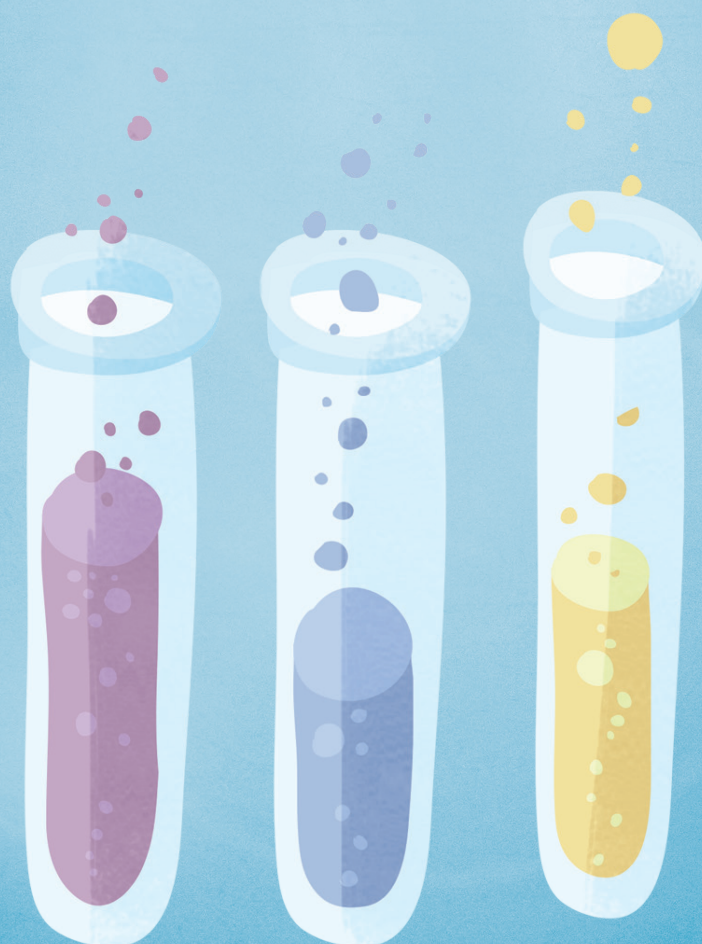


CHEMIE

# KOŘENOVÁ ČISTIČKA – KVANTITATIVNÍ A KVALITATIVNÍ ANALÝZA



Akademie věd ČR hledá mladé vědce

**OTEVŘENÁ VĚDA**

AKADEMIE VĚD ČR





# Úvodní list

<b>Předmět:</b>	Chemie
<b>Cílová skupina:</b>	3. ročník SŠ/G
<b>Délka trvání:</b>	90 min.
<b>Název hodiny:</b>	Kořenová čistička – kvantitativní a kvalitativní analýza
<b>Výukový celek:</b>	Anorganické sloučeniny, obecná chemie – acidobazické rovnováhy, environmentální chemie
<b>Vzdělávací oblast v RVP:</b>	Člověk a příroda
<b>Průřezová témata:</b>	<p><u>Osobnostní a sociální výchova</u> – Žák rozvíjí své schopnosti spolupráce ve skupině, komunikační dovednosti a je silně podporováno i samostatné uvažování žáků, neboť laboratorní úkol vyžaduje tvořivé individuální myšlení jednotlivce.</p> <p><u>Multikulturní výchova</u> – Laboratorní práce, která probíhá ve dvojicích, pomáhá formovat lidské osobnosti a rozvíjet jejich schopnosti tolerance vůči jiným účastníkům výukového procesu a podporuje schopnost komunikace a empatie.</p> <p><u>Výchova demokratického občana</u> – Zaměření úkolu, který má i environmentální podstatu pomáhá rozvíjet komunikační dovednosti žáka, vyjádřit svůj názor na danou problematiku, argumentovat při diskuzi a formulovat vlastní myšlenky.</p> <p><u>Environmentální výchova</u> – Úkol rozvíjí ekologické myšlení žáků, žák si uvědomuje negativní dopady znečištění životního prostředí na člověka a jiné živé organizmy.</p>
<b>Mezipředmětové vztahy:</b>	Ekologie – kořenová čistička, čistírna odpadových vod. Biologie – kořenový systém rostlin.
<b>Výukové metody:</b>	Výklad, laboratorní pokus, práce s textem, diskuze.
<b>Organizační formy výuky:</b>	Skupinová, párová, individuální.



**Vstupní předpoklady:** Student zná chemické prvky, značky, umí sestavit chemickou rovnici. Má osvojené základy týkající se stechiometrických koeficientů a zná základy titračních analýz. Je seznámen s provozním řádem chemické laboratoře, bezpečností práce, ovládá názvy chemického skla. Student je schopen zkonstruovat model kořenové čistírny odpadních vod v laboratorním měřítku, na kterém pochopí princip čištění vod. Student si prakticky osvojí titrační stanovení chemické spotřeby kyslíku a schopnost eliminace pevných částic metodou filtrace ve vzorku odpadní vody, která byla přečištěna kořenovou čističkou.

**Očekávané výstupy:** Student chápe princip čištění odpadních vod pomocí kořenové čističky odpadních vod. Titrační analýzou umí stanovit chemickou spotřebu kyslíku ve vodě, která byla touto metodou přečištěna a ověří si kvantitativně taky obsah pevných částic zachycených čističkou. Interpretuje výsledky pomocí pracovního listu.

**Výukové cíle:** Žák dovede sestavit pomocí návodu model kořenové čističky vod, provést stanovení chemické spotřeby kyslíku a stanovení obsahu zachycených pevných částic v procesu čištění čističkou.

**Klíčové kompetence:** Kompetence k učení: Žák se učí novým pojmům, osvojuje si nové učivo týkající se kořenové čističky, používá k tomu pomůcky zvolené učitelem (laboratorní pomůcky, pracovní list). Organizuje si čas určený k danému úkolu, pracuje na vytváření vlastních poznámek, které dopisuje do pracovního listu. Nové informace seskupuje podle souvislostí, porovnává je a kriticky zhodnocuje.

Kompetence sociální a personální: Žák pracuje při laboratorním úkolu ve skupině a ve dvojicích, podílí se na vytváření příjemné třídní atmosféry, učí se spolupracovat se spolužáky, ale pracuje taky na vytváření vztahu s učitelem.

