

Podstawy Technologii

Wody i Ścieków



Kurs: Podstawy Technologii Wody i Ścieków.

Inżynieria Środowiska

II rok; semestr 4

ćwiczenia laboratoryjne 15h

Odpowiedzialny za kurs: dr hab. inż. Anna Głowacka prof. ZUT,

Prowadzący zajęcia:

wykłady: dr hab. inż. Anna Głowacka prof. ZUT

ćwiczenia projektowe: dr inż. Jacek Mazur

ćwiczenia laboratoryjne: dr inż. Jacek Mazur

jacek.mazur@zut.edu.pl; pok. 2/48 (CDBN); tel 91 449 4592

Zakład Technologii Wody, Ścieków i Odpadów

Katedra Inżynierii Sanitarnej

Wydział Budownictwa i Architektury

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 kursu (w semestrze 4) opiera się o zaliczenie ćwiczeń laboratoryjnych i projektowych oraz egzamin z materiału objętego kursem. Ocena za kurs jest średnią ważoną z zaliczeń i egzaminu.

Bieżące informacje dotyczące tematów i harmonogramu zajęć umieszczane są, w odpowiednim folderze, pod adresem: mazur.zut.edu.pl

Zajęcia laboratoryjne odbywają się w laboratorium 2/41 (CDBN) w grupach/zespołach laboratoryjnych w terminach przewidzianych w planie zajęć.

Zajęcia w semestrze letnim 2018/19
 Zakład Technologii Wody, Ścieków i Odpadów
 Wydział Budownictwa i Architektury
 Katedra Inżynierii Sanitarnej i Technologicznej w Ściekowaniu
 Harmonogram zajęć przedmiotów z formy zajęć laboratoryjnych

Temat zajęć	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Poniedziałek	29 XII	4 I	11 I	18 I	25 I	1 IV	8 IV	15 IV	22 IV	29 IV	6 V	13 V	20 V	27 V	3 VI	10 VI	17 VI
g. 8-10 25 I 51 2/25	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8			W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15
g. 8-10 15 II 51 s. 441	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8			W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15
g. 11-12 25 I 52 (odpow. i podg. doćwic.)	W1	W2*	W3*	W4	W5	W6	W7	W8			W9	W10*	W11	W12	W13	W14	W15
g. 12-16 Bud. 2 BEE 2/41 (odpow. i podg.)				W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15			
g. 14-16 25 I 52 (odpow. i podg.)	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8			W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15
Wtorek	28 XII	5 I	12 I	19 I	26 I	2 IV	9 IV	16 IV	23 IV	30 IV	7 V	14 V	21 V	28 V	4 VI	11 VI	18 VI
g. 8-10 25 I 52 2/41 (odpow. i podg. doćwic.)	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7				L8	L9	L10	L11			
g. 10-12 25 I 52 (odpow. i podg.)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8									
g. 13-17 31 15 31 31 (odpow. i podg.)		W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15					
g. 14-16 25 I 51 s. 2/25				P1	P2						P3	P4	P5	P6	P7	P8	
Piątek	1 III	8 III	15 III	22 III	29 III	5 IV	12 IV	19 IV	26 IV	3 IV	10 V	17 V	24 V	31 V	7 VI	14 VI	21 VI
g. 8-9 25 I 52 (odpow. i podg.)	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8			A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
g. 10-12 Bud. 01 I BEE s. 350	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8			W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15
g. 12-16 15 II 1 2/40	A1	L1	L2	L3	A2						L4	L5	L6	A3			
g. 12-16 31 15 31 31 (odpow. i podg.)	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15						
g. 14-16 25 I 51 s. 2/25	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15						

Wskazówki: *Wskazówki dotyczące zmian w harmonogramie zajęć laboratoryjnych.

Podstawy Technologii Wody i Ścieków:

Proszę o podanie (na jacek.mazur@zut.edu.pl) grupowego adresu mailowego, na który będę mógł przekazywać bieżące informacje. Zajęcia laboratoryjne odbywać się będą, zgodnie z ustalonym harmonogramem, w lab 2/41 CDBN.

Podstawy Technologii Wody i Ścieków:

Zajęcia są zblokowane po 3-4 godz. lekcyjne każde. Do zaliczenia laboratoryjnej formy zajęć konieczne jest wykonanie wszystkich czterech zaplanowanych ćwiczeń. Ze względu na małą liczebność grupy zajęcia odbywają się w jednej podgrupie laboratoryjnej co powoduje brak możliwości odrobienia ćwiczeń z inną grupą. Grupa dzieli się na zespoły laboratoryjne (z1, z2, z3), a każdy z zespołów przygotowuje się do wykonania ćwiczenia przewidzianego w harmonogramie.

Wszelkie informacje dotyczące organizacji zajęć umieszczane 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.

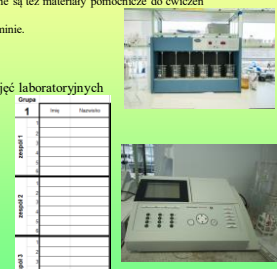
Prowadzący zajęcia:
 - Wykład: dr hab. inż. Anna Głowacka prof. ZUT
 - Laboratorium i projekt: dr inż. Jacek Mazur

Poszczególne szczegóły dotyczące organizacji i przebiegu zajęć laboratoryjnych zostaną przedstawione na zajęciach wstępnych.

