

ĆWICZENIE 1 - METODY OTRZYMYWANIA I OCZYSZCZANIA UKŁADÓW KOLOIDALNYCH

CEL ĆWICZENIA

- Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z podstawowymi metodami otrzymywania i oczyszczania układów koloidalnych.

ZAGADNIENIA

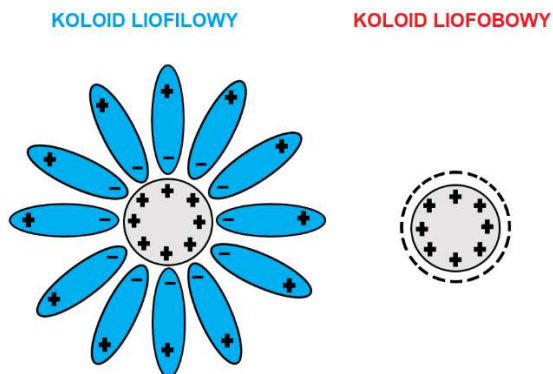
- Metody otrzymywania koloidów liofilowych i liofobowych.
- Metody dyspersyjne: mechaniczna, elektryczna (łuk Bredig's), ultradźwiękowa (akustyczna) oraz peptyzacyjna.
- Metody kondensacyjne: fizyczne i chemiczne.
- Metody oczyszczania koloidów: dializa, elektrodializa, ultrafiltracja, wymiana jonowa na jonitach, ultrawirowanie.

CZĘŚĆ TEORETYCZNA

Układy koloidalne można podzielić w oparciu o różnorodne kryteria. Jednym z nich jest zdolność łączenia się fazy rozproszonej z cząsteczkami ośrodka dyspersyjnego. W oparciu o to kryterium można wyróżnić koloidy liofilowe i liofobowe (Rys. 1). **Koloidy liofilowe** to koloidy, w których cząstki rozproszone wykazują duże powinowactwo do fazy rozpraszającej oraz ulegają solwatacji¹. Na ich powierzchni tworzą się otoczki z cząsteczek fazy rozpraszającej, które przeciwdziałają zlepianiu się cząstek przy zderzeniach. Tym samym koloidy liofilowe wykazują mniejszą wrażliwość na działanie czynników koagulujących. Do tego typu układów należą np.: białka, żelatyna oraz farby na bazie węgla. Drugą grupę koloidów stanowią **koloidy liofobowe**. To koloidy, w których cząstki rozproszone wykazują małe powinowactwo do fazy rozpraszającej i nie ulegają zjawisku solwatacji. Czynnikiem stabilizującym ten typ koloidów jest ładunek elektryczny występujący na granicy faz. W związku z tym koloidy te są bardzo wrażliwe na obecność w układzie elektrolitu, który często, nawet przy niskim stężeniu, powoduje wydzielanie się cząstek koloidalnych z ośrodka

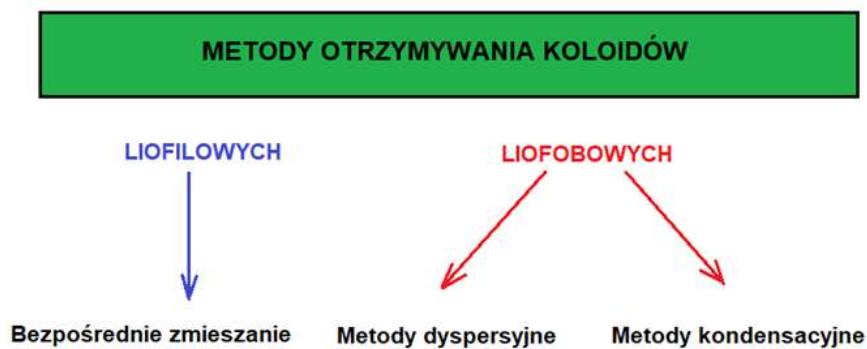
¹ **Solvatacja** – proces otaczania cząsteczek rozpuszczonego związku chemicznego/cząstek fazy rozproszonej przez cząsteczki rozpuszczalnika/fazy rozpraszającej. Proces ten spowodowany jest głównie działaniem sił van der Waalsa. W przypadku gdy rozpuszczalnikiem w układzie jest woda, proces solwatacji nosi nazwę hydratacji.

dyspersyjnego (tj. koagulację). Do koloidów liofobowych należą np.: zole metali oraz soli metalicznych.

