



Pracownia studencka  
**Katedra Analizy Środowiska**

# Instrukcja do ćwiczeń laboratoryjnych

## Ćwiczenie nr 10

**FOSFORANY W ŚRODOWISKU – USUWANIE Z WÓD  
NATURALNYCH I PROCESY WYPLUKIWANIA Z GLEBY**

**Chemia Środowiska**

Gdańsk, 2022

## 1. CZEŚĆ TEORETYCZNA

### I. Zanieczyszczenie gleb i roztworu glebowego

Woda odgrywa bardzo istotną rolę we wszystkich procesach zachodzących w biosferze. Zawarta w przestworach glebowych, wraz z rozpuszczonymi w niej substancjami organicznymi, mineralnymi i gazowymi, nazywana jest **roztworem glebowym** i stanowi jeden z najważniejszych czynników warunkujących życie roślin i organizmów bytujących w glebie. Gleba odznacza się zdolnością zatrzymywania i pochłaniania różnych składników, w tym jonów i cząsteczek. Zdolność ta nosi nazwę **sorpcji**. Zdolności sorpcyjne warunkują spełnianie podstawowych funkcji gleby takich jak m.in. zatrzymywanie wody oraz magazynowanie i dostarczanie składników pokarmowych (dla mikroorganizmów i roślin). Właściwości sorpcyjne gleby wynikają głównie z obecności w niej złożonych pod względem składu i pochodzenia **koloidów glebowych** (ich masa stanowi zazwyczaj 30-40% wagowych gleby), stanowiących tak zwany **sorpcyjny kompleks glebowy**.

Zanieczyszczenia wód stanowią zagrożenie dla zdrowia i życia organizmów żywych. Zanieczyszczeniu ulegają wody powierzchniowe oraz wody w obrębie warstwy glebowej oraz w przestrzeni pomiędzy warstwą glebową a zwierciadłem wód podziemnych. Źródłem zanieczyszczeń przenikających do wód są przede wszystkim ścieki przemysłowe, ścieki bytowo-gospodarcze oraz ścieki z rolnictwa. Jednym ze przyczyn skażenia wód są również wody opadowe, które wypłukują zanieczyszczenia z powierzchni. Stanowią źródło pierwiastków takich jak węgiel, azot czy fosfor (**pierwiastki biogenne**), ale również pestycydów pierwiastków promieniotwórczych oraz jonów **metali ciężkich** (Hg, Pb, Cd, Ni, Sb, As) w postaci azotanów (III), azotanów (V), fosforanów (V), chlorków i siarczanów (VI).

### II. Odczyn gleby

Przez sorpcję tlenków siarki (**depozycja sucha**) lub też wraz z wodą opadową w postaci kwasu siarkowego (VI) (**depozycja mokra**) dostarczane są do gleby związki siarki. Zasiarczenie gleby, szczególnie przy jednoczesnym niedoborze wapnia, może prowadzić do silnego zakwaszenia w warstwach powierzchniowych oraz głębszych warstwach gleby. Z kolei zakwaszenie powoduje zubożenie w składniki pokarmowe, w tym w pierwiastki biogenne, ze względu na łatwiejsze ich wymywanie do warstw głębszych. Skutkiem zasiarczenia gleby można zapobiegać przez nawożenie jej związkami wapnia o charakterze zasadowym (np.  $\text{CaCO}_3$ ), czyli tzw. **wapnowanie**. Do zobojętnienia 1 kg siarki potrzeba około 3 kg węgla wapnia.

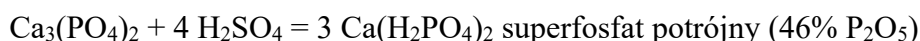
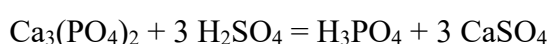
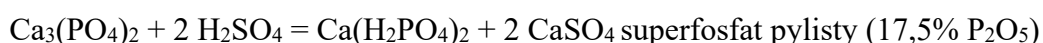
Odczyn gleby, czyli wartość pH roztworu glebowego, ma wpływ na szereg właściwości fizykochemicznych i biologicznych gleby. Ze zmianą odczynu wiąże się większa lub mniejsza przyswajalność składników pokarmowych zawartych w glebie, ponadto ma on bezpośredni wpływ na rozwój roślin. Większość jonów wodorowych jest sorbowana przez stałą fazę gleby (**kompleks koloidalny**), która posiada dużą zdolność sorpcyjną.