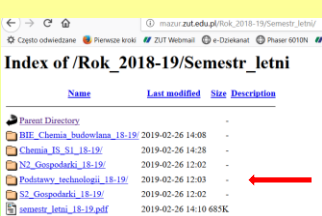

Temat i materiały zajęć prowadzonych w ramach ćwiczeń laboratoryjnych (15h), z przedmiotem:
 Podstawy technologii wody i ścieków IS 51 II s. dr inż. Jacek Mazur

Temat	Miejscowość	Czas trwania (h, godz. i min)
W5. Zajęcia wstępne (zapoznanie z grupą)	Zakład podziemny przy ZUT	1 2 3 4 (1h 30min)
Omówienie i przygotowanie do zajęć	Lab. 2/41 CDBN	1 1 1 5 (1h 15min)
Ad5. Adoracja na węgiel aktywny	Lab. 2/41 CDBN	2 1 1 5 (2h 15min)
Om5. Rozprężanie i stabilizacja zanieczyszczeń	Lab. 2/41 CDBN	2 1 1 5 (2h 15min)
OC. Zdobycie napowietrzenia (Chocznia Kapuścik)	Lab. 2/41 CDBN	2 1 1 5 (2h 15min)

Tematyka zajęć prowadzonych w ramach ćwiczeń projektowych (15h), prowadzonych przez:
 dr inż. Jacek Mazur, z przedmiotem: Podstawy technologii wody i ścieków IS 51 II s. podana zostanie grupie w odpowiednim czasie realizacji tej formy zajęć.



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

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny
 Wydział Budownictwa i Architektury
 Katedra Inżynierii Sanitarnej
 Zespół Inżynierii Sanitarnej i Systemów Ochrony Środowiska

Materiały pomocnicze do ćwiczeń laboratoryjnych z Technologii wody i ścieków
 Dr inż. Jacek Mazur, dr hab. inż. Anna Hrońska,
 dr hab. inż. Marzena Gilczyńska prof. ZUT



Luty 2012

Tematy i oznaczenia zajęć, prowadzonych w ramach ćwiczeń laboratoryjnych (15h), z przedmiotu:
Podstawy technologii wody i ścieków IS S1 II r.
 dr inż. Jacek Mazur

	Temat	Miejsce	Czas trwania [L - godz. lek.]
Ws.	Zajęcia wstępne (organizacja zajęć)	Zostanie podane przed zajęciami	1 i 2/3 L (1h15min)
Ozon.	Ozonowanie wody.	Lab. 2/41 CDBN	3 i 1/3 L (2h30min)
Ads.	Adsorpcja na węglu aktywnym.	Lab. 2/41 CDBN	3 i 1/3 L (2h30min)
Koag.	Koagulacja i flokulacja zanieczyszczeń.	Lab. 2/41 CDBN	3 i 1/3 L (2h30min)
OC	Zdolność napowietrzania (Oxygen Capacity).	Lab. 2/41 CDBN	3 i 1/3 L (2h30min)

*czas trwania poszczególnych zajęć może różnić się od podanego. Sumarycznie, dla każdej grupy, zaplanowany jest łącznie 15 godzinny cykl zajęć.

Ws – zajęcia wstępne

1. Zasady bezpiecznej pracy w laboratorium
2. Podział na grupy i zespoły laboratoryjne – lista
3. Umieszczanie w folderze „public” informacji dotyczących ocen – hasło
4. Uzgadnianie terminów – starosta roku – mailowo z adresu ZUT-owski@zut.edu.pl

Zajęcia laboratoryjne trwają od 3 do 4 godzin lekcyjnych (2h 15 min. - 3h zegarowe). Każda grupa laboratoryjna podzielona jest na dwa/trzy 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, a grupy niż 18 osób.

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.

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

Uzyskanie zaliczenia opiera się na:

1. wykonaniu wszystkich przewidzianych planem ćwiczeń laboratoryjnych
2. uzyskaniu minimum 50% punktów za każdą z wejściówek

Aby zaliczyć ćwiczenia laboratoryjne należy wykonać wszystkie ćwiczenia laboratoryjne oraz uzyskać 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 pkt każde).

Ocena zaliczeniowa z ćwiczeń laboratoryjnych wyliczana jest z sumy ilości punktów za „wejściówki” (średnich jeżeli „wejściówki” były poprawiane) wg skali:

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

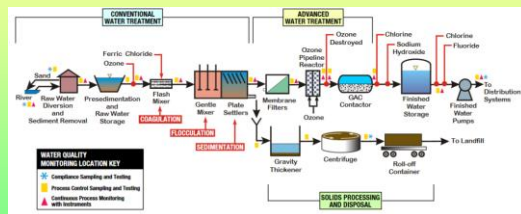
Wykłady oraz ćwiczenia laboratoryjne i projektowe

Źródła informacji:

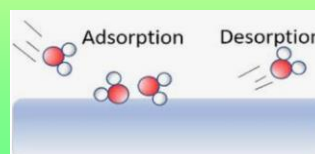
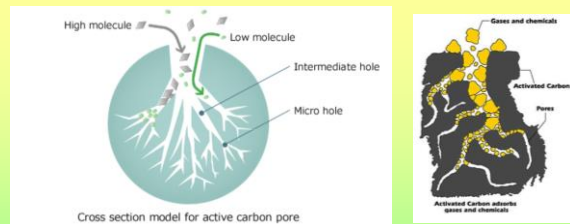
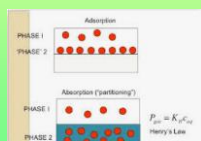
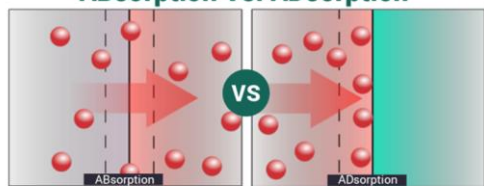
- ❖ dr hab. inż. Anna Głowacka prof. ZUT
- ❖ dr inż. Jacek Mazur
- ❖ mazur.zut.edu.pl

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.

Adsorpcja zanieczyszczeń wody na węglu aktywnym

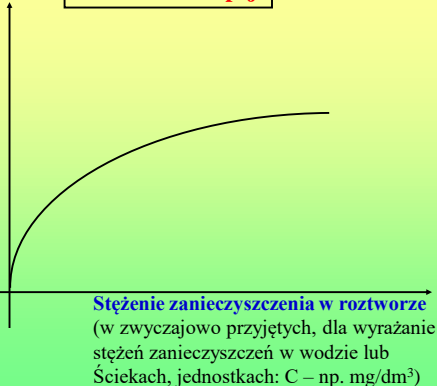


Absorption Vs. Adsorption



Stężenie zanieczyszczenia na węglu aktywnym (najczęściej wyrażane jako ilość substancji zaadsorbowanej na jednostkę masy węgla aktywnego – na dalszych slajdach y/m)

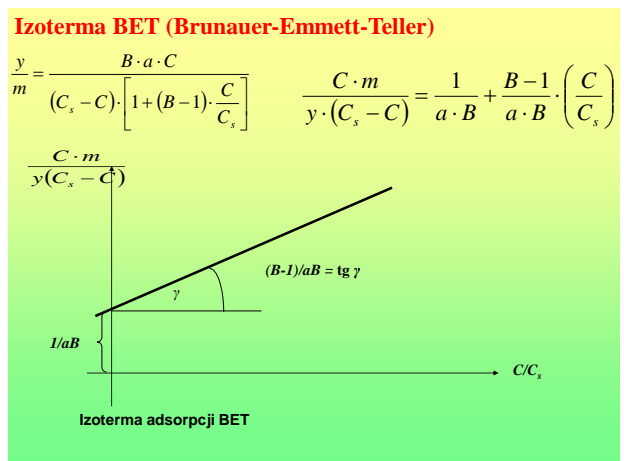
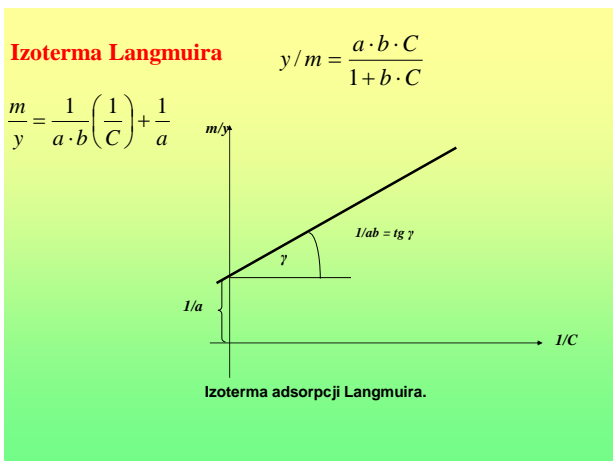
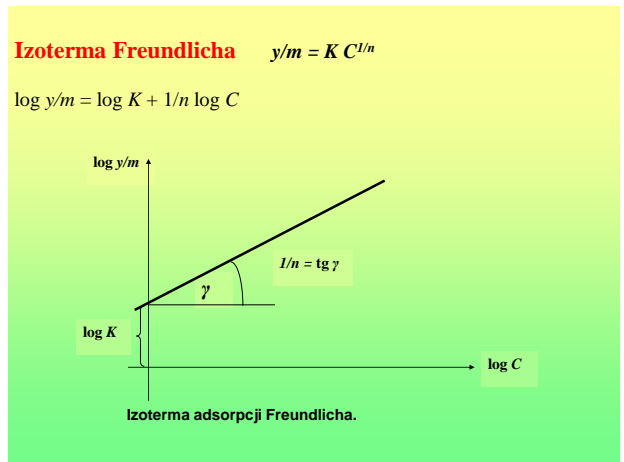
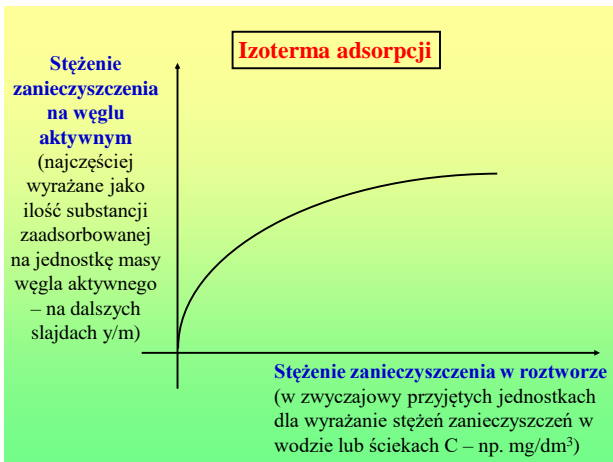
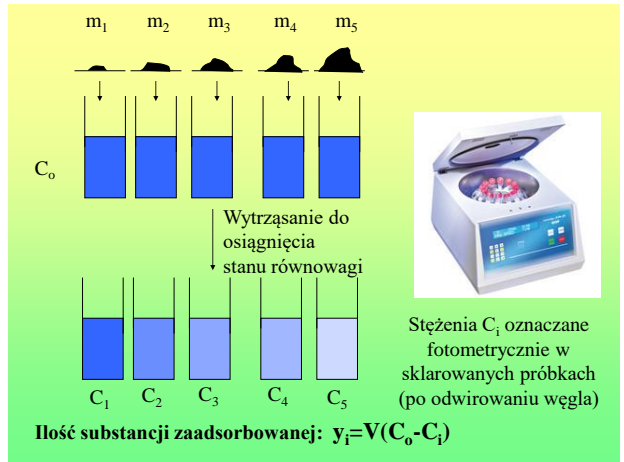
Izoterma adsorpcji