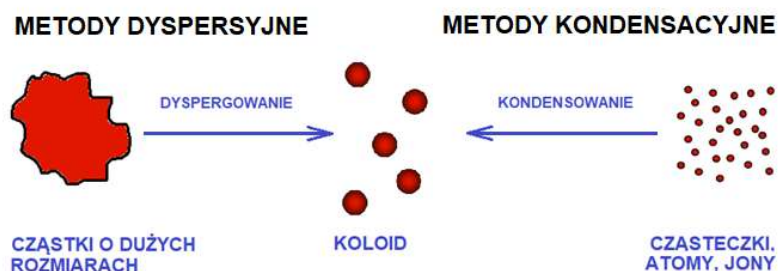


Rys. 1. Typy koloidów ze względu na zdolność łączenia się fazy rozproszonej z cząsteczkami ośrodka dyspersyjnego.

Sposób otrzymywania koloidów zależy od ich rodzaju. Koloidy liofilowe tworzy się poprzez bezpośrednie zmieszanie fazy zdyspergowanej i ośrodka dyspersyjnego (np. wody), natomiast przygotowanie koloidów liofobowych wymaga użycia specjalnych metod (Rys. 2). Metody stosowane w celu uzyskania koloidów liofobowych dzielą się na **dyspersyjne i kondensacyjne** (Rys. 3).



Rys. 2. Metody otrzymywania układów koloidalnych.



Rys. 3. Porównanie metod otrzymywania koloidów liofobowych.

Metody dyspersyjne polegają na rozdrabnianiu cząstek o większych rozmiarach do momentu uzyskania cząstek o rozmiarach koloidalnych (1-100 nm) w obecności ośrodka dyspersyjnego. W procesie rozdrobnienia duże cząstki ciała stałego poddaje np. kruszeniu, a krople cieczy rozerwaniu. Do najważniejszych metod dyspersyjnych należą:

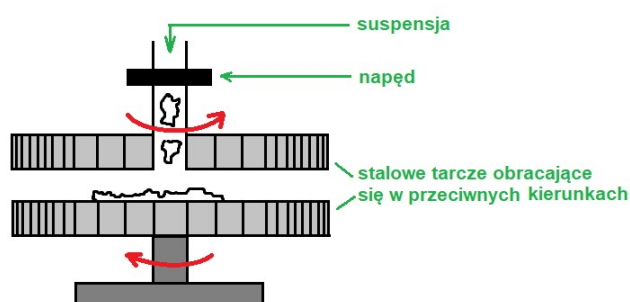
- mechaniczna,
- elektryczna (łuk Bredig's),
- ultradźwiękowa (akustyczna),
- peptyzacyjna.

Metoda mechaniczna

W metodzie mechanicznej stosuje się urządzenia rozdrabniające, takie jak np. młyny i homogenizery działające na zasadzie tarcia, rozbijania, zgniatania, uderzenia lub ścinania (Tab. 1). Jednym z najczęściej wykorzystywanych w tej metodzie urządzeń jest tzw. młyn koloidalny. Składa się on z dwóch stalowych tarcz umieszczonych od siebie w niewielkiej odległości i układu napędowego (Rys. 4). Substancja, której koloid ma zostać otrzymany jest drobno mielona, a następnie mieszana z fazą rozpraszającą. Tak uzyskana suspensja podawana jest pomiędzy tarcze młyna koloidalnego, które obracając się z dużą prędkością w przeciwnych kierunkach ucierają suspensję do rozmiarów koloidalnych. Dla zwiększenia efektywności rozdrabniania do układów dodaje się zwykle surfaktanty, które wspomagają proces ucierania (stabilizują nową fazę, zwilżają nowopowstałe cząstki oraz obniżając lepkość zapobiegają ich agregacji). Przykładami koloidów otrzymywanych przemysłowo metodą dyspersyjną są np.: musztarda, majonez, maści i pigmenty.

Tab. 1. Przykłady urządzeń stosowanych w mechanicznej metodzie otrzymywania koloidów wraz z zasadami ich pracy.

