



**3. apríla 2014 – ÚLOHA B**

# **Všetko o morskej vode**

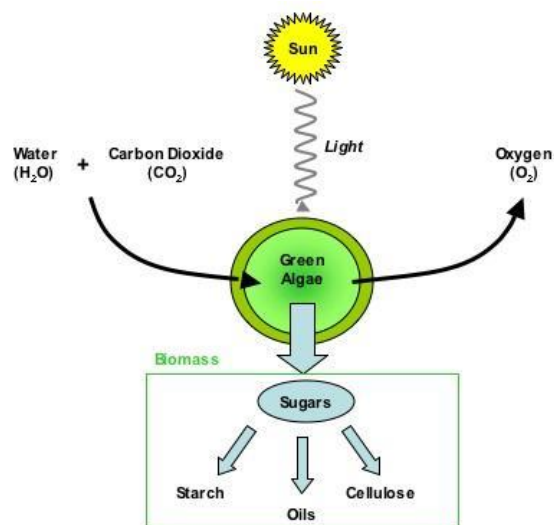
**- Zadanie -**

## Úloha B1: Biológia

### ŠTÚDIUM RASTU MIKRORIASY *NANNOCHLOROPSIS SP.* POUŽÍVANEJ NA VÝROBU BIOPALIVA

#### Úvodné informácie

Túto časť si prečítajte až keď nameriate hodnoty. Teraz choďte na opis úlohy a keď urobíte meranie vráťte sa sem. Aby sa zredukovala produkcia **skleníkového plynu** (greenhouse gass GHG), najmä emisií oxidu uhličitého ( $\text{CO}_2$ ) zodpovedných za globálne otepľovanie, veľa štúdií sa venovalo biopalivám a ich potenciálnej náhrade za fosílné palivá. Produkcia biopaliva z mikrorias sa považuje za veľmi sľubný zdroj energie, najmä vďaka ich zníženým nárokom na pôdu, vyšším výťažkom oleja z mikrorias v porovnaní s výťažkami z poľnohospodárskych plodín a ich schopnosti kultivácie v morskej vode, brakických vodách alebo odpadových vodách na neobrábanej pôde. Bio–dieselový motor na palivo z rias redukuje emisie  $\text{CO}_2$  až o 78% v porovnaní s emisiami bežného naftového motora. Produkcia biopaliva z mikrorias závisí na rýchlosti produkcie biomasy mikrorias a obsahu lipidov. Akumulácia lipidov a produkcia biomasy je ovplyvňovaná niekoľkými faktormi, akými sú výživa, teplota,  $\text{CO}_2$ , svetlo, slanosť a pod.



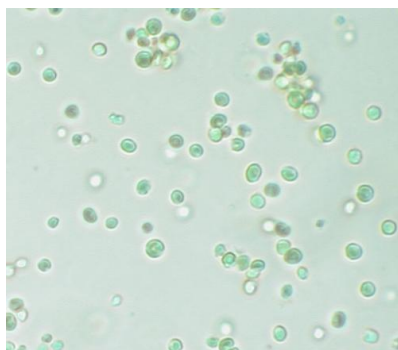
**Riasy** sú veľmi rozmanitou skupinou vodných fotosyntetizujúcich organizmov, ktoré sa podieľajú na približne 50% fotosyntézy, ktorá sa uskutočňuje na Zemi. Predpokladá sa, že hrajú dôležitú úlohu v celkovom uhlíkovom cykle tým, že odstraňujú nadbytočný  $\text{CO}_2$  z prostredia. Riasy sú sľubným zdrojom biopaliva vzhľadom na vysoký koeficient absorpcie a konverzie slnečnej energie na chemickú. Biopalivo z rias sa získava z biomasy, je

obnoviteľné, biodegradovateľné, prakticky uhlíkovo–neutrálne a schopné trvalo udržateľnej produkcie. Navyše biopalivo z rias nie je toxické, splodiny spaľovania (emisie) obsahujú menej CO, sadzí, uhľovodíkov a SO<sub>x</sub>.

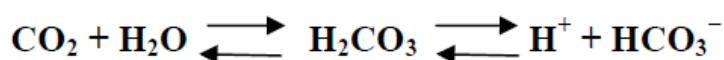
Väčšina rastlín, rias a siníc uskutočňuje **fotosyntézu**, aby konvertovala svetelnú energiu pochádzajúcu zo slnka na chemickú energiu, ktorú možno využiť ako zdroj energie pre rôzne aktivity organizmov. Chemická energia sa akumuluje v molekulách uhľovodíkov (takých ako cukry), ktoré sa syntetizujú z CO<sub>2</sub> a vody. Navyše sa vylučuje kyslík. Riasy sú vysoko účinné z hľadiska fotosyntézy v porovnaní so suchozemskými rastlinami.

Zelené rastliny majú šesť veľmi príbuzných fotosyntetických farbív. *Nannochloropsis sp.* samotná má chlorofyl–a, ktorý je najčastejším zo šiestich farbív a je prítomný v každej rastline, v ktorej sa uskutočňuje fotosyntéza. Požiadavka na viac ako jedno farbivo vychádza z potreby účinne absorbovať svetlo z inej časti elektromagnetického spektra. Napr. chlorofyl–a absorbuje najúčinnnejšie svetlo s vlnovými dĺžkami 400 – 450 nm a 650 – 700 nm, chlorofyl–b v rozsahu 450 – 500 nm a 600 – 650 nm. Xanthofyl absorbuje najúčinnnejšie svetlo v rozsahu 400 – 530 nm a navyše žiadne farbivo neabsorbuje dostatočne svetlo žltó–zelené, ktoré zodpovedá najhojnejšie sa vyskytujúcej zelenej farbe v prírode.