Wyróżnia się następujące rodzaje kwasowości gleby: **kwasowość czynną**, **kwasowość wymienną** oraz **kwasowość hydrolityczną**. Gleby ze względu na wartość pH dzieli się na: bardzo kwaśne, kwaśne, lekko kwaśne, obojętne, zasadowe. Odczyn gleby określa się zazwyczaj metodami kolorymetrycznymi i potencjometrycznymi.

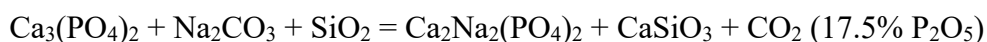
### III. Produkcja i zastosowanie nawozów fosforowych

Popularnym sposobem zwiększania wydajności rolnictwa jest stosowanie nawozów mineralnych. Do gleb lekkich stosuje się nawozy charakteryzujące się niewielką sorpcją na powierzchni gleby i dobrą rozpuszczalnością w wodzie. Przykładem są nawozy azotowe i potasowe. **Nawozy fosforowe** są zatrzymywane przez glebę na granicy fazy stałej i roztworu glebowego, czyli wody zawartej w przestworach glebowych, wraz z rozpuszczonymi w niej substancjami organicznymi, mineralnymi i gazowymi. Nawozy fosforowe klasyfikuje się wg charakteru zawartych w nich związków fosforu:

- **Superfosfaty** – produkowane przez reakcję fosforytów z kwasem siarkowym:

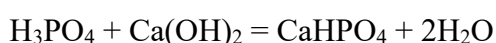


- **Termofosfaty** – powstają w wyniku obróbki termicznej zmielonych fosforytów (1100 °C), w przypadku produkcji supertomasyny dodatkami do fosforytów jest węglan sodu oraz piasek:



- **Tomasyna** – produkt uboczny przemysłu hutniczego, powstaje w wyniku zmielenia tzw. żużli Thomasa. Ma postać szaro-brunatnej mączki o charakterze alkalicznym.

- **Dwufosfaty** – powstaje w reakcji zobojętniania kwasu fosforowego:



- **Mączki fosforytowe** – otrzymane w wyniku mechanicznej obróbki fosforytów (2% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

Intensyfikacja produkcji rolniczej i związane z tym zwiększone zużycie nawozów fosforowych

spowodowały istotne zmiany w środowisku rolniczym. W przypadku prawidłowego nawożenia gleby zawierają od 0,1 do 0,2 mg  $P_2O_5$  w jednym  $dm^3$ . Stosowane dawki nawozów, odbiegające od rzeczywistego zapotrzebowania roślin, przyczyniły się do akumulacji fosforu w glebach i późniejszego jego rozproszenia w środowisku. Zwiększona obecność w wodzie pierwiastków biogennych (nadmierne wzbogacenie wód) prowadzi do przyspieszonego rozwoju bakterii, glonów oraz roślin, a tym samym do zarastania zbiorników wodnych (**eutrofizacji**), co z kolei przyczynia się do wystąpienia deficytu tlenowego, czyli drastycznego spadku ilości tlenu koniecznego do życia dla organizmów wodnych. Postępująca eutrofizacja powodowana jest głównie nadmiarem związków azotu oraz fosforu (pochodzących głównie z nawozów i środków ochrony roślin).