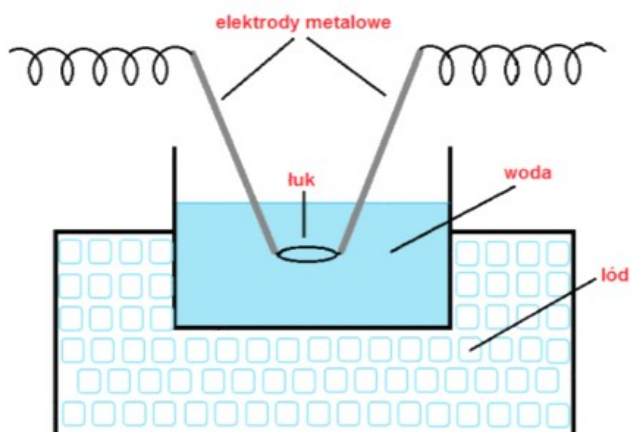
| | Młynek tnący | Młynek móżdziejowy | Młynek wibracyjny | Młynek planetarny |
|-----------------------|--------------|---------------------|--------------------|-------------------|
| Zasada pracy | ściananie | tarcie | uderzenie | uderzenie |
| Końcowe rozdrobnienie | 0,25-6 mm | 10-20 μm | 5-10 μm | <1 μm |



Rys. 4. Budowa młyna koloidalnego.

Metoda elektryczna (łuk Bredig's)

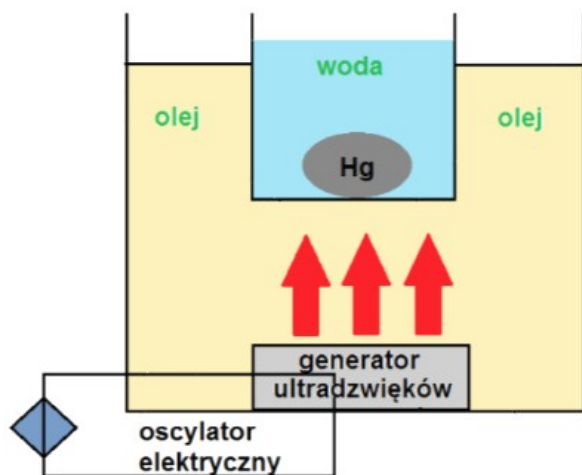
Metoda ta służy do między innymi do otrzymywania np. zoli metali oraz koloidalnego grafitu. Proces ten przeprowadza się w łuku elektrycznym. Elementami układu są łuk elektryczny oraz elektrody w postaci drutów wykonane z metalu, który ma zostać rozdrobniony do stanu koloidalnego (Rys. 5). Elektrody, połączone ze źródłem napięcia, są zanurzone w ośrodku dyspersyjnym. Ośrodek ten zawierający śladowe ilości związków zasadowych jest umieszczony w naczyniu z lodem. Pod wpływem wysokiego napięcia metal, z którego wykonane są elektrody ulega parowaniu, a następnie, w wyniku gwałtownej zmiany temperatury (układ jest umieszczony w lodzie), skrapla się w ośrodku dyspersyjnym tworząc układ koloidalny.



Rys. 5. Schemat aparatury używanej w metodzie Bredig's.

Metoda ultradźwiękowa (akustyczna)

Metoda ta stosowana jest najczęściej do otrzymywania koloidalnych roztworów rtęci, ale także używa się jej do pozyskiwania zoli barwników, krochmalu i gipsu. Metoda akustyczna polega na działaniu na układ ultradźwiękami (drgania akustyczne o częstotliwości rzędu 20 000 Hz). Fala ultradźwiękowa wytwarzana w generatorze kwarcowym rozchodzi się w oleju stanowiącym medium i uderza w zlewkę zawierającą rtęć w wodzie (Rys. 6). Energia fali ultradźwiękowej jest przekazywana atomom rtęci. Wówczas rtęć ulega parowaniu, a jej opary rozpraszają się w wodzie tworząc roztwór koloidalny.

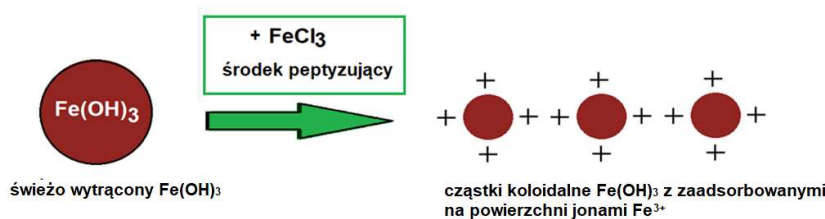


Rys. 6. Schemat budowy układu ultradźwiękowego.

Metoda peptyzacyjna

Peptyzację można zdefiniować jako proces przekształcania osadu w formę koloidalną przez wytrząsanie go z ośrodkiem dyspersyjnym w obecności niewielkiej ilości elektrolitu.

