

Podstawy Technologii Wody



Wody

<https://www.biosow.pl/>

1

Przedmiot: Podstawy Technologii Wody
Inżynieria Środowiska
II rok; semestr 4
ćwiczenia laboratoryjne 15h
Odpowiedzialny za przedmiot: dr hab. inż. Anna Głowacka prof. ZUT

Prowadzący zajęcia:
wykłady: dr hab. inż. Anna Głowacka prof. ZUT
ćwiczenia projektowe: dr inż. Jacek Mazur,
jacek.mazur@zut.edu.pl; pok. 2/48 (CDBN); tel. 91 449 4592

Katedra Inżynierii Środowiska
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska

2

Wykłady prowadzone są w układzie 2 godziny lekcyjne co tydzień, a zajęcia laboratoryjne i projektowe, wg przyjętego harmonogramu, w sumarycznym wymiarze po 15 godzin lekcyjnych.

Zaliczenie przedmiotu opiera się o zaliczenie ćwiczeń laboratoryjnych i projektowych oraz egzamin z materiału objętego przedmiotem. Ocena za przedmiot jest średnią ważoną z zaliczeń i egzaminu.

Forma dydaktyczna	Typ	Semestr	Godzinny	ECTS (planowane)	ECTS (kontatowe)	ECTS (obliczeniowe)	Waga	Zaliczenie
wykłady	audytoryjne	4	10	3,4	1,0	1,0	0,50	egzamin
laboratoria	praktyczne	4	15	1,2	0,6	1,2	0,25	zaliczenie
projekty	praktyczne	4	15	1,2	1,1	1,2	0,25	zaliczenie

Bieżące informacje dotyczące tematów i harmonogramu zajęć umieszczane są, w odpowiednim folderze, pod adresem: mazur.zut.edu.pl i/lub w zakładce pliki na właściwym kanale zespołu MS Teams

3

Przetworzone informacje dostępne są na www.mazur.zut.edu.pl w folderze bieżącego roku akademickiego/semestru

Katedra Inżynierii Środowiska
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
Zakład Inżynierii i Technologii Wodnej w Instytucie
Harmonogram zajęć przedmiotów w formie zajęć laboratoryjnych

Zajęcia w semestrze letnim 2024/25
Podstawy technologii wody - 15 h i 15 h - dr hab. inż. Anna Głowacka (AG) prof. ZUT,
dr inż. Jacek Mazur (JM)
Chemia - 15 h i 15 h - prof. dr hab. inż. Magdalena Janus (MJ), mgr inż. Dominika Duda (DD)
Geografia ogólna, Geografia urbanistyczna w zakładkach przedmiotowych - 15 h i 15 h,
Ćwiczenia laboratoryjne - dr inż. Jacek Mazur (JM)

Załącznik: 03.03.2025 13:08

Tydzień roku	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Poniedziałek	9 III	10 III	17 III	24 III	31 III	7 IV	14 IV	21 IV	28 IV	5 V	12 V	19 V	26 V	2 VI	9 VI	16 VI	23 VI
W. g. 14-16 i 18 i 21	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 8-10 i 12 i 15	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 11-13 i 16 i 19	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 14-16 i 18 i 21	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 8-10 i 12 i 15	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 11-13 i 16 i 19	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 14-16 i 18 i 21	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 8-10 i 12 i 15	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 11-13 i 16 i 19	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 14-16 i 18 i 21	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 8-10 i 12 i 15	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 11-13 i 16 i 19	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 14-16 i 18 i 21	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 8-10 i 12 i 15	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 11-13 i 16 i 19	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 14-16 i 18 i 21	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 8-10 i 12 i 15	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 11-13 i 16 i 19	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 14-16 i 18 i 21	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 8-10 i 12 i 15	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 11-13 i 16 i 19	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 14-16 i 18 i 21	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 8-10 i 12 i 15	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 11-13 i 16 i 19	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 14-16 i 18 i 21	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 8-10 i 12 i 15	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 11-13 i 16 i 19	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 14-16 i 18 i 21	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 8-10 i 12 i 15	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 11-13 i 16 i 19	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 14-16 i 18 i 21	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 8-10 i 12 i 15	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 11-13 i 16 i 19	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 14-16 i 18 i 21	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 8-10 i 12 i 15	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 11-13 i 16 i 19	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 14-16 i 18 i 21	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 8-10 i 12 i 15	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 11-13 i 16 i 19	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 14-16 i 18 i 21	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 8-10 i 12 i 15	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 11-13 i 16 i 19	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 14-16 i 18 i 21	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 8-10 i 12 i 15	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 11-13 i 16 i 19	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 14-16 i 18 i 21	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 8-10 i 12 i 15	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 11-13 i 16 i 19	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 14-16 i 18 i 21	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 8-10 i 12 i 15	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 11-13 i 16 i 19	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 14-16 i 18 i 21	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 8-10 i 12 i 15	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 11-13 i 16 i 19	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 14-16 i 18 i 21	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 8-10 i 12 i 15	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 11-13 i 16 i 19	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 14-16 i 18 i 21	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 8-10 i 12 i 15	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 11-13 i 16 i 19	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 14-16 i 18 i 21	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 8-10 i 12 i 15	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 11-13 i 16 i 19	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 14-16 i 18 i 21	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 8-10 i 12 i 15	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 11-13 i 16 i 19	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 14-16 i 18 i 21	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 8-10 i 12 i 15	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 11-13 i 16 i 19	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 14-16 i 18 i 21	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 8-10 i 12 i 15	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 11-13 i 16 i 19	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 14-16 i 18 i 21	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15		
W. g. 8-10 i 12 i 15	W1	W2															

Podstawy Technologii Wody:

Zajęcia są zblokowane po średnio 3 1/3 godz. lekcyjnej każde. Do zaliczenia laboratoryjnej formy zajęć konieczne jest wykonanie wszystkich czterech zaplanowanych ćwiczeń.

Grupa dzieli się na zespoły laboratoryjne (z1, z2, z3...), a każdy z zespołów przygotowuje się do wykonania ćwiczenia przewidzianego w harmonogramie.

Wszystkie informacje dotyczące organizacji zajęć umieszczone będą w publicznie dostępnym folderze sieciowym pod adresem mazur.zut.edu.pl. Pod podanym adresem umieszczone są też materiały pomocnicze do ćwiczeń laboratoryjnych.

Program zajęć projektowych podany zostanie w późniejszym terminie.

Prowadzący zajęcia:

- Wykład: dr hab. inż. Anna Glowacka prof. ZUT
- Laboratorium: dr inż. Jacek Mazur
- Projekt: dr inż. Jacek Mazur; prof. dr hab. inż. Magdalena Janus



Podstawy Technologii Wody:

Informacje dotyczące zajęć mogą być modyfikowane. Proszę na bieżąco śledzić podawane informacje. Aktualizacji ulegają także materiały pomocnicze do zajęć (instrukcje, wzory stron tytułowych, tabele itp.) **każdorazowo należy upewnić się, czy materiały, z których się korzysta są aktualne.**

Index of /Rok_2024-25/Sem_letni_24-25

Name	Last modified	Size	Description
Parent Directory		-	
N7_JS_Gospodarki..._24-25/	2025-03-03 13:27	-	
S2_JS_Gospodarki..._24-25/	2025-03-03 13:28	-	
Technologia_24-25/	2025-03-03 13:19	-	
Teminy_rzadzow_IATO_2024_2025.pdf	2025-01-16 12:16	127K	

Index of /Cwiczenia Lab/materiały pomocnicze/Technologia wody i ścieków

Name	Last modified	Size	Description
Parent Directory		-	
mat_pom_tech_wody_i_sciek_IV_2015a.pdf	24-Apr-2015 08:36	2.7M	

7

8

Wydział Budownictwa i Architektury
Kierunek: Inżynieria Wodociągów i Kanalizacji
Zakład Technologii Wody, Ścieków i Odpadów

Materiały pomocnicze do ćwiczeń laboratoryjnych z przedmiotu: Inżynieria Wodociągów i Kanalizacji
Dr inż. Jacek Mazur, dr hab. inż. Anna Glowacka, dr hab. inż. Mirosław Głuchowski prof. ZUT

Luty 2012 Kowalewski

Spis treści:

- Wstęp 3
- Instrukcje ogólne dotyczące prowadzenia Technologia wody i ścieków 4
- Opis wyposazenia laboratoryjnego 6
- Adorpcja na węgiel aktywny 15
- Koagulacja i floculacja zanieczyszczeń 18
- Ozonowanie wody 30
- Ozonowanie wody 44