Kompetence k řešení problémů: Žák se učí porozumět danému problému (princip čistírny odpadních vod). Učí se správnému pořadí kroků k vyřešení problému (výroba modelu kořenové čistírny). Student se učí rozlišovat pojmy kvantitativní a kvalitní chemická analýza a tyto poznatky aplikuje do laboratorní práce. Učí se správně interpretovat výsledky a pracuje s pracovním listem.

Kompetence komunikativní: Žák formuluje a vyjadřuje své názory v diskusních částech, učí se poslouchat i názory druhých. Argumentuje, spolupracuje s ostatními a využívá k tomu komunikační prostředky. Reaguje na otázky pedagoga, který určuje směr diskuze a klade otázky. V případě nepochopení nové látky klade otázky a pro-



hlubuje tím svoje vědomosti. Učí se taky efektivně komunikovat prostřednictvím odborného jazyka (kvantitativní analýza, kvalitativní analýza, titrace, indikátor).

Kompetence pracovní: Žák pracuje s didaktickými pomůckami, které se vyskytují v procesu vyučovací hodiny (chemická aparatura, pracovní list, pomůcky k tvorbě kořenové čističky). Učí se novým postupem a aplikuje výsledek své činnosti do hodin chemie. Prohlubuje své vědomosti související s bezpečnou prací v chemické laboratoři a prací s laboratorním vybavením.

**Formy a prostředky hodnocení:**

Slovní hodnocení průběžné i závěrečné; hodnocení správnosti vyhotovení kořenové čističky a provedení chemického pokusu, hodnocení vypracování pracovního listu.

**Kritéria hodnocení:**

Splnění stanovených cílů, spolupráce ve dvojici, stavba kořenové čističky, práce s chemickým vybavením, komunikativní a prezentační dovednosti žáka, vypracování pracovního listu.

**Pomůcky:**

Pomůcky k výrobě modelu kořenové čistírny a pomůcky k titračnímu stanovení analytů (viz pokus), pracovní listy, odběrový protokol, sešit, psací potřeby



## Časový a obsahový plán výukového celku (90 min.)

## Název hodiny: Kořenová čistička – kvantitativní a kvalitativní analýza

Čas (min.)	Struktura výuky	Činnost učitele	Činnost žáků	Organizační formy výuky		Hodnocení	Pomůcky	Poznámka
				Výukové metody				
2	Zahájení	Pozdrav, oznámení průběhu hodiny, tématu hodiny a cíle hodiny	Pozdrav, pochopení cíle	Frontální Výklad	Zpětná vazba	-	-	-
5	Výklad nového učiva	Popisování principu činnosti kořenové čističky, kvantitativního a kvalitativního stanovení; kladení dotazů žákům k ověření pochopení učiva a současně odpovídání na otázky žáků k následné práci	Odpovídání na položené dotazy	Frontální Výklad, diskuze	Slovní hodnocení, zpětná vazba	Pomůcky potřebné k zhotovení kořenové čističky a provedení kvantitativní a kvalitativní analýzy, tabule, psací potřeby	Pomůcky jsou podrobně vyepsané v dokumentu <i>Pracovní list pro pedagogy</i>	
15	Procvičování nového učiva	Názorná ukázka konstrukce modelu kořenové čističky a provedení metody kvantitativního a kvalitativního stanovení; vysvětlení práce s pracovním listem; ukázka odběrového protokolu; odpovídání na otázky žáků k následné práci	Sledování demonstračního laboratorního úkolu, vyplněního odběrového protokolu a možností vyjádření dotazů v případě nepochopení	Frontální Demonstrační pokus	Slovní hodnocení, zpětná vazba	Pomůcky potřebné k zhotovení kořenové čističky a provedení kvantitativní a kvalitativní analýzy, pracovní list, odběrový protokol	Pomůcky jsou podrobně rozepsány v pracovním listu, ten je v příloze k dispozici ve dvou formátech: <i>Pracovní list pro studenta</i> a <i>Pracovní list pro pedagoga</i>	
55	Skupinová práce, práce s pracovním listem	Rozdělení žáků do dvojic/skupin; rozdělení pracovních listů, pomoc při přípravě laboratorního úkolu, následně kontrola práce žáků, pomoc s řešením a problémy, dbání na bezpečnost žáků	Práce žáků ve dvojicích na přidělených úkolech, samostatné vepisování výsledků práce do pracovního listu	Párová, individuální Laboratorní pokus, práce s textem	Slovní hodnocení provedené práce, spolupráce se spolužákem, písemné hodnocení pracovního listu	Pomůcky potřebné k zhotovení kořenové čističky a provedení kvantitativní a kvalitativní analýzy, pracovní list	Pomůcky jsou podrobně rozepsány v pracovním listu, ten je v příloze k dispozici ve dvou formátech: <i>Pracovní list pro studenta</i> a <i>Pracovní list pro pedagoga</i>	





10	Ukončení experimentu a zadané práce	Úklid pomůcek, kontrola pracovních míst žáků a vyplněných pracovních listů; položení otázek žákům k provedení úkolu	Úklid pomůcek, pracovního stolu, dokončení práce s pracovním listem, zodpovězení otázek učitele	Párová, skupinová	Slovní hodnocení	Vyplněné pracovní listy žáků	Pracovní listy je možné posbírat ke kontrole a případnému hodnocení
				Diskuze			
3	Shrnutí, ukončení hodiny	Zopakování nejdůležitějších informací z vyučovací hodiny, kladení otázek žákům	Odpovězení na otázky učitele	Frontální	Slovní hodnocení, zpětná vazba	-	-
				Diskuze			



