



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016

# ANALÝZA VODY

## OBSAH

1. STANOVENÍ SENZORICKÝCH VLASTNOSTÍ VODY
2. STANOVENÍ Ca, Mg VE VODĚ CHELATOMETRICKY (TVRDOTA VODY)
3. CHLORIDY VE VODĚ
4. STANOVENÍ AMONIAKÁLNÍHO DUSÍKU A DŮKAZ AMONIAKU VE VODĚ
5. STANOVENÍ DUSIČNANŮ VE VODĚ
6. NEFELOMETRICKÉ STANOVENÍ SÍRANŮ VE VODĚ
7. DŮKAZY KOVŮ A FENOLU VE VODĚ
8. DŮKAZOVÉ REAKCE VODY
9. STANOVENÍ OBSAHU VODY V ROSTLINNÉM PLETIVU A V ŽIVOČIŠNÉ TKÁNI
10. STANOVENÍ NEUTRALIZAČNÍ KAPACITY VODY
11. STANOVENÍ CHEMICKÉ SPOTŘEBY KYSLÍKU



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016

## 1. STANOVENÍ SENZORICKÝCH VLASTNOSTÍ VODY

### 1.1. TEORETICKÝ ÚVOD

Voda je chemická sloučenina vodíku a kyslíku. Spolu se vzduchem resp. atmosférou tvoří základní podmínky pro existenci života na Zemi. Za normální teploty a tlaku je to bezbarvá, čirá kapalina bez zápachu, v silnější vrstvě namodralá. V přírodě se voda vyskytuje ve třech skupenstvích: v pevném – sníh a led, v kapalném – voda a v plynném – vodní pára.

Voda má mimořádné fyzikální vlastnosti, které jsou důsledkem struktury její molekuly. V molekule vody je atom kyslíku vázán s dvěma vodíkovými atomy polární kovalentní vazbou. Molekula vody je lomená s vazebným úhlem přibližně  $105^\circ$  a polarita vazeb vodík – kyslík způsobuje polaritu celé molekuly. Voda je polární látka a tudíž i polární rozpouštědlo, ve kterém se dobře rozpouští polární látky (amoniak, chlorovodík) a iontové látky (soli). Jednotlivé molekuly existují pouze v plynném skupenství. V kapalném a pevném skupenství (led) jsou molekuly vody poutány k sobě slabými vazebnými silami (vodíkové můstky), což má vliv na vysoký bod varu vody ve srovnání s jinými molekulami. Proto je voda na Zemi převážně v tekutém stavu. Z dalších anomálií vody je to fakt, že největší hustotu nemá led, ale voda tekutá ( $4^\circ\text{C}$ ), která se hromadí na dne oceánu a vodních nádrží, což má význam pro vodní organismy. Voda má vysokou tepelnou kapacitu, která se využívá pro transport tepla.

Destilovaná voda je na rozdíl od vody jako chemické sloučeniny elektricky nevodivá, vodivost způsobují rozpuštěné soli a minerální látky. Nečistoty ve vodě (příměsi) ovlivňují body varu a tuhnutí, tudíž každá voda kromě destilované není chemicky čistá látka. Nečistoty snižují bod tuhnutí (soli) a zvyšují bod varu. Voda jako kapalina se skládá z molekul, které jsou v neustálém pohybu a působí na sebe přitažlivými nebo odpuzivými silami. Proto má kapalná voda některé vlastnosti pevné látky (zachování objemu) a některé vlastnosti plynu (tekutost). Kapalina si zachovává svůj objem i při stlačování a vždy zaujme tvar podle tvaru nádoby. Voda má poměrně malou viskozitu, proto voda teče mnohem rychleji než olej a také tvoří menší kapky na rozdíl od oleje. V horní vrstvě kapaliny vzniká povrchové napětí, které způsobuje, že se povrch kapaliny chová jako pružná blána, která se snaží dát kapce tvar s co nejmenším objemem - tím je koule.

### 1.2. EXPERIMENTÁLNÍ VYBAVENÍ

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016

*Laboratorní materiál:* nádoby na odběr vody, teploměr, zkumavky, podložní sklíčko, skleněná tyčinka, Erlenmayerova baňka, hodinové sklo, skleněný válec, univerzální indikátorový pH papírek, papír s nápisem (písmo 3,5 mm), zápalky, síťka, skleněné kuličky či varné kamínky, kuželová baňka, pipeta

*Chemikálie:* vzorky vody, koncentrovaná kyselina sírová, vodný roztok manganistanu draselného (3 g  $\text{KMnO}_4$  na 100 ml destilované vody)

*Přístroje:* vařič, kahan

### 1.3. PRACOVNÍ POSTUP

#### 1.3.1. Odběr vzorků

Proveďte odběr následujících vzorků vody, s kterými budete nadále pracovat:

1. pitná voda (z domácí studny/ z vodovodu v místě bydliště)
2. destilovaná voda
3. minerální voda (balená z obchodu)
4. čerstvě zachycená dešťová voda
5. dešťová voda – první liják z okapu
6. jezerní/říční voda
7. voda z rour na staveništi
8. voda s octem
9. slaná voda
10. mýdlový roztok po mytí rukou
11. cokoliv Vás napadne...

Objem odebraného vzorku by měl být alespoň 300 ml. Nádobu, do které bude vzorek odebrán (např. čistá PET láhev od balené pitné vody, dobře vymytá sklenice), je vhodné před vlastním odběrem důkladně propláchnout odebíranou vodou. Vzorek se může odebrat jednorázově, nebo z různých míst. Pokud je voda odebírána z vodovodu, je doporučeno nechat před odběrem vodu odtékat ustáleným proudem asi 5 minut. K dalším pokusům uchováme vzorek v lednici při teplotě 3-4°C.

Všechny vzorky odebrané z různých zdrojů opatřete řádným štítkem na odběrové nádobě, kde uveďte místo odběru, datum, čas a případně i teplotu, pokud ji měříte ihned při odběru.

#### 1.3.2. Teplota vody

Teplotu vody měřte ihned při jejím odběru. Měření teploty vody proveďte ponořením teploměru pod vodní hladinu, přičemž vzorek při měření nesmí být na přímém slunečním světle. Teplotu odečítejte po ustálení rtuťového sloupce teploměru. Výsledky udávejte ve °C po zaokrouhlení na 0,1°C a zapište do tabulky.

Rozlišení vod podle teploty:

---

studená    do 25°C

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016

vlažná	25-35°C
teplá	35-42°C
horká	nad 42°C

### **1.3.3. Posuzování vzorků vody (diskuze)**

Postavte vedle sebe sklenice s různými vzorky vody (nashírané v úloze 1.3.1.). Každý si vezměte jednu sklenici a budete o svojí sklenici vody uvažovat.

Prostřednictvím následujících otázek je pak možno dojít k závěru, jaké vlastnosti by měla mít pitná voda, aby se z jejích vlastností mohlo zpětně vysledovat, odkud asi pochází.

