

Názov projektu: Digitalizácia chemických experimentov pre zlepšenie kvality a podporu výučby chémie na stredných školách  
Akronym: ChemIQSoc  
Číslo projektu: 2021-1-SK01-KA220-VET-000027995



## Názov: Stanovenie biochemickej spotreby kyslíka (BSK<sub>5</sub>)

### Návod na prácu

**Zadanie:** Stanovte BSK<sub>5</sub> v odpadových vodách.

### Teória

Biochemická spotreba kyslíka po  $n$  dňoch (BSK <sub>$n$</sub> ) je hmotnostná koncentrácia rozpusteného kyslíka spotrebovaného za špecifikovaných podmienok biochemickej oxidácie organických a anorganických látok vo vode.

Hodnota  $n$  je inkubačný čas rovnajúci sa 5 alebo 7 dní.

Vzorka vody sa upraví a zriedi rôznymi množstvami riediacej vody s vysokým množstvom rozpusteného kyslíka a s očkovacími aeróbnymi mikroorganizmami, s potlačením nitrifikácie. Inkubácia sa uskutoční pri teplote 20 °C v definovanom čase 5 alebo 7 dní, v tme, v úplne naplnenej uzavretej banke.

Stanoví sa koncentrácia rozpusteného kyslíka pred inkubáciou a po nej. Z rozdielu sa vypočíta množstvo spotrebovaného kyslíka na liter vzorky. Pri predpokladaných nízkych hodnotách do 6 mg/l kyslíka sa vzorka neriedi. Rozsah pre výkon skúšky podľa tohto dokumentu je v intervale: (3 – 3500) mg/l s rozšírenou neistotou  $U$  ( $k = 2$ ) 5,5 %.

### Pomôcky:

#### *Inkubačné banky*

Banky na BSK s uzávermi – uprednostňujú sa banky s objemom od 250 ml do 300 ml alebo od 100 ml do 125 ml, s uzávermi. Uprednostňuje sa použitie baniek s rovnými stenami alebo iné ekvivalentné banky.

#### *Inkubátor*

Spôsobilý udržiavať teplotu 20 °C ± 1 °C.

#### *Zariadenie na stanovenie koncentrácie rozpusteného kyslíka*

#### *Chladiace zariadenia*

Od 0 °C do 4 °C, na prenos a skladovanie vzorky.

#### *Nádoba na riedenie*

**Názov projektu:** Digitalizácia chemických experimentov pre zlepšenie kvality a podporu výučby chémie na stredných školách  
**Akronym:** ChemIQSoc  
**Číslo projektu:** 2021-1-SK01-KA220-VET-000027995



Uzatvárateľná sklenená fľaša s kapacitou závislou od objemu riedenej vzorky, vybavená stupnicou delenou medzi 2,5 ml a 10 ml, alebo iná vhodná nádoba, v ktorej možno uskutočniť riedenie.

### *Prevzdušňovacie zariadenie*

Fľaša so stlačeným vzduchom alebo kompresor. Kvalita vzduchu musí byť taká, aby prevzdušňovanie nespôsobovalo kontamináciu, najmä prídavkom organických látok, oxidujúcich alebo redukujúcich materiálov alebo kovov. Ak je pri prevzdušňovaní podozrenie na kontamináciu, vzduch sa musí filtrovať a premývať.

### **Chemikálie:**

- očkovacia voda (riečna voda obsahujúca mestskú odpadovú vodu),
- fosforečnanový tlmivý roztok (pH 7,2),
- heptahydrát síranu horečnatého (roztok 22,5 g/l),
- chlorid vápenatý (roztok 27,5 g/l),
- hexahydrát chloridu železitého (roztok 0,25 g/l),
- riediaci voda,
- očkovaná riediaci voda,
- kyselina chlorovodíková alebo kyselina sírová (roztok  $c(\text{HCl}) \approx 0,50 \text{ mol/l}$ ,  $c(\text{H}_2\text{SO}_4) \approx 0,25 \text{ mol/l}$ , alebo podľa vhodnosti),
- hydroxid sodný (roztok, približne 20 g/l alebo podľa vhodnosti),
- siričitan sodný (roztok približne 50 g/l alebo podľa vhodnosti),
- glukóza – kyselina glutámová, kontrolný roztok,
- alytiomočovina (ATM), roztok, 1,0 g/l.

