

Název projektu: Digitalizace chemických experimentů pro zlepšení kvality a podporu výuky chemie na středních školách
Akronym: ChemIQSoc
Číslo projektu: 2021-1-SK01-KA220-VET-000027995



Název: Stanovení biochemické spotřeby kyslíku (BSK₅)

Návod na práci

Zadání: Stanovte BSK₅ v odpadních vodách.

Teorie

Biochemická spotřeba kyslíku po n dnech (BSK _{n}) je hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku spotřebovaného za specifikovaných podmínek biochemické oxidace organických a anorganických látek ve vodě.

Hodnota n je inkubační doba rovnající se 5 nebo 7 dní.

Vzorek vody se upraví a zředí různými množstvími ředící vody s vysokým množstvím rozpuštěného kyslíku a s očkovacími aerobními mikroorganismy, s potlačením nitrifikace. Inkubace se uskuteční při teplotě 20 °C v definovaném čase 5 nebo 7 dní, ve tmě, ve zcela naplněné uzavřené bance.

Stanoví se koncentrace rozpuštěného kyslíku před inkubací a po ní. Z rozdílu se vypočítá množství spotřebovaného kyslíku na litr vzorku. Při předpokládaných nízkých hodnotách do 6 mg/l kyslíku se vzorek neředí. Rozsah pro výkon zkoušky podle tohoto dokumentu je v intervalu: (3 – 3500) mg/l s rozšířenou nejistotou $U (k = 2) 5,5 \%$.

Pomůcky:

Inkubační baňky

Banky na BSK s uzávěry – upřednostňují se banky s objemem od 250 ml do 300 ml nebo od 100 ml do 125 ml, s uzávěry. Upřednostňuje se použití baněk s rovnými stěnami nebo jiné ekvivalentní baňky.

Inkubátor

Způsobilý udržovat teplotu 20 °C ± 1 °C.

Zařízení pro stanovení koncentrace rozpuštěného kyslíku

Chladicí zařízení

Od 0 do 4 °C, pro přenos a skladování vzorku.

Nádoba na ředění

Uzavíratelná skleněná láhev s kapacitou závislou na objemu ředěného vzorku, vybavená stupnicí dělenou mezi 2,5 ml a 10 ml, nebo jiná vhodná nádoba, ve které lze provést ředění.

Název projektu: Digitalizace chemických experimentů pro zlepšení kvality a podporu výuky chemie na středních školách
Akronym: ChemIQSoc
Číslo projektu: 2021-1-SK01-KA220-VET-000027995



Provzdušňovací zařízení

Láhev se stlačeným vzduchem nebo kompresor. Kvalita vzduchu musí být taková, aby provzdušňování nezpůsobovalo kontaminaci, zejména přidavkem organických látek, oxidujících nebo redukujících materiálů nebo kovů. Pokud je při provzdušňování podezření na kontaminaci, vzduch se musí filtrovat a promývat.

Chemikálie:

- očkovací voda (říční voda obsahující městskou odpadní vodu),
- fosforečnanový tlumivý roztok (pH 7,2),
- heptahydrát síranu hořečnatého (roztok 22,5 g/l),
- chlorid vápenatý (roztok 27,5 g/l),
- hexahydrát chloridu železitého (roztok 0,25 g/l),
- ředící voda,
- očkovaná ředící voda,
- kyselina chlorovodíková nebo kyselina sírová roztok $c(\text{HCl}) \approx 0,50 \text{ mol/l}$, $c(\text{H}_2\text{SO}_4) \approx 0,25 \text{ mol/l}$, nebo podle vhodnosti),
- hydroxid sodný (roztok, přibližně 20 g/l nebo podle vhodnosti),
- siřičitan sodný (roztok přibližně 50 g/l nebo podle vhodnosti),
- glukóza – kyselina glutamová, kontrolní roztok,
- alylthiomocovina (ATM), roztok, 1,0 g/l.