1. Z které zde vystavené sklenice byste se rádi napili, z které ne, a proč?
2. Jaké byste měli požadavky na vaši vodárnu, abyste se její vody rádi napili?
3. Jaké požadavky by měly splňovat vodovodní trubky? Slyšeli jste už něco o problémech s vodovodním potrubím? O co šlo?
4. Nač vlastně ve svém všedním životě potřebujeme vodu?
5. Myslíte, že máme pitné vody dostatek nebo jsou s její přípravou problémy?

### **1.3.4. Chuť vody**

Chuť vody zjišťujete pouze u vzorků pitných vod, které jsou bakteriologicky nezávadné a neobsahují toxické látky.

Chuť stanovíte subjektivně za základě 4 základních chutí: slaná, sladká, kyselá, hořká. Voda také může mít různé příchuti, které vyhodnotíte a slovně popíšete (např. kovová, houbovitá, mdlá, železitá, zatuchlá, zemitá, ...).

### **1.3.5. Pach vody**

Pach vody je nepříjemnou vlastností vody a působí odpudivě. Pach je způsoben těkavými pachotvornými látkami, které se dostávají do vody přirozenou cestou (rozpuštěné soli, horké plyny v pramenech) nebo odpadními vodami. Mohou být také produktem biologických procesů a rozkladu organických látek (pesticidy, řasy, plísně). Příčinou také mohou být látky v odpadních vodách z domácností, průmyslu a zemědělství (saponáty, chemikálie) a látky z havárií (ropné produkty).

Pach stanovte u všech nashíraných vzorků vody smyslovou zkouškou při teplotách 20 a 60°C. Vzorky k určení pachu není vhodné konzervovat, analýzu je nutno provést co nejdříve od odběru vzorku, nejpozději však do 24 hodin.

Vlastní provedení čichové zkoušky: Do Erlenmayerovy baňky se zábrusem o objemu 500 ml odměřte 200 ml zkoumané vody a přikryjte baňku hodinovým sklem. Baňku poté zahřejte na vařiči na požadovanou teplotu (20 nebo 60°C), obsah baňky promíchejte a čichem zjišťujte přítomnost a druh pachotvorných látek.

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016

Intenzitu pachu vyjadřujte v 6 stupních a zapíšte do tabulky: žádný, velmi slabý, slabý, znatelný, zřetelný, velmi silný. Druh pachu povrchové vody se projevuje podle zdroje jako fekální, hnilobný, plísňový, zemitý, travní, rašelinový, atd.

### 1.3.6. Průhlednost vody

Průhlednost vody je dána její barvou a zákalem. Měří se výškou sloupce vody, přes něhož lze ještě pozorovat bílou desku (v terénu), nebo přečíst písmo určité velikosti (v laboratoři). Zákal je způsoben obsahem nerozpuštěných solí nebo koloidně rozpuštěných látek organického i anorganického původu, které je příčinou i „zdnalivě barevnosti“.

Při laboratorním stanovení určete průhlednost vody ve skleněném válci o průměru 2,5 cm a výšce 50 cm. Pod válec umístěte bílou čtvrtku papíru s nápisem (čitelné písmo vysoké 3,5 mm) a postupně přilévajte do válce promíchaný vzorek vody do té doby, až se písmena stanou nečitelnými. Sledujte, při jaké výšce vrstvy vody ve válci je písmo již nečitelné a údaj zaznamenejte. Výška vody sloupce je měřítkem porovnání znečištění.

### 1.3.7. Barva vody

Barva vody může být zapříčiněna látkami rozpuštěnými, ale i nerozpuštěnými. Při hodnocení jakosti vody se stanovuje barva způsobená rozpuštěnými látkami, nerozpuštěné látky se jako rušivé odstraňují.

U povrchových vod se na zbarvení podílejí především huminové látky a sloučeniny železité ( $\text{Fe}^{+III}$ ). Způsobují žluté až červenohnědé zbarvení. Žluté až žlutohnědé zbarvení může být také způsobeno jíly a rašelinou, nazelenalé a nahnědlé zbarvení je způsobeno fytoplanktonem. Další zbarvení může být způsobeno odpady z provozů a domácností.

Barvu vody vyhodnoťte pouze slovně pojmenováním odstínu barvy (od bezbarvé, přes světlé a tmavé odstíny různých barev až po černou) a zapíšte.

### 1.3.8. pH vody

Měření pH složí ke zjištění míry kyselosti nebo zásaditosti vody.

1. Z odběrové lahve odlijte část vzorku do kádinky, ze které ponořením skleněné tyčinky odeberte jednu až dvě kapky na univerzální indikátorový papírek.
2. Srovnajte zbarvení papírku s barevnou stupnicí, čímž získáte přibližnou hodnotu pH zkoumané vody. Změny zbarvení indikátoru udávají hodnoty pH, které je možno měřit v rozsahu 0-14. Neutrální bod stupnice je pH 7. Pitná voda by měla mít pH v rozmezí 6,0 až 8,0 z důvodů zdravotních, chuti a současně i zabránění koroze instalace.

<u>pH</u>	<u>charakteristika roztoku</u>
do 4,0	extrémně kyselý
4,1-5,2	kyselý
5,3-6,5	slabě kyselý
6,6-7,4	neutrální



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016

7,5-8,7      slabě zásaditý  
8,8-9,9      zásaditý  
nad 10,0    extrémně zásaditý

---

### **1.3.9. Orientační zjištění stupně znečištění vody**

1. Do kuželové baňky odměřte 100 ml vzorku vody, přikápněte 3 kapky koncentrované  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a opatrně vložte několik skleněných kuliček či kamínků k zamezení vystříknutí obsahu z baňky.
2. Opatrně zahřívejte na síťce nad kahanem.
3. Do vařícího roztoku pomalu přikapávejte z pipety (po kapičkách) tolik roztoku manganistanu draselného, dokud vzorek v baňce nezíská trvalé typické růžovofialové zbarvení.
4. Zapište si spotřebu činidla.
5. (a) Když zbarvení vytrvá už po přidavku 0,1 ml roztoku  $\text{KMnO}_4$  (2 kapky), jedná se o poměrně čistou vodu. (b) Když zbarvení nezmizí po přidání 0,5 ml roztoku (10 kapek), jedná se o mírně znečištěnou vodu. (c) Pokud zbarvení nezmizí po přidání více než 1 ml roztoku (20 kapek), jedná se o silně znečištěnou vodu.