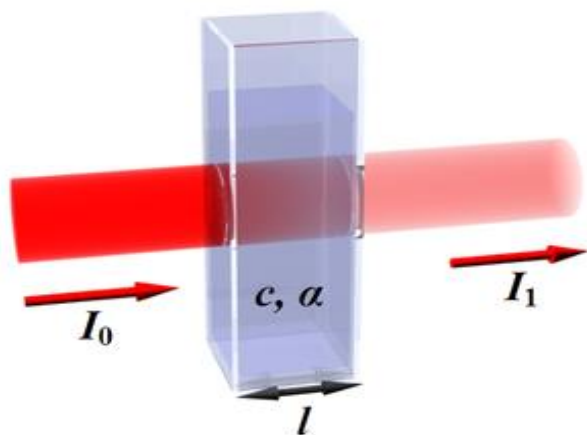
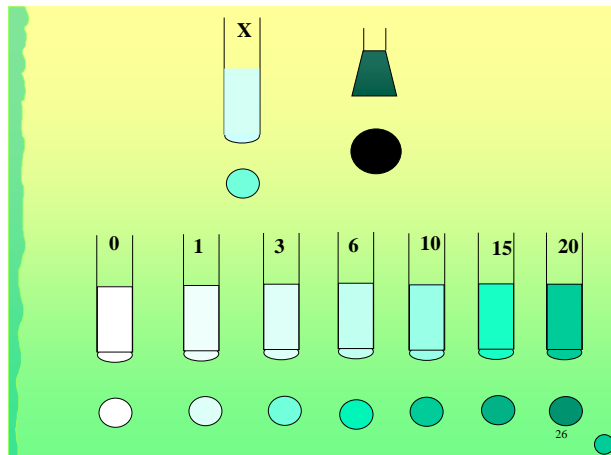
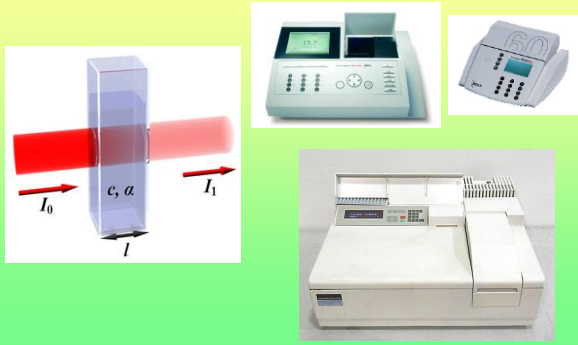
Celem ćwiczenia jest:

- 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.



