú chemickú reakciu, ale keď sa reakcia medzi analyzovanou látkou a skúmadlom ukončí (**bod ekvivalencie**), nastane ostrý farebný prechod indikátora.

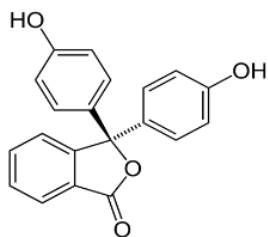
Na laboratórnych cvičeniach z fyziky budete ako indikátor používať iba fenolftaleín, ktorého štruktúrny vzorec je na obrázku 2.8.

Pre fenolftaleín platí, že jeho kyslá forma je bezfarebná, ale zásaditá forma je červená.

V bode ekvivalencie bude látkové množstvo kyseliny v analyzovanom roztoku (n_{H^+}) rovnaké ako látkové množstvo hydroxidu (n_{OH^-}), ktorý sme ako skúmadlo pridali k analyzovanému roztoku.

$$n_{\text{H}^+} = c_{\text{H}^+} V_{\text{H}^+}$$

$$n_{\text{OH}^-} = c_{\text{OH}^-} V_{\text{OH}^-}$$



Obrázok 2.8 Štruktúrny vzorec fenolftaleínu

V bode ekvivalencie platí:

$$n_{H^+} = n_{OH^-}$$

potom:

$$c_{H^+} V_{H^+} = c_{OH^-} V_{OH^-}$$

Z posledného vzťahu môžeme vypočítať koncentráciu kyseliny v roztoku.

Postup pri titrácii

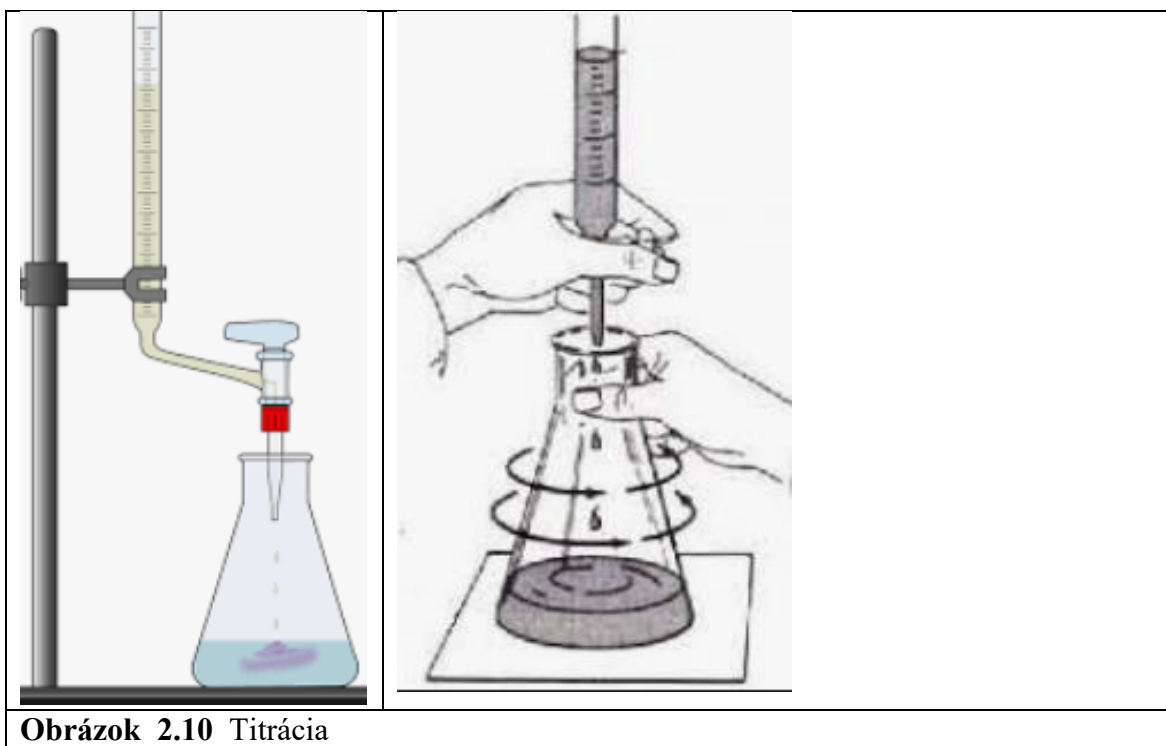
1. Z pripraveného analyzovaného roztoku (s neznámou koncentráciou) odpipetujte určitý presný objem do titračnej banky (obrázok 2.9).



