

# BADANIE KOLOIDÓW

## Cel ćwiczenia

Poznanie właściwości i otrzymywanie roztworów koloidalnych.

## Zakres wymaganych wiadomości

1. Ruchy Browna.
2. Efekt Tyndala.
3. Sposoby otrzymywania roztworów koloidalnych.

## 12.1. Charakterystyka koloidów

Układem koloidalnym nazywa się układ wielofazowy (najczęściej dwufazowy), w którym w jednej zwartej fazie rozproszona jest jedna lub więcej innych faz. Właściwości układu koloidalnego zależą w głównej mierze od wielkości cząstek fazy rozproszonej oraz od ich natury fizykochemicznej. Za właściwe roztwory koloidalne przyjmuje się takie, w których wielkość cząstki koloidalnej mieści się w zakresie 1-500 nanometrów ( $\text{nm}=10^{-9} \text{ m}$ ).

Roztwory rzeczywiste zawierają w rozpuszczalniku cząsteczki o średnicy nie przekraczającej 1 nm, zaś zawiesiny lub suspensje zawierają cząsteczki o średnicy przekraczającej 500 nm.

W zależności od stanu skupienia fazy rozpraszającej i rozproszonej można wyróżnić szereg odmian układów koloidalnych. W tabeli przedstawiono przegląd typów układów koloidalnych.

Największe znaczenie mają układy koloidalne z ciekłą fazą rozpraszającą - zole. Gdy fazą rozpraszającą jest woda, mówimy o hydrozolah. Układy koloidalne z gazową fazą rozpraszającą nazywa się ogólnie gazozolami (gdy gazem jest powietrze -aerozolami). Często układy koloidalne mają konsystencję stałą lub galaretowatą, pomimo, że ich fazą rozpraszającą jest ciecz. Tego typu układy noszą nazwę żeli (w przypadku wody -hydrożeli).

W zależności od rodzaju fazy rozproszonej układy koloidalne podzielić można na fazowe i cząsteczkowe. W pierwszym przypadku fragmenty fazy rozproszonej składają się z dużej liczby połączonych ze sobą cząsteczek chemicznych (tzw. agregatów). W drugim przypadku cząsteczka koloidalna jest identyczna z cząsteczką chemiczną. Charakter koloidalny jest więc wynikiem budowy chemicznej, a nie agregacji. Innym ważnym podziałem układów koloidalnych jest podział na koloidy liofilowe i liofobowe (w przypadku, gdy ośrodkiem rozpraszającym jest woda, odpowiednio hydrofilowe i hydrofobowe).

Tablica 12.1

Faza rozpraszająca	Faza rozproszona	Nazwa	Przykłady
Gaz	ciecz	mgła	kondensująca para mgła atmosferyczna
	ciało stałe	gazole	dym, kurz
Ciecz	gaz	piany	piana mydlana
	ciecz	lizole, emulsje	mleko, żelatyna, białko
	ciało stałe	suspensje, zawiesiny	zole metali, tlenków, wodorotlenków
Ciało stałe	gaz	piany stałe	pumeks
	ciecz	piany stałe	kwarc mleczny
	ciało stałe	zole stałe	szkło rubinowe

Jeżeli cząsteczki fazy rozproszonej łączą się z cząsteczkami fazy rozpraszającej, mówimy o koloidzie liofilowym. Zjawisko łączenia się tych cząstek nazywa się solwatacją. Solwatacja stabilizuje cząstki fazy rozproszonej. Do koloidów liofilowych zalicza się między innymi białka i żelatynę.

W przeciwieństwie do liofilowych, koloidy liofobowe nie ulegają solwatacji. Należą do nich zole metali, soli, wodorotlenków metali.

## 12.2. Otrzymywanie i właściwości koloidów

Wśród metod otrzymywania koloidów wyróżnia się:

- metody dyspersyjne, polegające na rozdrabnianiu fazy rozproszonej do wymiarów właściwych układom koloidalnym,
- metody kondensacyjne, polegające na łączeniu cząsteczek lub jonów w cząstki koloidalne.

Do pierwszej z wymienionych metod zalicza się:

- rozdrabnianie mechaniczne w młynach koloidalnych,
- dyspersję za pomocą fal ultradźwiękowych lub łuku elektrycznego (metoda Brediga),
- peptyzację.

Peptyzacja, czyli przemiana żel-zol, polega na działaniu na świeżo strącony trudno rozpuszczalny osad roztworem odpowiedniego elektrolitu, który powoduje stopniowe rozdrabnianie osadu do stanu koloidalnego. Rozpraszające działanie elektrolitu jest związane z adsorbcją jonów elektrolitu na cząsteczkach fazy rozproszonej, co ułatwia przejście ich do układu koloidalnego. Peptyzacja dotyczy koloidów odwracalnych, np.:  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{SiO}_2$ .