**Oxid uhličitý** sa rozpúšťa vo vode a vytvára kyselinu uhličitú (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), hydrogénuhličitanové (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) a uhličitanové (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) ióny. Množstvo CO<sub>2</sub> rozpusteného v morskej vode je približne 5× viac ako množstvo v atmosfére. V morskej vode je viac ako 90% v organickej forme alebo vo forme (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) . Mnohé mikroriasy môžu aktívne

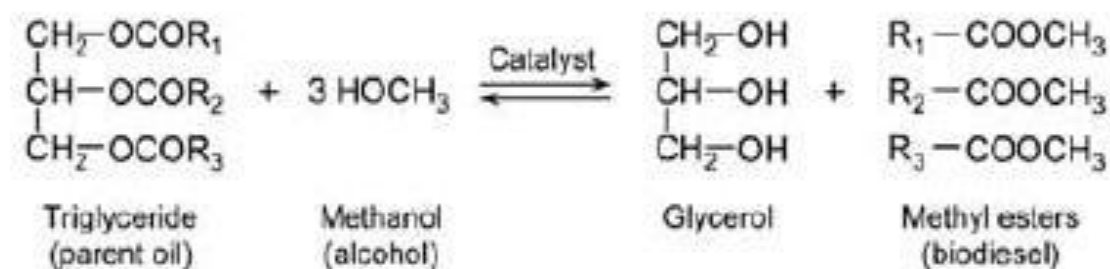


zachytávať (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) z okolia, prenášať ich cez plazmatickú membránu a do cytoplazmy a následne vytvárať CO<sub>2</sub> pôsobením karbonickej anhydrázy. Navyše mimobunková karbonická anhydráza môže katalyzovať vzájomnú premenu HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> a CO<sub>2</sub>, cestou nasledujúcej reakcie:



***Nannochloropsis sp.*** je malá eukaryotická jednobunková morská riasa s rozmermi 2-3  $\mu\text{m}$ , ktorá patrí do taxónu Eustigmatales. Jej schopnosť akumulovať vysokú úroveň poly-nenasýtených mastných kyselín stavia *Nannochloropsis sp.* do pozície sľubného nástroja pre priemyselné aplikácie.

*Nannochloropsis sp.*, spolu s niektorými ďalšími mikroriasami s vysokým obsahom lipidov v sušine biomasy, je schopná akumulovať 30% až 68% triglyceridov v sušine biomasy. Olej z rias využívaný na výrobu biopaliva pozostáva z triglyceridov, ktoré reagujú s metanolom pri transesterifikácii. Transesterifikácia vyžaduje 3 móly alkoholu na jeden mól triglyceridu na vytvorenie 1 mólu glycerolu a 3 mólov metylesterov. Pri dosiahnutí rovnováhy sa produkujú metylestery (biopalivo) a glycerol. Glycerol vzniká z triglyceridov, ktoré sa postupne rozkladajú na diglyceridy, monoglyceridy a nakoniec na glycerol.



**Biopalivo** je jedným z najsľubnejších obnoviteľných zdrojov energie v tomto storočí. Prednosťou pred klasickou naftou najlepšie charakterizuje nízka úroveň emisií a skutočnosť, že biopalivo je bio-degradovateľné, netoxické, obnoviteľné a bezsírové v porovnaní s klasickou naftou. Vďaka týmto dôvodom a environmentálne „priateľskej“ povahe biopaliva je jeho použitie posunom k dosiahnutiu vyššej miery trvalej udržateľnosti produkcie energie.

Primárne zdroje pre produkciu biopaliva možno rozdeliť do štyroch skupín: rastlinné oleje (jedlé i nejedlé), živočíšne tuky, použité oleje z varenia a riasy. Použitie biopaliva je jednoduché, a v súčasnosti efektívne v zmesi s bežnou naftou. Miešanie nafty a biopaliva je stanovené v každej krajine iným pomerom.



Keďže chceme zabezpečiť trvalú produkciu biopaliva z mikrorias, budeme skúmať rast týchto mikroorganizmov v rôznych životných podmienkach (napr. koncentrácia CO<sub>2</sub>), zatiaľ čo osvetlenie, obsah živín, slanosť, teplota a pH sa nemenili.

### **Problém:**

V tejto úlohe budete skúmať vplyv CO<sub>2</sub> na rýchlosť rastu *Nannochloropsis sp.*, pričom sa budú uvažovať tri rôzne oblasti znečistenia CO<sub>2</sub> emisiami (od nízkeho po vysoké).

Vaše laboratórium bolo požiadané, aby stanovilo oblasť, z ktorej pochádza neznáma vzorka (ktorá patrí do jednej troch oblastí, kde boli vzorky odoberané počas predchádzajúcich dvanástich dní) a tiež rozhodnúť, ktorá z troch oblastí je najlepšia na postavenie výrobného závodu na pestovanie mikroriasy na produkciu biomasy.

## **Materiál a vybavenie**

- Popisovač, milimetrový papier
- Sklenené pipety (2 ml) a plastové Pasteurove pipety
- Plastové skúmavky (Falcon 15 ml) obsahujúce pripravené roztoky mikrorias
- Stojan na skúmavky
- destilovaná voda
- Roztok s neznámou koncentráciou označený "14 "

### Na hlavnom stole v laboratóriu nájdete:

- Spektrofotometer nastavený na vlnovú dĺžku 750 nm
- Vortex – miešač na premiešanie vzoriek pred meraním
- Kyvety na spektrofotometriu (4 ks pre tím)
- Utierky a destilovaná voda
- Nulová vzorka (blank)



## Opis úlohy

Aby ste stanovili hmotnosť sušiny mikrorias = Dry Cell Weight (DCW) na liter ( $\text{mg L}^{-1}$ ), je potrebné najskôr zmerať absorbanciu, ktorá korešponduje s koncentráciou buniek. Budete mať vzorky z 3-, 6-, 9- a 12-dňovej kultúry a tieto použijete na meranie absorbancie=optickej hustoty OD (optical density) pomocou spektrofotometra pri vlnovej dĺžke 750 nm. Pripravíte rastovú krivku rias *Nannochloropsis sp.* pre každú oblasť s rozdielnou koncentráciou  $\text{CO}_2$ . Oblasť A, s nízkou koncentráciou  $\text{CO}_2$  sa nachádza na ostrove s nízkymi koncentraciami  $\text{CO}_2$ ; Oblasť B so strednou koncentráciou  $\text{CO}_2$  je blízko cesty s normálnymi hladinami  $\text{CO}_2$ ; a nakoniec Oblasť C s vysokou koncentráciou  $\text{CO}_2$  sa nachádza blízko priemyselnej oblasti s vysokými úrovňami  $\text{CO}_2$ . Oblasť Neznámej vzorky musíte určiť podľa rastových kriviek. Kultúra je udržiavaná za konštantných podmienok (t.j. hladiny svetla, teploty a pod.).

