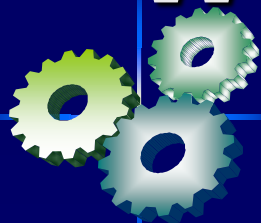


# Wykład z Chemii Ogólnej



## Część 3

### Układy dyspersyjne

#### 3.1. KOLOIDY i ROZTWORY WŁAŚCIWE

Katedra Chemii Fizycznej  
Collegium Medicum w Bydgoszczy  
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu  
Prof. dr hab. n.chem. Piotr Cysewski  
[piotr.cysewski@cm.umk.pl](mailto:piotr.cysewski@cm.umk.pl)  
[www.chemfiz.cm.umk.pl/dydaktyka](http://www.chemfiz.cm.umk.pl/dydaktyka)

# Klasyfikacja układów dyspersyjnych

## Kryterium stopnia rozdrobnienia

**Zawiesiny** – rozdrobnienie niewielkie  $> 100\text{nm}$

- Sedymentacja
- Składniki widoczne gołym okiem
- Substancje nietrwałe – rozwarstwianie w górę lub dół w zależności od względnej gęstości)

**Koloidy** – rozdrobnienie w granicach  $1 - 100\text{ nm}$

- Drobinę można zobaczyć za pomocą ultramikroskopu lub mikroskopu elektronowego
- Znacznie bardziej trwałe niż zawiesiny, nie mogą być rozdzielane za pomocą filtrowania,
- mogą być rozdzielane na błonach półprzepuszczalnych
- Wykazują efekt Tyndalla, Widoczne ruchy Browna

**Roztwory właściwe** – rozdrobnieni molekularne ( $\sim 1\text{ nm}$ )

- Przenikanie się drobin ośrodka i fazy rozproszonej
- Rozpuszczalnik – substancja rozpuszczona
- Wysoka trwałość, zazwyczaj przezroczystość
- Nie są rozdzielane za pomocą filtrowania, nie rozpraszają światła.

# ROZTWORY

## UKŁADY DYSPERSYJNE

Faza rozproszona	Faza rozpraszająca	Koloid	Przykład
<b>gaz</b> <b>ciecz</b> <b>ciało stałe</b>	<b>gaz</b> <b>gaz</b> <b>gaz</b>	nie istnieje aerozole ciekłe aerozole stałe	- mgła, dym, pył mikrokryształów, kurz
<b>gaz</b>  <b>ciecz</b> <b>ciało stałe</b>	<b>ciecz</b>  <b>ciecz</b> <b>ciecz</b>	piana  emulsja zole (roztwory koloidalne)	piana mydlana, piana na piwie mleko, majonez, kremy zole tlenków metali, zole wodorotlenków, farby, roztwory wielkocząsteczkowych polimerów
<b>gaz</b> <b>ciecz</b> <b>ciało stałe</b>	<b>ciało stałe</b> <b>ciało stałe</b> <b>ciało stałe</b>	piany trwałe emulsje stałe zole stałe	pumeks opale, galaretka szkło rubinowe, barwne kryształy