# Pracovní list pro studenta

**Název: Kořenová čistička – kvantitativní a kvalitativní analýza**

**Jméno:**

*a) Úkol*

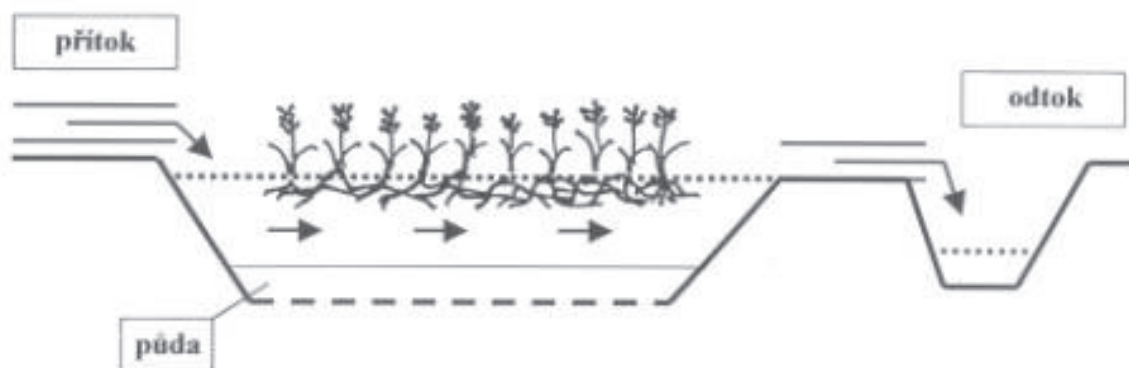
Sestav si zjednodušený model kořenové čističky odpadních vod v laboratorním uspořádání a proved' kvantitativní a kvalitativní analýzu vzorku vody.

1. Obsah pevných částic ve vodě přečištěné kořenovou čističkou.
2. Chemická spotřeba kyslíku ( $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$ ) ve vodě přečištěné kořenovou čističkou.

*b) Výklad*

## **Kořenová čistička**

Čištění vod v kořenové čističce je založeno na filtraci odpadní vody přes kořenový filtr, jež se skládá z jemných kamínků, na kterých sídlí bakterie, které se podílí na čisticím procesu. Kořenové čističky jsou využívány pro splaškové vody z domácností, vody kontaminované železem, manganem či těžkými kovy, pro vody průmyslové a výluhy ze skládek. Základní schéma kořenové čističky odpadních vod je na obrázku č. 1.



Obr. 1: Základní schéma kořenové čističky odpadních vod\*

## **Pevné částice ve vodě**

Pevné částice ve vodě zhoršují její sensorické vlastnosti. Prostá filtrace slouží jako vhodný nástroj k odstranění těchto partikulí. Průtokem odpadní vody přes kořenovou čističku dochází k zachycení pevných částic na filtračním poli, které se skládá z kořenového systému rostlin, kamínků a jemného písku.

## **Kvantitativní a kvalitativní analýza**

Kvantitativní analýza slouží ke stanovení obsahu jednotlivých látek obsažených ve vzorku. Obvykle následuje po kvalitativní analýze, která je zaměřená na důkaz jednotlivých složek (prvků, iontů) v analyzovaném vzorku. Propojením těchto dvou typů analýz získáme komplexní informaci o daném vzorku.

---

\*Vymazal, J. 2001a. Types of constructed wetlands for wastewater treatment: their potential for nutrient removal. In: Vymazal, J. (ed.), Transformations of Nutrients in Natural and Constructed Wetlands. Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands, 1–93.

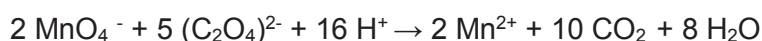
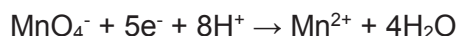


## Titrace (odměrná analýza) a chemická spotřeba kyslíku (CHSK<sub>Mn</sub>)

Titrace slouží ke stanovení obsahu určité složky ve vzorku. Dochází k chemické reakci mezi odměrným roztokem (přesné známé molární koncentrace) a stanovovanou složkou. Chemická spotřeba kyslíku je důležitým parametrem určující znečištění vody. Poskytuje informace zejména o přítomnosti organických látek.

### Princip stanovení CHSK<sub>Mn</sub>

Při stanovení dochází za horka k oxidaci organických látek manganistanem draselným v kyselém prostředí. Množství spotřebované na oxidaci se zjistí zpětnou titrací kyseliny šťavelové manganistanem. Při zpětné titraci se nejprve k titrovanému roztoku přidá nadbytečný objem odměrného roztoku manganistanu draselného a jeho přebytek se retitruje kyselinou šťavelovou.



### c) Pomůcky

#### Kořenová čistička + stanovení obsahu pevných částic

PET láhev; kávový filtr; vata; vatový tampon; tablety černého uhlí (cca 10 ks); jemný mořský písek; hrubý písek; kameny; kořínky a drobné rostlinky; zavařovací sklenice (2 ks); odměrný válec (500 ml); nůžky; popisovač; laboratorní váhy; vzorek vody (200 ml); pH papírky.

#### Stanovení CHSK<sub>Mn</sub>

Laboratorní stojan; vaříč, hrnec; držák na byretu; byreta (10 ml); nálevka; titrační baňka; pipeta (20 ml, 25 ml, 100 ml); pipetovací balónek; stříčka s destilovanou vodou; ochranné pomůcky.

#### Chemikálie

Kyselina sírová (1:2); kyselina šťavelová (roztok o molární koncentraci 0,005 M); manganistan draselný (roztok o molární koncentraci 0,002 M).

### d) Pracovní postup

#### Kořenová čistička + stanovení obsahu pevných částic

1. Zvaž prázdné zavařovací sklenice, označ je, zaznamenej jejich hmotnosti.
2. Odřízni dno z PET láhve, otoč ji hrdlem dolů a postav ji do jedné ze zavařovacích sklenic dle obrázku č. 2.
3. Do hrdla PET láhve vlož kávový filtr, na něj umísti vatový tampón a vatu tak, aby vrstva byla alespoň 5 cm vysoká.
4. Na vrstvu vaty dej 10 tablet černého uhlí.
5. Na tablety uhlí nasyp 3 cm vysokou vrstvu jemného písku.
6. Na jemný písek navrstvi postupně 3 cm vysokou vrstvu hrubého písku a kameny.
7. Poslední vrstvu utvoř z kořínků a drobných rostlinek.