Postup

Příprava ředící vody

1. Do přibližně 500 ml destilované vody se přidá po 1 ml z roztoků: fosforečnanový tlumivý roztok (pH 7,2) síranu hořečnatého, chloridu vápenatého a chloridu železitého (podle KR). Roztok se doplní na objem 1000 ml a zamíchá se.
2. Roztok se udržuje při $20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$; provzdušňuje se nejméně 1 hodinu pomocí vhodného zařízení, aby se dosáhlo koncentrace rozpuštěného kyslíku nejméně 8 mg/l.
3. Voda nesmí být prosycena kyslíkem, před použitím se nechá stát 1 hodinu v neuzavřené nádobě.

Očkovaná ředící voda

1. Podle původu očkovací vody se přidá 5–20 ml očkovací vody do litru ředící vody. Takto získaná očkovaná voda se skladuje při $20 \text{ }^\circ\text{C}$ a připravuje se vždy těsně před použitím.

Úprava vzorku

1. V případě potřeby se vzorek neutralizuje přidáním roztoku HCl ($c \approx 0,5 \text{ mol/l}$) nebo NaOH ($c \approx 20 \text{ g/l}$) na pH mezi 6 a 8.

2. Volný a chemicky vázaný chlor se odstraní přidáním potřebného objemu roztoku siřičitanu sodného ($c \approx 50$ g/l) tak, aby nebyl v nadbytku.
3. Vzorky obsahující řasy se filtrují vhodným filtrem (např. 1,6 μm). Filtrace může podstatně ovlivnit výsledné hodnoty BSK a použije se pouze tehdy, pokud se při hodnocení kvality vody považuje za nezbytnou. Obsahuje-li vzorek velké částice a vyžaduje se velký ředící faktor, je třeba vzorek homogenizovat.

Příprava zkušebních roztoků

1. Vzorek se zahřeje na 20 ± 2 °C a protřepe se v polovičně naplněné nádobě, aby se eliminovalo možné přesycení roztoku kyslíkem. Do nádoby na ředění se nalije známý objem vzorku, přidají se 2 ml roztoku alylthiomočoviny ($c = 1,0$ g/l) na litr zředěného vzorku a nádoba se doplní po značku očkovanou ředící vodou.
2. Opatrně se zamíchá, aby se zabránilo zachycení vzduchových bublin.
3. Slepý pokus se provádí paralelně se stanovením, přičemž se použije očkovaná ředící voda s 2 ml roztoku alylthiomočoviny. Spotřeba na slepý pokus by neměla překročit 1,5 mg/l rozpuštěného kyslíku.

Stanovení rozpuštěného kyslíku elektrochemickou metodou

1. Každý zředěný vzorek se nalije do inkubační baňky tak, aby kapalina málo přetekla. Během plnění musí být zabráněno změně množství kyslíku v kapalině. Vzduchové bubliny adhezně přidržené na stěnách baňky se nechají uniknout.
2. Stanoví se koncentrace rozpuštěného kyslíku v nulovém čase v každé baňce ponořením sondy oximetru. Baňky se uzavřou tak, aby v nich nezůstaly zachyceny vzduchové bubliny.
3. Baňky se zředěnými zkušebními roztoky se umístí do inkubátoru a nechají se ve tmě n dnů ± 4 h. Po uplynutí této doby se opět stanoví koncentrace kyslíku.

Nakládání s chemickými látkami

Chemikálie	Forma	H-věty	P-věty
Fosforečnanový tlumivý roztok (pH 7,2)	Kapalina	---	---
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Pevná	---	---
CaCl_2	Pevná	H319	P301, P312, P280, P305, P351, P338
HCl	Kapalina	H314, H335	P261, P280, P305, P351, P338, P304, P340, P310

Název projektu: Digitalizace chemických experimentů pro zlepšení kvality a podporu výuky chemie na středních školách
Akronym: ChemIQSoc
Číslo projektu: 2021-1-SK01-KA220-VET-000027995



Chemikálie	Forma	H-věty	P-věty
H ₂ SO ₄	Kapalina	H314	P280, P305, P351, P338, P301, P330, P331, P310
NaOH	Pevná	H314, H290	P280, P310, P305, P351, P338
Na ₂ SO ₃	Pevná	H319	P305, P351, P338
Glukóza	Pevná	---	---
Alylthymočovina	Pevná	H301	P301 + P310

Zdroje rizik a vyhodnocení závažnosti rizika

Při dodržení všech zásad pro práci s chemikáliemi a používání osobních ochranných pracovních prostředků (rukavice, brýle, plášť) nehrozí žádné riziko.