### **Postup**

#### *Príprava riediacej vody*

1. Do približne 500 ml destilovanej vody sa pridá po 1 ml z roztokov: fosforečnanový tlmivý roztok (pH 7,2) síranu horečnatého, chloridu vápenatého a chloridu železitého (podľa KR). Roztok sa doplní na objem 1000 ml a zamieša sa.
2. Roztok sa udržiava pri  $20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ ; prevzdušňuje sa najmenej 1 hodinu pomocou vhodného zariadenia, aby sa dosiahla koncentrácia rozpusteného kyslíka najmenej 8 mg/l.
3. Voda nesmie byť presýtená kyslíkom, pred použitím sa nechá stáť 1 hodinu v uzavretej nádobe.

#### *Očkovaná riediaci voda*

1. Podľa pôvodu očkovacej vody sa pridá 5 – 20 ml očkovacej vody do litra riediacej vody. Takto získaná očkovaná voda sa skladuje pri  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  a pripravuje sa vždy tesne pred použitím.

### Úprava vzorky

1. V prípade potreby sa vzorka neutralizuje pridaním roztoku HCl ( $c \approx 0,5$  mol/l) alebo NaOH ( $c \approx 20$ g/l) na pH medzi 6 a 8.
2. Voľný a chemicky viazaný chlór sa odstráni pridaním potrebného objemu roztoku siričitanu sodného ( $c \approx 50$  g/l) tak, aby nebol v nadbytku.
3. Vzorky obsahujúce riasy sa filtrujú vhodným filtrom (napr.  $1,6 \mu\text{m}$ ). Filtrácia môže podstatne ovplyvniť výsledné hodnoty BSK a použije sa len vtedy, ak sa pri hodnotení kvality vody považuje za nevyhnutnú. Ak vzorka obsahuje veľké častice a vyžaduje sa veľký zriedovacie faktor, treba vzorku homogenizovať.

### Príprava skúšobných roztokov

1. Vzorka sa zahreje na  $20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  a pretrepe sa v polovične naplnenej nádobe, aby sa eliminovalo možné presýtenie roztoku kyslíkom. Do nádoby na riedenie sa naleje známy objem vzorky, pridajú sa 2 ml roztoku alyltiomočoviny ( $c = 1,0$  g/l) na liter zriedenej vzorky a nádoba sa doplní po značku očkovanou riediacou vodou.
2. Opatrne sa zamieša, aby sa zabránilo zachyteniu vzduchových bublín.
3. Slepý pokus sa uskutočňuje paralelne so stanovením, pričom sa použije očkovaná riediaci voda s 2 ml roztoku alyltiomočoviny. Spotreba na slepý pokus by nemala prekročiť 1,5 mg/l rozpusteného kyslíka.

### Stanovenie rozpusteného kyslíka elektrochemickou metódou

1. Každá zriedená vzorka sa naleje do inkubačnej banky tak, aby kvapalina málo pretiekla. Počas plnenia sa musí zabrániť zmene množstva kyslíka v kvapaline. Vzduchové bubliny adhézne pridržiavané na stenách banky sa nechajú uniknúť.
2. Stanoví sa koncentrácia rozpusteného kyslíka v nulovom čase v každej banke ponorením sondy oximetra. Banky sa uzatvoria tak, aby v nich neostali zachytené vzduchové bubliny.
3. Banky so zriedenými skúšobnými roztokmi sa umiestnia do inkubátora a nechajú sa v tme  $n$  dní  $\pm 4$  h. Po uplynutí tohto času sa opäť stanoví koncentrácia kyslíka.

### Nakladanie s chemickými látkami

Chemikália	Forma	H-vety	P-vety
Fosforečnanový tlmivý roztok (pH 7,2)	Kvapalina	---	---
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Tuhá	---	---
$\text{CaCl}_2$	Tuhá	H319	P301, P312, P280, P305, P351, P338

Chemikália	Forma	H-vety	P-vety
HCl	Kvapalina	H314, H335	P261, P280, P305, P351, P338, P304, P340, P310
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Kvapalina	H314	P280, P305, P351, P338, P301, P330, P331, P310
NaOH	Tuhá	H314, H290	P280, P310, P305, P351, P338
Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	Tuhá	H319	P305, P351, P338
Glukóza	Tuhá	---	---
Alyltiomočovina	Tuhá	H301	P301 + P310

### Zdroje rizik a vyhodnotenie závažnosti rizika

Pri dodržaní všetkých zásad pre prácu s chemikáliami a používaní osobných ochranných pracovných prostriedkov (rukavice, okuliare, plášť) nehrozí žiadne riziko.