Obr. 2: Obrázek kořenové čističky odpadních vod v laboratorním uspořádání\*\*

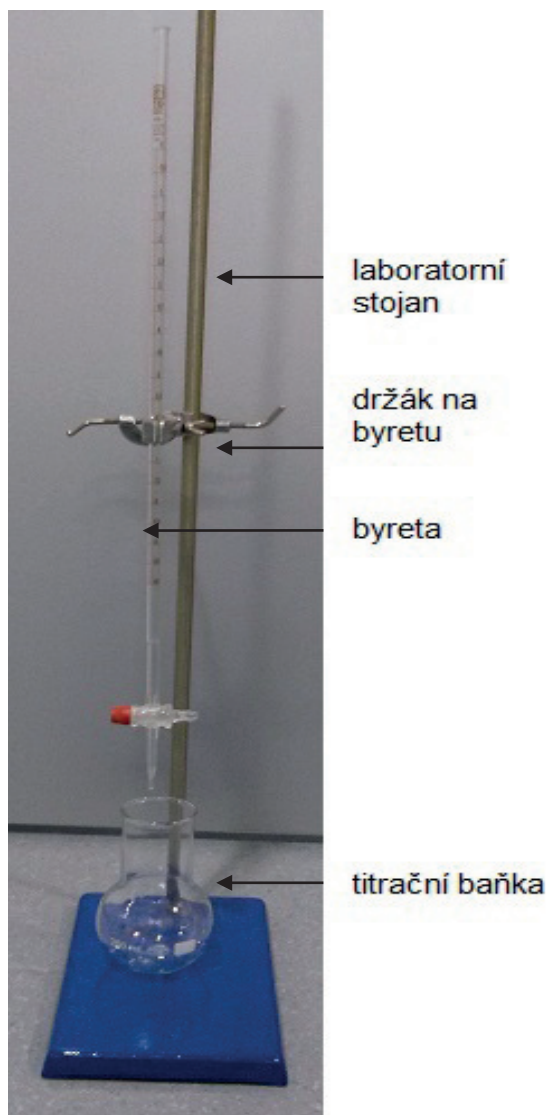
8. S použitím stříčky s destilovanou vodou zvlhčí kořenovou čističku, a to natolik, aby z ní začala kapat voda.
9. Poté co voda přestane kapat, vodu ze zavařovací sklenice vylíj a sklenici umístí zpět.
10. Vzorek vody obdrženy od učitele zvaž a hmotnost zaznamenej.
11. Pomocí indikátorového pH papírku změř hodnotu pH vzorku vody. Hodnotu zapiš.
12. Zvážený vzorek vody přečisti přes model kořenové čističky odpadních vod, a to tak, aby se pevné částice ve vzorku dostaly do vlnosu a celý obsah sklenice byl najednou převeden do kořenové čističky.
13. Zvaž zavařovací sklenici s přečištěným vzorkem, hmotnost zaznamenej a pomocí odměrného válce urči jeho objem.
14. Změř pH vzorku vody po přečištění kořenovou čističkou. Hodnotu zapiš.

\*\*Zdroj: autor



### Stanovení $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$

1. Sestav si aparaturu podle obrázku č. 3.



Obr. 3: Titrační aparatura\*\*\*

2. Pomocí nálevky naplň byretu odměrným roztokem manganistanu draselného po rysku.
3. Ze zavařovací sklenice odpipetuj do titrační baňky pomoci pipety 100 ml přečištěného vzorku vody.
4. Přidej 5 ml zředěné kyseliny sírové (1:2) a 20 ml odměrného roztoku manganistanu draselného.
5. Vzorek přiveď k varu ve vodní lázni a vař po dobu 10 minut.
6. K horkému roztoku přidej 25 ml roztoku kyseliny šťavelové.
7. Vzorek ještě za horka titruj roztokem manganistanu do slabě růžového zbarvení. Spotřebu odměrného roztoku zaznamenej.

\*\*\*Zdroj: autor



## e) Zpracování pokusu

Stanovení obsahu pevných částic

Původní vzorek vody			
Hmotnost prázdné zavařovací sklenice	Hmotnost zavařovací sklenice se vzorkem	Hmotnost vzorku vody ( $m_1$ )	pH
g	g	g	

Přečištěný vzorek vody				
Hmotnost prázdné zavařovací sklenice	Objem vzorku (V)	Hmotnost zavařovací sklenice se vzorkem	Hmotnost vzorku vody ( $m_2$ )	pH
g	ml	g	g	

Výpočet obsahu pevných částic ve vzorku vody:

$$\text{obsah pevných částic} = \frac{(m_1 - m_2)}{V} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$$

Hustota přečištěné vody:

$$\rho = \frac{m_2}{V} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$$

Stanovení CHSK<sub>Mn</sub>

Spotřeba odměrného roztoku manganistanu draselného	ml
Průměrná spotřeba manganistanu draselného za celou třídu	ml

Výpočet CHSK<sub>Mn</sub>

$$\text{CHSK}_{Mn} = \frac{V \cdot c(\text{KMnO}_4) \cdot A \cdot f_t}{V_0}$$

$$\text{CHSK}_{Mn} = \frac{\cdot \cdot 16 \cdot 5 / 2}{100} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ g} \cdot \text{l}^{-1} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$$

- V spotřeba odměrného roztoku manganistanu draselného (ml)
- c molární koncentrace odměrného roztoku manganistanu draselného (mol.l<sup>-1</sup>) – hodnotu sdělí učitel!
- A atomová hmotnost kyslíku (16 g.mol<sup>-1</sup>)
- f<sub>t</sub> faktor titrace plynoucí ze stechiometrie rovnice stanovení (5/2)
- V<sub>0</sub> původní objem titrovaného vzorku (ml)





### f) Závěr

Byl odebrán vzorek znečištěné vody, jehož hodnota pH byla \_\_\_\_\_. Tato hodnota značí, že voda je **kyselá / neutrální / zásaditá**. Následně byl sestaven model kořenové čističky odpadních vod v laboratorním uspořádání, který byl využit k přečištění znečištěného vzorku vody.

Hodnota pH po přečištění kořenovou čističkou byla \_\_\_\_\_. Tato hodnota značí, že voda je **kyselá / neutrální / zásaditá**. Z těchto výsledků je možné usuzovat, že kořenová čistička odpadních vod **ovlivňuje / neovlivňuje** pH vody.

Obsah pevných částic ve vzorku byl \_\_\_\_\_ g. l<sup>-1</sup>. Hustota vody po přečištění kořenovou čističkou byla \_\_\_\_\_ g. l<sup>-1</sup>.

Při stanovení chemické spotřeby kyslíku byla průměrná spotřeba odměrného roztoku manganistanu draselného \_\_\_\_\_ ml. Vypočtená hodnota CHSK<sub>Mn</sub> pro přečištěný vzorek vody činí \_\_\_\_\_ mg.l<sup>-1</sup>.