#### **IV. Przemiany fosforu w glebie i wodzie**

Ruchliwość fosforu w środowisku glebowym, a tym samym jego dostępność dla organizmów żywych, jest silnie ograniczana. Fosfor wprowadzany do gleby podczas nawożenia ulega szeregowi reakcji zmniejszających jego migrację, poczynając od procesów strącania z jonami  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  i  $Al^{3+}$ , poprzez procesy adsorpcji elektrostatycznej, jak i specyficznej na powierzchni minerałów ilastych oraz tlenków żelaza i glinu, kończąc na mechanizmach absorpcji do wnętrza tlenków żelaza i glinu czyli wytrącanie ich z roztworu glebowego w postaci trudno rozpuszczalnych soli, np.  $Ca_3(PO_4)_2$ . Procesy, w jakich udział biorą jony fosforanowe, znacząco ograniczają przemieszczanie się tego pierwiastka w środowisku, szczególnie w postaci rozpuszczalnej. Jednak przy niedoborze wapnia i zbyt niskiej wartości pH roztworu glebowego fosfor ulega wymywaniu przez opady atmosferyczne, przez co przenika do wód drenarskich i powierzchniowych.

Rolę ochronną w procesie powstawania związków fosforu trudno dostępnych dla roślin częściowo pełni w glebie naturalnie występująca materia organiczna. Wynika to z możliwości tworzenia różnych połączeń chelatowych z jonami (na przykład  $Ca^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ), zapobiegania w ten sposób powstawaniu związków trójwapniowych lub fosforanów glinu. Najwięcej fosforu przyswajalnego dla roślin (ruchomego – rozpuszczalnego w wodzie) znajduje się w glebach o odczynie lekko kwaśnym (pH 5,0).

Ze względu na dostępność fosforu dla roślin wyróżnia się trzy formy tego składnika w glebie: **fosfor aktywny, fosfor ruchomy i fosfor zapasowy.**

- **Fosfor aktywny** - występuje w roztworze glebowym w formie jonów pochodzących z dysocjacji kwasu ortofosforowego:  $PO_4^{3-}$ ,  $HPO_4^{2-}$ ,  $H_2PO_4^-$ . W glebach o pH 4,5-7,0

przeważają w roztworze glebowym jony  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , które są bezpośrednio pobierane przez korzenie roślin.

- **Fosfor ruchomy** - najczęściej związki rozpuszczalne w słabych kwasach, takie jak: świeżo strącone bezpostaciowe fosforany glinu i żelaza ( $\text{AlPO}_4$ ,  $\text{FePO}_4$ ), wodorofosforany wapnia i magnezu ( $\text{CaHPO}_4$ ,  $\text{MgHPO}_4$ ), fosforan wapnia ( $\text{Ca}_4\text{H}(\text{PO}_4)_3 \times 3 \text{H}_2\text{O}$ ), wiwianit  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \times 8 \text{H}_2\text{O}$ , fosfor zaadsorbowany na powierzchni uwodnionych tlenków glinu i żelaza, minerałów ilastych, substancji organicznej oraz cząsteczkach  $\text{CaCO}_3$ . Należą tu także niektóre związki organiczne, takie jak fityna, fosfolipidy oraz kwasy nukleinowe. Fosforany te stanowią około 10% całkowitej zawartości fosforu.
- **Fosfor zapasowy** - różnego rodzaju apatyty (np.  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ,  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$ ,  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_2$ ), waryscyt  $\text{AlPO}_4 \times 2 \text{H}_2\text{O}$ , strengit  $\text{FePO}_4 \times 2 \text{H}_2\text{O}$ , fosforyty ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) i inne związki, które powstają w miarę upływu czasu, kiedy strącone fosforany przybierają formy krystaliczne.