# WODA – UNIWERSALNY ROZPUSZCZALNIK

## Cechy charakterystyczne wody

Powszechne występowanie

Doskonały rozpuszczalnik

Wysoki moment dipolowy

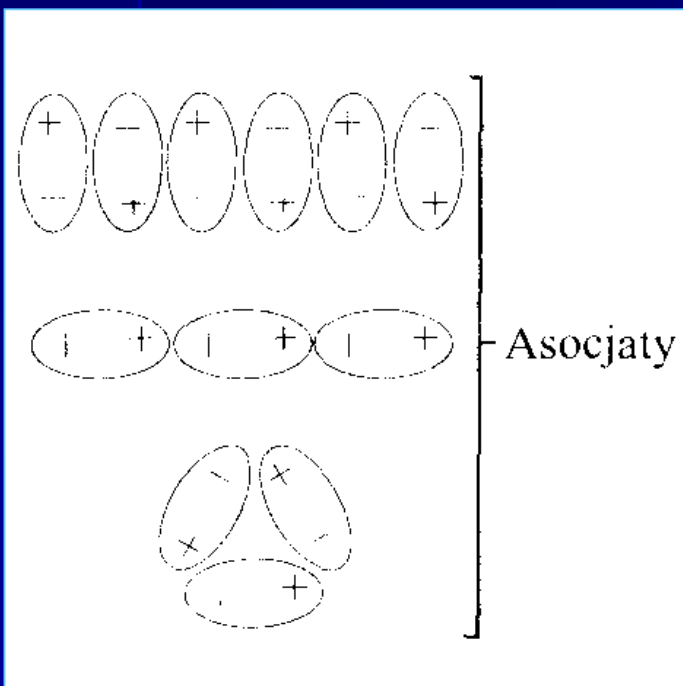
Wysoka wartość stałej dielektrycznej

Silne wiązania wodorowe

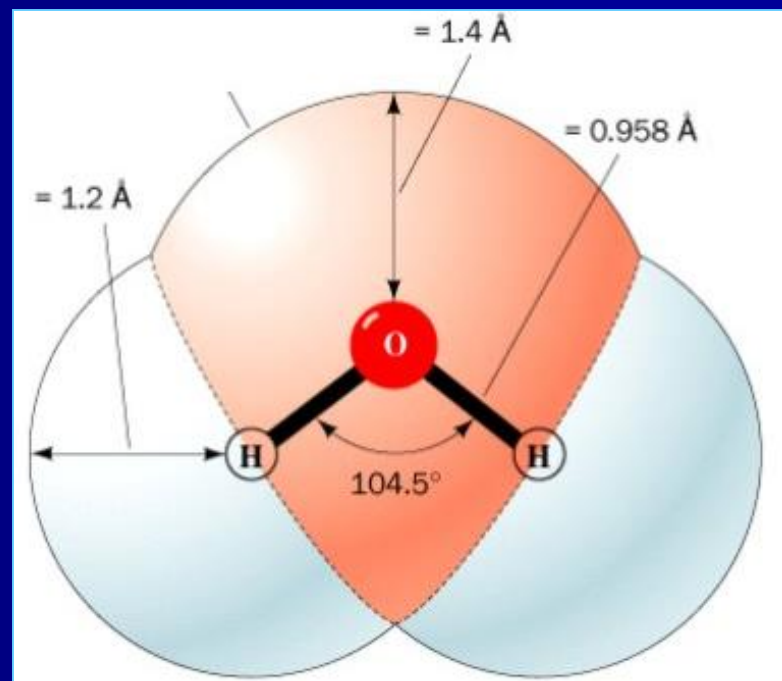
Wysoka temperatura wrzenia

Asocjacja cząsteczek wody

Anomalia zmian gęstości w funkcji temperatury

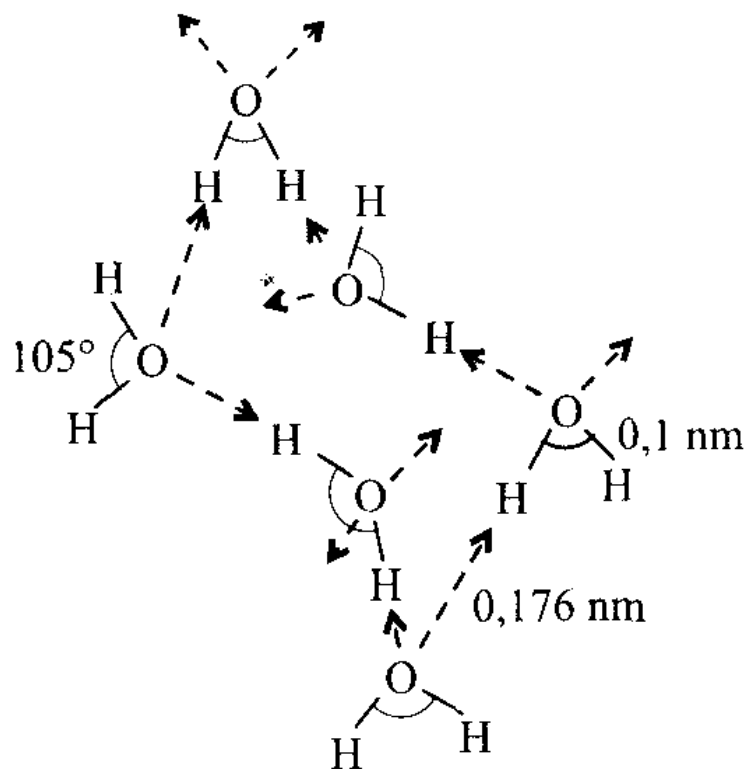


## Powierzchnia van der Waals dla cząsteczki wody

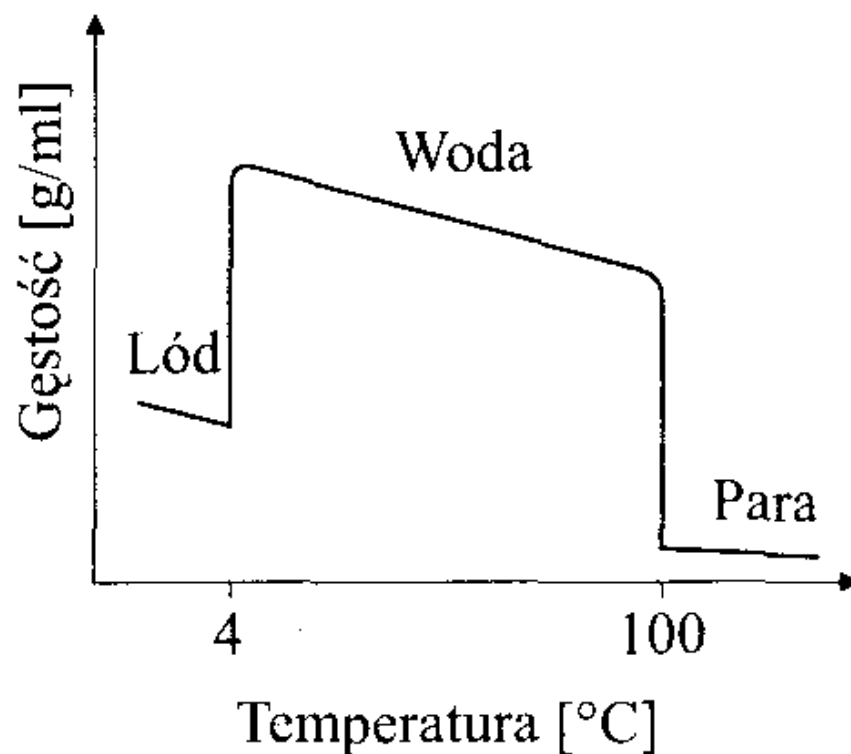


# Cechy charakterystyczne wody

Sześć cząsteczek wody w sieci krystalicznej lodu tworzy heksagonalny pierścień.