Ako zdroj uhlíka bol vo všetkých experimentoch použitý hydrogénuhličitan sodný.

## Informácia o spektrofotometrii

Každá chemická zlúčenina absorbuje, prenáša alebo odráža svetlo (elektromagnetické žiarenie) v určitom rozsahu vlnovej dĺžky. Spektrofotometria je kvantitatívna metóda merania odraznosti alebo priechodnosti látky/zlúčeniny ako funkcie vlnovej dĺžky. Spektrofotometer je prístroj, ktorý meria množstvo fotónov (intenzity svetla) absorbovaných pri prechode cez vzorku roztoku. Pomocou spektrofotometra sa dá určiť množstvo (koncentrácia) neznámej chemickej látky v roztoku na základe merania intenzity detegovaného svetla. Beer–Lambertov zákon opisuje vzťah medzi absorbanciou a koncentráciou vzorky, ktorý sa aplikuje v prípade lineárnej závislosti nameranej absorbancie od koncentrácie vzorky.

Beer–Lambertov zákon možno vyjadriť v tvare

$$A = \varepsilon l c,$$

kde  $A$  je miera absorbancie (absorbancia – bezrozmerná veličina),  $\varepsilon$  molárny absorpčný koeficient,  $l$  dĺžka absorbujúcej vrstvy a  $c$  koncentrácia. Koeficient  $\varepsilon$  sa líši pre rôzne molekuly. Ak poznáme absorbanciu  $A$ , molárny absorpčný koeficient  $\varepsilon$  a dĺžku  $l$ , môžeme vypočítať koncentráciu vzorky  $c$ .

## Experimentálny postup

**Dôležitá poznámka: V laboratóriu sa nachádzajú len 3 spektrofotometre na 12 tímov, musíte pracovať tak, aby ste merali čo najskôr, inak budete dlho čakať**

- 13 skúmaviek obsahuje vzorky *Nannochloropsis sp.*, ktoré boli naočkované z jednej počiatočnej kultúry (vzorka 1, deň 0), následne sa nechali rásť v troch rôznych prostrediach (s troma rôznymi koncentraciami CO<sub>2</sub>), zriedené 4-krát a odoberané v rozličných časoch (0, 3., 6., 9. a 12. deň).
- Skúmavka 14 obsahuje neznámu vzorku (Unknown sample), ktorá bola odobraná z kultúry na 10. deň.
- Skúmavka 0 (blank) obsahuje iba morskú vodu so živinami a bude slúžiť na nastavenie spektrofotometra na nulovú absorbanciu.

Sample	Region A	Sample	Region B	Sample	Region C
1	0 day				
2	3rd day	6	3 rd day	10	3rd day
3	6th day	7	6th day	11	6th day
4	9th day	8	9th day	12	9th day
5	12th day	9	12th day	13	12th day
14	Unknown sample				

- Zdvihnite ruku ak ste pripravený ísť merať na spektrofotometri.** Pred každým meraním dôkladne premiešajte každú skúmavku 3-5 sekúnd na vortexe, aby ste **zhomogenizovali vzorku**
- Majte na pamäti, že na meranie na spektrofotometri budete mať iba 25 minút.** To je



dostatočný čas a keď budete v klude pracovať, určite to zvládnete. Ak by mal niektorý z vašich kolegov čas, môže vám pomôcť s premývaním kyvety po každom meraní.

Preneste do kyvety roztok 0 (blank) a vložte kyvetu do spektrofotometra. Dávajte pozor, aby ste kyvetu vložili tak, aby svetelný lúč prechádzal cez priehľadnú stranu.

- f. Stlačte tlačítko “Zero” a display na prístroji ukáže 0.000 (je nakalibrovaný).
- g. Na prenesenie cca 3 ml vzorky do kyvety používajte pipetu. Horná hladina vzorky by mala byť asi 1 cm od horného okraja kyvety.

*Skontrolujte, či je na spektrofotometri nastavená vlnová dĺžka 750 nm a postupujte podľa inštrukcií vedľa každého spektrofotometra (dozor v laboratóriu Vám pomôže).*

*Roztok z každého merania a zvyšky po oplachovaní kyviek vylievajte do nádoby na to určenej (waste container).*

- h. Vaše merania zapíšte do Odpovedového hárku (Tabuľka 1).
- i. Na milimetrový papier zostrojte graf. Na grafe musia byť vynesené hodnoty absorbancie (OD) pre každú vzorku oproti dňu odobrania kultúry. Celkovo musíte urobiť tri krivky (pre každú podmienku prostredia A, B, C), ktoré vychádzajú z jedného bodu (absorbancia vzorky, z ktorej boli všetky tri varianty rozočkované). Všetky tri exponenciálne krivky zakreslite do jedného grafu. To bude graf 1.
- j. Z grafu určite oblasť, z ktorej pochádza neznáma vzorka odobraná na desiaty deň a odpoveď napíšte do odpovedového hárku.
- k. Merania optickej hustoty (OD) pri vlnovej dĺžke 750 nm sa musia premeniť na hodnoty hmotnosti sušiny=Dry Cell Weight (DCW) ( $\text{mg L}^{-1}$ ) s použitím faktora, ktorý získate pri meraní na príslušnom spektrofotometri (rovnica kalibračnej krivky sa ukáže na spektrofotometri). Musíte si zapísať túto rovnicu do svojho odpovedového hárku v Úlohe B.1.4. Vypočítajte finálnu hodnotu DCW pre vaše vzorky z regiónu, ktorý ste určili ako región, z ktorého pochádza neznáma vzorka. Musíte zohľadniť aj to, že vzorky, ktoré ste merali, boli riedené. Hodnoty zapíšte do tabuľky 2.