Oznaczenia fotometryczne



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

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

**Absorbancja
(Ekstynkcja)**

$$A = \epsilon c l$$

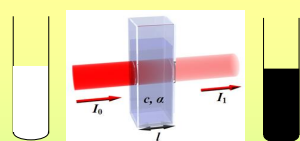
$$\frac{I_t}{I_0} = T$$

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

28

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

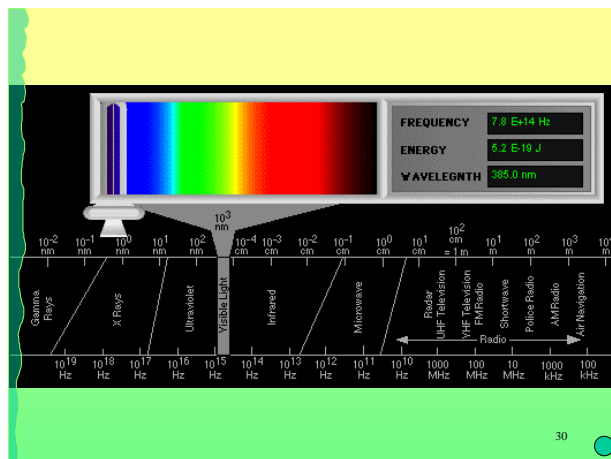
$$A = \epsilon c l$$



A	0	∞
T	1	0

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

29

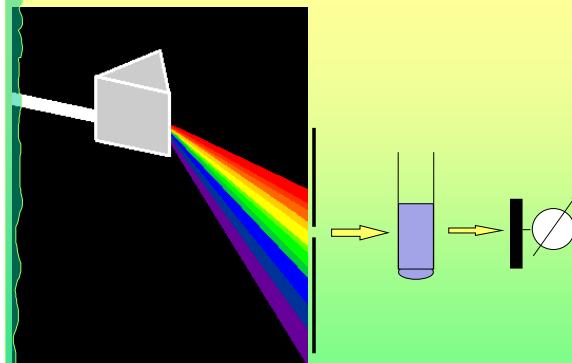


30

Barwa światła i długość fali

[nm]

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

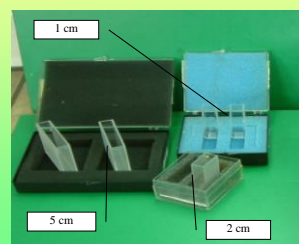
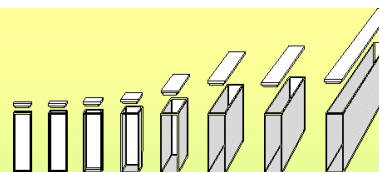


32



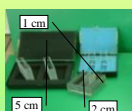
Spectroquant Pharo 300

PERKIN ELMER LAMBDA 20 UV/VIS SPECTROMETER



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

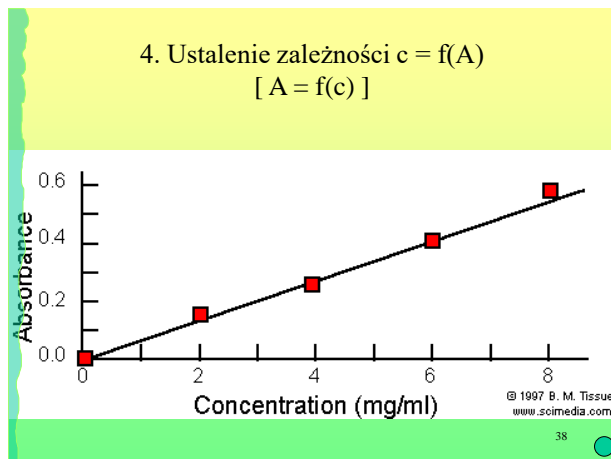
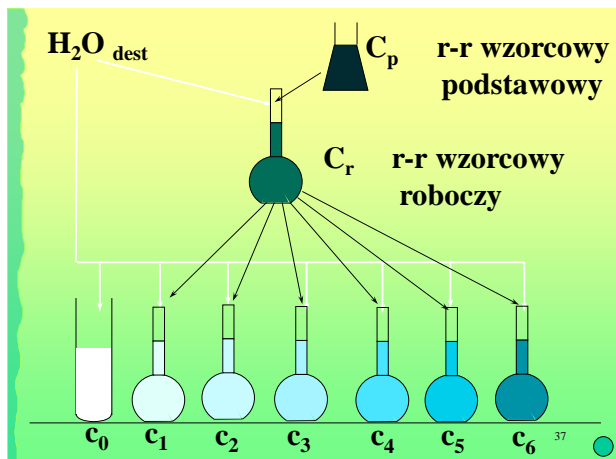
- ❖ włączyć urządzenie
- ❖ dokonać wyboru mierzonego parametru (absorbancja/eksynkcja, transmitancja lub stężenie)
- ❖ przymocować odpowiednią przystawkę pomiarową
- ❖ dobrać odpowiednią kuwetkę
- ❖ dobrać długość fali świetlnej do wykonania pomiarów
- ❖ ustawić zerową wartość absorbancji dla próbki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



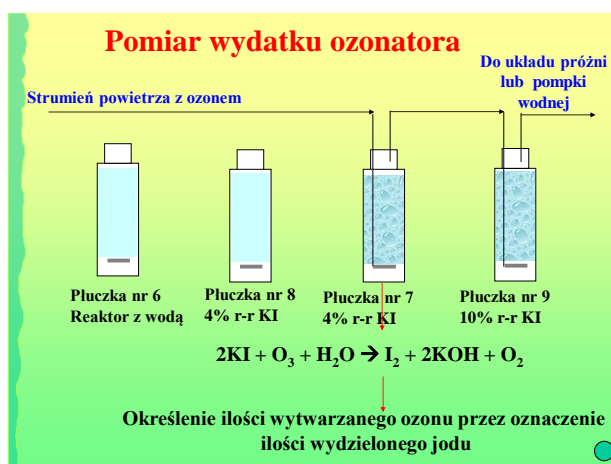
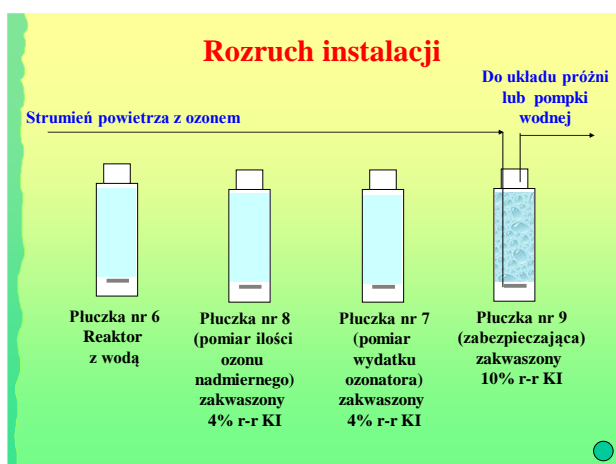
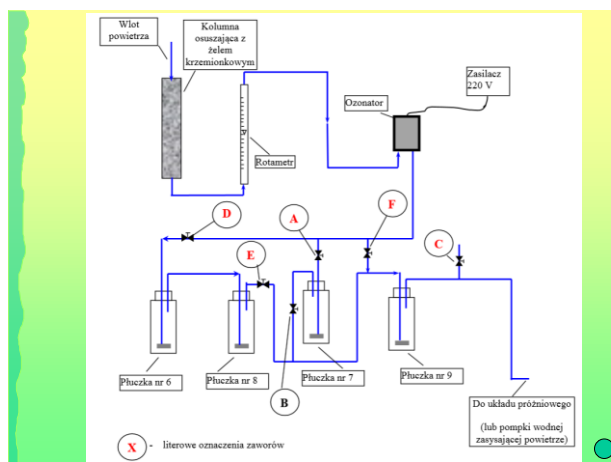
Przebieg oznaczeń fotometrycznych