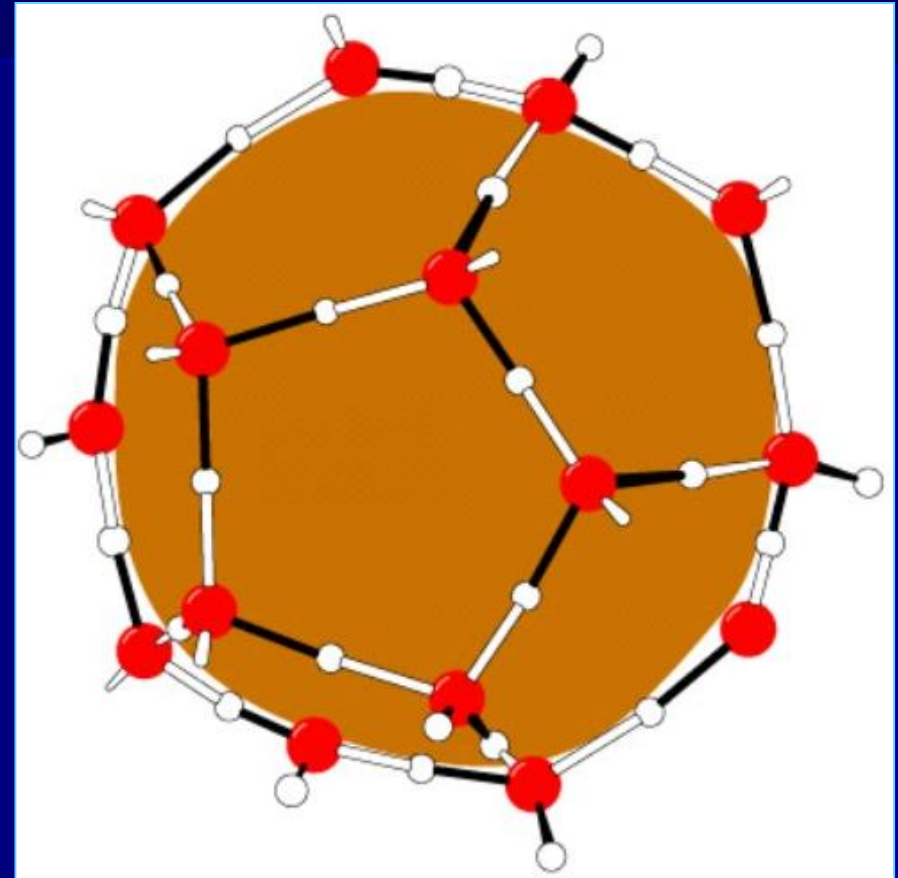
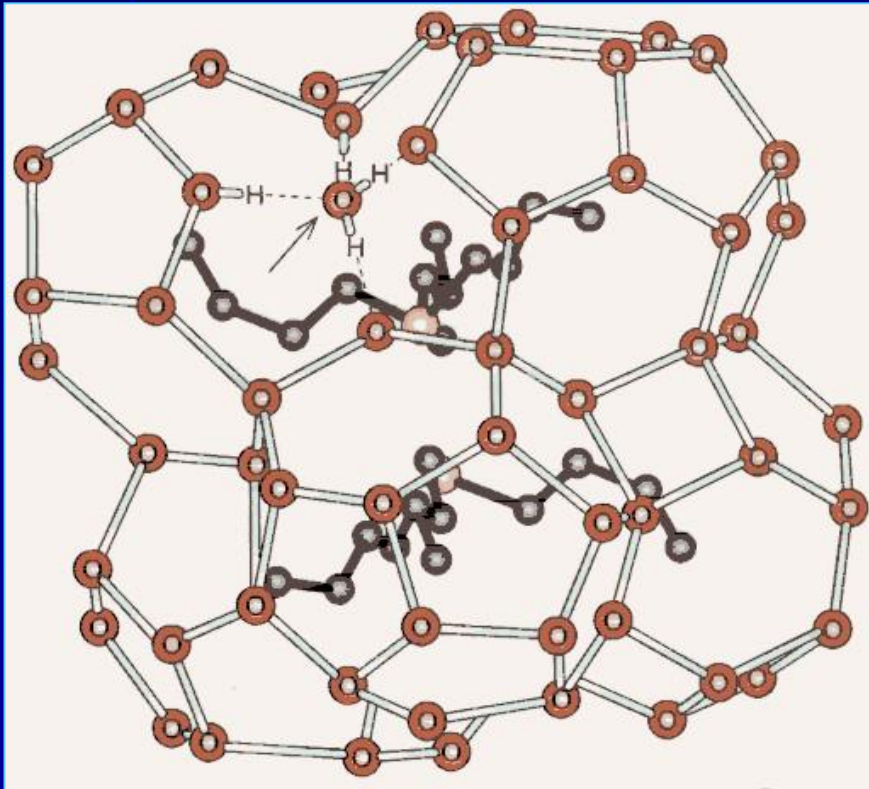


Zmiany gęstości wody w zależności od temperatury



# Cechy charakterystyczne wody

Wysoce zorganizowana struktura cząsteczek wody (homeopatia?)



# ROZPUSZCZANIE W WODZIE

Roztwory mogą powstać w wyniku rozpuszczenia (rozproszenia) substancji w rozpuszczalniku poprzez:

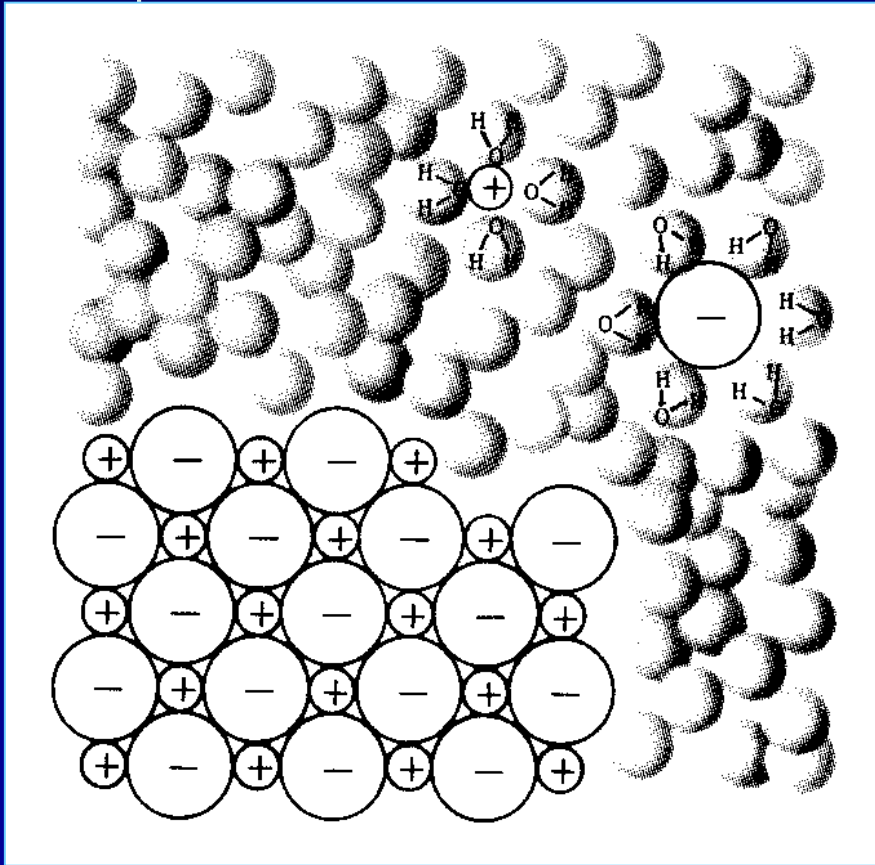
- chemiczną reakcję substancji z rozpuszczalnikiem w wyniku której powstaje nowa rozpuszczona substancja (np. rozpuszczanie metali i tlenków metali w kwasach oraz tlenków niemetalu w wodzie)



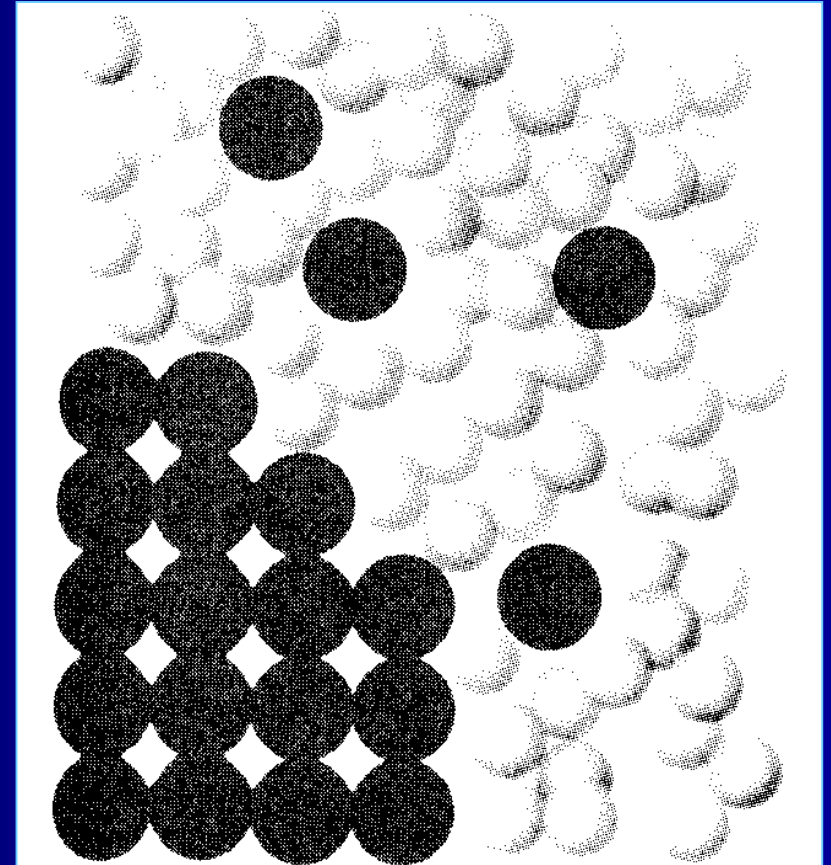
- fizyczne oddziaływanie substancji z rozpuszczalnikiem w wyniku której powstaje solwatowana (hydratowana) forma rozpuszczanej substancji
- dyspersję substancji w rozpuszczalniku (zjawisko fizyczne)