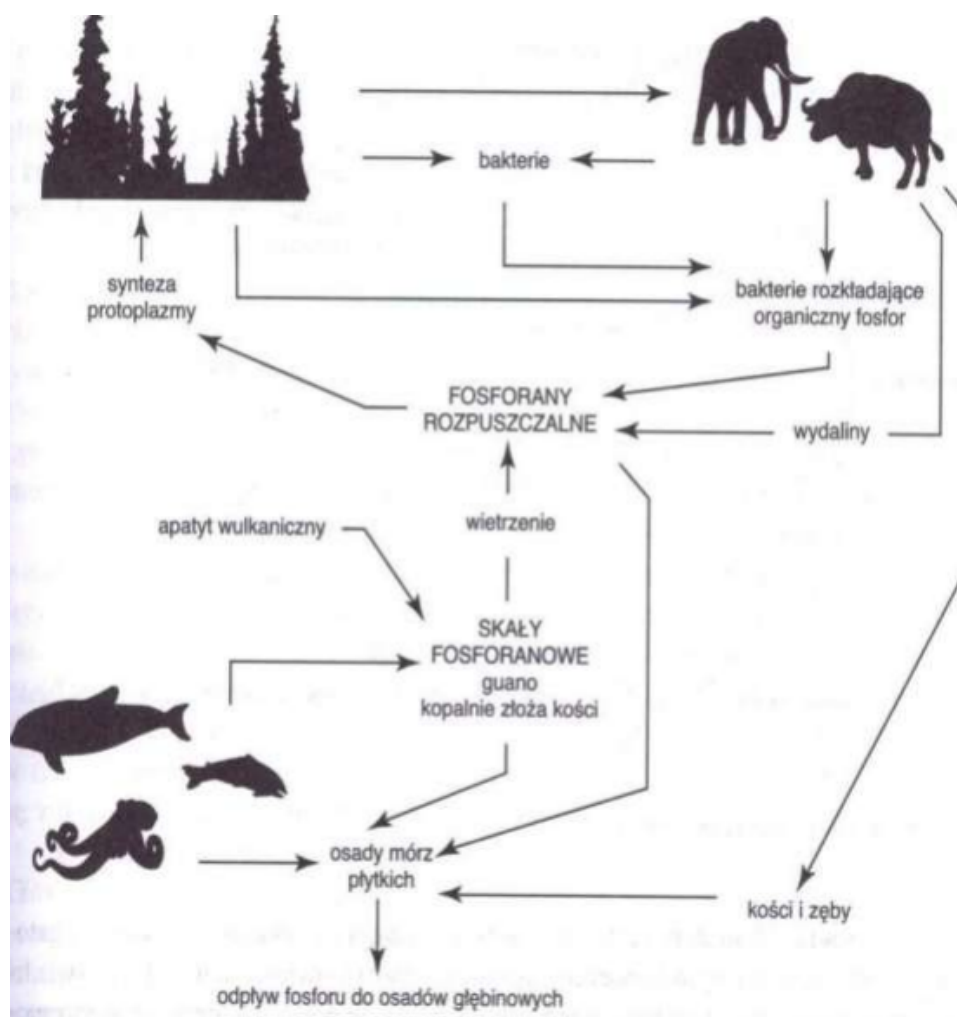
Fosfor stanowi również naturalny składnik wód, a ilość i rodzaj różnych typów związków zależy od ich pochodzenia i przemian, którym ulegają. Może pochodzić z rozkładu substancji organicznych, nawozów oraz ścieków bytowo-gospodarczych i przemysłowych. Związki fosforu zawarte w wodzie i ściekach dzieli się na trzy główne grupy:

- **ortofosforany**
- **polifosforany**
- **fosfor organicznie związany.**

**Fosfor ogólny** jest sumą trzech wymienionych form fosforu. **Związki organiczne fosforu** (fosfor organicznie związany) to przede wszystkim: **fityna** (2 - 50% P-org.), **fosfolipidy** (1 - 5% P-org.) oraz **kwasy nukleinowe** (0,2 - 2,5% P-org.). Formy organiczne fosforu stanowią od 15% do 80% całkowitej zawartości tego pierwiastka w glebie. Zawartość fosforu organicznego zależy od rodzaju gleby i jej składu. Większe jego ilości występują w torfach i glebach leśnych, natomiast ogólna zawartość fosforu (P całkow.) w warstwie ornej większości wynosi 0,03 - 0,15%.

