

Titrace a odměrné nádoby

Titrace patří k nejjednodušším metodám analytické chemie bez nároků na přístrojové vybavení. Dodnes jsou pro jednodušší analýzy využívány v praxi.

Klíčové pro správné provádění titrací je korektní používání odměrného nádobí a práce s ním. V rámci tohoto bloku je uvedeno několik jednoduchých příkladů titrací s minimálními nároky na vybavení, díky kterým je možno tento způsob analýzy snadno přednést a procvičit jej se studenty.

Cílová skupina/náročnost: od 1. ročníku SŠ a odpovídajících ročníků gymnázií

Všechny uvedené texty, obrázky a videa jsou vlastní, není-li uvedeno jinak. Autory Youtube embed videí lze nalézt při kliknutí na znak Youtube ve videu během přehrávání.

Autor:

Ing. Jan Hrdlička

K plnohodnotnému využití této studijní opory je nutný přístup k on-line zdrojům a materiálům.

Tento materiál vznikl z finanční podpory Evropského sociálního fondu a státního rozpočtu České republiky v rámci projektu „Popularizace vědy a badatelsky orientované výuky“, reg .č. CZ.1.07/2.3.00/45.0007.

1 Základní informace

Titrace a odměrné nádobí

Titrační stanovení patří mezi nejjednodušší metody stanovení množství látek. V rámci tohoto projektu je nabízena možnost použít připravených postupů stanovení se zaměřením na správné používání odměrného nádobí. Jednotlivá stanovení je možné využít pro krátké uzavřené úkoly v rámci zájmových kurzů chemie.

Toto téma je vhodné jako doplněk a rozšíření běžné výuky chemie na střední škole a také jako příprava studentů na chemickou olympiádu, kde jsou často titrační stanovení využívána jako zadání praktické části.

Pro provádění titrací není nezbytně nutná chemická laboratoř, protože se nepracuje s nebezpečnými koncentracemi látek, ale je nutné vybavení potřebným chemickým nádobím. Vzhledem k určité náročnosti dohledu na správný postup titrace je vhodné nezapojovat do dané práce více než deset studentů.

Nezbytným vybavením pro titrace je odměrné nádobí - především vhodné byrety, pipety a odměrné baňky. Je vhodné, aby byly titrace prováděny v titračních baňkách. Jinak je potřeba běžné laboratorní vybavení, tj. kádinky, stříčky a je nutné používat destilovanou vodu jak na ředění roztoků, tak na mytí nádobí.

Obvykle se provádí několik stanovení při každé titraci, což spolu s přípravou nádobí a roztoků obvykle zabere dobu 2 - 3 hodiny.

V rámci osnov RVP lze titrace zařadit k tématům Soustavy látek a jejich složení a také Veličiny a výpočty v chemii.

Video viz on-line kurz.

2 Motivační rámec projektu

Chemici jsou často postaveni před úkol zjistit množství látky v roztoku či směsi. Do role takového kontrolora se dostáváte i vy. Máte za úkol využít titračních stanovení a v jednotlivých úkolech určit přesné množství látky. V jednom z úkolů tak na základě svých stanovení můžete určit, zda ocet koupený v obchodě opravdu obsahuje tolik kyseliny octové, kolik udává prodejce na etiketě.

3 Odměrné nádoby a jeho použití

Nádoby

Při titracích se kromě běžného chemického nádobí, především kádinek, používá několik typů nádobí speciálně navržených pro titraci. Především se jedná o odměrné nádoby: byrety, pipety, odměrné baňky.



Dalším typickým kusem je titrační baňka.



Od jiných typů baněk se liší především velmi širokým hrdlem. To musí být dost široké na to, aby bylo možné obsah titrační baňky promíchávat krouživým pohybem bez nebezpečí, že okrajem hrdla ulomíme kohout byrety.

Odměrování objemů

Pro odměřování objemů je nutné použít kalibrovaného nádobí. U něj je stupnice či ryska ověřena, takže udaný objem odpovídá skutečnosti. Zde je nutné podotknout, že stupnice, které jsou obvykle natištěny na kádinkách, nejsou kalibrovány a kádinky nelze použít k přesnému odměření objemu.