Zawartość:

- Zd. 1. Zbuduj BIP w laboratorium Ozonowania 55
- Zd. 2. Opisz mechanizm działania i zasady działania urządzenia do ozonowania wody i ścieków 58
- Zd. 3. Podkreśl rolę i znaczenie koagulacji i floculacji w procesie oczyszczania wody i ścieków 64
- Zd. 4. Wykreszliniuj diagramy przepływu w systemie oczyszczania wody i ścieków 64

Index of /Cwiczenia Lab/materiały pomocnicze/Technologia wody i ścieków

Name	Last modified	Size	Description
Parent Directory		-	
Koagulacja_Laboratorium.pdf	2020-06-13 23:59	140K	
Laboratorium_Adsorpcja.pdf	2020-06-09 20:43	40K	
OC_Laboratorium.pdf	2020-06-10 15:36	183K	
Ozonowanie_Cwiczenia_Lab.pdf	2020-06-28 19:35	200K	
mat_pom_tech_wody_i_sciek_IV_2015a.pdf	2015-04-24 08:36	2.7M	

Przed zajęciami proszę o dokładne obejrzenie prezentacji i przestudiowanie materiałów

9

10

Zajęcia laboratoryjne trwają średnio 3 1/3 godziny lekcyjnej (2h 30 min). Każda grupa laboratoryjna podzielona jest na zespoły i wykonuje ćwiczenia zgodnie z obowiązującym w danym semestrze planem. Podziału należy dokonać tak, aby liczebność poszczególnych grup i zespołów nie odbiegała znacznie od siebie.

Zespoły nie powinny być liczniejsze niż 6 osób.

Bezpośrednio po wykonaniu ćwiczenia zespół podaje osoby (1 lub 2 osoby) przygotowujące sprawozdanie oraz w terminie do 10 dni kalendarzowych od wykonania ćwiczenia przygotowuje sprawozdanie z danego ćwiczenia (jedno sprawozdanie na zespół wykonujący ćwiczenie). Jeżeli 10 dzień kalendarzowy po wykonaniu ćwiczenia wypada w dzień wolny od zajęć na Uczelni to terminem oddania sprawozdania jest pierwszy dzień zajęć na Uczelni po upływie 10 dni kalendarzowych od wykonania ćwiczenia. Każdy z członków zespołu powinien, co najmniej raz, wystąpić w roli przygotowującego sprawozdanie.

11

Przed wykonaniem ćwiczenia zespoły powinny dysponować instrukcją do danego ćwiczenia (można je pobrać z sieci – adres: mazur.zut.edu.pl). Wcześniejsze zapoznanie się z instrukcją jest warunkiem przystąpienia do wykonania ćwiczenia. Przed wykonaniem ćwiczenia należy udzielić odpowiedzi na trzy pytania oparte na treści instrukcji.

Na mazur.zut.edu.pl umieszczone zostaną materiały prezentujące sposób wykonania poszczególnych ćwiczeń – należy zapoznać się z nimi przed wykonaniem danego ćwiczenia.

12

Wyniki uzyskane w rezultacie wykonania ćwiczenia wykorzystywane będą jako dane wejściowe, na zajęciach projektowych.

Uzyskanie zaliczenia z ćwiczeń laboratoryjnych opiera się na:

1. wykonaniu wszystkich przewidzianych planem ćwiczeń laboratoryjnych
2. uzyskaniu minimum 50% punktów za każdą z wejściówek (3 pytania oparte o treść instrukcji, z czego jedno może dotyczyć podstawowych przeliczeń, oceniane w skali 0-2 punkty każde)
3. poprawnym przygotowaniu i przyjęciu przez prowadzących sprawozdań z wykonanych ćwiczeń (dotyczy autorów sprawozdań)

Ocena zaliczenia ćwiczeń laboratoryjnych wynika z sumy ilości punktów za „wejściówki” (średnich ilości jeśli wejściówki były poprawiane) i średniej ilości punktów za przygotowane sprawozdania liczonej wg skali:

Procent punktów	Ocena
(do 60%)	3,0
(60% ÷ 70%)	3,5
(70% ÷ 80%)	4,0
(80% ÷ 90%)	4,5
(90% ÷ 100%)	5,0

13

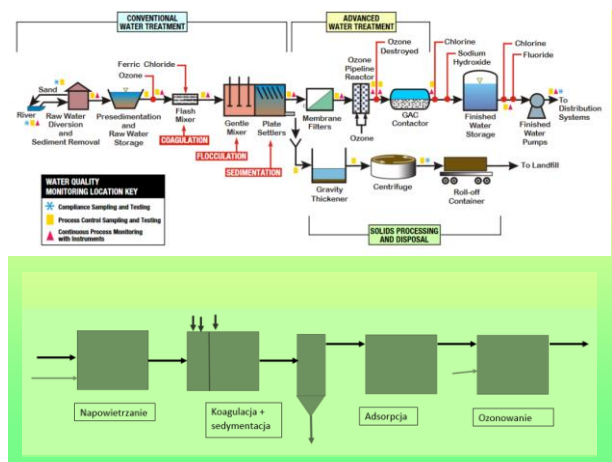
Wykłady oraz ćwiczenia laboratoryjne i projektowe

Źródła informacji:

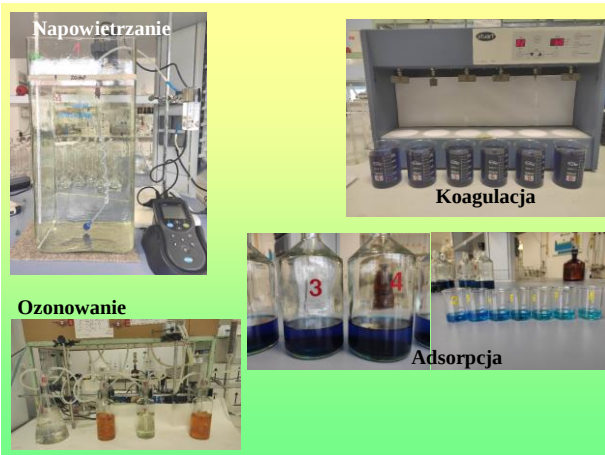
- ❖ dr hab. inż. Anna Głowacka prof. ZUT
- ❖ dr inż. Jacek Mazur,
- ❖ mazur.zut.edu.pl

Instrukcje do poszczególnych ćwiczeń łącznie z informacjami uzupełniającymi (BHP, podstawowe wyposażenie i urządzenia laboratoryjne, wskazówki dotyczące obsługi urządzeń laboratoryjnych wykorzystywanych w trakcie ćwiczeń) zawarte są w pliku z materiałami pomocniczymi do ćwiczeń.

14



15



16

Do projektu należy dołączyć zestawienie informacji/wartości wykorzystanych do obliczeń projektowych.

Napowietrzanie:

- Wartość OC
- Przepływ powietrza w instalacji laboratoryjnej
- Objętość komory laboratoryjnej

Koagulacja:

- Wykres zależności stopnia redukcji barwy od dawki koagulantu
- Wykres zależności szybkości opadania kłaczków od dawki flokulantu

Adsorpcja:

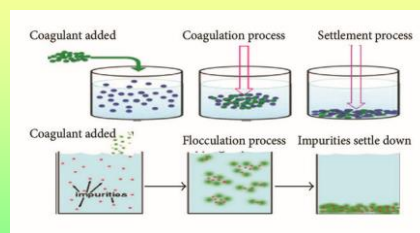
- Wskazanie wybranej izotermy adsorpcji z podaniem wartości jej stałych

Ozonowanie:

- Ozon zużyty
- Czas ozonowania
- Stężenie ozonu w strumieniu powietrza za ozonatorem
- Spodziewany stopień redukcji ilości bakterii

17

Koagulacja/Flokulacja



<http://gox.las.ac.cn/external/share/1411397>

18

Korekta odczynu

Koagulacja

Flokulacja

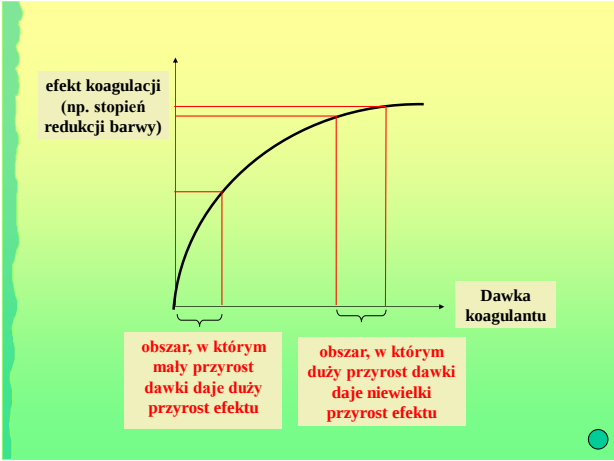
Sedymentacja

<https://water.mecc.edu/courses/ENV115/lesson6.htm>

Koagulant - 5% roztwór $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$,
Wapno - 1% zawiesina Ca(OH)_2

Seria testów - sześć próbek

19



20

Koagulant, wapno

Flo-
kulant

Obserwacje

- Klarowność warstwy cieczy nadosadowej
- Wielkość kłaczków
- Szybkość osiadania kłaczków

Próbka z dodatkiem, wcześniej określonej, optymalnej dawki koagulantu/wapna oraz założonej dawki flokulantu.