W wyniku procesów takich jak hydroliza czy dysocjacja polifosforanów i kwasu fosforowego (V) fosfor w związkach mineralnych może występować w postaci jonów i kompleksów, np.  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{FeHPO}_4$ ,  $\text{CaHPO}_4$ ,  $\text{MgHPO}_4$ ,  $(\text{CaP}_2\text{O}_7)^{2-}$ ,  $(\text{CaHP}_2\text{O}_7)^-$ ,  $(\text{MnP}_2\text{O}_7)^{2-}$ ,  $(\text{CaP}_3\text{O}_{10})^{3-}$ ,  $(\text{MgP}_3\text{O}_{10})^{3-}$ ,  $(\text{CaP}_3\text{O}_9)^-$ . Występowanie form fosforu zależy od pH wody: w odczynie obojętnym dominują  $\text{HPO}_4^{2-}$  i  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  oraz  $\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7^{2-}$  i  $\text{HP}_2\text{O}_7^{3-}$ . Rośliny pobierają fosfor (fosfor aktywny) prawie wyłącznie w formie jonów  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  i  $\text{HPO}_4^{2-}$ , z wyraźną preferencją tych pierwszych. **Cykl**

biogeochemiczny fosforu nazywany jest obiegiem fosforu w przyrodzie (Rys. 1).



Rys. 1. Cykl obiegu fosforu w przyrodzie [4]

Podaje się, że 1 mg fosforu pozwala na wytworzenie od 50 do nawet 250 mg biomasy, dlatego też poziom zawartości fosforu w wodzie powinien być utrzymywany na odpowiednim poziomie. Stężenie fosforu może być obniżany, zarówno chemicznymi jak i biologicznymi metodami oczyszczania. Związki fosforu występujące w układach koloidalnych mogą być usuwane w procesie **koagulacji objętościowej**. Inną metodą usuwania fosforu jest **wytrącanie trudno rozpuszczalnych osadów fosforanów** z wykorzystaniem do tego celu m.in. jonów wapnia, glinu i żelaza (**fosfor zapasowy**). Dąży się do tego m.in. przez wytrącanie związków fosforu w postaci trudno rozpuszczalnych w wodzie osadów  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  czy  $\text{Al}^{3+}$ . Nieorganiczne formy fosforu zawarte w ściekach przekształcane są w trudno rozpuszczalne osady fosforanów metali, a jednocześnie w wyniku hydrolizy powstają wodorotlenki metali ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ), które wiążą strącone fosforany metali i inne substancje zawieszone w ściekach, w tym również fosfor związany organicznie.

Najczęściej stosowane do tego celu są:

- wapno w postaci CaO lub Ca(OH)<sub>2</sub> i Mg(OH)<sub>2</sub>,
- siarczan glinu,
- chlorek żelaza(III),
- siarczan żelaza(II).

#### **V. Oznaczanie przyswajalnych form fosforu w glebie**

Jedną ze stosowanych metod jest metoda chemiczna, która polega na wyekstrahowaniu składników przyswajalnych z gleby za pomocą **mleczanowego roztworu buforowego o pH 3,55**. Roztwór ten otrzymuje się przez rozpuszczenie mleczanu wapnia kwasem solnym. Jest dobrze zbuforowany w stosunku do jonów wodorowych i wapniowych, a więc obu czynników wpływających na rozpuszczalność fosforu w glebie. Obecność jonów wapnia ogranicza rozpuszczanie się związków próchnicznych, co zapewnia bezbarwność przesącza, a co jest niezbędne do oznaczeń kolorymetrycznych. Dostępne formy fosforu w glebie takie jak Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, CaHPO<sub>4</sub>, Mg(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, MgHPO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> i itp. rozpuszczają się w kwasie mlekowym, w wyniku czego powstaje kwas ortofosforowy oraz mleczany wapnia, magnezu, potasu i amonu. W roztworze ekstrakcyjnym mogą rozpuszczać się również organiczne związki fosforu. Kwas ortofosforowy, który przechodzi do roztworu ekstrakcyjnego ze związków mineralnych i organicznych gleb, oznacza się kolorymetrycznie.