# ROZPUSZCZANIE W WODZIE

Rozpuszczanie substancji polarnej

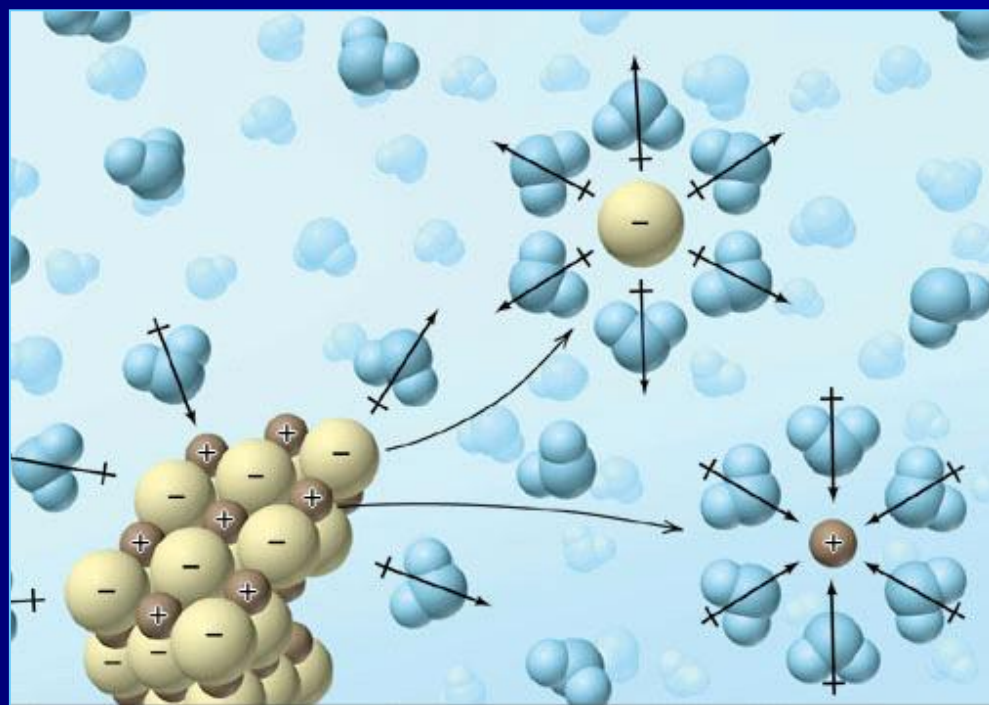
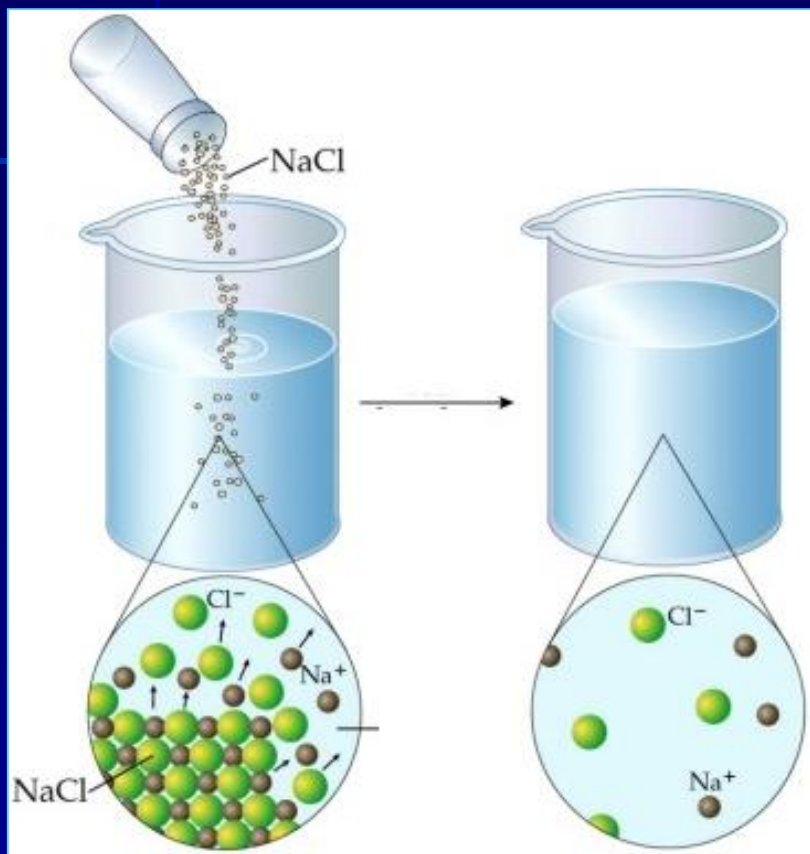


Rozpuszczanie substancji niepolarnej





# Rozpuszczanie w wodzie substancji jonowej (NaCl)



# ROZPUSZCZANIE W WODZIE

## Etapy rozpuszczania:

- rozpad zasocjowanych cząsteczek rozpuszczalnika - pokonanie sił spójności działających między cząsteczkami rozpuszczalnika - pobieranie energii
- solwatacja - proces otaczania przez cząsteczki rozpuszczalnika cząsteczek lub jonów uwalnianych podczas rozpuszczania ciała stałego - wydzielenie energii
- niszczenie sieci krystalicznej - zostają pokonane siły przyciągania między jonami w sieci. Źródłem energii potrzebnej do rozerwania sieci krystalicznej ciała stałego jest proces solwatacji
- dyfuzja oderwanych, solwatowanych jonów w głąb roztworu.

# ROZPUSZCZANIE W WODZIE

## Czynniki określające efekt energetyczny procesu rozpuszczania:

- rodzaj rozpuszczalnika
- rodzaj rozpuszczanej substancji,
- stosunek ilości rozpuszczonej substancji do ilości rozpuszczalnika (czyli od składu roztworu),
- temperatura.

$E_h$  - energia wydzielona podczas hydratacji, odpowiedzialna za przyciąganie między cząsteczkami wody i jonami,

$E_s$  - energia sieci, potrzebna do rozerwania sieci krystalicznej ciała stałego.