Elektrolit ten nazywany jest środkiem peptyzującym lub dyspergującym. Metodę peptyzacyjną stosuje się na ogół do przekształcania świeżo otrzymanego osadu w układ koloidalny, korzystając z faktu, że osady są skupiskami cząstek o wielkości koloidalnej utrzymywanymi jedynie przez słabe siły. Na przykład, jeśli do świeżo przygotowanego osadu wodorotlenku żelaza(III) doda się niewielką ilość roztworu FeCl_3 (elektrolit, środek peptyzujący), to powstanie czerwono-brązowy koloidalny roztwór Fe(OH)_3 . Działanie peptyzujące wynika z preferencyjnej adsorpcji jednego z jonów elektrolitu (np. Fe^{3+}), który następnie nadaje cząstkom koloidalnym ładunek. Pojawienie się na ich powierzchni dodatkowego ładunku powoduje, że jednoimiennie naładowane cząstki odpychają się, a to z kolei prowadzi do uzyskania układu koloidalnego.



Rys. 7. Schemat otrzymywania koloidalnego Fe(OH)_3 metodą peptyzacyjną.

Metody kondensacyjne polegają na łączeniu pojedynczych cząsteczek chemicznych za pomocą wiązań (jonowych, kowalencyjnych, metalicznych) lub dzięki siłom międzycząsteczkowym aż do momentu osiągnięcia rozmiarów koloidalnych. Stosowane warunki procesu (np. temperatura, stężenie odczynników itp.) pozwalają na utworzenie cząstek koloidalnych o pożądanych rozmiarach. Do tego celu wykorzystuje się zarówno procesy fizyczne jak i reakcje chemiczne.

Fizyczne metody kondensacyjne

- **otrzymywanie agregatów zbudowanych z amfifilowych molekuł w procesie asocjacji ich monomerów po przekroczeniu CMC^2** – molekuly w agregatach asocjacyjnych zachowują swoje indywidualne właściwości chemiczne, a stabilizację zapewniają im siły międzycząsteczkowe (*typowy przykład otrzymywania koloidu asocjacyjnego*),
- **zmniejszenie rozpuszczalności substancji poprzez zmianę rozpuszczalnika** – np. otrzymywanie koloidalnego roztworu siarki. Siarka bardzo słabo rozpuszcza się

² **CMC** – krytyczne stężenie micelizacji, najniższe stężenie substancji amfifilowej, przy którym jej monomery tworzą w roztworze micelle.

w wodzie, ale dobrze rozpuszcza się w alkoholu. Wprowadzając kroplami nasycony alkoholowy roztwór siarki do wody można uzyskać stan koloidalnego rozproszenia siarki w wodzie,

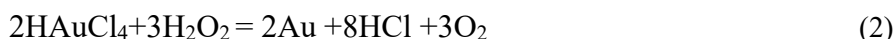
- **przepuszczanie par pierwiastków przez ciecz** – gdy pary pierwiastka są przepuszczane przez ciecz zachodzi skraplanie (kondensacja) prowadzące do otrzymania roztworu koloidalnego. Koloidalny roztwór rtęci można otrzymać przez przepuszczenie par rtęci przez zimną wodę zawierającą odpowiednie środki stabilizujące, takie jak np. sole amonowe lub cytryniany,
- **intensywne ochładzanie/wymrażanie** – koloidalny roztwór lodu w rozpuszczalniku organicznym, takim jak chloroform lub eter, można otrzymać przez zamrożenie roztworu wody w rozpuszczalniku organicznym. Cząsteczki wody, które nie mają powinowactwa do rozpuszczalnika organicznego, łączą się ze sobą tworząc układ koloidalny.

Chemiczne metody kondensacyjne

- polimeryzacja np. polimeryzacja metanal do polioksymetylenu, (*typowy przykład otrzymywania koloidu cząsteczkowego*):



- redukcja roztworów zawierających związki metali szlachetnych np.: hydrozole złota, srebra i platyny (*typowy przykład otrzymywania koloidu fazowego*):



- utlenianie np. siarkowodoru z tlenkiem siarki(IV) do siarki koloidalnej:



- wymiana jonowa np. otrzymywanie hydrozolu jodku srebra:



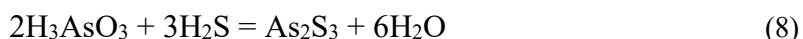
- hydroliza np. otrzymywanie zoli tlenków metali:



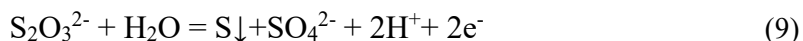
- dysocjacja np. dysocjacja termiczna tetrykarbonylu niklu w benzenie prowadząca do otrzymywania zolu niklu w benzenie:



- metoda podwójnej dekompozycji np. otrzymywanie zolu siarczku arsenu w reakcji siarkowodoru z kwasem arsenowym(III):



- strącanie np. otrzymywanie koloidalnej siarki i zoli tlenków żelaza:



Metody oczyszczania koloidów

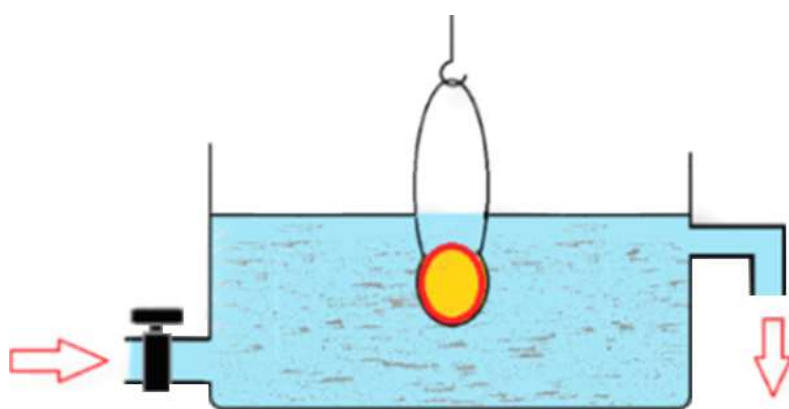
W procesie otrzymywania koloidów powstają układy zawierające znaczną ilość zanieczyszczeń, które mogą źle wpływać na stabilność układu. Wśród niepożądanych substancji na szczególną uwagę zasługują elektrolity, których stężenie w układzie koloidalnym musi być optymalne, tzn. ani nie za wysokie, ani nie za niskie. Zbyt wysokie stężenie elektrolitu w ośrodku dyspersyjnym powoduje ekranowanie ładunku elektrycznego, a to z kolei powoduje spadek odpychania elektrostatycznego między cząstkami koloidalnymi i prowadzi do ich agregacji. Z drugiej strony zbyt niskie stężenie elektrolitu także może prowadzić do obniżenia trwałości układu ze względu na peptyzujące (stabilizujące) działanie jonów elektrolitu. W związku z tym konieczne jest oczyszczanie układu zdyspergowanego, tak aby ilość elektrolitu w układzie była odpowiednia. W procesie oczyszczania układów koloidalnych najczęściej stosuje się następujące metody:

- dializa,
- elektrodializa,
- ultrafiltracja,
- wymiana jonowa na jonitach,
- ultrawirowanie.

Metoda dializy

Dializa to metoda oczyszczania koloidów poprzez wybiórcze wymywanie zanieczyszczeń np. jonów elektrolitów lub cząsteczek. W tej metodzie stosuje się błony półprzepuszczalne (membrany), przez które przechodzą zanieczyszczenia, a które z kolei są nieprzepuszczalne dla cząstek o rozdrobnieniu koloidalnym. Metoda ta polega na tym, że do naczynia z czystym rozpuszczalnikiem wprowadza się zanieczyszczony zol koloidalny umieszczony w worku

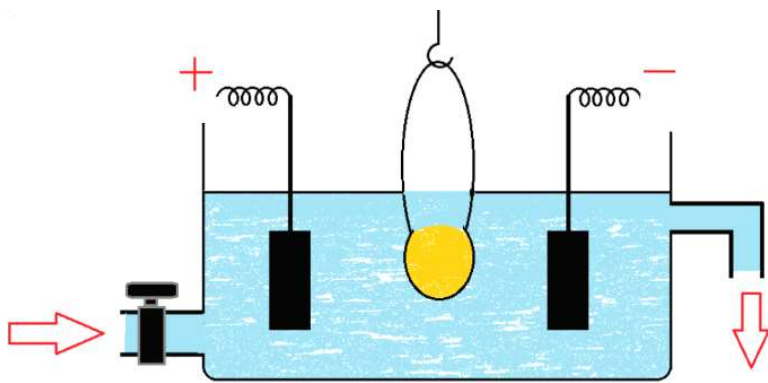
dializacyjnym wykonanym z błony półprzepuszczalnej. Substancje o rozdrobnieniu cząsteczkowym (elektrolity) przechodzą swobodnie przez membranę (błonę) do zewnętrznej cieczy i mogą być w ten sposób usunięte z koloidu, zwłaszcza gdy ciecz zewnętrzna będzie wymieniana w sposób ciągły. Ponieważ cząstki koloidów są znacznie większe nie mogą przenikać przez błonę i pozostają wewnątrz worka dializacyjnego. Proces przechodzenia cząsteczek odbywa się do momentu wyrównania się ich stężeń po obu stronach membrany, więc aby dializa zachodziła efektywnie należy wymieniać rozpuszczalnik zewnętrzny. Praktycznym przykładem dializy jest oczyszczanie krwi ze szkodliwych produktów przemiany materii, takich jak np. mocznik, u pacjentów ze schyłkową niewydolnością nerek.