Flokulant:
0,01% roztwór
Magnafloc 919 (M919)

<https://www.tech-faq.com/flocculation.html>

21

Aby przeprowadzić testy koagulacji należy ustalić na jakich objętościach próbek będą prowadzone testy i jakie dawki koagulantu i zawiesiny wodorotlenku wapnia zostaną zastosowane.

W technologii oczyszczania wody reagenty wprowadzane są, najczęściej, w formie roztworów o ustalonych stężeniach i należy dokonać przeliczeń ustalających jakie objętości tych r-rów należy dodać do przygotowanych próbek wody, aby uzyskać wymagane/założone dawki reagentów wyrażane zazwyczaj w jednostkach czystego reagentu na jednostkę objętości wody (w skali laboratoryjnej najczęściej w mg/dm^3)

22

Koagulant - 5% roztwór $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$,
Wapno - 1% zawiesina Ca(OH)_2

Flokulant:
0,01% roztwór
Magnafloc 919 (M919)

Żałujemy, że testy koagulacji prowadzone są na próbkach o objętości 2 litrów, a flokulacji na próbkach o objętości 5 litrów. Przyjmijmy, że wymagana dawka koagulantu to 250 mg/dm^3 , wodorotlenku wapnia (wapna) – 165 mg/dm^3 , a flokulantu 2 mg/dm^3 .

Jakich objętości r-rów(zawiesin) reagentów należy użyć do testu?

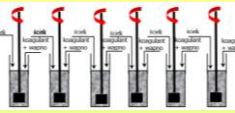
23

Koagulant - 5% roztwór $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$,
Wapno - 1% zawiesina Ca(OH)_2

Flokulant:
0,01% roztwór
Magnafloc 919 (M919)

250 mg/dm^3	2 mg/dm^3
200 mg/dm^3	
2 dm^3	5 dm^3

24



Koagulant - 5% roztwór $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$,
Wapno - 1% zawiesina Ca(OH)_2

Flokulant:
0,01% roztwór
Magnafloc 919 (M919)

250 mg/dm³
200 mg/dm³
2 dm³

2 mg/dm³
5 dm³

25

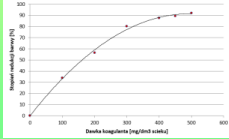
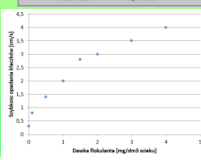
Koagulacja

- Wykreślenie zależności stopnia redukcji barwy od dawki koagulantu [mg/dm³]
- Określenie optymalnej dawki koagulantu
- Określenie dawki koagulantu do uzyskania wymaganego stopnia redukcji barwy (z danych projektowych)
- Wykreślenie zależności szybkości opadania kłaczków od dawki flokulantu [mg/dm³]
- Zebranie uzyskanych wyników w tabelach wg wzorów umieszczonych w materiałach



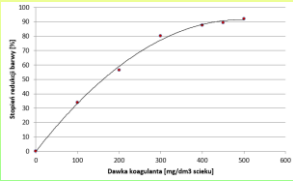
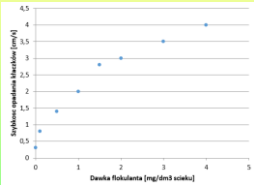
Dawka koagulantu [mg/dm ³]		Stopień redukcji barwy [%]	
1	2	3	4

Dawka flokulantu [mg/dm ³]		Szybkość opadania kłaczków [cm/s]	
1	2	3	4

26

W swoich indywidualnych projektach, jako dane wejściowe, umieszczacie Państwo wykresy: stopień redukcji barwy=f(dawka koagulantu); szybkość opadania kłaczków=f(dawka flokulantu).

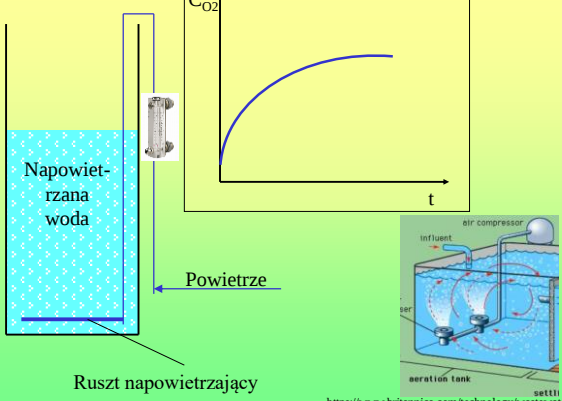



Na podstawie tych zależności określone zostaną przez Was, oparciu o indywidualne dane projektowe, dawka koagulantu, dawka flokulantu, szybkość opadania kłaczków

27

Napowietrzanie wody

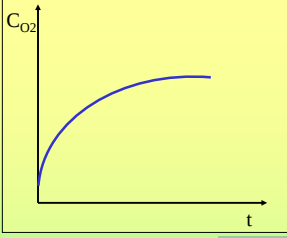
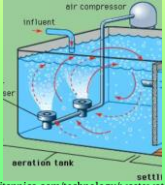
28



Napowietrzana woda

Powietrze

Ruszt napowietrzający

air compressor

influent

SRF

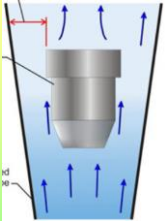
aeration tank

settle

<https://www.britannica.com/technology/wastewater-treatment/Primary-treatment>

29



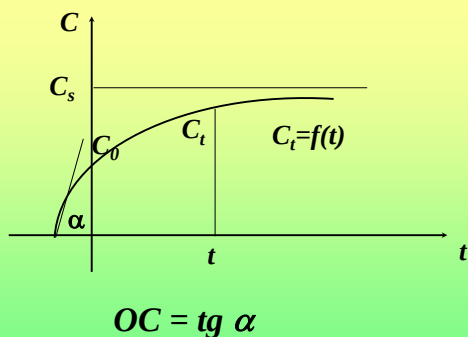


<https://www.directindustry.com/product-manufacturer/heroos-instruments-variable-area-flow-meter-79847-1277.html>

<https://www.controlselect.co.uk/gems-variable-area-flow-meter-for-water.html>

<https://www.bellflowsystems.co.uk/variable-area-flow-meter-guide.html>

30



31

Wykonanie ćwiczenia

- Pobór próbek wody w czasie trwającego napowietrzania
- Oznaczenie stężenia tlenu rozpuszczonego
- Kontrola poprawności uzyskanych wyników

32

Przy oznaczaniu tlenu rozpuszczonego w wodzie należy pamiętać, że na dokładność oznaczenia ma wpływ czas wykonania analizy (zużywanie się tlenu w procesach biochemicznych) i kontakt badanej próbki z powietrzem atmosferycznym (przechodzenie tlenu rozpuszczonego w gazowy lub odwrotnie).