### Za domácí úkol vyhledej v literatuře, napiš svůj názor:

1. Do jaké kategorie vod dle vypočtené hodnoty CHSK<sub>Mn</sub> je možné tvůj vzorek vody zařadit? Vysvětli.
2. Existují i jiné metody pro stanovení CHSK ve vodě?
3. Ve kterých případech jsou dle tvého názoru využitelné kořenové čističky odpadních vod?



# Pracovní list pro pedagoga

## Název: Kořenová čistička – kvantitativní a kvalitativní analýza

### a) Úkol

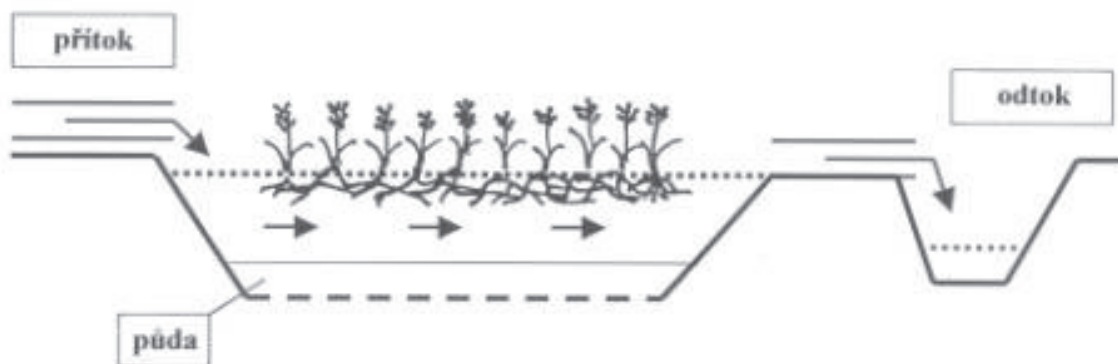
Sestav si zjednodušený model kořenové čističky odpadních vod v laboratorním uspořádání a proved' kvantitativní a kvalitativní analýzu vzorku vody.

1. Seznámit žáky s odběrovým protokolem (viz Příloha č. 1).
2. Stanovit obsah pevných částic ve vodě přečištěné kořenovou čističkou.
3. Stanovit chemickou spotřebu kyslíku ( $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$ ) ve vodě přečištěné kořenovou čističkou.

### b) Výklad

#### Kořenová čistička

Čištění vod v kořenové čističce je založeno na filtraci odpadní vody přes kořenový filtr, jež se skládá z jemných kamínků, na kterých sídlí bakterie, které se podílí na čistícím procesu. Kořenové čističky jsou využívány pro splaškové vody z domácností, vody kontaminované železem, manganem či těžkými kovy, pro vody průmyslové a výluhy ze skládek. Základní schéma kořenové čističky odpadních vod je na obrázku č. 1.



Obr. 1: Základní schéma kořenové čističky odpadních vod\*

#### Pevné částice ve vodě

Pevné částice ve vodě zhoršují její sensorické vlastnosti. Prostá filtrace slouží jako vhodný nástroj k odstranění těchto partikulí. Průtokem odpadní vody přes kořenovou čističku dochází k zachycení pevných částic na filtračním poli, které se skládá z kořenového systému rostlin, kamínků a jemného písku.

#### Kvantitativní a kvalitativní analýza

Kvantitativní analýza slouží ke stanovení obsahu jednotlivých látek obsažených ve vzorku. Obvykle následuje po kvalitativní analýze, která je zaměřená na důkaz jednotlivých složek (prvků, iontů) v analyzovaném vzorku. Propojením těchto dvou typů analýz získáme komplexní informaci o daném vzorku.

---

\*Vymazal, J. 2001a. Types of constructed wetlands for wastewater treatment: their potential for nutrient removal. In: Vymazal, J. (ed.), Transformations of Nutrients in Natural and Constructed Wetlands. Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands, 1–93.

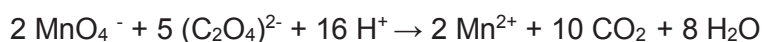


## Titrace (odměrná analýza) a chemická spotřeba kyslíku (CHSK<sub>Mn</sub>)

Titrace slouží ke stanovení obsahu určité složky ve vzorku. Dochází k chemické reakci mezi odměrným roztokem (přesné známé molární koncentrace) a stanovovanou složkou. Chemická spotřeba kyslíku je důležitým parametrem určující znečištění vody. Poskytuje informace zejména o přítomnosti organických látek.

### Princip stanovení CHSK<sub>Mn</sub>

Při stanovení dochází za horka k oxidaci organických látek manganistanem draselným v kyselém prostředí. Množství spotřebované na oxidaci se zjistí zpětnou titrací kyseliny šťavelové manganistanem. Při zpětné titraci se nejprve k titrovanému roztoku přidá nadbytečný objem odměrného roztoku manganistanu draselného a jeho přebytek se retitruje kyselinou šťavelovou.



### c) Pomůcky

#### Kořenová čistička + stanovení obsahu pevných částic

PET láhev; kávový filtr; vata; vatový tampon; tablety černého uhlí (cca 10 ks); jemný mořský písek; hrubý písek; kameny; kořínky a drobné rostlinky; zavařovací sklenice (2 ks); odměrný válec (500 ml); nůžky; popisovač; laboratorní váhy; vzorek vody (200 ml); pH papírky; **PET láhev o objemu 2,5 l k odběru vzorku vody.**

#### Stanovení CHSK<sub>Mn</sub>

Laboratorní stojan; vaříč; hrnec; držák na byretu; byreta (10 ml, 25 ml); nálevka; titrační baňka; pipeta (10 ml, 20 ml, 25 ml, 100 ml); pipetovací balónek; **kádinka 150 ml (2 ks); kádinka 600 ml (2 ks); odměrný válec (10 ml, 500 ml); odměrná baňka 1000 ml (2 ks); skleněná tyčinka (2 ks); váženka (2 ks); zásobní láhev na kyselinu sírovou; lžička (2 ks); stříčka s destilovanou vodou; ochranné pomůcky; láhev na odpad.**

#### Chemikálie

Kyselina sírová; kyselina šťavelová; manganistan draselný.