Obrázok 2.9 Titračné banky s roztokmi

2. Do analyzovaného roztoku v titračnej banke pridajte 1-2 kvapky indikátora a po kvapkách pridávajte z byrety (obrázok 2.10) skúmadlo (titračný roztok) so známou koncentráciou.
3. Roztok neustále premiešavajte ručne, alebo elektromagnetickým miešadlom.
4. Pri titrácii prebieha medzi analyzovanou (titrovanou) látkou a skúmadlom chemická reakcia (ide o reakcie iónov).
5. Po skončení chemickej reakcie medzi titrovanou látkou a skúmadlom, reaguje indikátor s prvou nadbytočnou kvapkou skúmadla. Toto spôsobí výraznú zmenu sfarbenia indikátora a tým aj roztoku.
6. V okamihu sfarbenia roztoku prestaňte pridávať z byrety skúmadlo.
7. Zo spotreby skúmadla vypočítajte koncentráciu skúmanej látky v roztoku.
8. Titrácia sa robí minimálne 2-krát, pri vedeckých meraniach obyčajne 3 až 4-krát,

pričom prvá titrácia poskytuje len orientačné hodnoty.



Obrázok 2.10 Titrácia

Úloha 2 PRÍPRAVA ROZTOKOV ZRIEĐOVANÍM ZÁSOBNÉHO ROZTOKU A TITRÁCIE

Objem (označenie V) je odvodená, skalárna, stavová veličina, ktorá vyjadruje koľkokrát sa v danom systéme nachádza objemová jednotka.

Základnou jednotkou objemu je **meter kubický** (m^3).

1 m^3 je objem kocky s hranou dĺžky 1m

V praxi sa bežne používajú jednotky menšie ako je meter kubický (m^3), napríklad decimeter kubický ($\text{dm}^3 = \text{l}$), centimeter kubický (cm^3) a ďalšie uvedené v tabuľke 2.1.

V laboratóriách je objem často vyjadrovaný jednotkou liter (l), ktorý je vedľajšou jednotkou SI.

Tabuľka 2.1 Prevody jednotiek objemu

názov jednotky	znak	vyjadrenie 1 m^3 menšími jednotkami		prevody z nižších jednotiek na vyššie
		v semilog. tvare*	v desatinných číslach	
m^3	m^3		= 1	
liter	$\text{l} = \text{dm}^3$	$1 \cdot 10^3$	= 1 000	$1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$
deciliter	dl	$1 \cdot 10^4$	= 10 000	$1 \text{ dl} = 10^{-1} \text{ dm}^3 = 10^{-4} \text{ m}^3$
centiliter	cl	$1 \cdot 10^5$	= 100 000	$1 \text{ cl} = 10^{-1} \text{ dl} = 10^{-2} \text{ dm}^3 = 10^{-5} \text{ m}^3$
mililiter	$\text{ml} = \text{cm}^3$	$1 \cdot 10^6$	= 1 000 000	$1 \text{ cm}^3 = 10^{-3} \text{ dm}^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$
mikroliter	$\mu\text{l} = \text{mm}^3$	$1 \cdot 10^9$	= 1 000 000 000	$1 \text{ mm}^3 = 10^{-3} \text{ cm}^3 = 10^{-6} \text{ dm}^3 = 10^{-9} \text{ m}^3$

*Semilogaritmický tvar je spôsob zápisu čísel, pri ktorom sa namiesto dlhých radov cifier používa číslo s niekoľkými desatinnými miestami a násobok mocniny desiatky, čo uľahčuje prácu s veľmi vysokými alebo naopak veľmi nízkymi číslami (pozri tabuľku 2.1).

MERANIE OBJEMU

Meranie objemu je operácia, ktorou sa zisťuje objem tuhých látok, plynov a kvapalín.

Najčastejšie sa meria objem kvapalín, pri príprave roztokov. Na meranie objemu kvapalných čistých látok a roztokov sa používajú nádoby, ktoré majú presne stanovený objem pri teplote ich kalibrácie.

Príprava roztokov

Roztok je sústava (väčšinou kvapalná), zložená z dvoch alebo viacerých zložiek. Názvom roztok možno označiť pravý aj koloidný roztok, bez rozdielu konzistencie, skupenstva, technológie prípravy a aplikácie.