33

33

Oznaczanie zawartości tlenu rozpuszczonego w wodzie metodą Winklera

Oznaczenie polega na:

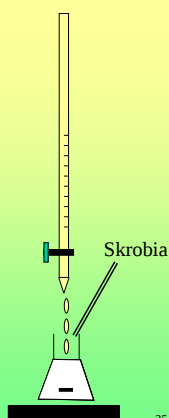
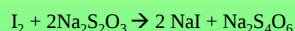
- utlenianiu, w środowisku alkalicznym, manganu dwuwartościowego do czterowartościowego tlenem rozpuszczonym w wodzie
- zakwaszeniu środowiska reakcji do rozpuszczenia manganu czterowartościowego
- utlenieniu jonów jodkowych do wolnego jodu przez mangan czterowartościowy
- zmiareczkowaniu wydzielonego jodu tiosiarczanem sodu wobec skrobi jako wskaźnika

34

34

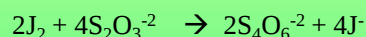
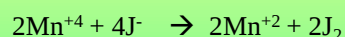
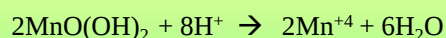
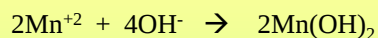
Wydzielony wolny jod powoduje zabarwienie próbki na kolor żółty lub brązowy.

Miareczkowanie polega na dodawaniu z biurety r-ru tiosiarczanu sodu do osiągnięcia zabarwienia słomkowo żółtego, dodaniu skrobi (występuje granatowe zabarwienie) i dalszym miareczkowaniu do pierwszego odbarwienia próbki.



35

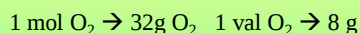
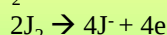
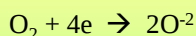
35



36

36

Sumarycznie: 4 vale tlenu rozpuszczonego oznaczane są 4 valami tiosiarczanu sodu.



1 val $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ odpowiada 1 valowi tlenu

1 mval $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ odpowiada

1 mvalowi tlenu czyli 8 mg O_2

37

37

Przed przystąpieniem do obliczeń wyników należy znać dokładne stężenie normalne (miano) r-ru tiosiarczanu sodu.

Tiosiarczan sodu jest odczynnikiem nietrwałym i w rozcieńczonych roztworach jego stężenie może się znacznie zmieniać w czasie.

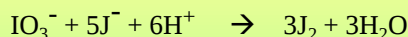
Stężenie r-ru $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ należy sprawdzać w tym samym dniu, w którym wykonuje się analizę.

38

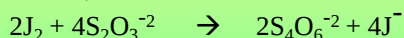
38

Określanie miana r-ru $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

Polega na wykorzystaniu ściśle określonej ilości mianowanego r-ru KIO_3 , który w reakcji z jonami jodkowymi utlenia je do wolnego jodu:



wydzielony wolny jod miareczkowany jest r-rem $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, którego miano chcemy określić:



Wcześniej do oznaczenia miana wykorzystywany był $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Ze względu na fakt wprowadzania szkodliwego chromu został on zastąpiony jodanem potasu (KIO_3)

39

39

Zgodnie z definicją gramorównoważnika ilość vali użytego jodanu potasu (znana) musi odpowiadać ilości vali tiosiarczanu sodu zawartej w objętości zużytej do zmiareczkowania wydzielonego jodu.

Na tej podstawie, w oparciu o znane stężenie r-ru jodanu potasu, można obliczyć stężenie r-ru tiosiarczanu sodu.

40

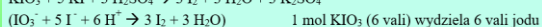
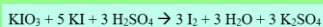
40

Oznaczenie tlenu rozpuszczonego wg PN-EN 25813 (PN-ISO 5813)

Norma wprowadza specyficzny sposób podawania stężeń normalnych (val/dm³). Ponieważ gramorównoważnik (val) nie jest oficjalną jednostką układu SI w normie stężenia normalne podawane są jako molowe z uwzględnieniem masy molowej substancji przeliczonej na masę gramorównoważnika substancji. Dla kwasu siarkowego stężenie podawane jest jako c(1/2 H_2SO_4), dla jodanu potasu jako c(1/6 KIO_3), a dla tiosiarczanu sodu c($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$). Wynika to z relacji: 1 mol H_2SO_4 = 2 vale H_2SO_4 ; 1 mol KIO_3 = 6 vali KIO_3 ; 1 mol $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ = 1 val $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Podane w normie stężenia $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ i KIO_3 , dla ułatwienia obliczeń, można traktować jako stężenia normalne (val/dm³).

Odczynniki i roztwory

- alkaliczny odczynnik jodkowo-azydkowy (azydek sodu jest silną trucizną)
- jodek potasu
- r-r siarczanu manganu (MnSO_4)
- roztwór kwasu siarkowego c(1/2 H_2SO_4) = 2 mol/l
- roztwór stężonego kwasu siarkowego (1+1) – **silnie żrący**
- skrobia, roztwór 1% (10 g/l)
- mianowany r-r jodanu potasu c(1/6 KIO_3) = 0,010 mol/l
- r-r tiosiarczanu sodowego c($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) = 0,010 mol/l



c(1/6 KIO_3) podane jako molowe równe jest stężeniu normalnemu

41

41

Obliczanie stężenia tlenu

Obliczenia polegają na:

1⁰ - określeniu stężenia r-ru $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ na podstawie jego ilości zużytej do odmiareczkowania jodu wydzielonego przez ściśle określoną ilość KIO_3

2⁰ - przeliczeniu objętości r-ru $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, zużytego do zmiareczkowania badanych próbek, na masę (mg) tlenu rozpuszczonego przypadającego na 1 dm³ badanej próbki (mg O_2 /dm³)

42

42

Przykład

Przy przeprowadzaniu oznaczenia tlenu rozpuszczonego metodą Winklera do zmiareczkowania badanej próbki o objętości 200 ml zużyto 2 cm³ r-ru Na₂S₂O₃.

Stężenie zastosowanego r-ru tiosiarczanu sodu określono miareczkując nim wolny jod wydzielony z roztworu jodku potasu przez 20 ml 0,025n r-ru KIO₃. Do zmiareczkowania zużyto 10 ml r-ru Na₂S₂O₃.

Oblicz stężenie tlenu rozpuszczonego w badanej próbce.

43

Obliczenia

1. Stężenie r-ru Na₂S₂O₃.

Określona ilość vali KIO₃ wydzieli z r-ru jodku potasu wolny jod w takiej samej ilości vali. Do jego zmiareczkowania zostanie zużyta ta sama ilość vali Na₂S₂O₃.

1 dm³ 0,025 n r-ru KIO₃ zawiera 0,025 vala KIO₃

1 cm³ zawiera 0,025 mvala KIO₃

1 cm³ - 0,025 mvala

20 cm³ - x x = 0,5 mvala

44

W roztworze wydzieliło się 0,5 mvala wolnego jodu, a do jego odmiareczkowania musiano zużyć taką samą ilość Na₂S₂O₃.

W 10 ml r-ru Na₂S₂O₃ znajduje się więc 0,5 mvala Na₂S₂O₃.

10 ml - 0,5 mvala

1 ml - x x = 0,05 mvala

Stężenie r-ru Na₂S₂O₃ wynosi 0,05 mval/ml czyli 0,05 val/dm³ (0,05n)

45

2. Stężenie tlenu rozpuszczonego

W próbce o objętości 200 ml znajduje się tyle mvali tlenu ile mvali Na₂S₂O₃ znajduje się w 2 cm³ jego r-ru o stężeniu 0,05n.

1 cm³ - 0,05 mvala

2 cm³ - x x = 0,1 mvala

W 200 ml znajduje się 0,1 mvala tlenu rozpuszczonego

200 ml - 0,1 mvala

1000 ml - x x = 0,5 mval

46

W 1dm³ znajduje się 0,5 mvala tlenu rozpuszczonego
(O₂ + 4e → 2O⁻²)

1 mval - 8 mg

0,5 mvala - x x = 4 mg

W 1 dm³ znajduje się 4 mg tlenu rozpuszczonego. Jego stężenie wynosi 4 mg/dm³.

Odp.

Oznaczone stężenie tlenu rozpuszczonego wynosi 4 mg O₂/dm³.

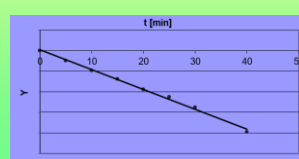
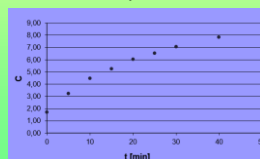
47

Napowietrzanie wody

Opracowanie wyników pomiarów polega na:

1. Obliczeniu stężeń tlenu rozpuszczonego C₀ i kolejnych C_t.
2. Wykreśleniu zależności C_t = f(t), analizie i eliminacji błędów.
3. Określeniu wartości C_s^{283 K}, C_s i $\sqrt{\frac{k_{283}}{k_T}}$.
4. Obliczeniu wartości zmiennej pomocniczej Y dla kolejnych czasów t.
5. Wykreśleniu zależności Y=f(t), analizie i eliminacji błędów.
6. Obliczeniu, metodą najmniejszych kwadratów wartości współczynnika b.
7. Obliczeniu wartości OC dla warunków standardowych.