- l. Na milimetrový papier zostrojte graf, na ktorom bude vynesená hmotnosť sušiny (dry cell





weight DCW) každej vzorky vybranej kultúry oproti dňu odobrania vzorky. Musíte to urobiť pre tú kultúru, ktorú ste si vybrali v bode j. Toto je graf 2. Z grafu odčítajte hmotnosť sušiny DCW neznámej vzorky tak, že to v grafe poriadne vyznačíte.

- m. Ak predpokladáme, že riasa *Nannochloropsis sp.* je schopná v suchej biomase akumulovať 50% triglyceridov, vypočítajte koncentráciu (v  $\text{mg L}^{-1}$ ) triglyceridov pre podmienky prostredia, ktoré ste určili a hodnotu pre dvanásť deň s maximálnou produkciou DCW napíšte do odpovedového hárku.
- n. Ako už bolo spomenuté, transesterifikačná reakcia vyžaduje 3 móly triglyceridov na tvorbu 1 mólu glycerolu a 3 móly metyl esterov (biopalivo). Na základe množstva triglyceridov, ktoré ste vypočítali v predchádzajúcej otázke, vypočítajte množstvo biopaliva (v miligramoch; mg) vytvoreného v 1 litri (L) ak viete, že hlavný triglycerid je triglycerid kyseliny palmitovej a jeho molekulová hmotnosť je 807. Okrem toho, molekulová hmotnosť metyl esteru kyseliny palmitovej (biopalivo) je 270.



## Úloha B2 – Chémia

### Úloha B 2.1 – Čistenie NaCl

#### BEZPEČNOSTNÉ PRAVIDLÁ PRE EXPERIMENT "Čistenie NaCl"

1. Majte oblečený plášť a noste okuliare počas vykonávania experimentov a rukavice pri manipulácii s chemikáliami.
2. Nikdy nič neochutnávajte. Nikdy nečuchajte priamo k zdroju výparov alebo plynov
3. Mnohé bežné chemikálie, napr. alkoholy sú vysoké horľavé – nemanipulujte s nimi pri otvorenom ohni.
4. **Zložte si rukavice pri manipulácii s laboratórnym kahanom.**
5. Kahan nenechávajte nikdy bez dozoru.
6. **Ak dôjde ku kontaktu chemikálie s pokožkou alebo očami, okamžite si ich opláchnite prúdom vody a ohláste to dozoru.**
7. Chemikálie vhodne likvidujte, nádoby na odpad vám budú poskytnuté.
8. Pri práci s koncentrovanou  $H_2SO_4$  buďte mimoriadne opatrní!!! Do  $H_2SO_4$  nikdy nelejte vodu.

## Úvod

Použitie soli ako konzervačného prostriedku bolo známe už v dávnych časoch. Soľ sa stala neoddeliteľnou časťou života ľudí a často sa stala súčasťou ich zvykov, tradícií a náboženského života. V starovekom Ríme bola soľ taká vzácna, že sa často používala pri obchodných transakciách namiesto peňazí. Keď sa nad tým zamyslíme, tak anglické slovo "salary" pochádza z latinského "salarium", čo znamená platbu zaplatenú soľou. V starovekom Grécku soľ symbolizovala priateľstvo a solidaritu. Používali ju pri zasväcovaní ich obetí bohom.

Soľ sa triedi na kamennú soľ a morskú soľ.



**Kamenná soľ**, ktorá tvorí asi 70 % celkovej svetovej spotreby, sa vytvorila pred miliónmi rokov, keď sa časť oceánov vyparila, ako aj pri geologickej reorganizácii zemského povrchu. Obsahuje veľké množstvo nečistôt, ktoré treba z nej odstrániť čistením.

**Morská soľ** sa získava odparovaním morskej vody, pričom sa využívajú veľké odparovacie bazény. Koncentrácia soli sa v rôznych moriach líši. Severné moria majú menšiu koncentráciu soli (okolo 3 %), kým Mŕtve more obsahuje až 8% soli. Soľ, ktorá sa získava odparovaním morskej vody, obsahuje tiež nečistoty. Niektoré z nich, ako je napr. piesok, možno ľahko odstrániť, zatiaľ čo niektoré, ako sú napr. sírany ( $\text{MgSO}_4$  alebo  $\text{CaSO}_4$ ), sa odstraňujú ťažšie.

Základom čistenia soli je jej rozpustenie vo vode, z ktorej sa potom získava rekryštalizáciou a to ochladením roztoku alebo pridaním vhodnej látky, v tomto prípade kyseliny chlorovodíkovej HCl. Pri uvedených metódach čistenia čistá látka vykryštalizuje, kým nečistoty zostávajú v roztoku. Jedna z týchto metód čistenia sa používa v nasledujúcom experimente.

## Metódy čistenia

Navrhovaná metóda čistenia sa skladá z týchto krokov:

1. Najprv sa z kamennej soli pripraví nasýtený roztok NaCl. Ak obsahuje tuhé nečistoty, napr. piesok, roztok treba dekantovať. Robí sa to tak, že roztok nad nečistotami sa opatrne zleje do inej kadičky, avšak tuhé nečistoty sa pritom nesmú zvíťiť.
2. Do roztoku sa zavádza istý plyn, čo spôsobí zväčšenie koncentrácie chloridových iónov ( $\text{Cl}^-$ ) v roztoku. Tým sa dosiahne, že sa z roztoku vylúči tuhý NaCl a rozpustné nečistoty zostanú v roztoku.
3. Čistý NaCl možno potom oddeliť od roztoku filtráciou.
4. Získaný tuhý produkt sa vysuší v sušiarňi.

Takýto postup možno opakovať jeden alebo viackrát, ak sa vyžaduje, aby sa získal NaCl vysokej kvality.