- **Pravý roztok (analytická disperzia)** - je homogénna zmes tvorená dvomi alebo viacerými látkami v určitom pomere, s veľkosťou častíc menšou ako 10^{-9} m a ich skupenstvo môže byť:

plynné - molekuly jedného plynu rozptýlené medzi molekulami iného plynu - vzduch

kvapalné - molekuly alebo ióny látok rozpustené v kvapaline, napr. roztok NaCl vo vode

tuhé - atómy (ióny) jednej tuhej látky rozptýlené medzi časticami inej tuhej látky, napríklad zliatiny kovov

- **Koloidný roztok (koloidná disperzia)** - tvoria ho napríklad molekuly organických látok, napríklad bielkoviny vo vode, tiež zhluky anorganických molekúl rozptýlené v kvapaline. Veľkosť častíc koloidného roztoku je v rozmedzí 10^{-7} - 10^{-9} m, napr. aerosóly, emulzie...

ZLOŽENIE ROZTOKOV

Roztoky sú sústavy zložené minimálne z dvoch zložiek:

- **rozpúšťadlo** - kvapalná zložka, ktorá je v roztoku v nadbytku. Označuje sa obyčajne písmenom A.

- **rozpustená látka** - zložka, ktorá sa rozpúšťa v rozpúšťadle. Rozpustených látok v roztoku môže byť i viac ako jedna, môžu byť tuhé, kvapalné i plynne a musia byť v rozpúšťadle rozpustné. Označujú sa obyčajne písmenami B, C,....

Množstvo zložky rozpustenej v určitom množstve roztoku alebo rozpúšťadla, charakterizuje zloženie roztoku. Zloženie roztokov možno vyjadriť viacerými spôsobmi:

Koncentrácia roztoku

charakterizuje množstvo látky rozpustenej v roztoku vyjadrené niektorou z veličín uvedených nižšie.

Pri príprave roztokov spravidla používame ako rozpúšťadlo destilovanú vodu. V niektorých prípadoch namiesto destilovanej vody použijeme iné rozpúšťadlo (napr. alkohol, chloroform...). Koncentráciu roztokov možno vyjadriť rôznymi spôsobmi :

♦ **Hmotnostný zlomok zložky B v roztoku (w_B)** je podiel hmotnosti tejto zložky v roztoku (m_B) a súčtu hmotností všetkých zložiek v roztoku ($\Sigma m_i \equiv m_{\text{roztoku}}$).

$$w_B = \frac{m_B}{\sum m_i} = \frac{m_B}{m_{\text{roztoku}}} \quad [\text{bezrozmerné číslo}] \quad (1)$$

Ak je roztok zložený len z dvoch zložiek (rozpúšťadlo a jedna rozpustená látka), potom:

$$\sum m_i = m_A + m_B \quad [\text{g}] \quad (2)$$

Hmotnostný zlomok je bezrozmerné číslo s hodnotami v rozmedzí 0-1.

Súčet hmotnostných zlomkov všetkých zložiek v roztoku sa rovná 1:

$$\sum w_i = w_A + w_B + \dots = 1 \quad [\text{g}] \quad (3)$$

♦ **Hmotnostné percento zložky B v roztoku - (W_B)** je hmotnostný zlomok (w_B) vynásobený 100 %.

Číslo, ktoré vyjadruje hmotnostné percento, udáva, koľko gramov rozpustenej látky sa nachádza v 100 gramoch roztoku.

$$W_B = 100 w_B \quad [\%] \quad (4)$$

Hmotnostné percentá majú hodnoty v rozmedzí 0-100 %.

Súčet hmotnostných percent všetkých zložiek v roztoku sa rovná 100 %.

$$\sum W_i = W_A + W_B + \dots = 100 \% \quad [\%] \quad (5)$$

♦ **Objemový zlomok zložky B v roztoku - (φ_B)** je podiel objemu tejto zložky v roztoku (V_B) a súčtu objemov všetkých zložiek v roztoku ($\sum V_i \equiv (V_{\text{roztoku}})$).

$$\varphi_B = \frac{V_B}{\sum V_i} = \frac{V_B}{V_{\text{roztoku}}} \quad [\text{bezrozmerné číslo}] \quad (6)$$

Objemový zlomok je bezrozmerné číslo s hodnotami 0-1.