Zebraniu uzyskanych wyników w tabelach wg wzorów umieszczonych w materiałach

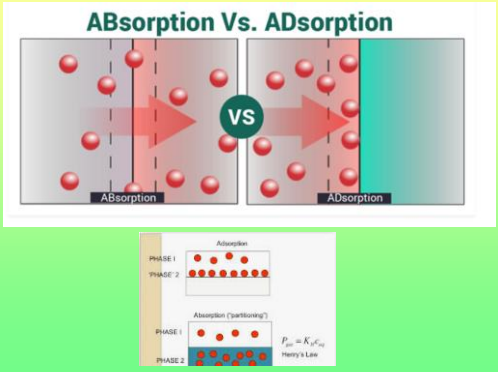


48

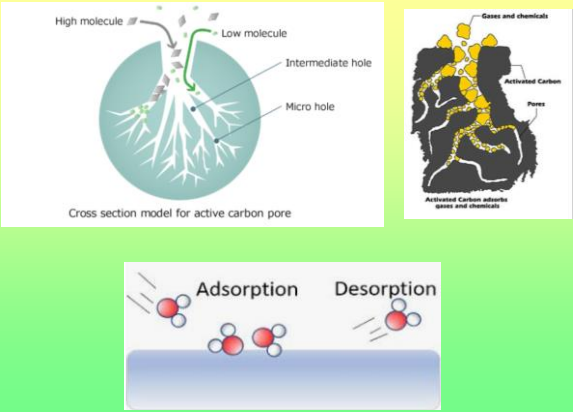
W swoich indywidualnych projektach, jako dane wejściowe, podajecie Państwo wartości: OC; objętość komory laboratoryjnej; przepływ powietrza w instalacji laboratoryjnej

49

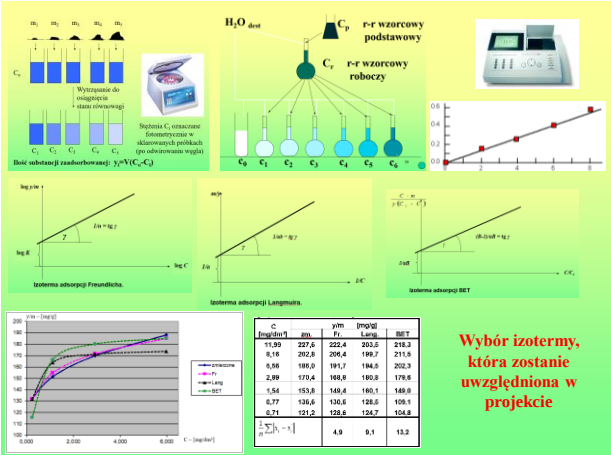
Adsorpcja zanieczyszczeń wody na węglu aktywnym



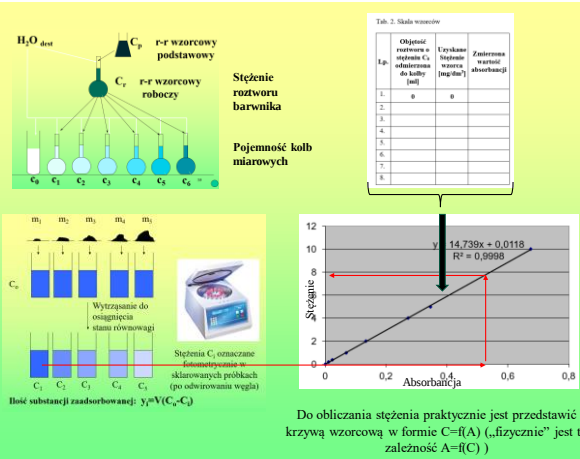
50



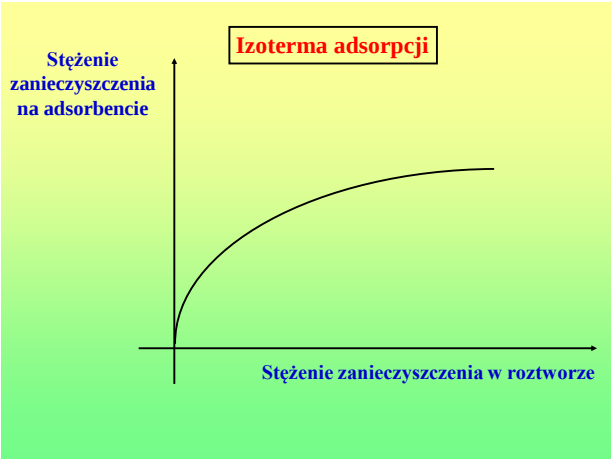
51



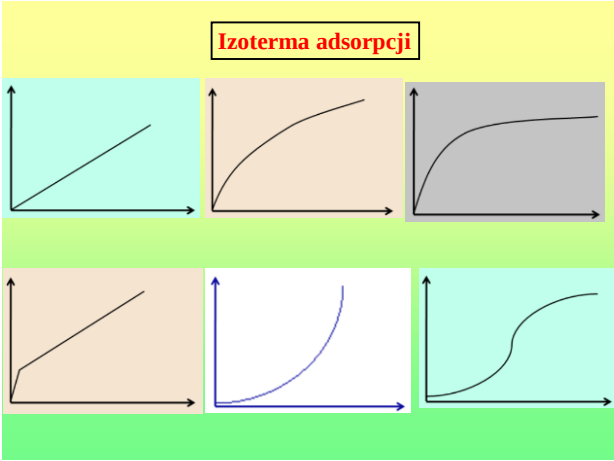
52



53



54



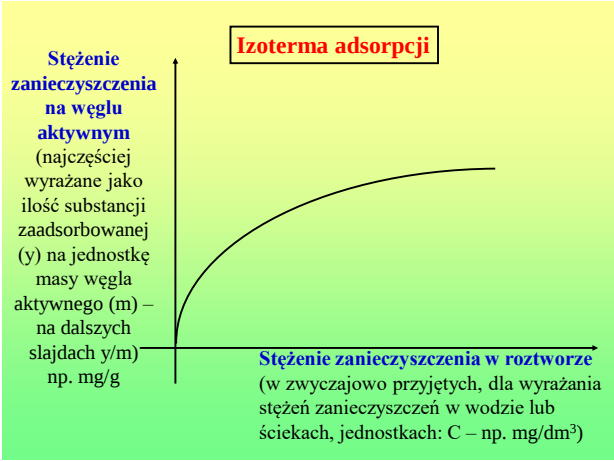
55

Celem ćwiczenia jest:

- zebranie danych do określenia izotermy adsorpcji błękitu metylenowego z roztworu wodnego na pylistym węglu aktywnym,
- określenia wartości współczynników w poszczególnych modelach izoterm adsorpcji,
- dobór modelu najlepiej dopasowanego do uzyskanych wyników.

Aby wykonać to zadanie należy dla różnych stężeń błękitu metylenowego w wodzie, w stanie równowagi, określić jego stężenia na węglu aktywnym.