Při odměřování vodných roztoků se využívá toho, že sklo je hydrofilní a hladina roztoku se u stěny skleněného nádobí mírně zvedá. Pokud je skleněná trubice v místě rysky dostatečně úzká, tvoří hladina jakousi mističku. Při pohledu z boku pak připomíná takováto hladina srpek měsíce a od tohoto jevu je odvozen používaný odborný termín – meniskus. Pro správné odměření je nutné, aby se nejnižší bod menisku právě dotýkal rysky.



Nádoby je kalibrováno dvěma způsoby. Baňky jsou kalibrovány tzv. na dolítí. Pokud je naplníme roztokem přesně po rysku, obsahuje baňka deklarovaný objem roztoku. Pipety a byrety jsou kalibrovány tzv. na vylití. Pokud je naplníme přesně po rysku, odměříme vypuštěný objem kapaliny, přičemž kapalina se nechává vytékat volně. S tím souvisí jedna základní poučka – pipeta se nikdy nevyfukuje. Objem kapaliny, který zbývá v špičce pipety, je již započítán při kalibraci, a pokud bychom tuto kapalinu vyfoukli, je odměřený objem větší, než je deklarován na pipetě.

Bezpečnost práce

Protože se obvykle pracuje se zředěnými roztoky, není nutné používat ochranné pomůcky na ruce. Je vhodné používat ochranu zraku, protože se nedá vyloučit vniknutí kapek roztoku do oka. Pro pipetování je pak nutné používat pipetovací nástavce, které umožňují nasávat kapalinu do pipety bez nebezpečí vniknutí roztoku do ústní dutiny. Nejjednodušší pomůckou je pipetovací balónek.



Ten má obvykle tři ventily, které jsou provedeny pomocí skleněné kuličky v gumové hadici. Při silném stisknutí v místě kuličky se guma zdeformuje a okolo skleněné kuličky vzniknou úzké mezery, které umožňují proudění vzduchu. Balónek má tři ventily. Jeden (na obr. označený A) slouží k vypuštění vzduchu z balónku, druhý (S) se používá při nasávání kapaliny do pipety a třetí (E) se používá k nastavení hladiny roztoku v pipetě přesně na rysku.

Sestava protitraci

Pro titraci se byreta uchyť do stojanu tak, aby byla stupnicí k nám, přibližně ve spodní třetině své délky. Byreta musí být svíslá a její špička musí být v takové výšce nad stolem, aby asi o 1cm zasahovala do postavené titrační baňky. Dále budeme potřebovat titrační baňku, pipetu, nálevku k plnění byrety a několik kádinek na roztoky.



Do jedné kádinky si odlijeme stanovovaný roztok. Z této kádinky pak budeme pipetou odměřovat předepsané množství roztoku do titrační baňky. Do další kádinky si odlijeme titrační činidlo. Z této kádinky pak pomocí nálevky naplníme byretu. Byretu je třeba naplnit tak, aby hladina byla nad nulovou ryskou. Opatrným odpouštěním pomocí kohoutu pak nastavíme hladinu v byretě přesně na nulovou rysku. Zkontrolujeme, zda je byreta zcela naplněna, především dáme pozor na to, aby v úzkých trubicích v okolí kohoutu nezůstaly bubliny vzduchu.

4 Postup titrace

Úvod

Titrace (odměrná analýza) je stanovení látek založené na měření objemu roztoku činidla právě potřebného k úplnému zreagování stanovované složky ve známém objemu analyzovaného roztoku, tj. k dosažení bodu ekvivalence. Známe-li přesnou látkovou koncentraci roztoku činidla (tzv. titr), můžeme na základě stechiometrie reakce vypočítat množství nebo koncentraci stanovované složky v roztoku.