Rys. 8. Schemat aparatury służącej do oczyszczania koloidów metodą dializy.

Elektrodializa

Dializa jest procesem powolnym, aby go przyspieszyć można zastosować tzw. elektrodializę. Proces ten przeprowadza się w polu elektrycznym. Jony elektrolitu są usuwane przez półprzepuszczalne membrany jonowymienne, ale siłą napędową procesu jest przyłożone napięcie elektryczne. Kationy i aniony elektrolitu są przyciągane do przeciwnie naładowanych elektrod. Ograniczeniem tej metody jest to, że nie sprawdza się ona w oczyszczaniu układów koloidalnych, których zanieczyszczenia nie są elektrolitami i nie ulegają dysocjacji np. cukier lub mocznik.



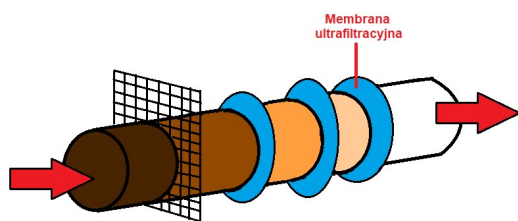
Rys. 9. Schemat aparatury służącej do oczyszczania koloidów metodą elektrodializy.

Ultrafiltracja

Pory zwykłej bibuły filtracyjnej są wystarczająco duże, aby umożliwić przejście zarówno zanieczyszczeń, jak i cząstek koloidalnych. Z tego względu zwykła bibuła filtracyjna nie nadaje się do oczyszczania koloidów. Jeśli jednak rozmiar porów bibuły filtracyjnej zostanie zmniejszony, można z powodzeniem używać jej do tego celu. Osiąga się to poprzez potraktowanie zwykłej bibuły filtracyjnej kolodionem³ lub żelatyną, a następnie utwardzenie jej poprzez zanurzenie w roztworze formaldehydu. Otrzymane w ten sposób bibuły filtracyjne nazywane są ultrafiltrami. Pory ich membran zatrzymują cząstki o wielkości w zakresie 0,001 – 0,1 μm . Proces oczyszczania koloidów za pomocą tak przygotowanej bibuły nosi nazwę ultrafiltracji (filtracji molekularnej).

W procesie ultrafiltracji ultrafiltr jest osadzony na drucianej siatce, na którą wylewa się zanieczyszczony zol. Cząsteczki zanieczyszczeń (elektrolity) przechodzą przez ultrafiltr, podczas gdy cząstki koloidalne są na nim zatrzymywane. Proces jest bardzo powolny. Można go jednak przyspieszyć, stosując ciśnienie po stronie zolu lub stosując pompę ssącą po stronie filtratu. Podczas sterowanego ciśnieniowo procesu dochodzi do przesiewania cząstek o określonych rozmiarach, w zależności od wielkości porów zastosowanej membrany. Dzięki temu można łatwo usunąć zanieczyszczenia o różnej wielkości, a nawet oddzielić od siebie cząstki koloidalne o różnej wielkości. Wadą tej metody jest konieczność stosowania wysokich ciśnień. Oprócz oczyszczania koloidów ultrafiltracja jest także używana do oczyszczania wody pitnej.

³ **Kolodion** – roztwory nitrocelulozy o stężeniu 4–10% w rozpuszczalnikach organicznych, np. w mieszaninie eteru etylowego (50–75%) z etanolem (20–70%) lub acetonu (ok. 90%) z izopropanolem (ok. 5%). Mogą zawierać dodatki, np. kamforę i olej rycynowy.



Rys. 10. Schemat aparatury służącej do oczyszczania koloidów metodą ultrafiltracji.