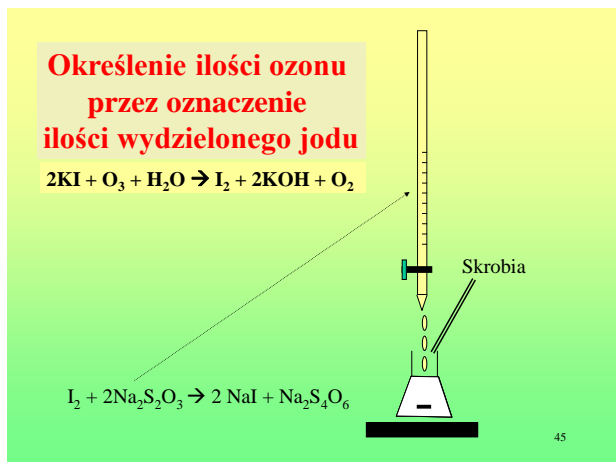
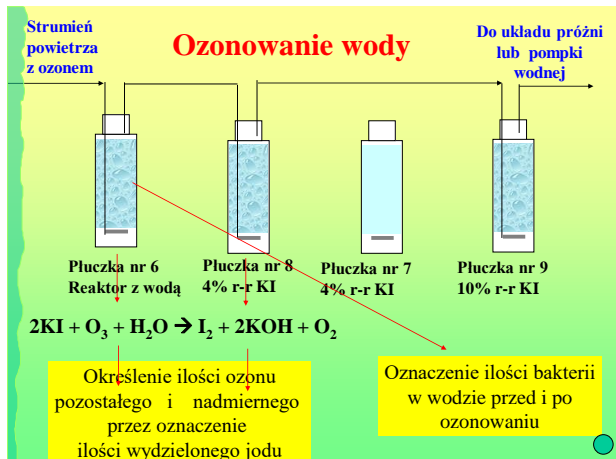
1. Przygotowanie skali wzorców (szereg próbek o stężeniach $c_0 - c_k$)
2. Określenie długości fali świetlnej do pomiarów (λ_m przy, której występuje maksimum absorpcji na krzywej widma absorpcyjnego) – najczęściej jest to wartość podana dla konkretnego oznaczenia
3. Wykonanie pomiarów absorbancji dla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