Dosažení bodu ekvivalence zjišťujeme vhodnou indikací, která je založena na pozorování změn v roztoku, který může pro zviditelnění změn obsahovat látku, která výrazně změní barvu v bodě ekvivalence. Tato látka se nazývá indikátor. Jinou možností je objektivní měření určité vlastnosti roztoku, např. vodivosti nebo pH.

Je důležité, aby vybraná reakce probíhala za daných podmínek jednoznačně podle známé stechiometrie, dostatečně rychle, kvantitativně a aby bylo možné indikovat bod ekvivalence.

Lze provádět titrace na základě všech typů reakcí (acidobazické, redoxní, srážecí, komplexotvorné).

Ovládání byrety

Při titraci byretou s přímým kohoutem je jeho ovládání pro začátečníky trochu nezvyklé. Kohout byrety se ovládá levou rukou, a to tak, že ukazovák a prostředník obejmou kohout zezadu a špičky těchto prstů jsou opřeny o konce příčky kohoutu. Palec obejmou kohout zepředu a je opřen o střed příčky kohoutu.



Pravá ruka uchopí titrační baňku do úžlabí mezi palec a ukazovák a lehkým pohybem zápěstí intenzivně krouží roztokem v baňce. Intenzivní míchání je důležité, aby docházelo k co nejrychlejšímu proreagování roztoku s přidávaným titračním činidlem.



Postup titrace

Do titrační baňky odměříme předepsané množství stanovovaného roztoku. Podle postupu pak případně doplníme další roztoky (kyseliny k úpravě pH, indikátor k určení bodu ekvivalence). Naplníme byretu, vynulujeme ji a pod byretu ustavíme titrační baňku. Pravou rukou kroužíme titrační baňku tak, aby se roztok intenzivně promíchával. Kohout byrety ovládáme levou rukou. Začneme přidávat titrační činidlo. Neustále sledujeme chování roztoku v titrační baňce. V okamžiku, kdy dojde ke změně barvy indikátoru, titraci ukončíme. Na stupnici byrety zjistíme přesně spotřebované množství titračního činidla.

Výpočet výsledků

Pro výpočet potřebujeme znát tyto základní údaje:

- přesný objem kapaliny odpipetovaný do titrační baňky,
- přesný objem kapaliny odměřený byretou při dosažení bodu ekvivalence,
- přesnou koncentraci jednoho z reaktantů v roztoku,
- chemickou reakci, která probíhá při mísení obou kapalin.

Příklad

Přímá titrace – stanovení NaOH titrací kyselinou sírovou

Máte k dispozici 100 ml vzorku NaOH v odměrné baňce. Odpipetujte 25 ml roztoku vzorku do titrační baňky a titrujte roztokem H₂SO₄ na methylčerveň do oranžového zabarvení roztoku.

Vypočtete hmotnost NaOH ve vzorku.

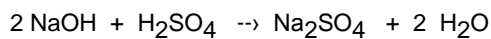
Spotřeba roztoku H₂SO₄ $V(\text{H}_2\text{SO}_4) = 30 \text{ ml}$ Koncentrace

roztoku H₂SO₄ $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,02 \text{ mol dm}^{-3}$

Celkový objem vzorku $V_{\text{celk}} = 100 \text{ ml}$

Pipetováno k titraci $V_{\text{pip}} = 25 \text{ cm}^3$

$M(\text{NaOH}) = 39,997 \text{ g.mol}^{-1}$



$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = c(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,02 \cdot 0,03 = 0,0006 \text{ mol}$$

$$n(\text{NaOH}) = 2 \cdot n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 \cdot 0,0006 = 0,0012 \text{ mol}$$

$$m(\text{NaOH}) = n(\text{NaOH}) \cdot M(\text{NaOH}) = 0,0012 \cdot 39,997 = 0,0479964 \approx 0,048 \text{ g}$$

$$m_{\text{celk}}(\text{NaOH}) = m(\text{NaOH}) \cdot (V_{\text{celk}} / V_{\text{pip}}) = 0,048 \cdot (100 / 25) = 0,192 \text{ g}$$

Vzorek obsahoval celkem 192 mg NaOH.