#### **VI. Zasada spektrofotometrycznego oznaczenia jonów fosforanowych metodą błękitu fosforomolibdenowego**

Jony ortofosforanowe tworzą z molibdenianem amonu (w kwaśnym środowisku) **kwas molibdenofosforanowy** H<sub>3</sub>[P(Mo<sub>3</sub>O<sub>10</sub>)<sub>4</sub>], który charakteryzuje się żółtym zabarwieniem. W wyniku redukcji tego kwasu powstaje błękit fosforomolibdenowy ((NH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>P(Mo<sub>3</sub>O<sub>7</sub>)<sub>4</sub>). Do reakcji redukcji stosuje się hydrazynę, kwas askorbinowy, chlorek cyny(II), siarczan(IV) lub inne reduktory. W oznaczaniu przeszkadza obecność związków organicznych, krzemionki w postaci jonowej w stężeniu powyżej 25 mg/dm<sup>3</sup>, arsenianów(V), dużych ilości chlorków, azotanów(III), jonów Fe(III) powyżej 1 mg/dm<sup>3</sup>, jonów Fe(II) powyżej 100 mg/dm<sup>3</sup>, mętność oraz wyraźna barwa roztworu. Wpływ krzemionki można wyeliminować np. przez rozcieńczenie próbki, a wpływ żelaza można zniwelować przez odpowiednie rozcieńczenie próbki lub dodanie roztworu wersenianu. Zmętnienie usuwa się przez odwirowanie lub przesączenie próbki. Związki organiczne, barwę w zależności od

rodzaju oznaczanych fosforanów, eliminuje się na drodze mineralizacji próbki lub przez stosowne rozcieńczenie.

## 2. WYKONANIE ĆWICZENIA

### 2.1. Oznaczanie fosforu metodą błękitu fosfomolibdenowego

#### 2.1.1. Sporządzić krzywą wzorcową (każda podgrupa przygotowuje krzywą samodzielnie).

W tym celu:

1. Przygotować 200 ml **roztworu roboczego** o stężeniu  $2,5 \times 10^{-3}$  mg P/ml przez rozcieńczenie **roztworu podstawowego**
2. Do 7 kolbek miarowych o pojemności 50 ml wprowadzić odpowiednio 0,0 (ślepa próba) 0,5; 1,5; 2,5; 3,5; 5,0 i 10 ml roztworu roboczego i uzupełnić wodą do kreski.
3. Do każdej kolbki dodać 1 ml roztworu molibdenianu (V) amonu oraz ok. 2 krople roztworu chlorku cyny (II).
4. Po upływie 12 minut zmierzyć absorbancję roztworów roboczych przy długości fali  $\lambda = 690$  nm, wobec ślepej próby jako odnośnika (tzw. blank).
5. Sporządzić krzywą wzorcową.

Lp.	Objętość wody [ml]	Objętość roztworu roboczego [ml]	Stężenie fosforanów [mg/ml] (x)	Absorbancja (y)
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				

6. Wyznaczyć równanie krzywej

$$y = ax + b$$

gdzie: y – absorbancja (A), x – stężenie fosforanów

#### 2.1.2. Oznaczenie fosforu w badanej próbce



1. Do kolbki miarowej o pojemności 50 ml wprowadzić 0,5 ml badanego roztworu (doświadczenie 2.2 i 2.3) i uzupełnić wodą destylowaną do kreski.
2. Następnie dodać 1 ml molibdenianu (V) amonu oraz ok. 2 krople chlorku cyny (II).
3. Po 12 minutach zmierzyć absorbancję barwnego roztworu przy długości fali  $\lambda = 690$  nm, stosując roztwór ślepej próby jako odnośnik.
4. Obliczyć stężenie fosforu w próbce z wykorzystaniem wcześniej sporządzonej krzywej kalibracyjnej.