### d) Pracovní postup

#### Odběr vzorku

**Do čisté PET láhve o objemu 2,5 l (minimálně) odeberte vzorek znečištěné vody (řeka, rybník, průsaky ze skládek apod.), která obsahuje pevné nerozpustné částice (plavenina, kamínky, hlína apod.). Před distribucí vzorků vody studentům je nutné důkladně láhvi zatřepat (zabezpečení stejného podílu pevných částic ve vzorku). 200 ml takto homogenního vzorku nalijte studentům do zvážených zavařovacích sklenic.**

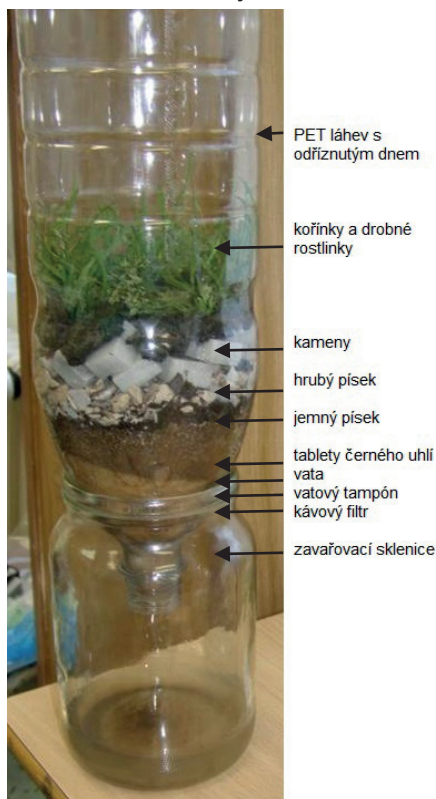
#### Kořenová čistička + stanovení obsahu pevných částic

1. Zvaž prázdné zavařovací sklenice, označ je, zaznamenej jejich hmotnosti.
2. Odřízni dno z PET láhve, otoč ji hrdlem dolů a postav ji do jedné ze zavařovacích sklenic dle obrázku č. 2.
3. Do hrdla PET láhve vlož kávový filtr, na něj umísti vatový tampón a vatu tak, aby vrstva byla alespoň 5 cm vysoká.
4. Na vrstvu vaty dej 10 tablet černého uhlí.
5. Na tablety uhlí nasyp 3 cm vysokou vrstvu jemného písku.
6. Na jemný písek navrstvi postupně 3 cm vysokou vrstvu hrubého písku a kameny.





7. Poslední vrstvu utvoř z kořínků a drobných rostlinek.



Obr. 2: Obrázek kořenové čističky odpadních vod v laboratorním uspořádání\*\*

8. S použitím stříčky s destilovanou vodou zvlhčí kořenovou čističku, a to natolik, aby z ní začala kapat voda.
9. Poté co voda přestane kapat, vodu ze zavařovací sklenice vylij a sklenici umísti zpět.
10. Vzorek vody obdrženy od učitele zvaž a hmotnost zaznamenej.
11. Pomocí indikátorového pH papírku změř hodnotu pH vzorku vody. Hodnotu zapiš.
12. Zvážený vzorek vody přečisti přes model kořenové čističky odpadních vod, a to tak, aby se pevné částice ve vzorku dostaly do vlnosu a celý obsah sklenice byl najednou převeden do kořenové čističky.
13. Zvaž zavařovací sklenici s přečištěným vzorkem, hmotnost zaznamenej a pomocí odměrného válce urči jeho objem.
14. Změř pH vzorku vody po přečištění kořenovou čističkou. Hodnotu zapiš.

### Příprava odměrného roztoku manganistanu draselného a kyseliny šťavelové

1. Vypočtete navážku potřebnou pro přípravu 1 l 0,005 M roztoku kyseliny šťavelové.

$$m(H_2C_2O_4) = V(H_2C_2O_4) \cdot c(H_2C_2O_4) \cdot M(H_2C_2O_4)$$

$$m(H_2C_2O_4) = 1 \cdot 0,005 \cdot 126,0654$$

$$m(H_2C_2O_4) = \underline{\underline{0,6303g}}$$

2. Navažte hodnotu blízkou vypočtené hmotnosti kyseliny šťavelové, převedte do odměrné baňky o objemu 1 l a doplňte destilovanou vodou po rysku.

\*\*Zdroj: autor



3. Vypočítejte navážku potřebnou pro přípravu 1 l 0,002 M roztoku manganistanu draselného.

$$m(\text{KMnO}_4) = V(\text{KMnO}_4) \cdot c(\text{KMnO}_4) \cdot M(\text{KMnO}_4)$$

$$m(\text{KMnO}_4) = 1 \cdot 0,002 \cdot 158,034$$

$$m(\text{KMnO}_4) = \underline{\underline{0,3160\text{g}}}$$

4. Navažte hodnotu blízkou vypočtené hmotnosti manganistanu draselného, převedte do odměrné baňky o objemu 1 l a doplňte destilovanou vodou po rysku.

#### Příprava zředěné kyseliny sírové (1:2)

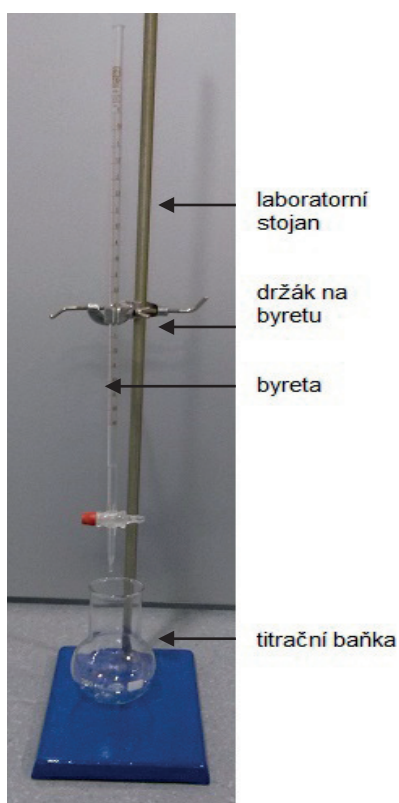
1. Do zásobní láhve pomocí odměrného válce odměřte 100 ml destilované vody a 50 ml koncentrované kyseliny sírové.

#### Stanovení titru odměrného roztoku manganistanu draselného na kyselinu šťavelovou

1. Do titrační baňky odpipetujte 100 ml destilované vody, přidejte 10 ml 0,005 M roztoku kyseliny šťavelové a 5 ml zředěné kyseliny sírové (1:2).
2. Směs přiveďte k varu ve vodní lázni a vařte po dobu 10 minut. Za horka titrujte 0,002 M odměrným roztokem manganistanu draselného do slabě růžového zbarvení.
3. Stanovení opakujte třikrát.