5 Acidobazické titrace 1

Téma	Titrace a odměrné nádoby
Tematický celek	Acidobazické titrace 1
Počet žáků	6 - 10
Věk žáků	Od 15 let
Pomůcky	Chemické sklo, odměrné nádoby, stojan
Vhodné místo	Chemická učebna nebo učebna vybavená potřebným chemickým nádobím a tekoucí vodou.
Cíle aktivity	Žáci budou schopni používat chemické nádoby a využijí znalostí chemických výpočtů na skutečných příkladech.

5.1 Úkoly

Acidobazické titrace jsou jedněmi z nejméně náročných titrací a jako takové jsou používány k mnoha typů stanovení. V tomto úkolu se ocitnete v kůži kontrolora, který dostal za úkol určit, zda kyselina sírová, která se používá k plnění automobilových akumulátorů, opravdu obsahuje 40 % hmotnostních kyseliny. K dispozici budete mít standardní roztok tetraboritanu sodného (obecně je označován jako borax) a indikátor methylčerveň.

Tetraboritan sodný při rozpouštění ve vodě s vodou reaguje a uvolňuje OH^- ionty.

Pro vyřešení tohoto úkolu musíte splnit tyto úkoly.

- Zapište reakci vyjadřující rozpouštění tetraboritanu sodného ve vodě a reakci kyseliny sírové s hydroxidem sodným, uveďte produkty reakcí a rovnice vyčíslete.
- Pro každou zjištěnou hodnotu spotřeby kyseliny sírové spočítejte přesnou koncentraci.
- Vypočítejte průměrnou hodnotu koncentrace pracovního roztoku kyseliny sírové.
- Vypočítejte koncentraci původního roztoku kyseliny sírové, pokud víte, že bylo pipetováno 5 ml tohoto roztoku a naředěno na objem 500 ml destilovanou vodou.
- Vyjádřete složení původního roztoku hmotnostním zlomkem. $M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98,08 \text{ g mol}^{-1}$, $\rho(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,303 \text{ g cm}^{-3}$

5.2 Pomůcky a roztoky

pipeta 10 ml

titrační baňka 250 ml

byreta 25 ml – optimálně s teflonovým kohoutem malá

nálevka k byretě

kádinky 3ks (50–100 ml) stříčka destilovanou vodou

stojan s držákem na byretu

pipetovací nástavec nebo balónek

standardní roztok tetraboritanu sodného - boraxu ($c = 0,050 \text{ mol dm}^{-3}$)

pracovní roztok kyseliny sírové ($c \sim 0,05 \text{ mol dm}^{-3}$)

Příprava pracovního roztoku kyseliny sírové o koncentraci $0,05 \text{ mol dm}^{-3}$

Z lahvičky s kyselinou sírovou do baterií (40 %) odměříme pipetou 5 ml do odměrné baňky na 500 ml. Odměrnou baňku po rysku doplníme destilovanou vodou a důkladně promícháme.

Připravených 500 ml roztoku je počítáno asi na 3 – 4 studenty. Připravené množství roztoku lze v případě potřeby zvýšit použitím větší odměrné baňky a úměrně k tomu vzatého množství kyseliny.

Příprava standardního roztoku tetraboritanu sodného o koncentraci 0,05 mol dm⁻³

Standardní roztok tetraboritanu sodného se připravuje z dekahydrátu tetraboritanu sodného čistoty p. a. (molární hmotnost dekahydrátu tetraboritanu sodného je 381,37 g mol⁻¹). Pokud není k dispozici tetraboritan o čistotě p. a., lze jej použít, ale výsledky stanovení jsou pak zatíženy chybou podle obsahu nečistot. Technický preparát dekahydrátu tetraboritanu sodného bývá někdy k sehnání v drogerii pod názvem borax.

Na vahách navažte co nejpřesněji 1,907 g dekahydrátu tetraboritanu sodného, pokud to podmínky umožňují, s přesností na tisícinu gramu. Navážený dekahydrát tetraboritanu sodného převedte kvantitativně do odměrné baňky obsahu 100 ml a doplňte baňku destilovanou vodou po rysku. Obsah baňky se důkladně promíchá, aby došlo k dokonalému rozpuštění. Rozpuštění je relativně pomalé, proto je vhodné standard připravovat alespoň den předem.