Metody kondensacyjne są z reguły metodami chemicznymi, w których otrzymuje się:

- hydrozole wodorotlenków metali w procesie elektrolizy soli,
- zole metali szlachetnych na drodze redukcji ich soli aldehydem mrówkowym lub chlorkiem cynowym itp.

Także w procesach polimeryzacji i polikondensacji można otrzymać układy o rozdrobnieniu koloidalnym przez wprowadzenie roztworu substancji w rozpuszczalniku, w którym jest ona dobrze rozpuszczalna, do rozpuszczalnika, w którym się nie rozpuszcza. Koagulację, czyli proces przejścia zolu w żel można przeprowadzić następującymi metodami:

- ogrzanie lub oziębianie zolu,
- dodatek elektrolitu, tzw. wysalanie,
- działanie ultradźwiękami lub napięciem elektrycznym.

Charakterystyczną cechą układu koloidalnego jest bardzo duże rozwinięcie powierzchni fazy rozproszonej. Fakt ten powoduje, że substancje w stanie koloidalnym mają dużą zdolność adsorpcji. Adsorbują one między innymi jony elektrolitów z roztworu, uzyskując w ten sposób ładunek elektryczny. W zależności od tego, jakiego rodzaju jony są adsorbowane na powierzchni, cząstka koloidalna zostaje naładowana dodatnio lub ujemnie. Znak ładunku nie jest jednak cechą charakterystyczną określonej substancji w stanie koloidalnym, ponieważ w zależności od środowiska ten sam koloid może być naładowany dodatnio lub ujemnie. Z ładunkiem elektrycznym wiąże się micelarna struktura cząstek koloidalnych, a cząstka koloidalna z obydwoma otaczającymi ją powłokami nosi nazwę miceli koloidalnej.

W wyniku adsorpcji powstaje podwójna warstwa elektryczna złożona z powłoki wewnętrznej (adsorpcyjnej) i zewnętrznej (dyfuzyjnej), a między nimi skok potencjału, zwany potencjałem elektrokinetycznym.

Charakterystyczna budowa koloidów nadaje im specyficzne właściwości mechaniczne, optyczne i elektryczne.

Do właściwości mechanicznych należą dyfuzja (wolniejsza niż w roztworach właściwych) oraz ruchy Browna. Polegają one na nieustannym, chaotycznym ruchu drgającym cząstek rozproszonych.

Do właściwości optycznych należą:

- efekt Tyndala (uginanie się wiązki świetlnej na cząstkach rozproszonych dające smugę świetlną),
- absorpcję światła (silne absorbowanie światła przez cząstki rozproszone stanowi podstawę metody analitycznej w nefelometrii),
- barwa koloidów (zależy od wielkości i sposobu agregacji cząstek, a także od stopnia ich rozdrobnienia).

Właściwości elektryczne wynikają z micelarnej struktury koloidów i występowania potencjału elektrokinetycznego.

Znak ładunku cząstki koloidalnej oraz potencjał elektrokinetyczny można wyznaczyć doświadczalnie, ponieważ w polu elektrycznym dodatnie cząstki koloidalne wędrują do katody, ujemne zaś do anody. Zjawisko to nosi nazwę elektroforezy.

Naładowanie cząstek jednoimiennym ładunkiem przeciwdziała koagulacji, ponieważ następuje ich elektrostatyczne odpychanie. Koagulację można przyspieszyć poprzez ogrzewanie układu koloidalnego. Wskutek podwyższenia temperatury następuje bowiem zwiększenie energii zderzeń, co z kolei ułatwia pokonanie siły odpychania jednoimiennie naładowanych cząstek.

Koagulację można przeprowadzić także poprzez dodanie do roztworu koloidalnego elektrolitu.

W przypadku koloidów hydrofobowych koagulacyjne działanie elektrolitu jest tym większe, im wyższa jest wartościowość jonu elektrolitu o znaku przeciwnym w stosunku do cząstek koloidalnych. Koloidy hydrofilowe wskutek hydratacji są mniej wrażliwe na działanie elektrolitów. Ich koagulację przeprowadza się działając dużymi ilościami elektrolitów, które powodują najpierw odwodnienie, a następnie dopiero

rozładowanie cząstek koloidalnych. Stosuje się elektrolity, które łatwo się uwadniają, np.:  $MgSO_4$  lub  $Na_2SO_4$ . Proces ten nazywa się wysalaniem. Niektóre koloidy hydrofilowe, po uwolnieniu ich od elektrolitu powodującego koagulację, mogą ponownie ulegać rozdrobnieniu (peptyzacji) i przechodzić w stan zolu. Koloidy tego typu nazywa się odwracalnymi. Koloidy, których przeprowadzenie ze stanu skoagulowanego w stan zolu jest niemożliwe, noszą nazwę koloidów nieodwracalnych.