### Chemické sklo, chemikálie a pomôcky

- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>▪ 1 lyžička</li><li>▪ laboratórny kahan (I)</li><li>▪ banka s okrúhlym dnom (A)</li><li>▪ nástavec s tromi zábrusovými spojmi (B)</li><li>▪ rôzne veľké sponky (H)</li><li>▪ svorka na spojenie medzi silikónovou hadicou a nástavcom s tromi zábrusovými spojmi (C)</li><li>▪ 1 oddeľovací lievik (D)</li><li>▪ prebublávačka (E)</li><li>▪ premývačka</li><li>▪ 2 čisté silikónové hadice na zostavenie aparatury</li><li>▪ 3 kadičky (100, 250 a 400 ml) (G)</li><li>▪ 2 odmerné valce (25 a 100 ml)</li><li>▪ 1 malý lievik (F)</li><li>▪ 1 malý plastový lievik</li><li>▪ 1 veľký lievik</li><li>▪ 1 kus filtračného papiera</li><li>▪ 4 skúmavky</li><li>▪ 1 stojan na skúmavky</li><li>▪ kónická banka (250 ml) na filtráciu</li><li>▪ 3 laboratórne stojany</li><li>▪ 3 kovové svorky (L)</li><li>▪ 3 lapáky (K)</li><li>▪ hodinové sklo</li><li>▪ drevené pinzety</li><li>▪ 1 sklená tyčinka</li><li>▪ sušiareň</li><li>▪ filtračný papier</li><li>▪ elektronické váhy (presnosť <math>\pm 0,1</math> g)</li><li>▪ vazelína</li><li>▪ tužka</li><li>▪ zapalovač</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ kuchynská soľ (NaCl)</li><li>▪ znečistená soľ NaCl</li><li>▪ koncentrovaná <math>\text{H}_2\text{SO}_4</math></li><li>▪ roztok <math>\text{BaCl}_2</math> (<math>c = 1 \text{ mol dm}^{-3}</math>)</li><li>▪ etanol (<math>\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}</math>)</li><li>▪ destilovaná voda</li></ul> |
|--|---|

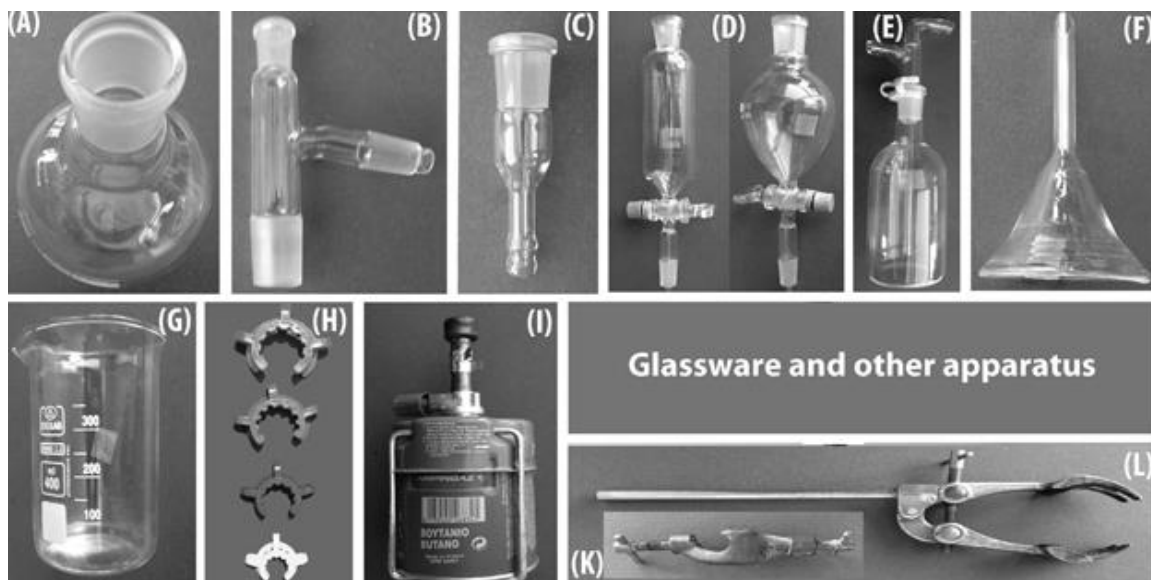
## Postup

**Pozor! Ak nedodržíte pravidlá bezpečnosti pri práci v zmysle inštruktáže, môžete byť penalzovaní. dokonca vyvedení z laboratória.**

**2.1.** Odvážte 37 g znečistenej soli NaCl a návažok pridajte do 250 ml kadičky, do ktorej ste predtým odmerali 100 ml destilovanej vody. (Rozpustnosť NaCl pri 20 °C: 35,7 g v 100 ml vody.) Miešajte roztok dovtedy, kým sa NaCl nerozpustí. Získate tak nasýtený roztok NaCl. Ak na dne kadičky zostane nejaký nerozpustený zvyšok, nasýtený roztok NaCl opatrne odlejte (dekantujte) do druhej 400 ml kadičky (**kadička G na obr. 1**).

**2.2.** Odmerajte 10 ml takto získaného nasýteného roztoku NaCl do skúmavky (**roztok 1**). Skúmavku s roztokom budete potrebovať v kroku 2.11.