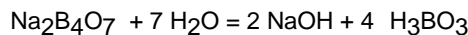
Připravených 100 ml roztoku je počítáno asi na 3 – 4 studenty. Připravené množství roztoku lze v případě potřeby zvýšit použitím větší odměrné baňky a úměrně k tomu vzaté navážky.

5.3 Postup stanovení

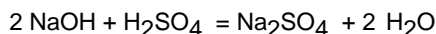
Do titrační baňky odpipetujte 10 ml standardního roztoku tetraboritanu sodného, zředte tento roztok na cca 50 ml destilovanou vodou, přidejte jednu až dvě kapky roztoku methylčerveně jako indikátor a titrujte roztokem kyseliny sírové. Kyselinu sírovou přidávejte až do okamžiku, kdy se změní barva titrovaného roztoku ze žluté do oranžové. Pokud přidáte tolik kyseliny, že roztok zčervená, překročili jste bod ekvivalence a musíte titraci opakovat. Titraci proveďte dvakrát a spočtete průměrnou hodnotu spotřeby.

5.4 Řešení

Tetraboritan sodný se rozpouští ve vodě za vzniku hydroxidu sodného podle rovnice:



Vzniklý hydroxid sodný je pak neutralizován kyselinou sírovou podle rovnice:



Z těchto dvou rovnic určíme, že látkové množství tetraboritanu sodného odpovídá látkovému množství kyseliny sírové.

$$n(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7) = n(\text{H}_2\text{SO}_4)$$

Vypočteme látkové množství tetraboritanu sodného vzatého k titraci.

$$n(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7) = c(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7) \cdot V(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7)$$

Ze znalosti látkového množství (viz dva výše uvedené vztahy) a objemu (spotřeba při titraci) vypočteme koncentraci pracovního roztoku kyseliny sírové.

$$c_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{H}_2\text{SO}_4) / V(\text{H}_2\text{SO}_4)$$

Pro výpočet koncentrace původního roztoku kyseliny sírové použijeme vztah

$$c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2$$

kde c_1 je koncentrace pracovního roztoku kyseliny sírové a V_1 je objem tohoto roztoku (odměrná baňka na 500 ml),
 c_2 je koncentrace původního roztoku a V_2 jeho objem (pipeta 5 ml).

Hmotnostní zlomek je definován jako podíl části roztoku (molekul H_2SO_4) k hmotnosti celého roztoku.

$$w(H_2SO_4) = m(H_2SO_4) / m_{\text{roztok}}$$

$$m(H_2SO_4) = M(H_2SO_4) \cdot n(H_2SO_4) = M(H_2SO_4) \cdot c_2(H_2SO_4) \cdot V(H_2SO_4)$$

$$m_{\text{roztok}} = \rho(H_2SO_4) \cdot V(H_2SO_4)$$

Pokud dáme dohromady výše uvedené tři vztahy, získáme rovnici pro výpočet hmotnostního zlomku z koncentrace.

$$w(H_2SO_4) = M(H_2SO_4) \cdot c_2(H_2SO_4) / \rho(H_2SO_4)$$

6 Acidobazické titrace 2

Téma	Titrace a odměrné nádoby
Tematický celek	Acidobazické titrace 1
Počet žáků	6 - 10
Věk žáků	Od 15 let
Pomůcky	Chemické sklo, odměrné nádoby, stojan
Vhodné místo	Chemická učebna
Cíle aktivity	Žáci budou schopni používat chemické nádoby a využijí znalostí chemických výpočtů na skutečných příkladech.

6.1 Úkoly

Jednou z nejjednodušších organických sloučenin uhlíku je kyselina octová. Je často využívána v potravinářství, ať už jako dochucovadlo nebo jako konzervant. V obchodě bývá ke koupi nejčastěji její přibližně 8% roztok jako tzv. 8% ocet. Výrobci udávají, že obsahuje je minimálně 8 % hmotnostních kyseliny octové.