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

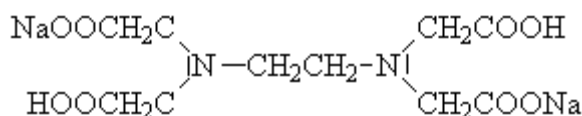
Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016

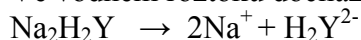
## 2. STANOVENÍ OBSAHU Ca, Mg VE VODĚ CHELATOMETRICKY (TVRDOT VODY)

### 2.1. TEORETICKÝ ÚVOD

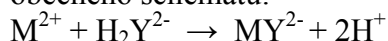
Komplexometrie je odměrná analytická metoda založená na tvorbě komplexních sloučenin s komplexotvorným činidlem. Při komplexometrických (chelatometrických) titracích, kterých se využívá k důkazu a stanovení mnoha látek, je titračním činidlem nejčastěji roztok ethylendiamintetraoctové kyseliny (chelaton II, zkratka EDTA). Dihydrát disodné soli je nejčastěji dostupný pod komerčním názvem chelaton III nebo komplexon (zkráceně Na<sub>2</sub>H<sub>2</sub>Y). Pro přímé komplexometrické titrace se používají speciální indikátory, k těm nejpoužívanějším se řadí murexid, eriochromová čern T a pyrokatechinová violeť.



Ve vodném roztoku dochází k disociaci chelatonu III:

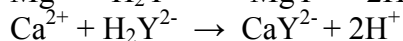
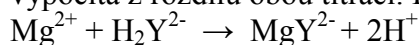


EDTA (chelaton III) reaguje s kovovými ionty za vzniku komplexní sloučeniny – tzv. chelátu vždy v molárním poměru 1:1 (čímž odpadájí potíže s určením titračního faktoru), tedy podle obecného schématu:



Při reakci se uvolňují protony, proto bude průběh reakce ovlivněn hodnotou pH.

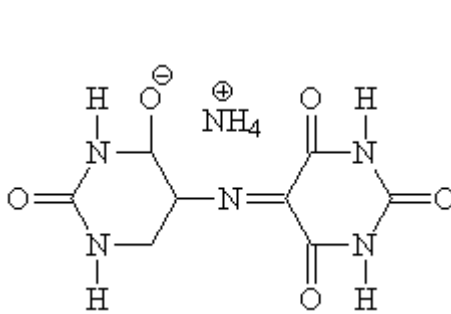
Celkový obsah obou iontů lze stanovit současně titrací chelatonem III v prostředí amonného tlumivého pufru (pH 10) s použitím metalochromního indikátoru eriochromové černi T (stanoví se suma Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup>). Ve vodných roztocích kolem pH 6 přechází eriochromová čern T z vínově červeného zbarvení do modrého a při pH nad 12 do oranžového. Obsah samotného Ca se zjistí chelatonem III v silně zásaditém roztoku (pH 11 až 12) na indikátor murexid, hořčík se přitom vyloučí jako málo rozpustný hydroxid (průhledná gelovitá sraženina), avšak stanovení Ca jeho sraženina neruší. Roztok murexidu je pod pH 6 červenofialový, v alkaličtějším roztocích je výrazně modrofialový. Obsah Mg<sup>2+</sup> se poté vypočítá z rozdílu obou titrací. Při stanovení probíhá tato reakce:



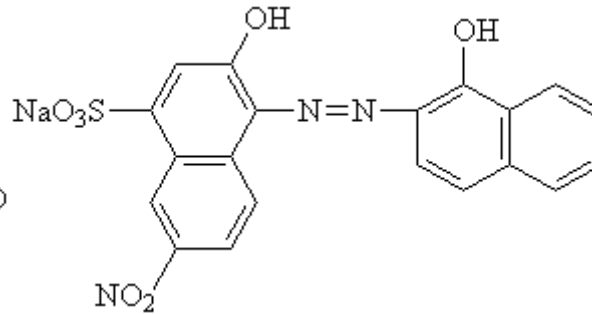
## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016



MUREXID



ERIOCHROMOVÁ ČERŇ T

Celková tvrdost vody udává množství kationtů kovů alkalických zemin, převážně vápníku a hořčíku ve vodě. Udává se v milimolech na litr (mmol/l) nebo v německých stupních tvrdosti vody ( $^{\circ}\text{d}$ ,  $^{\circ}\text{dH}$ ,  $^{\circ}\text{DH}$ ), pro nějž platí přepočtový vztah  $1 \text{ mmol/l} = 5,6^{\circ}\text{d}$ .  $1^{\circ}\text{dH} = 1$  německý stupeň tvrdosti vody odpovídá 1 mg CaO na 100 ml vody. Pojem tvrdost vody hraje z technologického hlediska důležitou roli ať již z hlediska čistících procesů (praní) či z hlediska ohřevu vody. Pro slovní charakterizaci tvrdosti vody se užívají různé stupnice:

Tvrdost vody		
počet mmol Ca v 1 litru [mmol/l]	německé stupně [ $^{\circ}\text{dH}$ ]	slovní charakteristika
0 - 0,5	0 - 2,8	velmi měkká
0,5 - 1,25	2,8 - 7	měkká
1,25 - 2,5	7 - 14	středně tvrdá
2,5 - 3,75	14 - 21	tvrdá
nad 3,75	nad 21	velmi tvrdá

Kationty  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$  jsou velmi důležité pro lidský organismus, jejich přítomnost je tedy žádoucí. Ze zdravotního hlediska doporučené koncentrace v pitné vodě:

$\text{Ca}^{2+}$  40–80 mg/l

$\text{Mg}^{2+}$  20–30 mg/l

## 2.2. EXPERIMENTÁLNÍ VYBAVENÍ

*Laboratorní materiál:* pipeta, byreta, odměrný válec, odměrná zkumavka, zkumavky se zátkami, titrační baňka, lžička, magnetické míchadlo, univerzální pH papírek

*Chemikálie:* 2M roztok NaOH, 0,05M roztok chelatonu III, směs indikátoru murexidu a NaCl (1:100, tj. 0,1 g murexidu + 10 g NaCl), směs indikátoru eriochromová čern a NaCl (1:100, tj. 0,1 g černi + 10 g NaCl), Schwarzenbachův tlumivý pufr (350 ml 25%  $\text{NH}_3$  smíchat s 54 g  $\text{NH}_4\text{Cl}$  a doplnit destilovanou vodou do 1 litru), roztok mýdla v ethanolu (15 g nastrouhaného



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016

mýdla rozpustit v 250 ml ethanolu a přefiltrovat), destilovaná voda, libovolné vzorky vody (minerální, odpadní, dešťová, ...)

### 2.3. PRACOVNÍ POSTUP

#### 2.3.1. Přibližné zjištění tvrdosti vody

1. Do jedné zkumavky odměřte 10 ml destilované vody a do druhé zkumavky 10 ml vzorku vody.
2. Poté do obou zkumavek přikápněte 10 kapek ethanolového mýdlového roztoku, zkumavky uzavřete zátkami a obě najednou intenzivně třepejte po dobu 2 minut.
3. Změřte výšku pěny a výsledky zapište.
4. Nejvíce pěny se tvoří v destilované vodě, která neobsahuje žádné soli způsobující tvrdost vody. V měkké vodě mýdlo dobře pění (vhodná pro praní, napájení kotlů, ...), v tvrdé vodě se pěna netvoří a mýdlo vyvločkuje.