Súčet objemových zlomkov všetkých zložiek v roztoku sa rovná 1.

$$\sum \varphi_i = \varphi_A + \varphi_B + \dots = 1 \quad (7)$$

♦ **Objemové percento zložky B v roztoku - (Φ_B)** je objemový zlomok vynásobený 100%.

$$\Phi_B = 100 \varphi_B \quad [\%] \quad (8)$$

♦ **Mólový zlomok zložky B v roztoku - (x_B)** je podiel látkového množstva zložky B v roztoku (n_B) a celkového látkového množstva zložiek v roztoku ($\sum n_i$).

$$x_B = \frac{n_B}{\sum n_i} \quad [\text{bezrozmerné číslo}] \quad (9)$$

Mólový zlomok je bezrozmerné číslo s hodnotami 0-1.

Súčet mólových zlomkov všetkých zložiek v roztoku sa rovná 1.

$$\sum x_i = x_A + x_B + \dots = 1 \quad (10)$$

- ♦ **Mólové percento zložky B v roztoku - (X_B)** je mólový zlomok vynásobený 100%.

$$X_B = 100 x_B \quad [\%] \quad (11)$$

- ♦ **Molárna koncentrácia (c_B)** alebo tiež molarita zložky B v roztoku (c_B) je podiel látkového množstva tejto zložky (n_B) a objemu roztoku (V_{roztoku}).

$$c_B = \frac{n_B}{V} = \frac{m_B}{M_B V_{\text{roztoku}}} \quad [\text{mol dm}^{-3} \text{ alebo } \text{mol m}^{-3}] \quad (12)$$

m_B je hmotnosť rozpustenej látky B v roztoku [používame g alebo kg]
 M_B je molárna hmotnosť látky zložky B [g mol⁻¹ alebo kg mol⁻¹]
 V_{roztoku} je celkový objem pripraveného roztoku [použijeme dm³ alebo m³]
 c_B je molárna koncentrácia zložky B v roztoku [v jednotkách mol dm⁻³, mol m⁻³]

- ♦ **Molálna koncentrácia (b_B)** alebo tiež molalita zložky B v roztoku (b_B) je podiel látkového množstva tejto zložky (n_B) a hmotnosti rozpúšťadla (m_A).

$$b_B = \frac{n_B}{m_A} = \frac{m_B}{M_B m_A} \quad [\text{mol kg}^{-1}] \quad (13)$$

m_B je hmotnosť rozpustenej látky B v roztoku [použijeme g alebo kg]
 M_B je molárna hmotnosť látky B [g mol⁻¹ alebo kg mol⁻¹]
 m_A je hmotnosť rozpúšťadla v pripravenom roztoku [kg]

- ♦ **Zried'ovacia rovnica** tiež rovnica (rovnica látkovej bilancie) sa používa na výpočet riedenia, ale aj výsledných koncentrácií pri titráciách. Najčastejšie sa zapisuje v tvare:

$$c_1 V_1 = c_2 V_2 \quad \text{alebo} \quad c_{ZR} V_{ZR} = c_{PR} V_{PR} \quad (14)$$

V_1 alebo tiež V_{ZR} je objem zásobného roztoku potrebný na prípravu zriedeného (pripravovaného roztoku) [cm³ alebo dm³]

c_1 alebo tiež c_{ZR} je koncentrácia zásobného roztoku [mol dm⁻³]
 c_2 alebo tiež c_{PR} je koncentrácia pripravovaného zriedeného roztoku [mol dm⁻³]
 V_2 alebo tiež V_{PR} je zadaný objem pripravovaného zriedeného roztoku [cm³, alebo dm³]

- **Ľavá strana zried'ovacej rovnice** ($c_1 V_1$) alebo ($c_{ZR} V_{ZR}$) vyjadruje látkové množstvo rozpustenej látky v zásobnom roztoku.
- **Pravá strana zried'ovacej rovnice** ($c_2 V_2$) alebo ($c_{PR} V_{PR}$) vyjadruje látkové množstvo rozpustenej látky v pripravovanom roztoku.

Cieľ práce

- Pripraviť tri roztoky kyseliny chlorovodíkovej s rôznymi koncentraciami zo zásobného roztoku.
- Titráciou roztokom NaOH určiť výsledné molárne koncentrácie pripravených roztokov HCl.