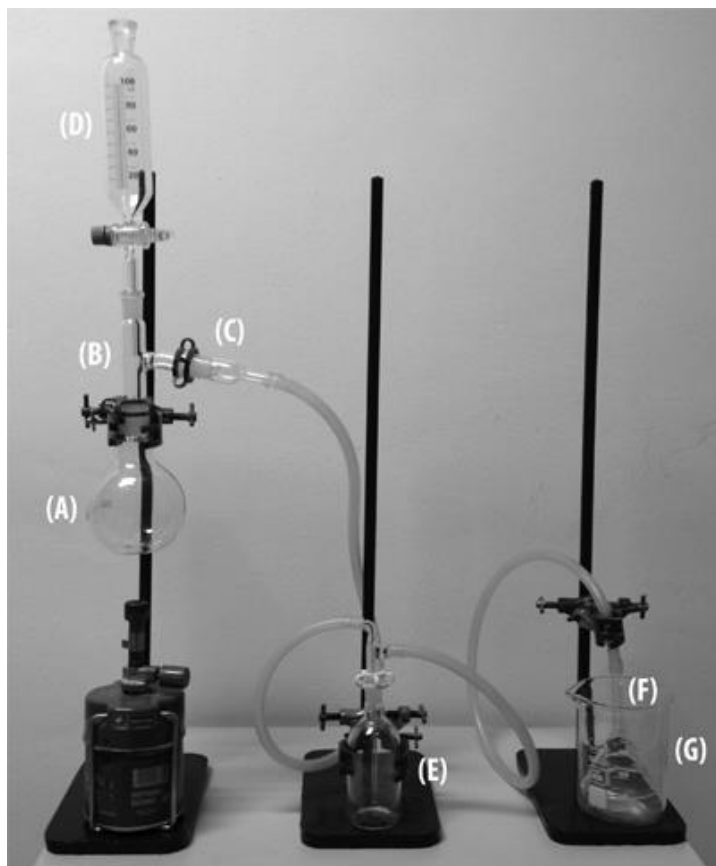
**2.3.** Navážte 40 g kuchynskej soli do banky s okrúhlym dnom (**banka A na obr. 1**). Potom nasadíte trojcestný nástavec (**B**) na otvor banky s okrúhlym dnom a spoj zabezpečte zelenou sponkou. **Keď spájate zábrusové spoje, potrite jeden z nich malým množstvom vazelíny. Natretý spoj zasunúť do zábrusového otvoru a spoje jemne pootočte, aby sa vazelína dostatočne naniesla na celý zábrus.** Potom zostavte aparáturu ako je to znázornené na **obr. 2**. **Aparáturu treba zostaviť v digestóriu.** Postupujte podľa inštrukcií uvedených nižšie.



**Obr. 1:** Fotografie chemického skla a iných častí aparatury, ktoré budete používať v tomto experimente.

- (A) Banka s okrúhlym dnom
- (B) Trojcestný nástavec
- (C) Zábrusová redukcia na napojenie silikónovej hadice na trojcestný nástavec.
- (D) Oddeľovací lievnik (môžu byť dva rôzne druhy)
- (E) Premývačka, ktorá slúži ako zachytávací nádob

- (F) Malý lievik
- (G) 400 ml kadička
- (H) Sponky s rozdielnou veľkosťou, odlišené farbou
- (I) Laboratórny kahan
- (K) Svorka
- (L) Kovový lapák



**Obr. 2:** Aparatúra na čistenie NaCl.

Pomocou svorky a lapáka upevnite banku (A) s okrúhlym dnom na stojane. Banku musíte upevniť v takej výške, aby sa dala odspodu zahrievať kahanom, pričom spodok banky musí byť asi centimeter nad modrým kužeľom plameňa. Potom nasadíte trojcestný nástavec (B) na banku a spoj spevnite zelenou sponou. Oddelovací lievik (D) nasadíte na vrchný otvor nástavca (B) a spoj spevnite žltou plastovou sponou. **Ubezpečte sa, že kohútik na oddelovacom lieviku je zatvorený.** Pomocou svorky a lapáka upevnite na druhý stojan premývačku (E). Na bočný otvor nástavca (B) nasadíte zábrusovú redukciu (C) tak, ako je to zobrazené na obr. 2. Na spoj nasadíte modrú sponu (pozri obr. 2). Na redukciu (C) natiahnite jeden koniec silikónovej hadice a druhý koniec silikónovej hadice pripojte na premývačku tak, ako je to znázornené na obr. 2. Druhou silikónovou hadicou spojte bočné rameno premývačky (E) so stonkou malého skleneného lievika (F), pričom lievik ešte predtým upevnite v obrátenej polohe pomocou svorky a lapáka na treťom



stojane. Lievik musí byť upevnený tak vysoko, aby jeho spodný okraj bol pod hladinou nasýteného roztoku v kadičke (G), ale nesmie sa dotýkať dna kadičky.

**POŽIADAJTE DOZOR, ABY VÁM PRIŠIEL SKONTROLOVAŤ APARATÚRU PRED TÝM, AKO ZAČNETE EXPERIMENT.**

**Che 1. Odpovedzte na otázky v odpovedňovom hárku.**

2.4. Natiahnite si rukavice a opatrne pridajte 40 ml koncentrovanej kyseliny sírovej  $H_2SO_4$  do oddeľovacieho lievika (D).

**POZOR: KOHÚT NA ODDEĽOVACOM LIEVIKU MUSÍ BYŤ ZATVORENÝ.**

2.5. Pridávajte **po kvapkách** koncentrovanú  $H_2SO_4$  do banky s okrúhlym dnom, pričom ju občasne zahrejte **miernym plameňom** kahana. **Počas zohrievania si stiahnite gumené rukavice.** Pokus je skončený, keď ste pridali do roztoku NaCl v banke všetku kyselinu sírovú a v kadičke G s nasýteným roztokom NaCl sa nepozoruje tvorba bublín. Po pridaní všetkej kyseliny sírovej sa ubezpečte, že ste zavreli kohút na oddeľovacom lieviku.

**Che 2 – Che 4. Odpovedzte na otázky v odpovedňovom hárku.**

2.6. Na okraji papierového filtra napíšte tužkou skratku vašej krajiny (SK). Potom v digestóriu odfiltrujte tuhý produkt, ktorý sa vytvoril v kadičke G.

2.7. Premyte produkt trikrát zakaždým s 10 ml etanolu.

2.8. Potom filter so zrazeninou umiestnite na hodinové sklíčko tak, že filter rozbalíte, aby zrazenina mala čo najväčší povrch. Hodinové sklo s filtrom a produktom vložte do sušiarne, kde sa má sušiť 40 minút pri teplote  $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Che 5. Odpovedzte na otázky v odpovedňovom hárku.**

2.9. Po vysušení produktu použite drevenú pinzetu pri vyberaní sklíčka s produktom zo sušiarne. Odvážte zo získaného vyčisteného NaCl  $x$  gramov (výpočet v Che 5) a návažok rozpustíte v 15 ml vody v 100 ml kadičke. Miešajte roztok dotedy, kým sa NaCl úplne rozpustí, pričom musí vzniknúť roztok NaCl, v ktorom je koncentrácia NaCl rovnaká ako vo východiskovom nasýtenom **roztoku 1**.