#### 2.3.2. Stanovení $\text{Ca}^{2+}$

1. Sestavte titrační aparaturu složenou z byrety připevněné na stojan a titrační baňky.
2. Do titrační baňky odpipetujte 50 ml vzorku vody, přidejte 6 ml NaOH (2M) a ověřte zásadité pH vzorku (skleněnou tyčinku ponořte do vzorku a dotkněte se jí univerzálního indikátorového pH papírku). pH by mělo být přibližně 12.
3. Do titrační baňky přidejte 0,1 g směsi indikátoru murexidu a NaCl (na špičku lžičky), aby vznikl silně červený roztok.
4. Byretu naplňte roztokem chelatonu III a ihned tímto roztokem titrujeme, titraci ukončíme při změně barvy z červené na modrofialovou.
5. Zapište hodnotu spotřebovaného chelatonu III.
6. Stanovení proveďte celkem třikrát a vypočítejte průměrnou hodnotu spotřeby chelatonu.
7. Vypočítejte koncentraci  $\text{Ca}^{2+}$  v 50 ml vzorku, vyjádřete v mmol/l.

#### 2.3.3. Stanovení $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$

1. Sestavte titrační aparaturu složenou z byrety připevněné na stojan a titrační baňky.
2. Do titrační baňky odpipetujte 50 ml vzorku vody, přidejte 5 ml Schwarzenbachova tlumivého pufru (pH 10) a na špičku lžičky indikátoru eriochromová čerň T, aby vznikl intenzivně vínově červený roztok.
3. Titrujte roztokem chelatonu III až do modrého zbarvení.
4. Zapište hodnotu spotřebovaného chelatonu III.
5. Stanovení proveďte celkem třikrát a vypočítejte průměrnou hodnotu spotřeby.
6. Ze zjištěných spotřeb vypočítejte koncentraci  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$  v 50 ml vzorku, vyjádřete v mmol/l a určete celkový stupeň tvrdosti vody slovně.

### 2.4. VYHODNOCENÍ

Koncentraci iontů  $\text{Ca}^{2+}$  v mmol/l ( $c_a$ ) ve vzorku vody vypočtete dle vztahu:

$$c_a = c_t \times V_t \times 10^3 / V_a$$



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016

Společná koncentrace iontů  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$  v mmol/l ( $c_a$ ) ve vzorku vody vypočtete dle vztahu:  
$$c_a = c_t \times V_t \times 10^3 / V_a$$

kde  $c_t$  a  $V_t$  jsou koncentrace a spotřebovaný objem odměrného roztoku (chelatonu) a  $V_a$  je stanovovaný objem vzorku vody.

## 3. CHLORIDY VE VODĚ

### 3.1. TEORETICKÝ ÚVOD

Vzhledem k poměrně vysokým obsahům chloridů ve všech typech vod, lze použít k jejich stanovení metody odměrné – argentometrická či merkurimetrická titrace. Lze však použít i potenciometrické měření za použití iontově selektivní chloridové elektrody. V dnešní době je všeobecně vysoký výskyt chloridů v přírodě a další zvýšení vzniká splachem hnojiv z polí a soli (převážně NaCl) z posypu silnic v zimním období.

Argentometrie je odměrná analytická metoda, založená na vzniku málo rozpustných či nerozpustných sloučenin stříbra, tj. sloučenin s velmi malou hodnotou součinu rozpustnosti  $K_S$ . Jako odměrný roztok se používá  $\text{AgNO}_3$  a základními (standardními) látkami jsou NaCl a KCl. Přímou titrací odměrným roztokem  $\text{AgNO}_3$  lze stanovit ionty  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ , rhodanidy  $\text{CNS}^-$

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016

a kyanidy  $\text{CN}^-$ . K indikaci bodu ekvivalence se často používá indikátor 5% roztok  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ . Vznik oranžovo-červeného trvalého zbarvení sraženiny  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  nad sedlinou signalizuje ukončení titrace (indikace podle Mohra).

### 3.2. EXPERIMENTÁLNÍ VYBAVENÍ

*Laboratorní materiál:* zkumavky, držák na zkumavky, titrační baňka, byreta, pipeta, kádinky, lžička

*Chemikálie:* indikátor 5% roztok  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ , odměrný roztok 0,01M  $\text{AgNO}_3$ , 5%  $\text{AgNO}_3$ , zředěná  $\text{HNO}_3$ , vzorek vody

### 3.3. PRACOVNÍ POSTUP

#### 3.3.1. Důkaz chloridů ve vodě

1. Do zkumavky s 10ml vzorku vody přidejte asi 0,5 ml 5%  $\text{AgNO}_3$  a několik kapek zředěné  $\text{HNO}_3$ .
2. V závislosti na koncentraci chloridů vznikne opalescence, bílý zákal nebo sraženina chloridu stříbrného. Pokud nevzniká ani zákal, ani sraženina, vzorek vody neobsahuje žádné chloridy.
3. Zapište proběhlou reakci iontovou rovnicí.

#### 3.3.2. Argentometrické stanovení chloridů ve vodě

1. Do titrační baňky odměřte 100 ml zkoumané vody a přidejte 20 kapek indikátoru  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ .
2. Titrujte odměrným roztokem  $\text{AgNO}_3$  až se roztok jednou kapkou trvale zbarví červeno-hnědě (oranžovo-červeně).
3. Vypočítejte celkovou hmotnost  $\text{Cl}^-$  iontů (chloridů) ve 100 ml zkoumané vody. Pokud stanovujete obsah chloridů v minerální vodě, výsledek porovnejte s údaji na etiketě na lahvi.
4. Dobrá voda obsahuje 8-50 mg/l, podezřelá nad 50 mg/l a špatná nad 100 mg/l chloridů.

## 4. STANOVENÍ AMONIAKÁLNÍHO DUSÍKU A DŮKAZ AMONIAKU VE VODĚ



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



Univerzita Palackého  
v Olomouci

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016

### 4.1. TEORETICKÝ ÚVOD

Dusík se vyskytuje ve vodách vázaný ve formě amoniaku (N-NH<sub>4</sub>), dusitanů (N-NO<sub>2</sub>), dusičnanů (N-NO<sub>3</sub>), organických látek a jako rozpuštěný plyn N<sub>2</sub>. Důkaz amoniaku indikuje fekální znečištění vod, neboť se uvolňuje rozkladem rostlinných a živočišných zbytků. Jeho dobrá rozpustnost ve vodě je příčinou znečištění vod ve studních. Mezní hodnota pro výskyt amonných iontů je 0,5 mg/l.

Amoniakální dusík se vyskytuje prakticky ve všech typech vod. Stanovení patří mezi nejběžnější prováděná stanovení vody. Pro přímé stanovení se užívá fotometrická metoda s Nesslerovým činidlem. Metody lze užít pro stanovení amoniakálního dusíku v koncentracích nad 0,05 mg/litr NH<sup>4+</sup>. Bez ředění lze stanovit maximálně 4 mg/litr NH<sup>4+</sup>.