#### Stanovení $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$

1. Sestav si aparaturu podle obrázku č. 3.



Obr. 3: Titrační aparatura\*\*\*

\*\*\*Zdroj: autor



- Pomocí nálevky naplň byretu odměrným roztokem manganistanu draselného po rysku.
- Ze zavařovací sklenice odpipetuj do titrační baňky pomocí pipety 100 ml přečištěného vzorku vody.
- Přidej 5 ml zředěné kyseliny sírové (1:2) a 20 ml odměrného roztoku manganistanu draselného.
- Vzorek přiveď k varu ve vodní lázni a vař po dobu 10 minut.
- K horkému roztoku přidej 25 ml roztoku kyseliny šťavelové.
- Vzorek ještě za horka titruj roztokem manganistanu do slabě růžového zbarvení. Spotřebu odměrného roztoku zaznamenej.

### e) Zpracování pokusu

#### Stanovení titru odměrného roztoku manganistanu draselného na kyselinu šťavelovou

Navážka kyseliny šťavelové (m $H_2C_2O_4$ )	g
---	---

#### Výpočet přesné koncentrace kyseliny šťavelové

$$c(H_2C_2O_4) = \frac{m(H_2C_2O_4)}{M(H_2C_2O_4) \cdot V(H_2C_2O_4)}$$

$$c(H_2C_2O_4) = \frac{\quad}{126,05654 \cdot 1} = \underline{\underline{\quad}} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$$

Spotřeba odměrného roztoku manganistanu draselného			
1. stanovení	2. stanovení	3. stanovení	průměrná spotřeba
ml	ml	ml	ml

#### Výpočet přesné koncentrace odměrného roztoku manganistanu draselného<sup>1</sup>

$$c(KMnO_4) = \frac{V_0 \cdot c(H_2C_2O_4) \cdot f_t}{V}$$

$$c(KMnO_4) = \frac{10 \cdot \quad \cdot 2/5}{\quad} = \underline{\underline{\quad}} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$$

$V_0$  původní objem kyseliny šťavelové (ml)

$f_t$  faktor titrace plynoucí ze stechiometrie rovnice stanovené (2/5)

$V$  spotřeba odměrného roztoku manganistanu draselného (ml)

#### Stanovení obsahu pevných částic

Původní vzorek vody			
Hmotnost prázdné zavařovací sklenice	Hmotnost zavařovací sklenice se vzorkem	Hmotnost vzorku vody ( $m_1$ )	pH
g	g	g	

<sup>1</sup> Pozn. Přesnou koncentraci odměrného roztoku manganistanu draselného je nutno sdělit studentům k výpočtu  $CHSK_{Mn}$ .





Přečištěný vzorek vody				
Hmotnost prázdné zavařovací sklenice	Objem vzorku (V <sub>2</sub> )	Hmotnost zavařovací sklenice se vzorkem	Hmotnost vzorku vody (m <sub>2</sub> )	pH
g	ml	g	g	

Výpočet obsahu pevných částic ve vzorku vody:

$$\text{obsah pevných částic} = \frac{(m_1 - m_2)}{V} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$$

Hustota přečištěné vody:

$$\rho = \frac{m_2}{V} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$$

### Stanovení CHSK<sub>Mn</sub>

Spotřeba odměrného roztoku manganistanu draselného	ml
Průměrná spotřeba manganistanu draselného za celou třídu	ml

Výpočet CHSK<sub>Mn</sub>

$$\text{CHSK}_{Mn} = \frac{V \cdot c(\text{KMnO}_4) \cdot A \cdot f_t}{V_0}$$

$$\text{CHSK}_{Mn} = \frac{\cdot \cdot 16 \cdot 5 / 2}{100} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ g} \cdot \text{l}^{-1} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$$

- V spotřeba odměrného roztoku manganistanu draselného (ml)  
 c molární koncentrace odměrného roztoku manganistanu draselného (mol.l<sup>-1</sup>)  
 A atomová hmotnost kyslíku (16 g.mol<sup>-1</sup>)  
 f<sub>t</sub> faktor titrace plynoucí ze stechiometrie rovnice stanovení (5/2)  
 V<sub>0</sub> původní objem titrovaného vzorku (ml)

### f) Závěr <sup>2</sup>

Byl odebrán vzorek znečištěné vody, jehož hodnota pH byla \_\_\_\_\_. Tato hodnota značí, že voda je **kyselá / neutrální / zásaditá**. Následně byl sestaven model kořenové čističky odpadních vod v laboratorním uspořádání, který byl využit k přečištění znečištěného vzorku vody.

Hodnota pH po přečištění kořenovou čističkou byla \_\_\_\_\_. Tato hodnota značí, že voda je **kyselá / neutrální / zásaditá**. Z těchto výsledků je možné usuzovat, že kořenová čistička odpadních vod **ovlivňuje / neovlivňuje** pH vody.

<sup>2</sup> Pozn.: Správná řešení některých úkolů jsou závislá na výsledcích laboratorní úlohy, proto není možné je vyplnit dopředu.



Obsah pevných částic ve vzorku byl \_\_\_\_\_ g. l<sup>-1</sup>. Hustota vody po přečištění kořenovou čističkou byla \_\_\_\_\_ g. l<sup>-1</sup>.  
Při stanovení chemické spotřeby kyslíku byla průměrná spotřeba odměrného roztoku manganistanu draselného \_\_\_\_\_ ml. Vypočtená hodnota CHSK<sub>Mn</sub> pro přečištěný vzorek vody činí \_\_\_\_\_ mg.l<sup>-1</sup>.

### Za domácí úkol vyhledej v literatuře, napiš svůj názor:

1. Do jaké kategorie vod dle vypočtené hodnoty CHSK<sub>Mn</sub> je možné tvůj vzorek vody zařadit? Vysvětli.

Přípustná hodnota CHSK<sub>Mn</sub> pro vodárenské toky je 7 mg/l, pro ostatní povrchové vody 20 mg/l a pro pitnou vodu je mezní hodnota 3 mg/l.

Vzhledem k tomu, že vodu přečištěnou čistírnou odpadních vod nelze považovat za pitnou, neboť neprošla žádnou další úpravou, ani vzorek vody nebude spadat do této kategorie, i kdyby hodnota CHSK<sub>Mn</sub> splňovala limit pro pitnou vodu tedy 3 mg/l.