Při tomto laboratorním cvičení se ocitnete v kůži inspektora, který dostal za úkol určit, zda výrobce octa nešidí zákazník a ocet opravdu obsahuje 8 % hmotnostních kyseliny octové. K dispozici budete mít titrační roztok hydroxidu sodného. Jeho složení se však účinkem vzdušného CO₂ pomalu mění, a proto je potřeba před každou titrací určit jeho přesnou koncentraci (tzv. titer titračního činidla). K tomu vám poslouží standardní roztok kyseliny šťavelové. Jako indikátor bodu ekvivalence použijete indikátor fenolftalein.

Pro zjištění odpovědi na zadanou otázku musíte splnit tyto úkoly.

- Zapište reakci kyseliny šťavelové s hydroxidem sodným, uveďte produkty reakce a rovnici vyčíslete.
- Pro každou zjištěnou hodnotu spotřeby spočítejte přesnou koncentraci (titer) hydroxidu sodného. Vypočtete průměrnou hodnotu koncentrace hydroxidu sodného.
- Zapište reakci kyseliny octové s hydroxidem sodným, uveďte produkty reakce a rovnici vyčíslete.
- Pro každou zjištěnou hodnotu spotřeby spočítejte koncentraci kyseliny octové. Vypočtete průměrnou hodnotu koncentrace kyseliny octové.
- Vyjádřete složení roztoku kyseliny octové hmotnostním zlomkem vyjádřeným v procentech hmotnostních.

6.2 Pomůcky a roztoky

pipeta 1 ml

pipeta 10 ml

titrační baňka 250 ml

byreta 25 ml – optimálně s teflonovým kohoutem (pokud je jen se skleněným, ihned po práci důkladně vymýt vodou)

malá nálevka k byretě

odměrný váleček 10 ml

odměrný váleček 100 ml

kádinky 3ks (50–100 ml)

stříčka s destilovanou vodou

stojan s držákem na byretu

pipetovací nástavec nebo balónek

ocet (8%)

hydroxid sodný ($c \sim 0,1 \text{ mol dm}^{-3}$)

roztok fenolftaleinu 0,1 % v 90% ethanolu kyselina šťavelová (c 0,05 mol dm⁻³)

Příprava roztoku hydroxidu sodného o koncentraci 0,1 mol dm⁻³

$$M(\text{NaOH}) = 40,00 \text{ g mol}^{-1}$$

Na předvážkách se naváží do kádinky 4,0 g pevného hydroxidu sodného. Pevný NaOH se rozpustí v destilované vodě a poté se opatrně převede do odměrné baňky na 1000 ml. Odměrná baňka se po rysku doplní destilovanou vodou.

Příprava roztoku kyseliny šťavelové o koncentraci 0,05 mol dm⁻³

Standardní roztok kyseliny šťavelové se připravuje z dihydrátu kyseliny šťavelové čistoty p. a. (molární hmotnost dihydrátu kyseliny šťavelové je 126,07 g mol⁻¹). Na analytických vahách navažte co nejpřesněji 6,303 g dihydrátu kyseliny šťavelové, pokud to podmínky pořadatelů umožňují, s přesností na tisíce gramů. Naváženou kyselinu šťavelovou převedte kvantitativně do odměrné baňky obsahu 1000 ml a doplňte baňku destilovanou vodou po rysku. Obsah baňky se důkladně promíchá, aby došlo k dokonalému rozpuštění.

Připravený jeden litr každého z roztoků je počítán asi na 5–6 studentů. Připravené množství roztoku lze v případě potřeby snížit použitím menší odměrné baňky a úměrně k tomu vzaténávážky.