### 4.2. EXPERIMENTÁLNÍ VYBAVENÍ

*Laboratorní materiál:* kyvety do spektrofotometru, skleněná tyčinka, pipety, špachtle, kádinky, zkumavky

*Chemikálie:* vzorek vody, Nesslerovo činidlo, vinan draselno-sodný (25 g/50 ml vody), chlorid amonný (standardní roztok na sestrojení kalibrační křivky), fenol, nitroprusid sodný, hydroxid sodný, chlornan sodný

*Příprava Nesslerova činidla:* Ve 20 ml vody se postupně rozpustí 30 g KI a 25 g jodu. Po rozpuštění se přidá 30 g redestilované kovové rtuti a směs se dobře protřepe (zahřívá-li se směs příliš, chladí se vodou) tak dlouho, až se všechnen jod spotřebuje a roztok se odbarví. Pak se roztok oddekantuje, rtuť a sediment se promyjí malým množstvím destilované vody, která se pak přidá k hlavnímu podílu. Roztok má dávat se škrobem pozitivní reakci na jod. Není-li tomu tak, přidá se po kapkách roztok jodu v KI, až je možné dokázat jeho slabý nadbytek. Pak se roztok zředí na 200 ml, promíchá a přilije k 975 ml 10% NaOH.

*Přístroje:* spektrofotometr, váhy, termostat

### 4.3. PRACOVNÍ POSTUP

#### 4.3.1. Důkaz amoniaku

1. K 5 ml vzorku vody ve zkumavce přikápněte několik kapek Nesslerova činidla.
2. Pokud vzorek vody obsahuje amoniak, reakcí s činidlem vzniká žlutooranžové zbarvení.

#### 4.3.2. Stanovení amoniakálního dusíku s Nesslerovým činidlem

1. Připravte sérii kalibračních standardů k sestrojení kalibrační křivky pro výpočet koncentrace amoniakálního dusíku.
2. Připravte si standardní roztok chloridu amonného o koncentraci 0,1 g/litr (0,1 g rozpustíme v 1 litru vody).
3. Ze standardního roztoku si připravte sadu kádinek obsahujících 50 ml roztoku chloridu amonného o vzrůstající koncentraci 0,5 až 4 mg/litr.
4. Ke 50 ml standardu přidejte 2 kapky roztoku vinanu draselno-sodného a směs promíchejte.
5. Poté přidejte 1 ml Nesslerova činidla a směs opět promíchejte.
6. Po 10 minutách změřte absorbanci při 425 nm (ze směsi odeberte 2 ml do kyvety).
7. Nyní si připravte 50 ml zkoumaného vzorku vody.

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016

- Ke 50 ml vzorku vody přidejte 2 kapky roztoku vinanu draselno-sodného a směs promíchejte.
- Poté přidejte 1 ml Nesslerova činidla a směs opět promíchejte.
- Po 10 minutách změřte absorbanci při 425 nm (ze směsi odeberte 2 ml do kyvety).
- U blanku – slepého vzorku proveďte přípravu stejným způsobem, pouze s destilovanou vodou prostou amoniaku.
- Hmotnostní koncentraci amoniakálního dusíku ve vzorku určete z kalibrační křivky.
- Výsledek vyjádřete v mg/litr  $\text{NH}_4^{4+}$ .

### **4.3.3. Stanovení amoniakálního dusíku ve formě indofenolu**

- Principem je využití modrého zbarvení indofenolu, který se tvoří reakcí s chlornanem sodným ( $\text{NaClO}$ ) a fenolem.
- Připravte si standardní roztok chloridu amonného o koncentraci 0,1 g/litr a z něj si připravte sadu kádínek obsahujících 50 ml roztoku chloridu amonného o vzrůstající koncentraci 0,5 až 4 mg/litr.
- Na stanovení použijte 10 ml vzorku vody, ke kterému přidejte směsný roztok fenolu a nitroprusidu sodného a směsný roztok hydroxidu sodného a chlornanu sodného.
- Směs ponechejte reagovat v termostatu při 50°C.
- Pro sadu kádínek s chloridem amonným (k sestrojení kalibračního grafu) proveďte přípravu stejným způsobem.
- U blanku – slepého vzorku proveďte přípravu stejným způsobem, pouze s destilovanou vodou prostou amoniaku.
- Poté změřte absorbanci při 635nm a z kalibračního grafu stanovte obsah  $\text{NH}_3$ .
- Výsledek vyjádřete v mg/litr  $\text{NH}_4^{4+}$ .



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016

## 5. STANOVENÍ DUSIČNANŮ VE VODĚ

### 5.1. TEORETICKÝ ÚVOD

Dusičnany nejsou samy o sobě toxické, zčásti jsou však mikroflórou ústní dutiny, při některých infekcích i střevní mikroflórou (po bakteriální redukci v gastrointestinálním traktu), redukovány na toxické dusitany. Tato skutečnost může být významná při požití většího množství dusičnanů. Přijatelný denní příjem je 4–5 mg  $\text{NO}_3^-$ /kg tělesné hmotnosti, přitom podíl příjmu  $\text{NO}_3^-$  pitnou vodou představuje průměrně třetinu. Nejvyšší mezní hodnota  $\text{NO}_3^-$  v pitné vodě je 50 mg/l. Pro splnění podmínek jakosti pitné vody musí být dodržena následující podmínka:

$$\frac{\text{NO}_3^-(\text{mg/l})}{50} + \frac{\text{NO}_2^-(\text{mg/l})}{3} \leq 1$$

Voda pro kojence z pohledu prevence dusičnanové alimentární methemoglobinemie může obsahovat jen do 15 mg  $\text{NO}_3^-$ /l. Při methemoglobinemii dochází reakcí dusitanů s krevním barvivem (hemoglobinem F) ke vzniku methemoglobinu, který není schopen přenášet kyslík. Tudíž bez včasné lékařské pomoci se jedinec udusí.

V potravě je nejvyšší obsah dusičnanů v některých druzích zeleniny, kde často přesahuje hodnotu 1000 mg/kg. Nejméně dusičnanů obsahuje plodová zelenina, nejvíce červená řepa, skleníkové ředkvičky a saláty. Vysoká koncentrace  $\text{NO}_3^-$  ve vodním zdroji signalizuje zpravidla průnik vody vrstvami se značnou úrovní biologických dějů, a tedy značnou pravděpodobnost bakteriální kontaminace. Zdrojem jsou plachy z polí hnojených dusíkatými hnojivy. Ve volném prostředí vznikají dusičnany při nitrifikaci amoniakálního dusíku.

Při fotometrickém stanovení se kyselina dusičná (uvolněná kyselinou sírovou z dusičnanů obsažených ve vzorku vody) nitruje kyselinou salicylovou. Po zalkalizování roztoku

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016

přídavkem NaOH (tj. po ionizaci karboxylové skupiny) se tyto nitroderiváty (nitrosalicylát) žlutě vybarví. Měří se intenzita žlutého zbarvení při  $\lambda = 415 \text{ nm}$ .