Zestaw szkła, sprzętu laboratoryjnego i odczynniki:

- kolba miarowa o poj. 200 ml - 1 szt.
- kolby miarowe o poj. 50 ml - 7 szt.
- pipety miarowe o poj. 1 i 10 ml – 1 szt.
- gruszki do pipet
- spektrofotometr
- roztwór molibdenianu (VI) amonu;
  1. rozpuścić 25 g molibdenianu (VI) amonu w 175 ml wody destylowanej (roztwór 1),
  2. w kolbie miarowej o poj. 1 l: do 400 ml wody destylowanej dodać ostrożnie 280 ml stężonego  $H_2SO_4$ . Ostudzić, dodać roztwór 1 i uzupełnić wodą destylowaną do kreski
- roztwór chlorku cyny (II); 2,5 g  $SnCl_2 \times 2H_2O$  rozpuścić w 100 ml gliceryny, ogrzewać roztwór w łaźni wodnej mieszając szklaną bagietką by przyspieszyć rozpuszczanie
- **roztwór podstawowy fosforu (V)** o stęż. 1 mg P/ml; rozpuścić w wodzie destylowanej 0,4422 g wodorofosforanu (V) amonu, uprzednio wysuszonego do stałej masy w temp. 110 °C, dodać 0,5 ml chloroformu w celu utrwalenia i rozcieńczyć roztwór wodą destylowaną w kolbie miarowej do obj. 100 ml.

## **2.2. Usuwanie fosforanów z wody metodą wytrącania**

1. Naważyc 11,3 mg wodorofosforanu (V) amonu i rozpuścić w 100 ml wody destylowanej tak, aby otrzymać roztwór o stężeniu 0,85 mM.
2. Do trzech plastikowych probówek wirówkowych z korkiem (a, b i c) dodać odpowiednio po 0,5 g następujących soli:
  - a.  $AlCl_3 \times 6H_2O$ ,
  - b.  $FeCl_3 \times 6H_2O$ ,
  - c.  $CaCO_3$ .
3. Następnie do 4 plastikowych probówek z korkiem (0, a, b, c) wprowadzić po 10,0 ml roztworu wodorofosforanu (V) amonu.
4. Otrzymane mieszaniny wytrząsać przez 20 min, po czym wstawić do wirówki i wirować 10

min przy szybkości 5000 obr./min.

5. W roztworze wodorofosforanu (V) amonu bez koagulantu (próbówka '0') oraz w roztworach otrzymanych po odwirowaniu osadów (a, b, c) oznaczyć zawartość fosforanów stosując metodę błękitu fosfomolibdenowego opisaną w punkcie 2.1.
6. Pomiar absorbancji wykonać 3 razy dla każdego roztworu.
7. Określić (w %) efektywność zastosowania badanych soli do usuwania jonów fosforanowych z roztworów.

Zestaw szkła, sprzętu laboratoryjnego i odczynniki:

- kolba miarowa o poj. 100 ml – 1 szt.
- plastikowe próbki wirówkowe z korkiem o poj. 10 ml (4 szt.)
- pipety miarowe 1 i 10 ml – 1 szt.
- gruszka do pipet
- spektrofotometr
- wirówka
- metalowe łyżki - 3 szt.
- wodorofosforan(V) amonu  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$
- chlorek glinu  $\text{AlCl}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$
- chlorek żelaza  $\text{FeCl}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$
- węgiel wapnia  $\text{CaCO}_3$

### 2.3. Badanie wpływu pH na proces wypłukiwania fosforanów z gleby

1. Odważyć 0,5g  $\text{CaHPO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$ , przenieść do moździerza i rozetrzeć.
2. Do zlewki odważyć 20 g gleby, dodać rozarty  $\text{CaHPO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$  i dokładnie wymieszać.
3. Przygotować w zlewkach wodę destylowaną o pH 10, 7 i 3 (po 100 ml), dodając kroplami odpowiednio roztworu 0,1 M HCl lub 0,1 M NaOH kontrolując odczyn za pomocą pehametru.
4. Do trzech kolb stożkowych z doszlifowanym korkiem odważyć po 5 g badanej mieszaniny i dodać do każdej po 100 ml wody destylowanej o pH odpowiednio 10, 7 i 3.
5. Mieszaniny wytrząsać przez 15 minut, po czym przesączyć przez sączonek bibułowy. Z otrzymanych roztworów pobrać próbki o objętości 0,5 ml i oznaczyć w nich fosfor metodą błękitu fosfomolibdenowego opisaną w punkcie 2.1.