2. Existují i jiné metody pro stanovení CHSK ve vodě?

Stanovení CHSK dichromanovou metodou titračně nebo spektrofotometricky.

3. Ve kterých případech jsou dle tvého názoru využitelné kořenové čističky odpadních vod?

Kořenové čističky lze použít jak na čištění vody z domácnosti, tak připojit na oddílnou i jednotnou kanalizační síť obce. Je možné je použít na veškerou splaškovou vodu z domácnosti i obce, kontaminované vody s vysokými obsahy železa, manganu a těžkých kovů. Rovněž na vody z výluhů ze skládek a různých druhů průmyslových vod. Kořenová čistírna odpadních vod je vhodná i pro kontaminované vody s vysokými obsahy železa, manganu a těžkých kovů. Ke snížení obsahu těchto kontaminantů vedou převážně oxidačně-redukční procesy.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> <http://www.korenova-cisticka.cz/o-korenovkach/fungovani/Korenova-cisticka%E2%80%93korenova-cistirna%E2%80%93typy-vod-k-cisten.html>



## Příloha č. 1:

Pracoviště:**PROTOKOL O ODBĚRU VZORKŮ VOD**

Odběrové číslo vzorku: .....

Laboratorní číslo vzorku: .....

Označení vzorku: **Matrice:** .....**Typ vzorku:** .....**Požadované analýzy:** .....Vzorkování: **Datum odběru:** .....**Čas odběru:** .....**Odebraný objem:** .....**Popis lokality:** .....

.....

.....

**Souřadnice lokality:** .....N.....E**Nadmořská výška:** .....m.n.m.**Vliv na vzorkování:** .....Parametry vody: **Teplota vody:** .....**pH:** .....

Transport do laboratoře:

**Podmínky transportu:** .....**Datum transportu:** .....**Vzorkovací technik:** .....**Odpovědná osoba:** .....**Vysvětlivky:****Matrice:**

W = water (povrchová voda)

WD = water deep (podzemní voda)

**Typ vzorku:**

PAS pasive water sampling (pasivní vzorkování vody)

AS = active water sampling (aktivní vzorkování vody)

SP = spot sampling (jednorázový bodový odběr vody)





# Opakování

**Název: Kořenová čistička – kvantitativní a kvalitativní analýza**

**Jméno:**

1. Co znamená zkratka CHSK?
2. Popiš princip kořenové čističky odpadních vod a uveď alespoň dvě její výhody.
3. Jak se jmenuje část kořenové čističky, ve které dochází k zachycení pevných částí?
4. Přiřaď správnou odpověď:

kvalitativní analýza  
kvantitativní analýza  
odměrná analýza

stanovení obsahu jednotlivých látek ve vzorku  
reakce mezi odměrným roztokem a složkou vzorku  
důkaz jednotlivých složek ve vzorku

5. **Doplň vhodná slova do textu nebo vyber jednu ze dvou možností:**

Při titračním stanovení dochází za horka k **oxidaci** / **redukci** organických látek manganistanem draselným v **zásaditém** / **kyselém** prostředí. Množství spotřebované na oxidaci se zjistí \_\_\_\_\_ titrací kyseliny šťavelové manganistanem. Při titraci se nejprve k titrovanému roztoku přidá nadbytečný objem \_\_\_\_\_ roztoku manganistanu draselného a jeho přebytek se **retitruje** / **dotitruje** kyselinou šťavelovou.

6. **Popiš a nakresli titrační aparaturu.**



# Opakování – správné řešení

**Název: Kořenová čistička – kvantitativní a kvalitativní analýza**

## 1. Co znamená zkratka CHSK?

Chemická spotřeba kyslíku

## 2. Popiš princip kořenové čističky odpadních vod a uveď alespoň dvě její výhody.

Principem je čištění vod založené na filtraci odpadní vody přes kořenový filtr, který se skládá z jemných kamínků, na kterých sídlí bakterie, které se podílí na čistícím procesu.

Výhody kořenové čističky:

- minimální údržba
- nevyžaduje elektrickou energii
- dlouhá životnost
- nízké provozní náklady
- příznivě ovlivňují mikroklima okolí

## 3. Jak se jmenuje část kořenové čističky, ve které dochází k zachycení pevných částí?

Kořenový filtr

## 4. Přiřaď správnou odpověď:

kvalitativní analýza  
kvantitativní analýza  
odměrná analýza

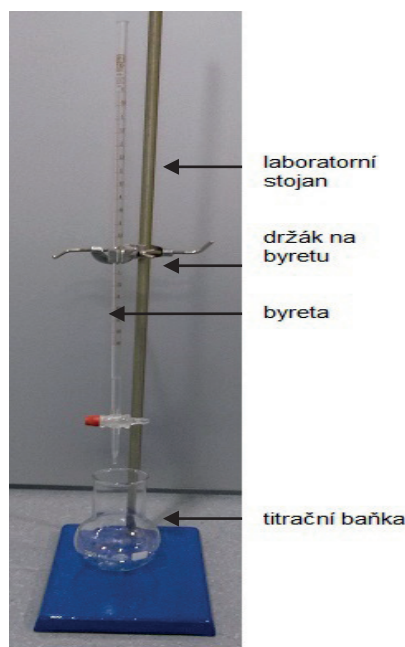


stanovení obsahu jednotlivých látek ve vzorku  
reakce mezi odměrným roztokem a složkou vzorku  
důkaz jednotlivých složek ve vzorku

## 5. Dopln vhodná slova do textu nebo vyber jednu ze dvou možností:

Při titračním stanovení dochází za horka k **oxidaci** / **redukci** organických látek manganistanem draselným v **zásaditém** / **kyselém** prostředí. Množství spotřebované na oxidaci se zjistí **zpětnou** titrací kyseliny šťavelové manganistanem. Při titraci se nejprve k titrovanému roztoku přidá nadbytečný objem **odměrného** roztoku manganistanu draselného a jeho přebytek se **retitruje** / **dotitruje** kyselinou šťavelovou.

## 6. Popiš a nakresli titrační aparaturu.













# Kořenová čistička – kvantitativní a kvalitativní analýza

Mgr. et Mgr. Mária Chropeňová, Mgr. Pavlína Karásková



[www.otevrenaveda.cz](http://www.otevrenaveda.cz)



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