### 5.2. EXPERIMENTÁLNÍ VYBAVENÍ

*Laboratorní materiál:* zkumavky, stojánek na zkumavky, pipety, kádinky, kyvety do spektrofotometru

*Chemikálie:* roztok difenylaminu v koncentrované  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (smíchat 25 ml kyseliny octové, 0,7 ml kyseliny sírové a 0,25 g difenylaminu), 30% NaOH, salicylan sodný (1% vodný roztok), koncentrovaná  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , zásobní kalibrační roztok  $\text{NO}_3^-$  (100 mg/l) – z něj vytvořit kalibrační standardy o koncentracích 1 – 60 mg/l

*Přístroje:* spektrofotometr, váhy

### 5.3. PRACOVNÍ POSTUP

#### 5.3.1. Důkaz dusičnanů ve vodě pomocí difenylaminu

1. K 5 ml vzorku vody ve zkumavce přidejte 0,1 ml roztoku difenylaminu v kyselině sírové (pozor žiravina!). Vzniká modrý produkt.
2. Dusičnany oxidují v prostředí koncentrované  $\text{H}_2\text{SO}_4$  difenylamin na modře zbarvený produkt.

#### 5.3.2. Stanovení dusičnanů ve vodě pomocí salicylové kyseliny

1. Odpipetujte 10 ml vzorku vody do odpařovací misky a přidejte 0,2 ml roztoku NaOH a 1 ml salicylanu sodného.
2. Po promíchání (krouživým pohybem misky) odpařte na plotýnce dosucha. K odparku přidejte 1 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a pokračujte v zahřívání ještě 2-3 minuty.
3. Po mírném ochlazení přidejte asi 20 ml destilované vody, a dále 7 ml roztoku NaOH.
4. Promíchejte obsah misky pomalým krouživým pohybem a potom jej kvantitativně převed'te do odměrné baňky o objemu 50 ml.
5. Vyčkejte ochlazení na laboratorní teplotu a potom doplňte destilovanou vodou po rysku.
6. Změřte na spektrofotometru absorbanci při  $\lambda = 415 \text{ nm}$  proti destilované vodě (blank).
7. Stejným způsobem proved'te stanovení u kalibračních roztoků ( $\text{NO}_3^-$ ) o koncentraci 1 – 60 mg/l.
8. Do grafu zanešte absorbance kalibračních roztoků (minimálně 5 bodů), body proložte spojnicí trendu a z její rovnice vypoč'tete koncentraci dusičnanů v neznámém vzorku.



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016

## 6. NEFELOMETRICKÉ STANOVENÍ SÍRANŮ VE VODĚ

### 6.1. TEORETICKÝ ÚVOD

Stanovení absorpční spektrometrií (nefelometrické) je založeno na reakci síranů ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) s chloridem barnatým za vzniku bílého zákalu síranu barnatého, kdy intenzita zbarvení je úměrná koncentraci síranů ve vzorku. Metoda je spolehlivá do koncentrace síranů 50 mg/l.

$$\text{SO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow$$

Další z metod ke stanovení síranů je vážkové stanovení nebo titrační stanovení. Principem titračního stanovení je reakce síranového aniontu s kationtem  $\text{Pb}^{2+}$ . Vzniklý síran olovnatý je málo rozpustný a jeho rozpustnost se ještě snižuje pokud je titrace prováděna v prostředí acetonu nebo etanolu. Přebytek kationtů  $\text{Pb}^{2+}$  pak reaguje s indikátorem dithizonem





## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016

za vzniku nerozpustného komplexu. Konec titrace je indikován změnou barvy ze zelené do fialově červené. Metoda je vhodná pro koncentrace síranů nad 50 mg/l.

### 6.2. EXPERIMENTÁLNÍ VYBAVENÍ

*Laboratorní materiál:* 1 cm kyvety do spektrofotometru, kádinky, lžička, váženka

*Chemikálie:* pevný chlorid barnatý, „roztok na sírany“ (240 g NaCl + 20 ml koncentrované HCl doplněné na 1 litr destilovanou vodou), Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – roztok o koncentraci 1 g/l pro přípravu kalibračních roztoků (1,478 g vysušeného Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> rozpustíme v 1 litru destilované vody), vzorek vody

*Přístroje:* spektrofotometr, stopky, váhy, magnetická míchačka + magnetická míchadélka

### 6.3. PRACOVNÍ POSTUP

1. Do kádinky odpipetujte 25 ml vzorku vody.
2. Současně přidejte 5 ml roztoku „na sírany“, a 0,1 g pevného BaCl<sub>2</sub>.
3. Směs 45 sekund intenzivně míchejte a poté nechejte stát 4 minuty.
4. Poté opět 30 sekund míchejte a ihned změřte absorbanci vzorku při vlnové délce 570 nm v 1 cm kyvetě.
5. Koncentraci neznámého vzorku stanovte minimálně dvakrát.
6. Stejným způsobem proveďte stanovení u vzorku s destilovanou vodou (slepé stanovení - blank) a u kalibračních roztoků o koncentraci 1 – 50 mg/l.
7. Do grafu zanepte absorbance kalibračních roztoků (minimálně 5 bodů) zmenšené o absorbanci slepého stanovení, body proložte spojnicí trendu a z její rovnice vypočtete koncentraci síranů v neznámém vzorku.

## 7. DŮKAZY KOVŮ A FENOLU VE VODĚ

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016

### 7.1. TEORETICKÝ ÚVOD

Cílem této úlohy je seznámit se s možnostmi jednodušších stanovení vybraných škodlivin ve vodě jako složce životního prostředí. Přesné stanovení kovů (sodíku, draslíku, vápníku, hořčíku, železa, hliníku, mědi, zinku aj.) ve vzorcích vod lze provést např. chelatometricky, emisní plamenovou fotometrií, absorpční spektrofotometrií nebo polarograficky.

K znečištění vod fenoly přispívají odpadní vody z provozů tepelného zpracování uhlí, rafinerií ropy, výroby pesticidů a různých organických chemikálií. Fenoly ve vodě zhoršují vlastnosti pitné vody (vnímané smysly), zvláště chuťové.

### 7.2. EXPERIMENTÁLNÍ VYBAVENÍ

*Laboratorní materiál:* stojánek na zkumavky, zkumavky, zátka na zkumavky, odpařovací miska, Pasterova pipeta, odměrná zkumavka, skleněná tyčinka, kahan, síťka, tuha do tužky  
*Chemikálie:* vzorky vody, 10% kyselina chlorovodíková, 10% hydroxid sodný, 0,01% alkoholový roztok chinalizarinu, 10% chlorid železitý, 2% červená krevní sůl (hexakyanidoželezitan draselný)

### 7.3. PRACOVNÍ POSTUP

#### 7.3.1. Důkaz hořčíku

1. Do zkumavky s 10 ml vzorku vody přidejte 1 ml kyseliny chlorovodíkové.
2. Uzavřete zkumavku zátkou a její obsah intenzivně protřepejte po dobu 2 minut.
3. Poté přilijte 3 ml hydroxidu sodného a 1 ml chinalizarinu, vzniká modré zbarvení.
4. Pokud zbarvení nevznikne hned, uložte zkumavku s obsahem do stojanu a vraťte se k výsledku za delší dobu.
5. Různá intenzita modrého zbarvení je závislá na obsahu hořečnatých iontů ve vzorku vody.