56



57

Wytrząsanie do osiągnięcia stanu równowagi

Stężenia C_i oznaczane fotometrycznie w sklarowanych próbkach (po odwirowaniu węgla)

$C_i = f(A_i) \rightarrow$ masa substancji zaadsorbowanej: $y_i = V(C_0 - C_i)$

58

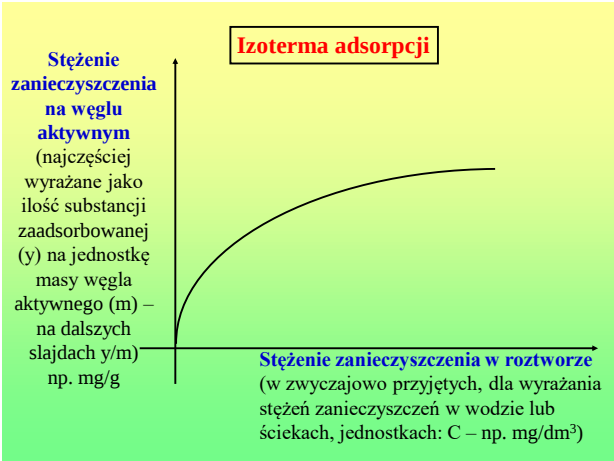
Tab. 3. Pomiaru fotometryczne

Lp.	Nawadka węgla w próbce [mg]	Zmierzona wartość absorpcji	Krotność rozcieńczenia próbki do pomiaru barwy
1	0	-	-
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

Tab. 4. Wyniki pomiarów

Nr próbki	C [mg/dm ³]	m [g]	y [mg]	y/m [mg/g]
1.	C_0	0	0	-
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				

59



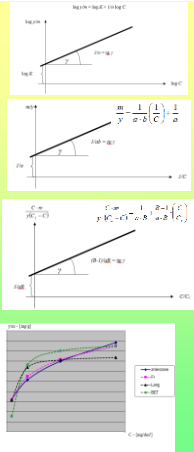
60

Tab. 5. Wyniki obliczeń

i-p	Izoterma				
	Freundlicha	Langmuira	BET		
1.	log C	log y/m	m/y	C/C _s	C/(m(C _s -C))
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					
7.					
8.					

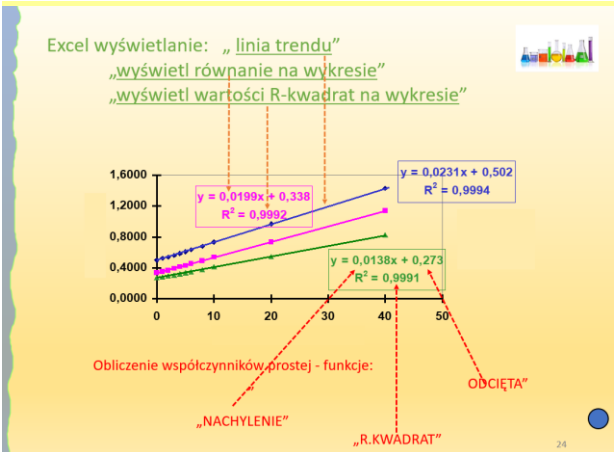
Wartości stałych				
K	n	a	b	B

Wartości współczynników korelacji R ²				



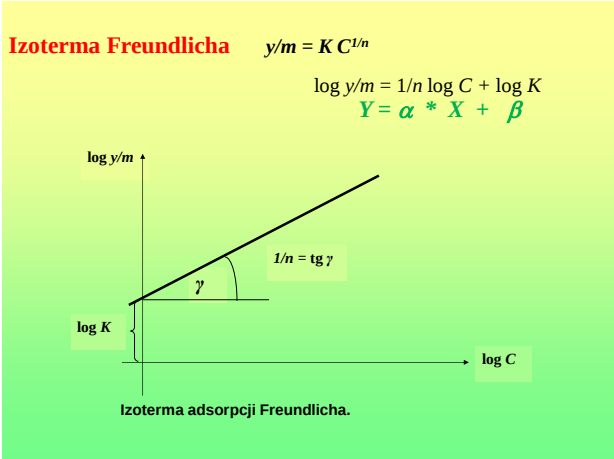
Tab. 6. Wyniki obliczeń wyników z testu na podstawie wyznaczonych modeli izotermy adsorpcji

i-p	C	Współczynniki			
		Freundlicha	Langmuira	BET	
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					
7.					
8.					

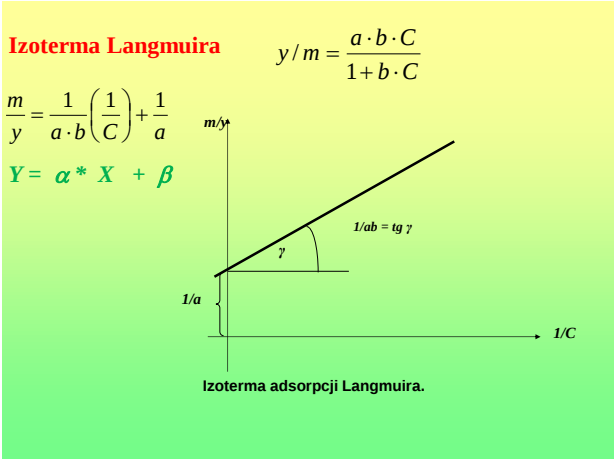


61

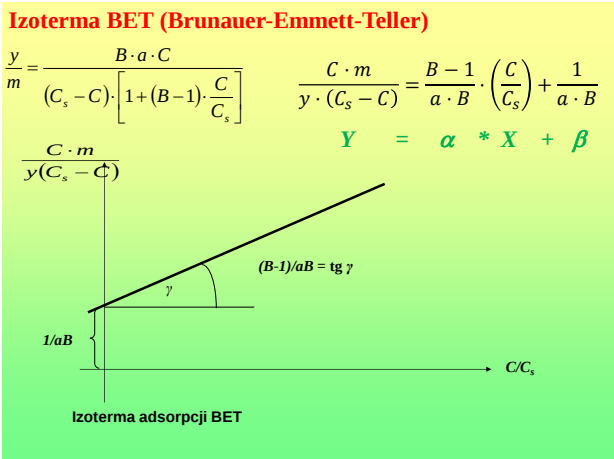
62



63



64

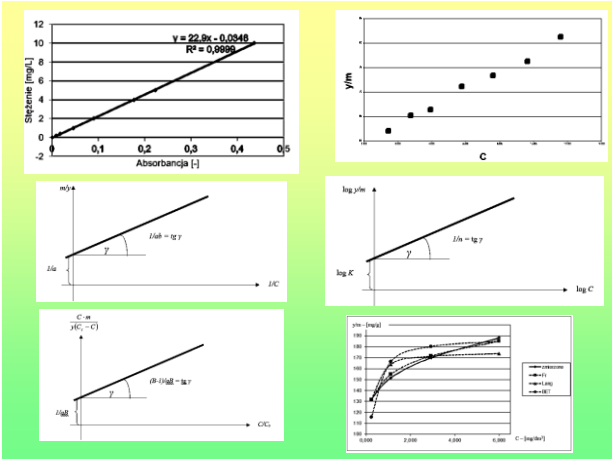


65

Adsorpcja

- Opracowanie i wykreślenie zależności $c=f(A)$
- Obliczenie ilości barwnika zaadsorbowanego na węglu aktywnym
- Wykreślenie zależności :
 - $y/m = f(C)$
 - $(C/m) \cdot (C_s - C) = f(C/C_s)$
 - $m/y = f(1/C)$
 - $\log y/m = f(\log C)$
- Obliczenie stałych dla poszczególnych izoterm adsorpcji
- Porównanie zmierzonych i obliczonych na podstawie uzyskanych modeli wartości y/m
- Wybór modelu izoterm o najlepszym dopasowaniu do wyników pomiarów
- Zebranie uzyskanych wyników w tabelach wg wzorów umieszczonych w materiałach

66



67

Nr próbki	C [mg/dm³]	m [g]	y [mg]	y/m [mg/g]	Izoterma			
					Fremontcha	Langmuira	CEC	BET
1.	0	0	0	-				
2.								
3.								
4.								
5.								
6.								
7.								
8.								

Wartości stałych				
K	a	b	B	s

I.p.	C	wartości y/m			
		zmierzane (tab. 4)	wg modelu Fremontcha	wg modelu Langmuira	wg modelu BET
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					
7.					
8.					

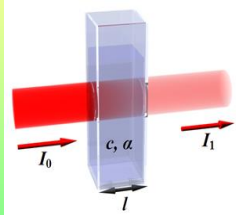
C [mg/dm³]	y/m [mg/g]			
	zm.	Fr.	Lang.	BET
11,99	227,6	222,4	203,5	218,3
9,16	202,8	206,4	199,7	211,5
5,56	188,0	191,7	194,5	202,3
2,89	170,4	168,8	180,8	179,5
1,54	153,8	149,4	160,1	149,0
0,77	126,6	130,5	128,5	109,1
0,71	121,2	128,6	124,7	104,8
$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i - \bar{C} $				
		4,9	9,1	13,2

68

W swoich indywidualnych projektach, jako dane wejściowe, wskazujecie Państwo wybrany model izotermy adsorpcji oraz podajecie ustalone wartości stałych izotermy.