6.3 Postup

Stanovení přesné koncentrace hydroxidu sodného

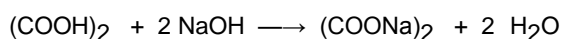
Do titrační baňky odpipetujte 10 ml standardního roztoku kyseliny šťavelové, zředte tento roztok na cca 70 ml destilovanou vodou, přidejte tři kapky roztoku fenolftaleinu jako indikátora titrujte roztokem hydroxidu sodného. Hydroxid sodný přidávejte až do okamžiku, kdy se změní barva titrovaného roztoku z červené do oranžové. Titraci proveďte třikrát a spočítejte průměrnou hodnotu spotřeby.

Stanovení obsahu kyseliny octové v octu

Do titrační baňky odměřte pipetou přesně 1 ml octa. Přidejte cca 60 ml destilované vody válečkem, 3 kapky roztoku fenolftaleinu a tento roztok titrujte roztokem hydroxidu sodného až do okamžiku, kdy bezbarvý titrovaný roztok trvale zrudne. Titraci proveďte třikrát a spočítejte průměrnou hodnotu spotřeby.

6.4 Řešení

Kyselina šťavelová reaguje s hydroxidem sodným podle rovnice



Z této rovnice určíme, že 1 mol kyseliny šťavelové reaguje s 2 moly hydroxidu sodného.

$$n(\text{NaOH}) = 2 \cdot n((\text{COOH})_2)$$

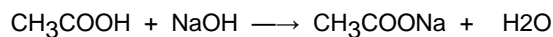
Vypočteme látkové množství kyseliny šťavelové vzaté k titraci. Koncentrace standardu je 0,050 mol dm⁻³, pipetovaný objem je 10 ml.

$$n((\text{COOH})_2) = c((\text{COOH})_2) \cdot V((\text{COOH})_2)$$

Ze znalosti látkového množství (viz dva výše uvedené vztahy) a objemu (spotřeba při titraci) vypočteme koncentraci titračního roztoku hydroxidu sodného.

$$c(\text{NaOH}) = n(\text{NaOH}) / V(\text{NaOH})$$

Hydroxid sodný reaguje s kyselinou octovou podle rovnice



Z této rovnice určíme, že 1 mol hydroxidu sodného reaguje s 1 molem kyseliny octové

$$n(\text{NaOH}) = n(\text{CH}_3\text{COOH})$$

Vypočteme látkové množství hydroxidu sodného spotřebovaného na reakci s kyselinou octovou.

$$n(\text{NaOH}) = c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})$$

Ze znalosti látkového množství (viz dva výše uvedené vztahy) a objemu (pipetované množství 1 ml) vypočteme koncentraci kyseliny octové v octu.

$$c(\text{CH}_3\text{COOH}) = n(\text{CH}_3\text{COOH}) / V(\text{CH}_3\text{COOH})$$

Hmotnostní zlomek je definován jako podíl části roztoku (molekul CH_3COOH) k hmotnosti celého roztoku.

$$w(\text{CH}_3\text{COOH}) = m(\text{CH}_3\text{COOH}) / m_{\text{roztok}}$$

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = M(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot n(\text{CH}_3\text{COOH}) = M(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot c(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot V(\text{CH}_3\text{COOH})$$

$$m_{\text{roztok}} = \rho(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot V(\text{CH}_3\text{COOH})$$

Pokud dáme dohromady výše uvedené tři vztahy, získáme rovnici pro výpočet hmotnostního zlomku z koncentrace

$$w(\text{CH}_3\text{COOH}) = M(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot c(\text{CH}_3\text{COOH}) / \rho(\text{CH}_3\text{COOH})$$

7 Závěrečné tipy

Přestože jsou titrace velmi jednoduchými analytickými metodami, jsou dodnes využívány v případech, kdy je vzorkem jednoduchý analyt. V rámci tohoto kursu byly navrženy postupy pro dvě laboratorní stanovení, která ukazují analýzu skutečných vzorků s minimálními nároky na vybavení.

Vzhledem k tomu, že jsou titrace oblíbenými typy úloh v chemických olympiádách, je archiv starších zadání ChO dalším možným zdrojem podobných úloh.

<http://web.natur.cuni.cz/cho/index.php/databaze-mainmenu-45>

Dalším zdrojem mohou být návody pro laboratorní cvičení na vysokých školách.