#### 7.3.2. Důkaz železa

1. Do zkumavky nalijte 10 ml vzorku vody a přidejte 1 ml kyseliny chlorovodíkové a 1 ml červené krevní soli.
2. Vzorek se zbarví modře, pokud obsahuje železnaté ionty. Na výsledek je nutné někdy čekat i delší dobu.

#### 7.3.3. Důkaz vápníku a sodíku

1. Do odpařovací misky nalijte asi 5 ml vzorku vody a odpařte na síťce nad kahanem.
2. Na získaný odparek nakapejte 3 až 5 kapek kyseliny chlorovodíkové.
3. Po reakci proveďte důkaz v plameni, kdy do roztoku ponořte konec tuhy a ten potom vložte do nesvítivé části plamene.
4. Šumění po nakapání kyseliny na odparek dokazuje přítomnost a následující rozklad uhličitanů.
5. Oranžové zbarvení plamene dokazuje ionty vápníku, žluté zbarvení ionty sodíku.

#### 7.3.4. Důkaz fenolu

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016

1. K 5 ml vzorku vody ve zkumavce přidejte 1 ml roztoku chloridu železitého.
2. Reakcí vzniká modrofialové zbarvení vzniklými produkty.

## 8. DŮKAZOVÉ REAKCE VODY

### 8.1. TEORETICKÝ ÚVOD

K důkazu vody v organických kapalinách nebo jako sušidla se používá síran měďnatý ( $\text{CuSO}_4$ ), který je znám také pod triviálním názvem modrá skalice, dříve i jako modrý vitriol. Je to nejběžnější sloučenina [mědi](#). Vzniká reakcí [kyseliny sírové](#) s [oxidem měďnatým](#). V bezvodém stavu tvoří bílý prášek, který přijímáním [vody](#) modrá.

### 8.2. EXPERIMENTÁLNÍ VYBAVENÍ

*Laboratorní materiál:* Petriho miska, kapátko, lžička, zkumavky se zátkou

*Chemikálie:* bezvodý  $\text{CuSO}_4$ , olej, aceton, ocet, pomerančová šťáva, mléko, ethanol, voda

### 8.3. PRACOVNÍ POSTUP

#### 8.3.1. Důkaz vody v různých látkách

1. Na Petriho misku si rozdělte trochu bezvodého  $\text{CuSO}_4$  do šesti oddělených hromádek.
2. Na jednotlivé hromádky naneste kapátkem jednu z následujících látek: kapku oleje, acetonu, vody, octa, pomerančové šťávy a mléka. Zaznamenejte pozorování.
3. Pozorujte, že z bílého bezvodého síranu měďnatého vznikl modrý pentahydrát  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  – tato reakce se využívá k důkazu přítomnosti vody. Ocet, šťáva a mléko obsahují také vodu, neboť tato voda váže síran měďnatý za vzniku modrého pentahydrátu síranu měďnatého.

#### 8.3.2. Důkaz vody v ethanolu

1. Do zkumavky s několika mililitry ethanolu přidejte malou lžičku vyžíhaného síranu měďnatého a obsah zkumavky protřepejte.
2. Po chvíli začne síran měďnatý modrat, vzniká pentahydrát síranu měďnatého.
3. V laboratoři užívaný ethanol obsahuje přibližně 4% vody.



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016

## 9. STANOVENÍ OBSAHU VODY V ROSTLINNÉM PLETIVU A V ŽIVOČIŠNÉ TKÁNI

### 9.1. TEORETICKÝ ÚVOD

Nejrozšířenější složkou živých soustav je voda, která tvoří v průměru 60% hmotnostního obsahu živočišných buněk a 75% obsahu rostlinných buněk. V některých organismech může voda dosahovat až 90% z celkové hmotnosti. Voda vytváří jedinečné prostředí pro existenci a biochemickou aktivitu živých soustav.

### 9.2. EXPERIMENTÁLNÍ VYBAVENÍ

*Laboratorní materiál:* Petriho miska, čerstvá živočišná tkáň (játra, svaly) a rostlinné pletivo (listí, plody)

*Přístroje:* váhy, exsikátor, sušárna

### 9.3. PRACOVNÍ POSTUP

1. Na Petriho misce odvažte přesně čerstvé rostlinné pletivo nebo živočišnou tkáň (5 g).
2. V sušárně při teplotě okolo 110°C vysušte vzorek do konstantní hmotnosti.
3. Před vážením nechte sušinu na Petriho misce v exsikátoru vychladnout a poté vzorek zvažte.
4. Z rozdílu hmotností vypočítejte hmotnostní zlomek vody ve zkoumaném vzorku.



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016

## 10. STANOVENÍ NEUTRALIZAČNÍ KAPACITY VODY

### 10.1. TEORETICKÝ ÚVOD

Neutralizační kapacita vody je schopnost vody vázat určité množství kyseliny (kyselinová neutralizační kapacita - KNK) do předem zvolené hodnoty pH. KNK je dána spotřebou jednosytné kyseliny při titraci 1 litru vody do zvolené hodnoty pH. Zvláštním případem KNK vody je kyselinová neutralizační kapacita do pH 4,5 ( $KNK_{4,5}$ ), tzv. celková alkalita (m-hodnota), a kyselinová neutralizační kapacita do pH 8,3 ( $KNK_{8,3}$ ), tzv. zjevná alkalita (p-hodnota). Alkalická (zásadová) neutralizační kapacita (ZNK) je pak dána spotřebou jednosytné zásady při titraci stejného množství vody do zvolené hodnoty pH. Výsledek se vyjadřuje v mmol/l.

Volba hodnoty pH závisí na účelu, ke kterému má neutralizační kapacita sloužit. Např. u průmyslových odpadních vod je vhodné stanovit NK do pH 7. Pak tato hodnota slouží jako technologický parametr, z kterého lze odhadnout spotřebu kyseliny resp. zásady pro neutralizaci odpadní vody.

---

typ NK	titrační činidlo	indikátor
--------	------------------	-----------

---

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016

ZNK <sub>4,5</sub>	0,1M NaOH	methylenová oranž
ZNK <sub>8,3</sub>	0,1M NaOH	fenolftalein
KNK <sub>8,3</sub>	0,1M HCl	fenolftalein
KNK <sub>4,5</sub>	0,1M HCl	methylenová oranž

Indikátor indukce dosažení určité hodnoty pH. vzhledem k tomu, že různé indikátory mají různý rozsah pH (funkční oblast indikátoru), v kterém mění svoje zbarvení a různou citlivost indikátoru, dosažení zvolené hodnoty pH mnohem přesněji indukce potenciometrická titrace.