## egzotermiczny proces rozpuszczania:

$$E_h > E_s$$

# ROZPUSZCZANIE W WODZIE

## Czynniki wpływające na przebieg i szybkość rozpuszczania:

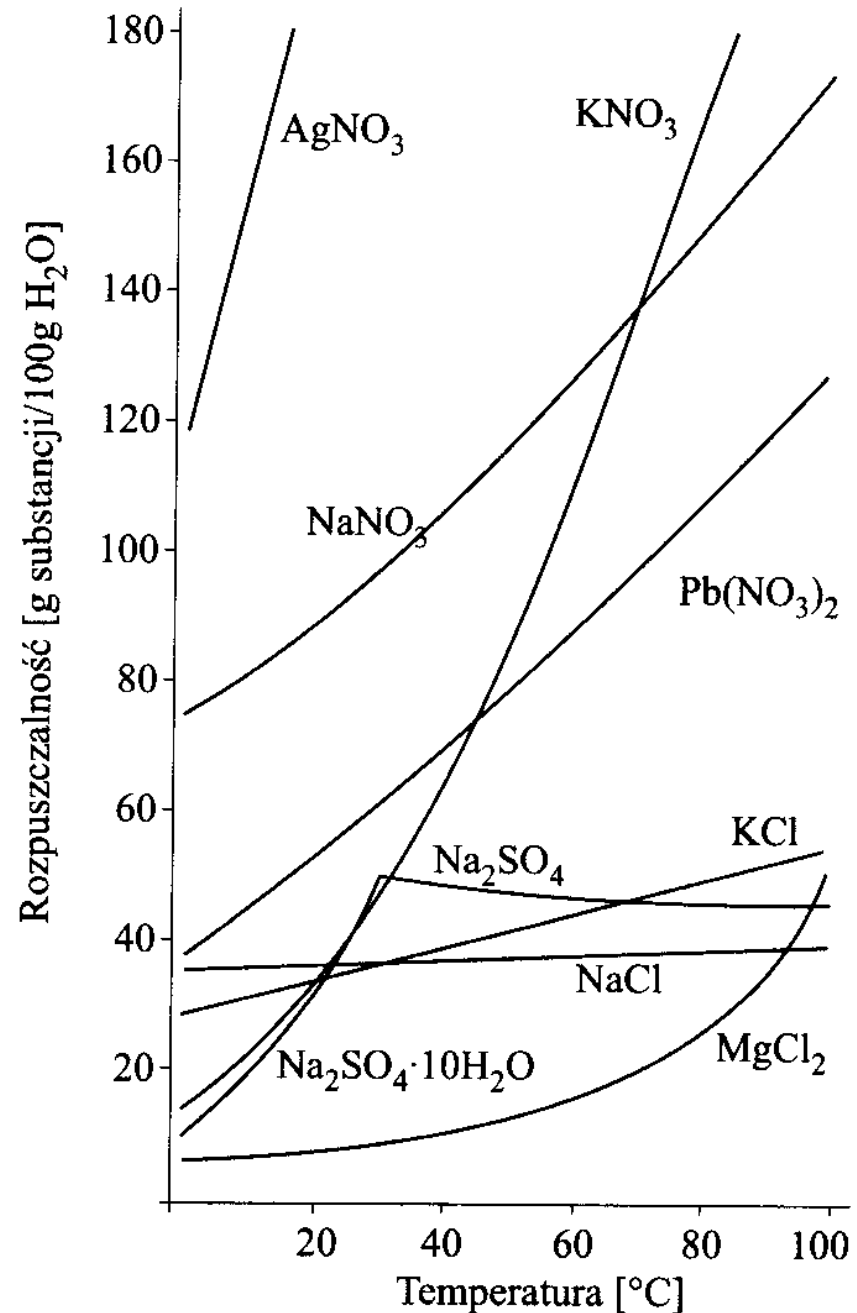
- rozdrobnienie substancji - powoduje zwiększenie powierzchni ciała stałego, co ułatwia odrywanie się kolejnych cząsteczek
- mieszanie roztworu - ułatwia rozprzestrzenianie się solwatowanych cząstek w całej objętości roztworu
- ogrzewanie roztworu - sprzyja rozpadowi zasocjowanych cząsteczek rozpuszczalnika, a przez to zwiększa dostęp kolejnych cząsteczek rozpuszczalnika do powierzchni rozpuszczanej substancji.

# ROZPUSZCZANIE W WODZIE

## Rozpuszczalność elektrolitów

### Zmiany rozpuszczalności niektórych soli w zależności od temperatury.

- budowa krystaliczna rozpuszczanej substancji.
- rodzaj rozpuszczalnika (stała dielektryczna)
- zdolność rozpuszczalnika do solwatacji
- obecność substancji, które mogą reagować z jonami uwalnianymi z kryształu
- pH środowiska



# IŁOŚCIOWE MIARY ROZPUSZCZALNOŚCI

Rozpuszczalność  
Iloczyn rozpuszczalności

## Rozpuszczalność – miara ilościowa

Ilościowo rozpuszczalność wyraża się podając liczbę gramów substancji rozpuszczonej w 100 g rozpuszczalnika.



### Przykład

Stężenie nasyconego roztworu pewnej substancji wynosi 15%.  
Oblicz rozpuszczalność tej substancji.

### Rozwiązanie:

100 g 15 % roztworu zawiera 15 g substancji rozpuszczonej i 85 g rozpuszczalnika.

Obliczamy ile gramów substancji przypada na 100 g rozpuszczalnika:  
jeśli na 85 g rozpuszczalnika przypada 15 g substancji to na 100g - x

$$x = \frac{100 \text{ g} \cdot 15 \text{ g}}{85 \text{ g}} = 17,6 \text{ g}$$

# Rozpuszczalność – miara ilościowa



## Przykład

**Rozpuszczalność pewnej substancji wynosi 20g. Oblicz stężenie procentowe nasyconego roztworu tej substancji.**

### **Rozwiązanie:**

Jeżeli w 120g roztworu nasyconego znajduje się 20g substancji rozpuszczonej, to w 100g musi znajdować się - x

$$x = \frac{100 \text{ g} \cdot 20 \text{ g}}{120 \text{ g}} = 16,6 \text{ g}$$

Stężenie procentowe wynosi 16,6 %.