Způsob nakládání s odpady

Chemikálie likvidujeme v určených sběrných nádobách.

Opatření k omezení rizika

Používání osobních ochranných prostředků (brýle, rukavice, plášť).

Literatura

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

Pracovní list

Experimentální údaje

1. Podrobně si prostudujte pracovní postup a zaznamenejte nejdůležitější pracovní parametry metody.
2. Zaznamenejte výsledky měření.

Číslo vzorku	1	2	3	Slepý pokus 1
$c(\text{O}_2)$ v mg/l v nulovém čase				
$c(\text{O}_2)$ v mg/l po 5 dnech				

Výpočty

1. Vypočítejte BSK ve vzorci.

BSK₅ v miligramech kyslíku na liter, s ředěním se vypočítá podle 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 koncentrace rozpuštěného kyslíku v jednom ze zkušebních roztoků v nulovém čase v mg/l

c_2 koncentrace rozpuštěného kyslíku ve stejném roztoku po n dnech v mg/l

c_3 koncentrace rozpuštěného kyslíku v roztoku pro slepý pokus v nulovém čase v mg/l

c_4 koncentrace rozpuštěného kyslíku v roztoku pro slepý pokus po n dnech v mg/l

V_e objem vzorku použitého pro přípravu zkušebního roztoku v ml

V_t celkový objem zkušebního roztoku v ml

BSK₅ v miligramech kyslíku na liter, neředěný vzorek se vypočítá podle rovnice:

$$BSK_5 = c_1 - c_2$$

c_1 je koncentrace rozpuštěného kyslíku v jednom ze zkušebních roztoků v nulovém čase v mg/l

c_2 koncentrace rozpuštěného kyslíku ve stejném roztoku po n dnech v mg/l

Výsledky se uvádějí v miligramech na liter. Výsledky menší než 10 mg/l se zaokrouhlují na nejbližší hodnotu mg/l, výsledky mezi 10 mg/l kyslíku a 1 000 mg/l kyslíku se udávají na dvě platné číslice. Výsledky nad 1 000 mg/l se udávají na tři platné číslice.

Název projektu: Digitalizace chemických experimentů pro zlepšení kvality a podporu výuky chemie na středních školách
Akronym: ChemIQSoc
Číslo projektu: 2021-1-SK01-KA220-VET-000027995



2. Uveďte hodnoty BSK₅

Číslo vzorku	1	2	3	Slepý pokus 1
BSK ₅				

Otázky

1. Popište, co představuje hodnota BSK₅.
2. Proč je hodnota O₂ významný ukazatel čistoty vody nebo znečištění?
3. Na jakém principu funguje oxymetr?
4. Uveďte zdroje chyb při stanovení BSK₅. Navrhněte možná řešení.

Název projektu: Digitalizace chemických experimentů pro zlepšení kvality a podporu výuky chemie na středních školách
Akronym: ChemIQSoc
Číslo projektu: 2021-1-SK01-KA220-VET-000027995



Závěr

Shrňte stručně cíl experimentu, hlavní výsledky a porovnejte je s očekávanými hodnotami.

Prohlášení o vyloučení odpovědnosti

Financováno Evropskou unií. Vyjádřené názory a postoje jsou názory a prohlášeními autora(ů) a nemusí nutně odrážet názory a stanoviska Evropské unie nebo Slovenské akademické asociace pro mezinárodní spolupráci, Národní agentury programu Erasmus+ pro vzdělávání a odbornou přípravu. Evropská unie ani organizace udělující grant za ně nepřebírají žádnou odpovědnost.