2.10. Z pripraveného roztoku odmerajte 10 ml do skúmavky (**roztok 2**).

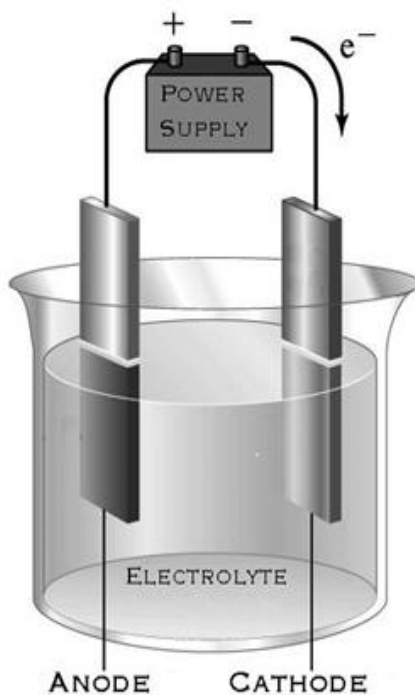
2.11. Pridajte 3 kvapky vodného roztoku  $BaCl_2$  do skúmaviek 1 a 2 a obsah skúmaviek premiešajte sklenenou tyčinkou.

**Che 6 – Che 12. Odpovedzte na otázky v odpovedňovom hárku.**

## Úloha B2.2 – Elektrolýza NaCl (aq) s grafitovými elektródami C(s)

### Úvod

Elektrolýza predstavuje celý rad redoxných chemických reakcií, ktoré prebiehajú v roztoku alebo v tavenine, keď sa do nich zavedie jednosmerný elektrický prúd. V roztoku alebo v tavenine sa nachádzajú kladné alebo záporné ióny, ktoré sa pohybujú k opačne nabitým elektródam. Výsledkom je premena elektrickej energie na chemickú. Na obrázku je schematicky znázornená jedna takáto elektrolytická bunka.



Obr. 3: Znázornenie elektrolytickej bunky

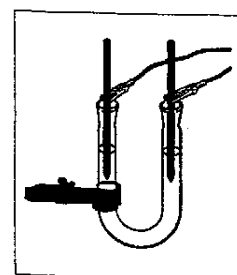
Elektrolýza má množstvo aplikácií, ktorých možno uviesť napr. priemyselnú prípravu Na, Al, Cl<sub>2</sub>, HCl, NaClO, NaClO<sub>3</sub> a NaOH, ako aj pokovovanie, t. j. vytváranie tenkých vrstiev vzácnych kovov (napr. Ag, Au alebo Pt) na povrchu menej ušľachtilých kovov.



Aparatúra	Chemikálie
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zdroj jednosmerného napätia (5V)</li> <li>• Sklená rúrka v tvare U</li> <li>• Stojan a svorka</li> <li>• 2 pipety ako kvapkadlá</li> <li>• 2 skúmavky</li> <li>• Stojan na skúmavky</li> <li>• 2 vodiče</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 grafitové elektródy</li> <li>• roztok NaCl (<math>c = 2,0 \text{ mol dm}^{-3}</math>)</li> <li>• fenolftaleín</li> <li>• roztok KI (<math>c = 1,0 \text{ mol dm}^{-3}</math>)</li> <li>• Kúsok chleba</li> </ul>

## Postup pokusu

3.1. Upevnite U rúrku na stojane pomocou svorky a lapáku. Do rúrky nalejte vodný roztok NaCl s koncentráciou  $2,0 \text{ mol dm}^{-3}$  do výšky asi 2 cm pod ústím rúrky. Vložte grafitové elektródy do rúrky a pripojte ich ku zdroju jednosmerného napätia ( $\approx 5V$ ). Nechajte elektrolýzu prebiehať asi 5 min.



3.2. Vyberte elektródy z roztoku.

3.3. Z katódového priestoru odoberte mikropipetou (kvapátkom) asi 2 ml roztoku a roztok dajte do skúmavky (**roztok C**).

3.4. Z anódového priestoru odoberte mikropipetou (kvapátkom) asi 2 ml roztoku a roztok dajte do skúmavky (**roztok A**).

3.5. K roztoku A pridajte asi 10 kvapiek vodného roztoku KI.

**Che 13 - 18. Odpovedzte na otázky v odpoved'ovom hárku.**

3.6. Do roztoku C pridajte 2 – 3 kvapky fenolftaleínu.

**Che 19 - 23. Odpovedzte na otázky v odpoved'ovom hárku.**



## Úloha B3 - Fyzika

### Využitie elektrolytického zariadenia na meranie hmotnostnej koncentrácie roztoku chloridu sodného

#### Úvod

Cieľom je

- (a) **experimentálne vyšetriť vzťah medzi elektrickou vodivosťou roztoku chloridu sodného v elektrolytickom zariadení a hmotnostnou koncentráciou roztoku**
- (b) **kalibrovať elektrolytické zariadenie**

Hmotnostná koncentrácia  $\rho_A$  látky A v roztoku je daná vzťahom  $\rho_A = \frac{m_A}{V}$ , kde  $m_A$  je hmotnosť látky A v roztoku a  $V$  objem roztoku.

Rozsah merania je obmedzený hodnotami hmotnostnej koncentrácie od 2 g/(100 mL) do 6 g/(100 mL). Vaše výsledky sa použijú potom použije na kalibrovanie elektrolytického zariadenia, takže potom bude možné experimentálne určiť neznámu koncentráciu slaného roztoku v elektrolytickom zariadení.