Pomôcky

pipety - (delené, nedelené), byrety, odmerné banky so zátkami, titračné banky, kadičky

Chemikálie

vodný roztok NaOH ($c_{\text{NaOH}} = 0,25 \text{ mol dm}^{-3}$)

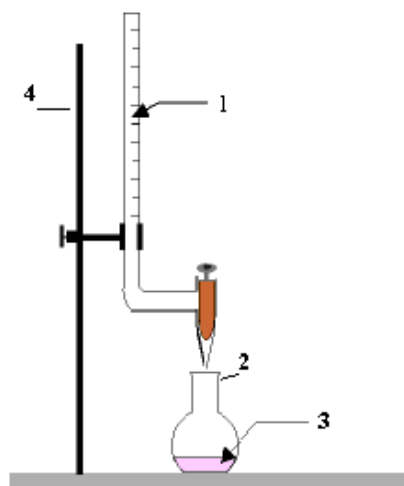
vodný roztok HCl ($c_{\text{HCl}} = 1,0 \text{ mol dm}^{-3}$)

fenolftaleín (indikátor)

destilovaná voda

Postup

1. Zo zásobného roztoku kyseliny chlorovodíkovej ($c_{\text{HCl}} = 1,0 \text{ mol dm}^{-3}$) podľa výberu učiteľa pripravte postupne tri roztoky s molárnymi koncentráciami označenými (c_2) a objemami (V_2) podľa tabuľky 2.2.
2. Objem zásobného roztoku (V_1) potrebný na prípravu roztokov vypočítajte pomocou zriedovacej rovnice - vzťah (14) a vypočítané hodnoty zapíšte do tabuľky 2.2.
3. Molaritu pripravených roztokov stanovte titráciou odobratého objemu roztokov 1-3 podľa tabuľky 2.3.
4. Do odpipetovaného roztoku v titračnej banke pridajte 1-2 kvapky fenolftaleínu a roztok titrujte roztokom NaOH ($c_{\text{NaOH}} = 0,25 \text{ mol dm}^{-3}$) do slabo ružového sfarbenia - obrázok 2.11 (postup pri titracii je popísaný v úvode tejto práce).
5. Po skončení všetkých titrácií umyte použité laboratórne sklo vodou, opláchnite destilovanou vodou, osušte a odložte do zásuvky.



Titračná aparátúra

- 1 – byreta s odmerným roztokom,
- 2 – titračná banka,
- 3 – titrovaný roztok s indikátorom,
- 4 – laboratórny stojan

Obrázok 2.11 Titračná aparátúra

Tabuľka 2.2 Príprava roztokov kyseliny chlorovodíkovej z jej zásobného roztoku s koncentráciou ($c_1 = 1,0 \text{ mol dm}^{-3}$)

roztok číslo	rozsah koncentrácií na prípravu roztokov HCl (c_2) [mol dm^{-3}]	vybrané koncentrácie a objemy pripravovaných roztokov		vypočítaný objem zásobného roztoku V_1 [ml]
		c_2 [mol dm^{-3}]	V_2 [ml]	
1	0,1 - 0,4		25	
2	0,03 - 0,06		100	
3	0,007 - 0,009		100	

Indexy 1 - zásobný roztok , 2 - pripravovaný roztok

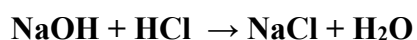
Tabuľka 2.3 Titrácia pripravených roztokov HCl

roztok číslo	objem roztoku HCl odpipetovaného na titráciu	V_{NaOH} [ml]		c_{HCl} [mol dm ⁻³]		$\overline{c_{\text{HCl}}}$ [mol dm ⁻³]
		titrácia				
		I.	II.	I.	II.	
1	5					
2	25					
3	25					

Spracovanie výsledkov

Do tabuľky 2.3:

1. Vypočítajte koncentrácie pripravených roztokov - c_{HCl} na základe rovnosti látkových množstiev kyseliny a zásady v bode ekvivalencie (vzťah 15) pre obidve titrácie.



$$c_{\text{HCl}} V_{\text{HCl}} = c_{\text{NaOH}} V_{\text{NaOH}} \quad (15)$$

2. Vypočítajte priemerné koncentrácie pripravených roztokov vždy z dvoch meraní - $\overline{c_{\text{HCl}}}$.
3. V závere zhodnot'te presnosť a správnosť pripravených roztokov HCl.
Porovnajte koncentrácie vypočítané zo zried'ovacej rovnice a zistené z titrácií.