Zestaw szkła, sprzętu laboratoryjnego i odczynniki:

- moździerz – 3 szt.
- zlewki do odważenia torfu – 3 szt.

- zlewka o poj. 100 ml - 3 szt.
- kolby stożkowe o poj. 100 ml ze szlifem i korkiem – 3 szt.
- lejek – 3 szt.
- sączonek – 3 szt.
- cylinder miarowy o poj. 100 ml – 3 szt
- pipety Pasteura (2 szt.)
- smoczki do pipet Pasteura
- gruszka do pipet
- metalowe łyżki
- pH- metr
- wodorofosforan wapnia  $\text{CaHPO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$
- roztwór HCl (0.1 M) (100 ml)
- roztwór NaOH (0.1 M) (100 ml)
- suchy torf

Część eksperymentalną opracowano na podstawie skryptu Wachowski L., Kirszensztejn P. „Ćwiczenia z Podstaw Chemii Środowiska” pozycja 5 spisu literatury

### **3. SPRAWOZDANIE**

**1. Cel ćwiczenia** – opisanie głównego celu ćwiczenia i celów pobocznych (jeżeli występują)

**2. Część metodyczna** w formie mieszczącego się na jednej stronie schematu przedstawiającego najważniejsze etapy wykonanego eksperymentu umożliwiające powtórzenie doświadczenia.

**3. Wyniki/ opracowanie wyników** - zebranie i zamieszczenie wszystkich uzyskanych na ćwiczeniu wyników i wykonywanych obliczeń\*

**4. Dyskusja i podsumowanie** - odwołanie do celu ćwiczenia; podsumowanie ćwiczenia; interpretacja uzyskanych wyników doświadczeń w oparciu o posiadaną wiedzę; w razie potrzeby odwołanie się do danych literaturowych.

### **5. Spis wykorzystanej literatury**

#### WYMAGANIA OGÓLNE:

- tekst powinien być wyjustowany
- strony należy ponumerować
- wszystkie rysunki i tabele powinny zostać podpisane (tabele podpisujemy „nad tabelą”, rysunki „pod rysunkiem”) i powinny występować nawiązania do nich w tekście.
- \*zamieścić obliczenia niezbędne do wykonania doświadczenia i opracowania wyników;

w sytuacji, gdy wykonuje się kilka obliczeń wg tego samego schematu zamieścić jedno przykładowe obliczenie

- stosować jednostki wszędzie, gdzie jest to wymagane
- sprawozdanie należy oddać w ustalonym terminie.

#### **4. LITERATURA**

1. B. Dobrzański, S. Zawadzki; *Gleboznawstwo*, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne media/justyna-kapelewska-52/instrukcje\_chemia-ekologiczna.pdf
2. Instytut Chemii Uniwersytetu Białostockiego [dostęp: 07.11.2016] <https://chemia.biol-chem.uwb.edu.pl/zaklady/>
3. W. Łoginow, W. Cwojdziński, J. Andrzejewski, *Chemia rolna – przewodnik do ćwiczeń dla studentów wydziału rolniczego i zootechnicznego*, Akademia Techniczno-Rolnicza im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, Bydgoszcz 1996
4. Rysunek 1<sup>a</sup>: Bydgoska Szkoła Wyższa, Wykład dr Tomasza Kruszyńskiego (online) [dostęp: 07.11.2016] [http://kruszynski.bsw.edu.pl/Ekologia/Ekologia%203\\_11.pdf](http://kruszynski.bsw.edu.pl/Ekologia/Ekologia%203_11.pdf)
5. L. Wachowski, P. Kirszensztejn; *Ćwiczenia z Podstaw Chemii Środowiska*, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Poznań 1999