36

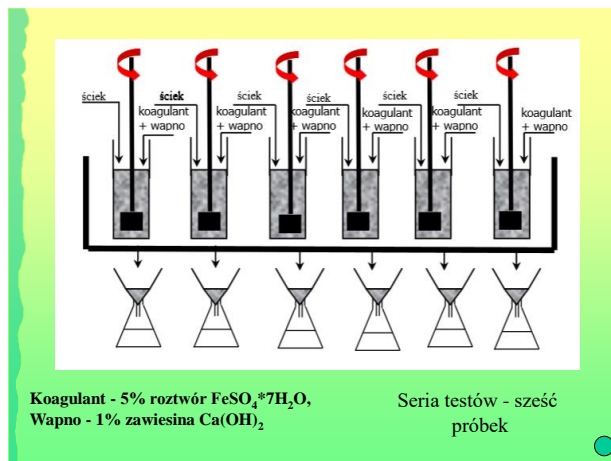


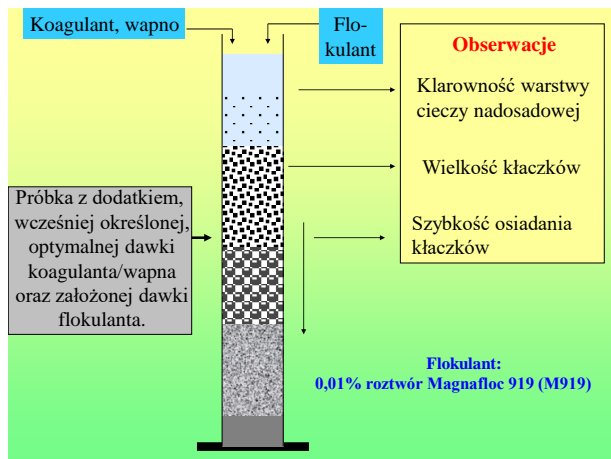
Ozonowanie wody



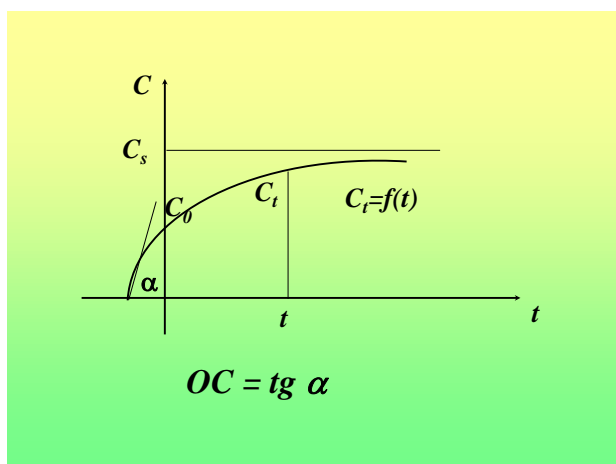
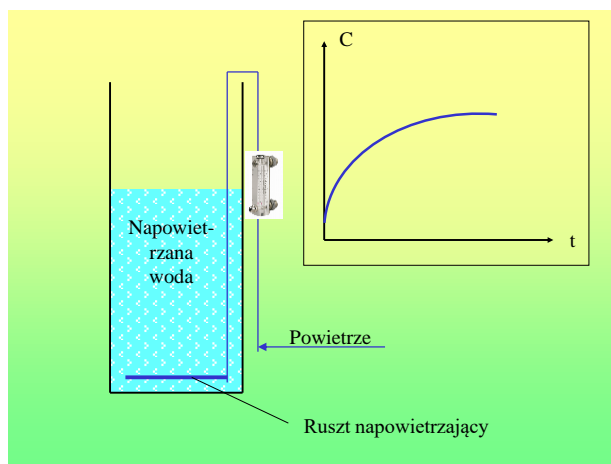


Koagulacja/Flokulacja





Napowietrzanie wody



- ### Wykonanie ćwiczenia
- Pobór próbek wody w czasie trwającego napowietrzania
 - Oznaczenie stężenie tlenu rozpuszczonego
 - Kontrola poprawności uzyskanych wyników

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).

55

Oznaczanie zawartości tlenu rozpuszczonego w wodzie metodą Winklera

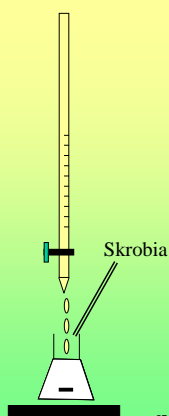
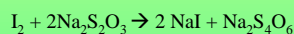
Oznaczenie polega na:

- 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
- zmiareczkowanie wydzielonego jodu tiosiarczanem sodu wobec skrobi jako wskaźnika

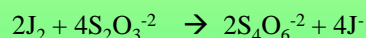
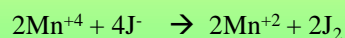
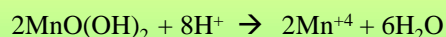
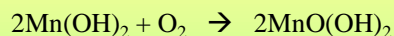
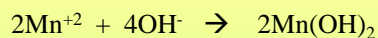
56

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 miareczkowaniem do pierwszego odbarwienia próbki.

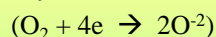


57



58

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



1 val $Na_2S_2O_3$ odpowiada 1 walowi tlenu

1 mval $Na_2S_2O_3$ odpowiada 1 mwalowi tlenu czyli 8 mg O_2

59

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

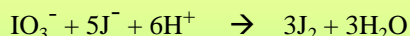
Tiosiarczan sodu jest odczynnikiem nietrwałym i w rozcieńczonych roztworach jego stężenie może się znacznie zmieniać w czasie.

Stężenie r-ru $Na_2S_2O_3$ należy sprawdzać w tym samym dniu, w którym wykonuje się analizę.

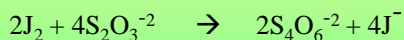
60

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

Polega na wykorzystaniu ściśle określonej ilości ściśle 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)

61

Zgodnie z definicją gramorównoważnika ilość vali (znana) użytego jodanu potasu musi odpowiadać ilości vali tiosiarczuanu 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 tiosiarczuanu sodu.

62

Obliczanie stężenia tlenu

Obliczenia polegają na:

- 1^o - 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
- 2^o - 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/dm^3)

63

Przykład

Przy przeprowadzaniu oznaczenia tlenu rozpuszczonego metodą Winklera do zmiareczkowania badanej próbki o objętości 200 ml zużyto 2 cm³ r-ru $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

Stężenie zastosowanego r-ru tiosiarczuanu sodu określono miareczkując nim wolny jod wydzielony z roztworu jodku potasu przez 20 ml 0,025n r-ru KIO_3 . Do zmiareczkowania zużyto 10 ml r-ru $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

Oblicz stężenie tlenu rozpuszczonego w badanej próbce.