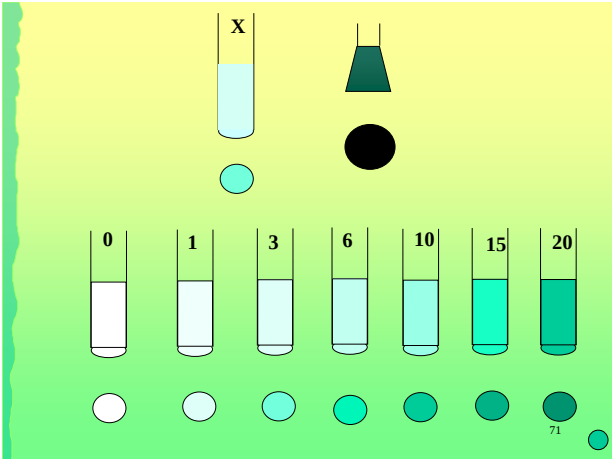
69

Oznaczenia fotometryczne

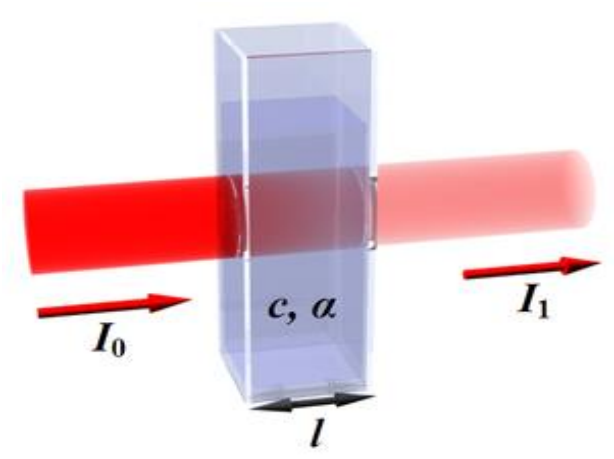





70



71



72

$$\log \frac{I_0}{I_t} = \epsilon c l$$

$$\log \frac{I_0}{I_t} = A$$

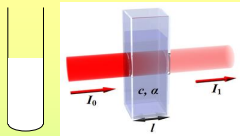
Absorbancja
(Ekstynkcja)
 $A = \epsilon c l$

$$\frac{I_t}{I_0} = T$$

Transmitancja
(Przepuszczalność)
 $\log T = -\epsilon c l$

73

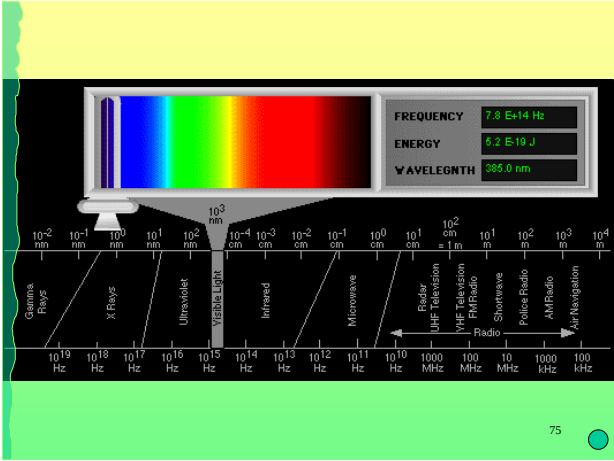
$$\log \frac{I_0}{I_t} = A$$

$$A = \epsilon c l$$


A	0	∞
T	1	0

$$\frac{I_t}{I_0} = T \quad \log T = -\epsilon c l$$

74

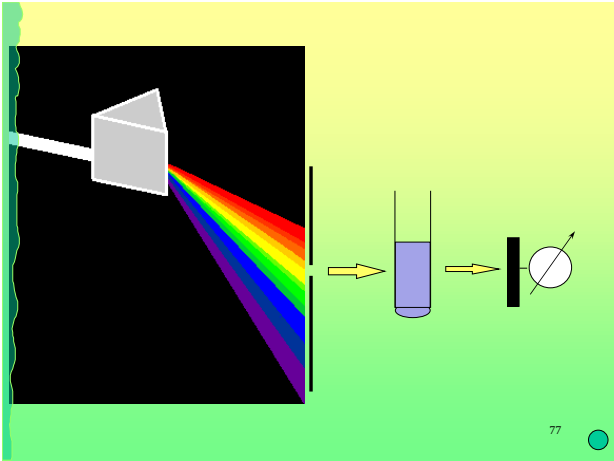


Barwa światła i długość fali

[nm]

Czerwona	800 – 620
Pomarańczowa	620 – 595
Żółta	595 – 565
Zielona	565 – 490
Niebieska	490 – 440
Fioletowa	440 - 400

76



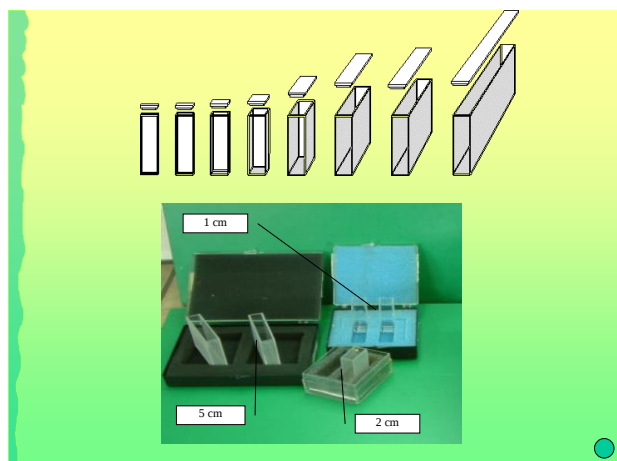


Spectroquant Pharo 300



PERKIN ELMER LAMBDA 20 UV/VIS SPECTROMETER

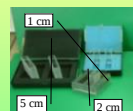
78



79

Wykorzystując spektrofotometr do pomiarów fotometrycznych, metodą skali wzorców, w zakresie światła widzialnego należy:

- ❖ włączyć urządzenie
- ❖ dokonać wyboru mierzonego parametru (absorbancja/eksynkja, transmitancja lub stężenie)
- ❖ przymocować odpowiednią przystawkę pomiarową
- ❖ dobrać odpowiednią kuweczkę
- ❖ dobrać długość fali świetlnej do wykonania pomiarów
- ❖ ustawić zerową wartość absorbancji dla próbki odnośnej (woda redestylowana lub dejonizowana)
- ❖ wykonać pomiary dla skali wzorców i próbek badanych



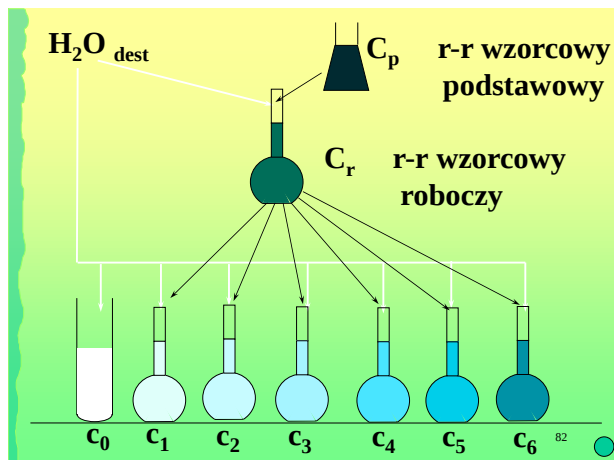
80

Przebieg oznaczeń fotometrycznych

1. Przygotowanie skali wzorców (szereg próbek o stężeniach $c_0 - c_k$)
2. Określenie długości fali świetlnej do pomiarów (λ_m przy, której występuje maksimum absorpcji na krzywej widma absorpcyjnego) – często z góry podana dla konkretnego oznaczenia
3. Wykonanie pomiarów absorbancji dla skali wzorców
4. Ustalenie zależności $c = f(A)$
5. Pomiar absorbancji dla badanej próbki i określenie jej stężenia c_x