## 10.2. EXPERIMENTÁLNÍ VYBAVENÍ

*Laboratorní materiál:* kádinky, byreta, pipety, odměrný válec, magnetická míchadélka

*Chemikálie:* vzorek vody, methylenová oranž, fenolftalein, 0,1M NaOH, 0,1M HCl

*Přístroje:* pH metr, magnetická míchačka

## 10.3. PRACOVNÍ POSTUP

### 10.3.1. Stanovení NK při použití indikátoru

1. Do čisté kádinky odměřte 100 ml vzorku vody a přidejte několik kapek indikátoru.
2. Poté z byrety přidávejte titrační činidlo až do požadované změny barvy (v kyselém prostředí je fenolftalein bezbarvý, v bazickém prostředí se zbarví fialově, k přechodu dochází při pH 8,2-9,8; methylenová oranž je v pH > 4 oranžovožlutá, při pH < 4 přechází na červenou barvu).
3. Po každém přidání činidla roztok promíchejte.
4. Zapište si spotřebu činidla a vypočtete NK.

### 10.3.2. Stanovení NK při použití potenciometrické titrace

1. Do čisté kádinky odměřte takový objem vzorku vody, aby elektrody pH metru byly potopeny.
2. Přidávejte z byrety titrační činidlo a současně měřte pH.
3. Po každém přidání činidla roztok promíchejte.
4. Při dosažení zvolené hodnoty pH odečtete spotřebu titračního činidla a vypočtete NK.

## 10.4. VYHODNOCENÍ

1. Hodnoty objemu titračního činidla a pH vyneste ve vhodném měřítku do grafu.
2. Vypočtete NK dle vztahu:

$$NK_{pH} = (V \times c \times f) / V_0$$

$NK_{pH}$  (mmol/l) – neutralizační kapacita (KNK či ZNK)

V (ml) – spotřeba odměrného činidla při titraci vzorku do zvoleného pH

$V_0$  (ml) – původní objem vzorku vody

c (mmol/l) – koncentrace titračního činidla (roztoku jednosytné kyseliny či zásady)



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016

f – faktor odměrného činidla

## 11. STANOVENÍ CHEMICKÉ SPOTŘEBY KYSLÍKU

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016

### 11.1. TEORETICKÝ ÚVOD

Při analýze vody se používá odměrná (titrační) analýza zejména pro zjištění stupně znečištění jako tzv. chemická spotřeba kyslíku (CHSK) realizovaná manganistanovou metodou (Kubelova metoda z roku 1866). Přesnější metodou je dichromanová metoda, je však ale pracnější a časově náročná, pracuje se navíc s toxickými chemikáliemi. V principu je CHSK redoxní titrací, při níž jsou organické látky ve vzorku vody oxidovány silným oxidačním činidlem. Tento nespecifický ukazatel tedy souvisí s mírou organického znečištění vody.

Manganistanová metoda se nejčastěji používá pro pitné a přírodní vody. Nejvyšší přípustná hodnota CHSK pro pitnou vodu je 3 mg/l a pro ostatní povrchové vody 20 mg/l. Princip této metody spočívá v oxidaci organických látek manganistanem draselným (v přebytku – minimálně 40%) v kyselém prostředí  $H_2SO_4$  při varu. Úbytek  $KMnO_4$ , tj. množství spotřebované na oxidaci organických látek, se zjistí odměrným stanovením tak, že po ukončené oxidaci se do reakčního roztoku přidá známé množství standardního odměrného roztoku kyseliny šťavelové, která se zpětně titruje  $KMnO_4$ . Výsledek stanovení se udává v jednotce mg/l.

### 11.2. EXPERIMENTÁLNÍ VYBAVENÍ

*Laboratorní materiál:* byreta, pipety, odměrný válec, titrační baňka, hodinové sklo, kádinky, varné kamínky, teploměr, bílý papír

*Chemikálie:* vzorek vody, destilovaná voda, odměrný roztok  $KMnO_4$  (0,002 mol/l), odměrný roztok kyseliny šťavelové (0,005 mol/l), roztok  $H_2SO_4$  (zředěný 1:2)

*Přístroje:* vařič

### 11.3. PRACOVNÍ POSTUP

#### 11.3.1. Stanovení CHSK manganistanovou metodou

1. Do varné (titrační) baňky vložte několik varných kamínků a přidejte 100 ml vzorku vody.
2. Přidejte 5 ml roztoku kyseliny sírové a 20 ml odměrného roztoku  $KMnO_4$  a vše promíchejte.
3. Na hrdlo baňky položte hodinové sklo a umístěte baňku na vařič.
4. Směs zahřívajte tak, aby se do 5 minut uvedla k varu a var udržujte přesně 10 minut.
5. K horkému roztoku ihned přidejte 20 ml roztoku kyseliny šťavelové o přesné koncentraci 0,005 mol/l.
6. Odbarvený horký roztok ihned titrujte roztokem  $KMnO_4$  do stabilního slabě růžového zbarvení (za použití bílého pozadí – bílá čtvrtka papíru). Teplota vzorku při titraci nesmí klesnout pod 80°C.
7. Zapište hodnotu spotřeby odměrného roztoku  $KMnO_4$  (tzv. slepý pokus).
8. Tímto je odměrný roztok  $KMnO_4$  standardizován titrací s odměrným roztokem kyseliny šťavelové.
9. Ke vzorku, kde byla určena spotřeba na slepý pokus, přidejte znovu 20 ml kyseliny šťavelové a po zahřátí k varu opět titrujte odměrným roztokem  $KMnO_4$ .





## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016

10. Zapište hodnotu spotřeby odměrného roztoku  $\text{KMnO}_4$ .
11. Stanovení proveďte celkem třikrát a vypočítejte průměrnou hodnotu spotřeby  $\text{KMnO}_4$ .

### 11.4. VYHODNOCENÍ

Hodnotu CHSK vypočtete dle rovnice a vyjádřete v jednotkách mg/l O:

$$\text{CHSK} = (V_t - V_s) \times 80 / V_v$$

$V_t$  – spotřeba odměrného roztoku  $\text{KMnO}_4$

$V_s$  – spotřeba odměrného roztoku  $\text{KMnO}_4$  při slepém stanovení

$V_v$  – použitý objem vzorku vody

80 – titrační faktor vypočtený z koncentrace odměrného roztoku  $\text{KMnO}_4$  a molární hmotnosti kyslíku, na nějž se celkový výsledek analýzy přepočítává



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016

## POUŽITÁ LITERATURA, ODKAZY

Malý Josef, Malá Jitka (2000): Chemie a technologie vod – laboratorní cvičení

Šrámek, Kosina (1996): Chemie analytická

Čtrnáťová a kolektiv (2000): Chemické pokusy pro školu a zájmovou činnost

Klečková Marta, Šindelář Zdeněk (1993): Školní pokusy z anorganické a organické chemie, Olomouc UP

Laboratorní návody, Ústav procesní a zpracovatelské techniky ČVUT, Praha

<http://chemiegjo.webzdarma.cz/>

<http://cs.wikipedia.org/>

<http://www.wikiskripta.eu/>

[http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid\\_es-006/](http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-006/) (Encyklopedie hydrobiologie)