### Spôsob nakladania s odpadmi

Chemikálie likvidujeme v určených zberných nádobách.

### Opatrenia k obmedzeniu rizika

Používanie osobných ochranných prostriedkov (okuliare, rukavice, plášť).

### Literatúra

1. Horáková, M.: *Analytika vody*. VŠCHT, Praha, 2000, 283 s.
2. Ilavský J.: *Chémia vody – Laboratórne cvičenia*. STU, Bratislava, 2015, 189 s.

## Pracovný list

### Experimentálne údaje

1. Podrobne si preštudujte pracovný postup a zaznamenajte najdôležitejšie pracovné parametre metódy.
2. Zaznamenajte výsledky meraní.

Číslo vzorky	1	2	3	Slepý pokus 1
C(O <sub>2</sub> ) v mg/l v nulovom čase				
C(O <sub>2</sub> ) v mg/l po 5 dňoch				

### Výpočty

1. Vypočítajte množstvo BSK vo vzorke.  
BSK<sub>5</sub> v miligramoch kyslíka na liter, s riedením sa vypočíta podľa rovnice:

$$BSK_5 = \left[ (c_1 - c_2) - \frac{V_t - V_e}{V_t} \cdot (c_3 - c_4) \right] \cdot \frac{V_t}{V_e}$$

$c_1$  je koncentrácia rozpusteného kyslíka v jednom zo skúšobných roztokov v nulovom čase v mg/l

$c_2$  koncentrácia rozpusteného kyslíka v tom istom roztoku po  $n$  dňoch v mg/l

$c_3$  koncentrácia rozpusteného kyslíka v roztoku na slepý pokus v nulovom čase v mg/l

$c_4$  koncentrácia rozpusteného kyslíka v roztoku na slepý pokus po  $n$  dňoch v mg/l

$V_e$  objem vzorky použitej na prípravu skúšobného roztoku v ml

$V_t$  celkový objem skúšobného roztoku v ml

BSK<sub>5</sub> v miligramoch kyslíka na liter, neriedená vzorka sa vypočíta podľa rovnice:

$$BSK_5 = c_1 - c_2$$

$c_1$  je koncentrácia rozpusteného kyslíka v jednom zo skúšobných roztokov v nulovom čase v mg/l

$c_2$  koncentrácia rozpusteného kyslíka v tom istom roztoku po  $n$  dňoch v mg/l

Výsledky sa uvádzajú v miligramoch na liter.

Výsledky menšie ako 10 mg/l sa zaokrúhľujú na najbližšiu hodnotu mg/l, výsledky medzi 10 mg/l kyslíka a 1 000 mg/l kyslíka sa udávajú na dve platné číslice.

Výsledky nad 1 000 mg/l sa udávajú na tri platné číslice.

**Názov projektu:** Digitalizácia chemických experimentov pre zlepšenie kvality a podporu výučby chémie na stredných školách  
**Akronym:** ChemIQSoc  
**Číslo projektu:** 2021-1-SK01-KA220-VET-000027995



2. Uveďte hodnoty BSK

Číslo vzorky	1	2	3	Slepý pokus 1
BSK <sub>5</sub>				

### Otázky

1. Čo predstavuje hodnota BSK<sub>5</sub>.
2. Prečo je hodnota O<sub>2</sub> významný ukazovateľ čistoty vody alebo znečistenia?
3. Na akom princípe funguje oximeter?
4. Uveďte zdroje chýb pri stanovení BSK<sub>5</sub>. Navrhните možné riešenia.

### Záver

Zhrňte stručne cieľ experimentu, hlavné výsledky a porovnajte ich s očakávanými hodnotami.

**Názov projektu:** Digitalizácia chemických experimentov pre zlepšenie kvality a podporu výučby chémie na stredných školách  
**Akronym:** ChemIQSoc  
**Číslo projektu:** 2021-1-SK01-KA220-VET-000027995



### **Vyhlásenie o vylúčení zodpovednosti**

Financované Európskou úniou. Vyjadrené názory a postoje sú názormi a vyhláseniami autora(-ov) a nemusia nevyhnutne odrážať názory a stanoviská Európskej únie alebo Slovenskej akademickej asociácie pre medzinárodnú spoluprácu, Národnej agentúry programu Erasmus+ pre vzdelávanie a odbornú prípravu. Európska únia ani organizácia udeľujúca grant za ne nepreberajú žiadnu zodpovednosť.