Wymiana jonowa

Jest to zjawisko wymiany ruchliwych jonów na inne jony tego samego znaku, zachodzące na jonicie. Jeżeli temu procesowi towarzyszą inne procesy np. adsorpcja, wówczas mówi się o sorpcji lub adsorpcji jonowymiennej. Wymiana jonowa należy do procesów równowagowych. Maksymalna liczba jonów, która może być związana przez wymiennicz jonowy, uwarunkowana jest jego pojemnością. Wielkość ta jest zazwyczaj wyrażana w milirównoważnikach [mval] jonów na jednostkę masy [g] lub objętości [dm³] suchego jonitu. Czas potrzebny do osiągnięcia równowagi jest uzależniony przede wszystkim od szybkości dyfuzji jonów na granicy faz. Kinetyka procesu zależna jest także od warunków prowadzenia procesu wymiany.

Ultrawierowanie

Metoda ta polega na oddzieleniu cząstek koloidalnych od zanieczyszczeń za pomocą siły odśrodkowej. Zanieczyszczony zol pobiera się do próbki i próbkę tę umieszcza w ultrawirówce. W następstwie ruchu obrotowego o dużej prędkości (kilkudziesięciu tysięcy obrotów na minutę) cząstki koloidalne osiadają na dnie próbki, a zanieczyszczenia pozostają w roztworze. Osad cząstek koloidalnych wyjmuje się z próbki i miesza z odpowiednim ośrodkiem dyspergującym. W ten sposób można otrzymać czysty zol.

APARATURA I ODCZYNNIKI

- mieszałko magnetyczne z funkcją grzania,
- worek dializacyjny,
- zatrzaski do worka dializacyjnego,
- statyw z łapą,
- korki,
- kolba stożkowa 100 cm³
- cylinder miarowy 100 cm³,

- probówka szklana -3 sztuki,
- zlewka 1000 cm³,
- zlewka 100 cm³ – 6 sztuk,
- zlewka 50 cm³ – 10 sztuk,
- zakraplacz plastikowy – 4 sztuki,
- 96% roztwór alkoholu etylowego,
- 0,2 g siarki sublimowanej,
- FeCl₃ o następujących stężeniach: 0,005 mol/dm³; 0,1 mol/dm³, 1 mol/dm³
- K₄[Fe(CN)₆] o następujących stężeniach: 0,005 mol/dm³; 0,1 mol/dm³
- 1 mol/dm³ roztwór NaNO₃,
- 1 mol/dm³ roztwór Na₂SO₄,
- 1 mol/dm³ roztwór Na₃(PO₄),
- 0,2% alkoholowy roztwór czerwieni metylowej,
- 1 mol/dm³ roztwór HCl.

WYKONANIE ĆWICZENIA

1. Otrzymywanie hydrozolu wodorotlenku żelaza(III)

Do kolby stożkowej (100 cm³) wlać 50 cm³ wody destylowanej odmierzonej cylindrem miarowym. Kolbę z wodą umieścić na mieszadle magnetycznym z grzaniem i ogrzewać aż do wrzenia. Następnie za pomocą zakraplacza powoli wkraplać do wrzątku około 20 kropeł roztwór chlorku żelaza(III) o stężeniu 1 mol/dm³. Uzyskany roztwór pozostawić na mieszadle z grzaniem około 2 minut, a następnie zdjąć z mieszadła i pozostawić do wystudzenia. Roztwór zachować do dalszych badań.

2. Otrzymywanie zolu siarki

Szczyptę siarki umieścić w zlewce (100 cm³) i zalać 50 cm³ wody destylowanej odmierzonej cylindrem. Zlewkę umieścić na mieszadle magnetycznym i mieszać przez około dwie minuty, po czym zestawić z mieszadła (układ 2a). Następnie przygotować dwie zlewki (100 cm³ i 50 cm³). Do większej wlać 50 cm³ wody destylowanej korzystając z cylindra miarowego, a do drugiej odpipetować 5 cm³ 96% alkoholu etylowego. Zlewkę z alkoholem delikatnie ogrzać korzystając z mieszadła magnetycznego z grzaniem. Do roztworu alkoholowego dodać szczyptę siarki, po czym całość wymieszać. Następnie alkoholowy roztwór siarki wprowadzić do zlewki z wodą destylowaną umieszczonej na mieszadle magnetycznym (układ 2b).