### 12.3. Punkt izoelektryczny białek

Białka są układami koloidalnymi posiadającymi w swej budowie grupy o charakterze zasadowym –  $NH_2$  i kwasowym -  $COOH$ . Przy pewnej wartości pH zwanej punktem izoelektrycznym stopień dysocjacji obu grup osiąga tę samą wartość, a cząstka białka staje się elektrycznie obojętna. W punkcie tym potencjał elektrokinetyczny osiąga wartość zerową, a zmiana kształtu makrocząsteczki białka sprzyja jej koagulacji, co wykorzystane jest praktycznie przy oczyszczaniu ścieków.

### 12.4. Przebieg ćwiczenia

#### 12.4.1. Otrzymywanie i koagulacja hydrozolu

W kolbie stożkowej o pojemności  $250\text{ cm}^3$  ogrzać do wrzenia ok.  $100\text{ cm}^3$  wody destylowanej. Do wrzącej wody wkraplać powoli 2% roztwór chlorku żelazowego  $FeCl_3$ . Z uzyskanego w eksperymencie hydrozolu wodorotlenku żelazowego w wyniku koagulacji wytrąca się brunatny osad wodorotlenku żelazowego  $Fe(OH)_3$ .

#### 12.4.2. Wpływ stężenia substancji na dyspersję osadu

Do zlewki o pojemności  $100\text{ cm}^3$  wlać po  $5\text{ cm}^3$   $0,005\text{ mol/dm}^3$  roztworu chlorku żelazowego  $FeCl_3$  i  $5\text{ cm}^3$   $0,005\text{ mol/dm}^3$  roztworu żelazocyjanku potasowego  $K_4[Fe(CN)_6]$ . Otrzymany roztwór rozcieńczyć  $50\text{ cm}^3$  wody. Otrzymujemy przezroczysty, koloidalny roztwór błękitu pruskiego.

Do następnej zlewki wlewamy  $5\text{ cm}^3$   $0,1\text{ mol/dm}^3$  roztworu chlorku żelazowego  $FeCl_3$  i  $5\text{ cm}^3$   $0,1\text{ mol/dm}^3$  roztworu żelazocyjanku potasowego  $K_4[Fe(CN)_6]$ . Otrzymany roztwór wstrząsamy, powstaje krystaliczny osad błękitu pruskiego.

Do trzeciej zlewki wprowadzamy  $5\text{ cm}^3$  nasyconego roztworu chlorku żelazowego  $FeCl_3$  i  $10\text{ cm}^3$  nasyconego roztworu żelazocyjanku potasowego  $K_4[Fe(CN)_6]$ . Powstaje galaretowaty, żelowaty osad.

#### 12.4.3. Wyznaczanie punktu izoelektrycznego kazeiny

Do 9 probówek wlać kolejno wodę destylowaną i kwas octowy  $CH_3COOH$  w ilościach podanych w tabeli 12.2., a następnie po  $1,5\text{ cm}^3$  roztworu kazeiny w  $0,1\text{ M}$   $CH_3COONa$ . Roztwory wymieszać i po 5 minutach obserwować zmętnienie lub kłaczkę kazeiny. Znając skład mieszaniny obliczyć pH odpowiadające punktowi izoelektrycznemu na podstawie wzoru:

$$pH = -\lg \cdot [H^+] = -\lg \frac{K_{kw} \cdot c_{kw}}{c_{soll}} \quad (12.1)$$

gdzie:

$$K_{kw} = 1,85 \cdot 10^{-5} \left[ \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \right]$$

$$c_{kw} - \text{stężenie } CH_3COOH \left[ \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \right]$$

$$c_{soll} - \text{stężenie } CH_3COONa \left[ \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \right]$$

Tablica 12.2

Nr próbki	1	2	3	4	5	6	7	8	9
H <sub>2</sub> O [cm <sup>3</sup> ]	8,4	7,8	8,8	8,5	8,0	7,0	5,0	1,0	7,4
CH <sub>3</sub> COOH 0,01M [cm <sup>3</sup> ]	0,6	1,2							
CH <sub>3</sub> COOH 0,1M [cm <sup>3</sup> ]			0,2	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0	
CH <sub>3</sub> COOH 1M [cm <sup>3</sup> ]									1,6
KOAGULACJA									

### Opracowanie wyników

Opisać przebieg wykonanych doświadczeń, przeprowadzić obliczenia w ćwic. 12.4.3., przedstawić wnioski.

### L i t e r a t u r a

1. Praca zbiorowa: "Chemia nieorganiczna", ATR, Bydgoszcz, 1979r
2. R.Wojtaś: "Zarys metod chemii eksperymentalnej", Politechnika Świętokrzyska, Kielce, 1990 r., str. 34.
3. H.Sikorska-Tomicka: "Ćwiczenia laboratoryjne z chemii", Politechnika Białostocka, Białystok, 1990, str. 199.