# ROZPUSZCZALNOŚĆ

## ROZPUSZCZALNOŚĆ

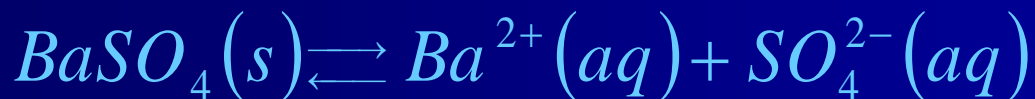
Maksymalna ilość substancji, jaką można rozpuścić w jednostce objętości rozpuszczalnika w danej temperaturze i ciśnieniu nosi nazwę rozpuszczalności.

Rozpuszczalność wyrażana jest przeważnie w gramach substancji rozpuszczonej w 1 dm<sup>3</sup> rozpuszczalnika lub gramach na 100 gramów rozpuszczalnika.

**Roztwór pozostający w równowadze z substancją nierozpuszczoną nosi nazwę roztworu nasyconego.**

## ILOCZYN ROZPUSZCZALNOŚCI

Stałą równowagi rozpuszczania:



$$I_r = K_{sp} = [Ba^{2+}] \cdot [SO_4^{2-}]$$



# ROZPUSSZCZALNOŚĆ

R (przeliczone na) mol·dm<sup>-3</sup>

Związek pomiędzy rozpuszczalnością a iloczynem rozpuszczalności

## Sól typu AB

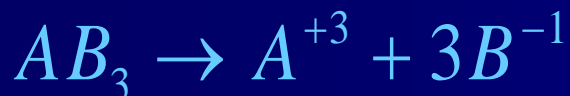


(np. AgCl, BaSO<sub>4</sub>, FePO<sub>4</sub>)

$$I_R = [A^+] \cdot [B^-]$$

$$I_R = R \cdot R = R^2$$

## Sól typu AB<sub>3</sub> lub A<sub>3</sub>B



(np. Ag<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)

$$I_R = [A^{+3}] \cdot [B^{-1}]^3$$

$$I_R = R \cdot (3 \cdot R)^3 = 27R^5$$

## Sól typu AB<sub>2</sub> lub A<sub>2</sub>B



(np. PbCl<sub>2</sub>, Ag<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

$$I_R = [A^+]^2 \cdot [B^{-2}]$$

$$I_R = (2 \cdot R)^2 \cdot R = 4R^3$$

## Sól typu A<sub>2</sub>B<sub>3</sub> lub A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>



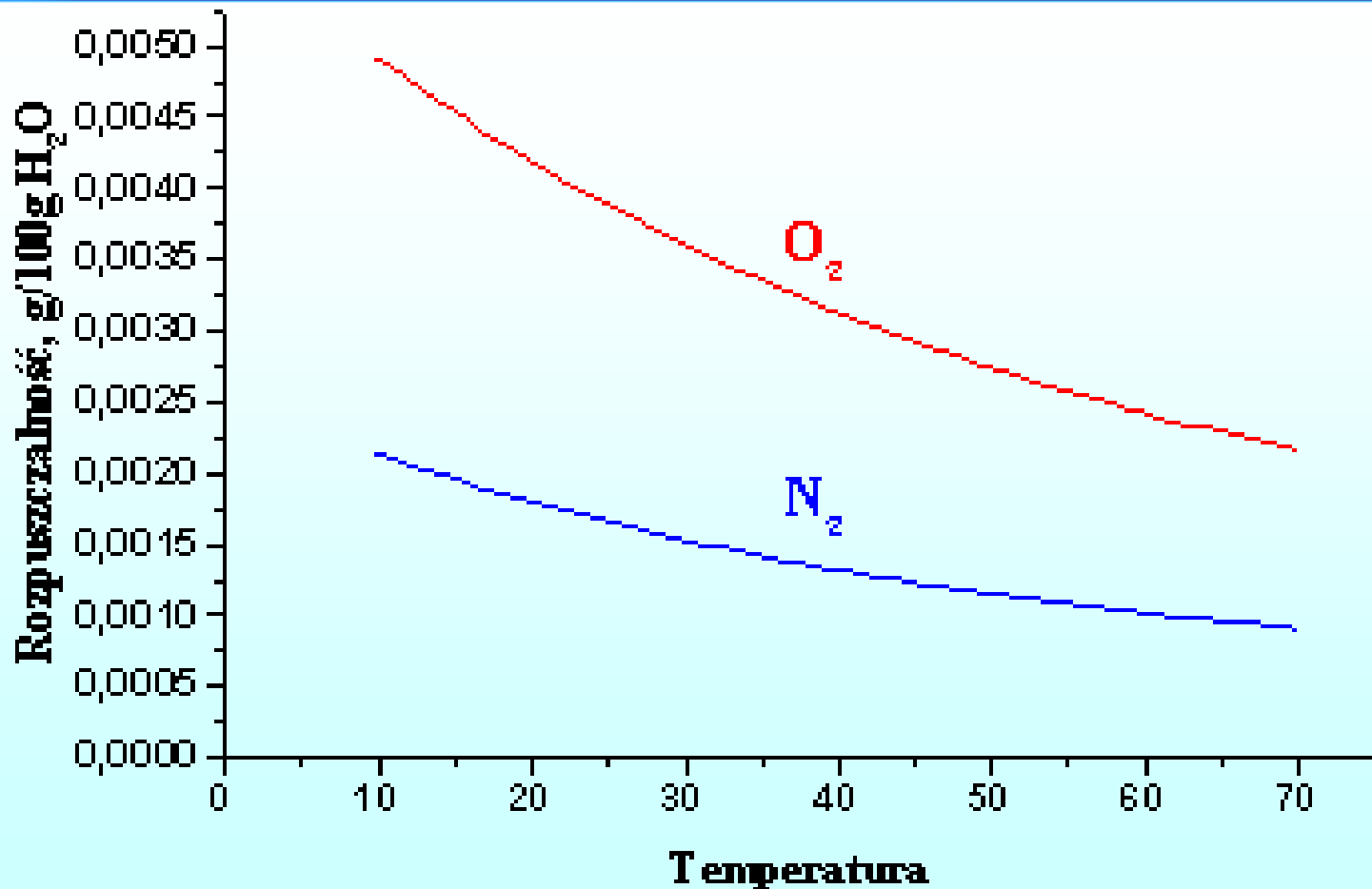
(np. Fe<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, Pb<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>)