Obserwacje dotyczące różnic pomiędzy układami 2a i 2b zanotować w tabeli. Alkoholowy zol siarki zachować do dalszych badań.

| | układ 2a | układ 2b |
|------------|----------|----------|
| Obserwacje | | |

3. Oczyszczanie układów koloidalnych metodą dializy

Do zlewki o pojemności 100 cm³ wlać alkoholowy zol siarki, a następnie wkropić za pomocą zakraplacza 2-3 krople roztworu 0,2% alkoholowego roztworu czerwieni metylowej. Uzyskany roztwór zakwaszać kwasem solnym (1 mol/dm³) do momentu, w którym roztwór zmieni barwę z żółtej na różową (pH 4,5). Kwas solny będzie pełnił w układzie rolę zanieczyszczenia. Następnie roztwór przelać do woreczka dializacyjnego (tak aby maksymalnie wypełnić woreczek) i szczelnie zamknąć korkami od góry i od dołu. Woreczek z roztworem zanurzać całkowicie w dużej zlewce (1000 cm³) napełnionej wodą destylowaną do około 2/3 objętości. Zmierzyć przewodnictwo właściwe roztworu przed i po dializie. Prowadzić obserwacje zmiany zabarwienia alkoholowego zolu siarki.

4. Badanie wpływu stężenia substancji na dyspersję osadu w układzie koloidalnym

Do zlewki o pojemności 100 cm³ odpipetować 5 cm³ 0,005 mol/dm³ roztworu chlorku żelaza(III) oraz 5 cm³ 0,005 mol/dm³ roztworu żelazocyjanku potasu (K₄[Fe(CN)₆]), a następnie uzyskany roztwór rozcieńczyć 50 cm³ wody (układ 3a). Do następnej zlewki o pojemności 100 cm³ odpipetować 5 cm³ 0,1 mol/dm³ roztworu chlorku żelaza(III) i 5 cm³ 0,1 mol/dm³ roztworu żelazocyjanku potasowego K₄[Fe(CN)₆], a następnie uzyskany roztwór rozcieńczyć 50 cm³ wody i energicznie mieszać przez około 30 sekund (układ 3b). Do trzeciej zlewki o pojemności 100 cm³ odpipetować 5 cm³ nasyconego roztworu chlorku żelaza(III) i 10 cm³ nasyconego roztworu żelazocyjanku potasu K₄[Fe(CN)₆], a następnie uzyskany roztwór rozcieńczyć 45 cm³ wody i energicznie mieszać przez około 30 sekund (układ 3c).

Obserwacje dotyczące różnic pomiędzy układami 3a, 3b i 3c zanotować w tabeli.

| | układ 3a | układ 3b | układ 3c |
|------------|----------|----------|----------|
| Obserwacje | | | |

5. Reakcje strąceniowe z hydrozolem wodorotlenku żelaza(III)

Do trzech probówek umieszczonych w stojaku odpipetować po 2 cm³ hydrozolu wodorotlenku żelaza(III) otrzymanego w pierwszej części ćwiczenia. Korzystając z zakraplacza do pierwszej probówki dodać 10 kropli NaNO₃ o stężeniu 1 mol/dm³, do drugiej 10 kropli Na₂SO₄ o stężeniu 1 mol/dm³, a do trzeciej 10 kropli Na₃(PO₄) o stężeniu 1 mol/dm³. Porównać ilości wytworzonych osadów, a obserwacje wpisać do tabeli.

| | probówka 1 (NaNO ₃) | probówka 2 (Na ₂ SO ₄) | probówka 3 (Na ₃ PO ₄) |
|------------|------------------------------------|--|--|
| Obserwacje | | | |

OPRACOWANIE WYNIKÓW

W opracowaniu należy umieścić wszystkie sporządzone tabele. Na podstawie przeprowadzonych obserwacji pod każdą tabelą należy umieścić wnioski dotyczące zastępujących kwestii:

- efektywnych sposobów otrzymywania zolu siarki,
- wpływu stężenia substancji na dyspersję osadu w układzie koloidalnym,
- przyczyn występowania różnic w efektywności reakcje strąceniowych z hydrozolem wodorotlenku żelaza(III),

Należy także wyjaśnić co jest przyczyną zmiany przewodności właściwej wody umieszczonej w zlewce z workiem dializacyjnym i ewentualnej zmiany barwy układu.

LITERATURA

1. E.T. Dudkiewicz, Fizykochemia powierzchni, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1998.
2. A.K. Ghosh, Physical Chemistry, Surface Chemistry and Colloids, <http://124.124.221.9/bitstream/123456789/311/1/PDF%20corrected%20surface%20chemistry.pdf>
3. D.J. Shaw, Introduction to Colloid and Surface Chemistry, Butterworth-Heinemann, Oxford 1992.
4. D.H. Everett, Basic Principles of Colloid Science, Royal Society of Chemistry, London 1988.