64

Obliczenia

1. Stężenie r-ru $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

Określona ilość vali KIO_3 wydzieli z r-ru jodku potasu wolny jod w takiej samej ilości vali. Do jego zmiareczkowania zostanie zużyta ta sama ilość vali $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

1 dm³ 0,025 n r-ru KIO_3 zawiera 0,025 vala KIO_3

1 cm³ zawiera 0,025 mvala KIO_3

1 cm³ - 0,025 mvala

20 cm³ - x x = 0,5 mvala

65

W roztworze wydzieliło się 0,5 mvala wolnego jodu, a do jego odmiareczkowania musiano zużyć taką samą ilość $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

W 10 ml r-ru $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ znajduje się więc 0,5 mvala $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

10 ml - 0,5 mvala

1 ml - x x = 0,05 mvala

Stężenie r-ru $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ wynosi 0,05 mval/ml czyli 0,05 val/dm³ (0,05n)

66

2. Stężenie tlenu rozpuszczonego

W próbce o objętości 200 ml znajduje się tyle mvali tlenu ile mvali $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ znajduje się w 2 cm^3 jego r-ru o stężeniu 0,05n.

1 cm^3 - 0,05 mvala

2 cm^3 - x $\qquad\qquad\qquad$ x = 0,1 mvala

W 200 ml znajduje się 0,1 mvala tlenu rozpuszczonego

200 ml - 0,1 mvala

1000 ml - x $\qquad\qquad\qquad$ x = 0,5 mval

67

W 1 dm^3 znajduje się 0,5 mvala tlenu rozpuszczonego
 $(\text{O}_2 + 4e \rightarrow 2\text{O}^{2-})$

1 mval - 8 mg

0,5 mvala - x $\qquad\qquad\qquad$ x = 4 mg

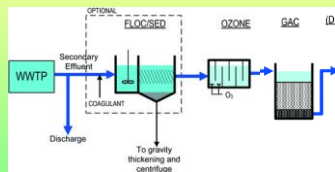
W 1 dm^3 znajduje się 4 mg tlenu rozpuszczonego. Jego stężenie wynosi 4 mg/dm^3 .

Odp.

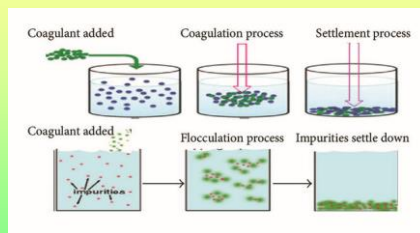
Oznaczone stężenie tlenu rozpuszczonego wynosi 4 $\text{mg O}_2/\text{dm}^3$.

68

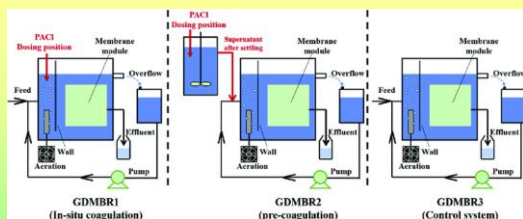
Przykładowe układy technologiczne oczyszczania ścieków z zastosowaniem procesów koagulacji/flokulacji, ozonowania, adsorpcji i napowietrzania



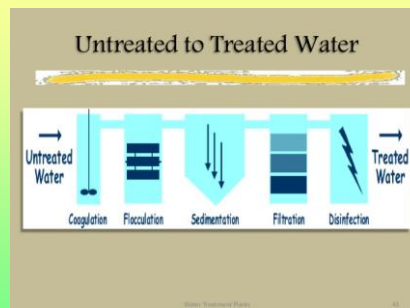
W oparciu o: <http://pubs.rsc.org/en/Content/ArticleHtml/2015/EW/C5ew00044k>



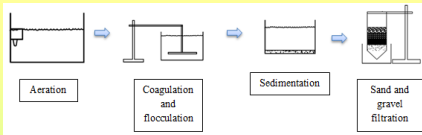
<http://gooa.las.ac.cn/external/share/1411397>



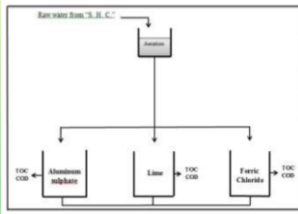
https://www.researchgate.net/publication/319891628_In_situ_coagulation_versus_pre-coagulation_for_gravity-driven_membrane_bioreactor_during_decentralized_sewage_treatment_Permeability_stabilization_fouling_layer_formation_and_biological_activity/figures?to=1



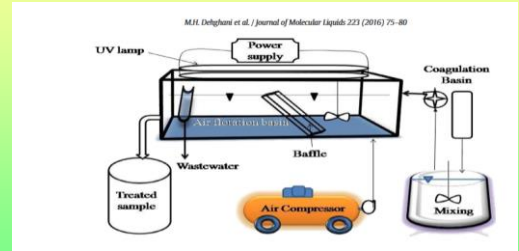
<https://www.slideshare.net/gauravbinden1/water-treatment-plant-48895906>



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



<https://ijocaa.com/wp-content/uploads/2017/08/IJOCAS-03-01-004-August2017.pdf>



M.H. Delghani et al. / Journal of Molecular Liquids 223 (2016) 75–80
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10236198.2016.1151016>