#### Teoretický úvod a postup merania

##### Elektrická vodivosť iónového roztoku chloridu sodného – Ohmov zákon

Je známe, že iónový roztok vedie elektrický prúd. Za určitých podmienok, ktoré sú splnené v našom prípade, by mal platiť Ohmov zákon.

Roztok NaCl s hmotnostnou koncentráciou  $\rho_A$  umiestnite do nádoby. Do kvapaliny ponoríte dve rovnaké kovové platničky (elektrody). Vytvoríte tak elektrolytické zariadenie.

Podľa Ohmovho zákona, ak je medzi elektródami napätie  $U$ , prechádza roztokom prúd priamo úmerný tomuto napätiu

$$I = G U. \quad (1)$$



$G$  je konštanta, predstavujúca elektrickú vodivosť elektrolytického zariadenia. Vodivosť je prevrátená hodnota odporu  $G = 1/R$  a meria sa v jednotkách S–siemens alebo  $\Omega^{-1}$ .

Na experimentálne určenie vodivosti zariadenia: zapojte elektrolytické zariadenie do série s rezistorom s odporom  $120 \Omega$ . Voltmeter použijete na meranie napätia medzi svorkami zariadenia a ampérmeter na meranie prúdu v uzatvorenom obvode.

Vodivosť elektrolytického zariadenia s iónovým roztokom závisí od niekoľkých faktorov:

- 1) rozmerov, polohy a tvaru elektród,
- 2) teploty roztoku,
- 3) koncentrácie iónového roztoku.

Z toho vyplýva, že ak chceme vyšetrovať závislosť vodivosti od jedného z faktorov, zvyšné musia byť konštantné počas experimentu. Ak vyšetrujeme závislosť vodivosti od koncentrácie, musíme zabezpečiť, aby boli elektródy v stálej polohe a aby sa teplota roztoku nemenila.

Za uvedených podmienok predpokladáme, že vzťah vodivosti a koncentrácie bude lineárny. Ak teda rozpustíme kuchynskú soľ vo vode z vodovodu a vytvoríme tak roztok s koncentráciou  $\rho_A$ , potom závislosť vodivosti od koncentrácie má tvar

$$G = \lambda \cdot \rho_A + G_0, \quad (2)$$

kde  $\lambda$  a  $G_0$  sú konštanty, ktoré závisia od teploty roztoku, druhu roztoku tvaru zostavy elektrolytického zariadenia.

Behom experimentu zmeriate pre rôzne hodnoty koncentrácie slanej vody príslušné hodnoty vodivosti a zostrojíte graf  $G$  ako funkciu  $\rho_A$ . Overíte, či získané výsledky súhlasí so vzťahom (2), a určíte hodnoty konštant  $\lambda$  a  $G_0$ .



## Pomôcky

1. Generátor YB16200. [Použite nastavenie: Waveform AC (striedavé), Frequency 1,5 kHz, Power Out (výstupný výkon) 24 Watt]
2. Dva multimetre
3. Rezistor s odporom 120  $\Omega$
4. Elektrolytické zariadenie – sústava dvoch elektród a roztok v nádobke
5. Spínač
6. Spojovacie vodiče
7. Jeden odmerný valec 100 mL
8. Stojan so šiestimi skúmavkami
9. Plastická injekčná striekačka 20 mL
10. Šesť plastických nádobiek 100 mL
11. Váhy s presnosťou 0,1 g
12. Chlorid sodný
13. Plastická lyžička
14. Plastická nádoba na elektrolyt
15. Popisovač
16. Grafický papier
17. 2 Kalkulačky
18. Pravítko 20 cm – 30 cm.
19. Ceruzka, pero, guma na mazanie
20. Papierové utierky (rolka)

## Postup merania

Uvádzajte číselné hodnoty so správnym počtom platných číslic u nameraných i vypočítaných hodnôt

1. S použitím odmerného valca, injekčnej striekačky a váh pripravte päť roztokov soli vo vode (použite vodu z vodovodu) s koncentraciami

$$2 \frac{\text{g}}{100 \text{ mL}}, 3 \frac{\text{g}}{100 \text{ mL}}, 4 \frac{\text{g}}{100 \text{ mL}}, 5 \frac{\text{g}}{100 \text{ mL}} \text{ a } 6 \frac{\text{g}}{100 \text{ mL}}$$



a dajte ich do plastických nádobiek. Každú nádobku označte hodnotou koncentrácie roztoku, ktorý obsahuje.

2. Ku každej nádobke priradte jednu skúmavku a tiež ju označte príslušnou koncentráciou. Každú skúmavku naplňte do polovice roztokom z príslušnej nádobky.
3. Dvojicu elektród vložte do prvej skúmavky, ktorá obsahuje roztok s koncentráciou

$$2 \frac{\text{g}}{100 \text{ mL}}.$$

4. Nakreslite schému zapojenia obvodu do odpovedového hárku.
5. Nastavte frekvenciu generátora na 1,5 kHz a udržiajte ju počas merania rovnakú. Zapojte obvod.
6. **Nezapínajte spínač, kým vám obvod neskontroluje asistent.** Asistent vám zapojenie opraví, ak bude treba.

**Pokiaľ nemeriate, vypínač vypnite.**

Nastavte výstupnú úroveň generátora na maximum. Počkajte chvíľu, až sa napätie medzi elektródami a prúd ustália. Hodnoty zapíšte do tabuľky A a vypnite spínač.

Postup opakujte so všetkými vzorkami, ktoré ste si pripravili. Pred každým meraním omyte a osušte elektródy. Vyplňte všetky bunky tabuľky A.

## Výpočty a hodnotenie

[Všetky výsledky zapíšte do odpovedových hárkov]

1. Na grafickom papieri zostrojte priamkový graf závislosti vodivosti  $G$  od koncentrácie  $\rho_A$ .
2. Určte hodnoty konštant  $\lambda$ ,  $G_0$ , použitých vo vzťahu (2).
3. Požiadajte asistenta, aby vám dal nádobku s roztokom soli neznámej koncentrácie  $\rho_x$ . Experimentálne určte koncentráciu roztoku s použitím vášho zariadenia a zostrojeného grafu.