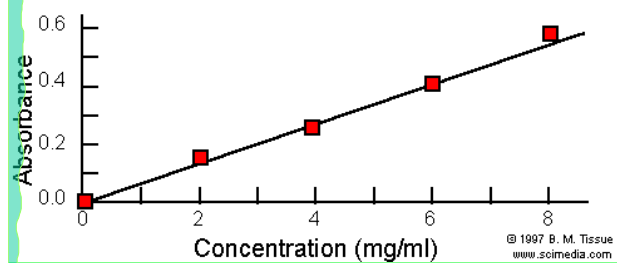
81

81



82

4. Ustalenie zależności $c = f(A)$
[$A = f(c)$]

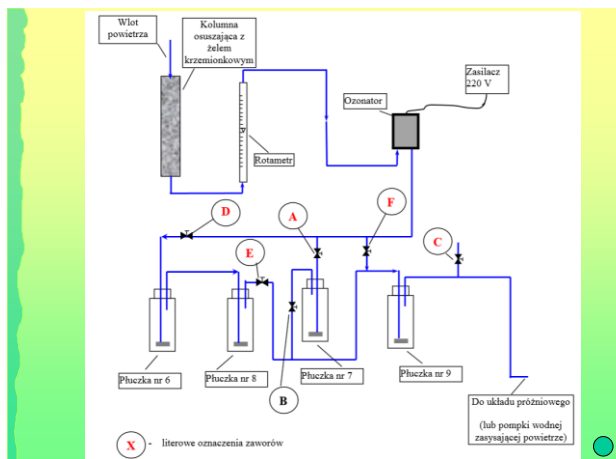


83

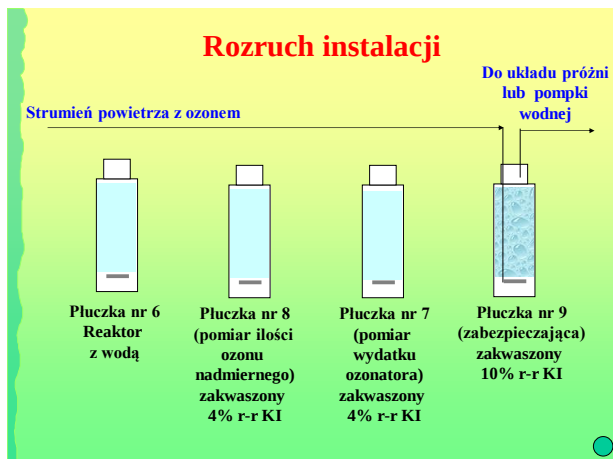
83

Ozonowanie wody

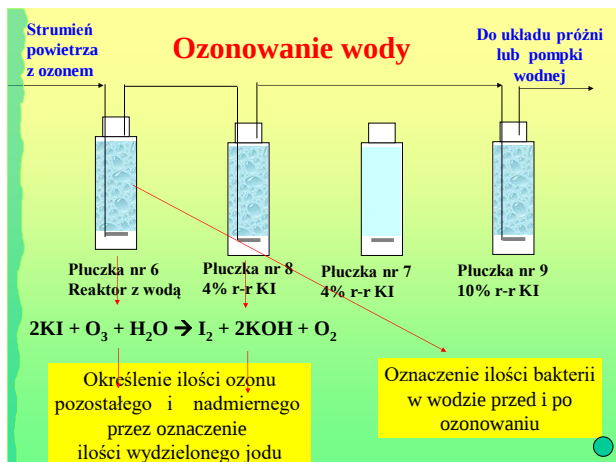
84



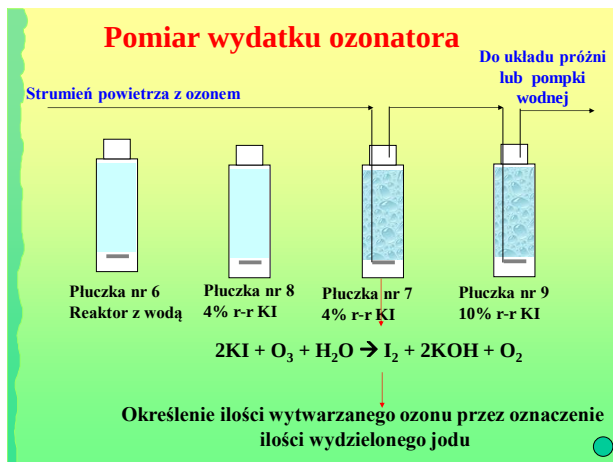
85



86



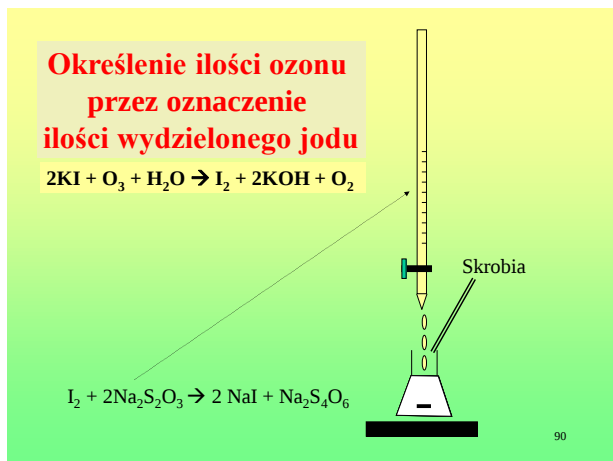
87



88



89



90



91

Ozonowanie wody

- Obliczenie i zebranie uzyskanych wyników w tabelach wg wzorów umieszczonych w materiałach

Wzrostek wytworzenia	mg O ₃ /t
Stopień ozonowania w powietrzu:	
przed reaktorem	mg O ₃ /dm ³ powietrza
za reaktorem	mg O ₃ /dm ³ powietrza
Stopień przeniesienia tlenu w ozon	%
Ozon pozostały	mg O ₃ /dm ³ wody
Ozon zużyty	mg O ₃ /dm ³ wody
Ozon wprowadzony do wody	mg O ₃ /dm ³ wody
Ozon nadmierny	mg O ₃ /dm ³ wody

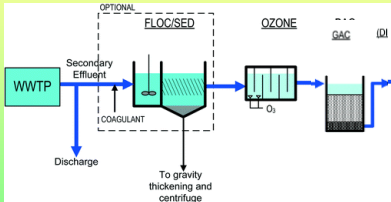
Woda	stopień rozczyszczenia	Poziorność na płytach doładowania bakterii	Ilość bakterii w próbce wody na 1 dm ³ nieoczyszczonej wody
aktywizacja			
aktywizacja			
oczyszczanie			
Przebieg doładowania bakterii w 1 dm ³ wody			
aktywizacja			
oczyszczanie			
Stopień redukcji ilości bakterii = %			

92

W swoich indywidualnych projektach, jako dane wejściowe, podajecie Państwo zużycie ozonu, zastosowany czas ozonowania, stężenie ozonu w strumieniu powietrza za ozonatorem oraz oczekiwany stopień redukcji bakterii.

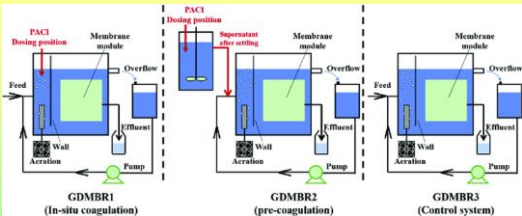
93

Przykładowe układy technologiczne oczyszczania ścieków z zastosowaniem procesów koagulacji/flokulacji, ozonowania, adsorpcji i napowietrzania



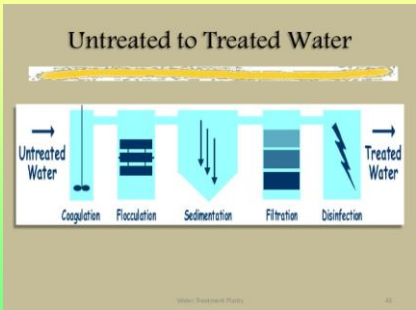
W oparciu o: <http://pubs.rsc.org/en/Content/ArticleHtml/2015/EW/c5ew00044k>

94



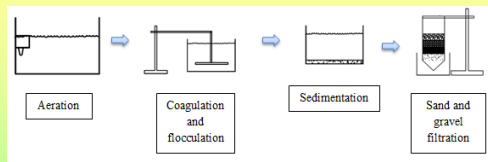
https://www.researchgate.net/publication/319891628_In_situ_coagulation_versus_pre-coagulation_for_gravity-driven_membrane_bioreactor_during_decentralized_sewage_treatment_Permeability_stabilization_fouling_layer_formation_and_biological_activity/figures?fig=1

95



<https://www.slideshare.net/gauravhansoni1/water-treatment-plant-48895906>

96



https://www.researchgate.net/publication/305627618_Treatment_of_Wastewater_From_Car_Washes_Using_Natural_Coagulation_and_Filtration_Systems/figures