$$I_R = [A^{+3}]^2 \cdot [B^{-2}]^3$$

$$I_R = (2 \cdot R)^2 \cdot (3 \cdot R)^3 = 108R^5$$

# Rozpuszczalność gazów

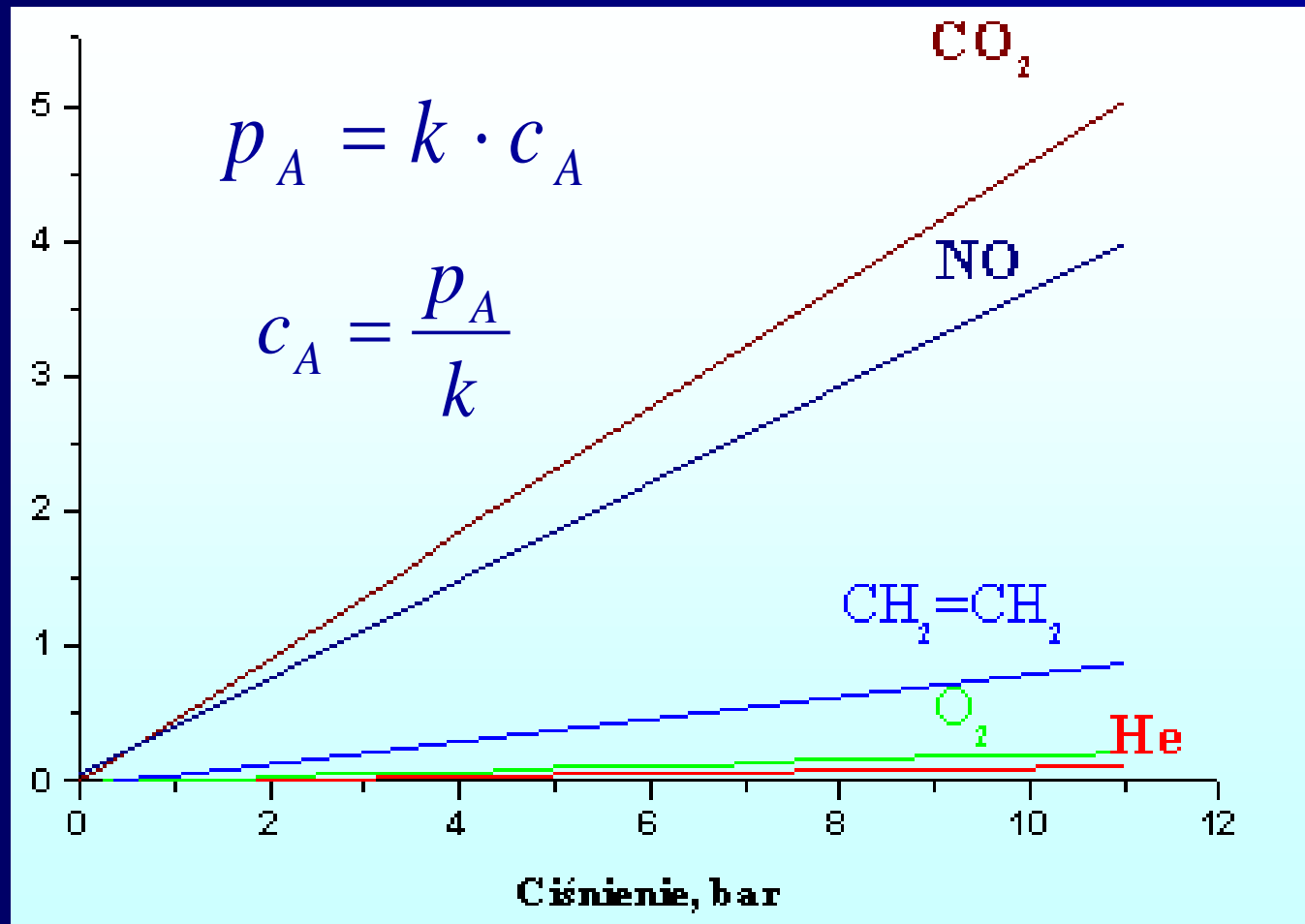
Wpływ temperatury na rozpuszczalność azotu i tlenu w wodzie.



# Rozpuszczalność gazów

## Wpływ ciśnienia

Dla cieczy i roztworów ciał stałych zaniedbywanie mały. Dla gazów istotny na mocy prawa Henry'ego: **Stężenie gazu rozpuszczonego ( $c_A$ ) w cieczy jest proporcjonalne do ciśnienia cząstkowego (parcjalnego) tego gazu nad cieczą.**



# UKŁADY KOLOIDALNE

## Klasyfikacja koloidów

Podział układów koloidalnych ze względu na rodzaj fazy rozproszonej:

### Koloidy molekularne

- należą tu roztwory wielkocząsteczkowych biopolimerów, o dużych rozmiarach cząsteczek i dużych masach cząsteczkowych, np.: kwasy nukleinowe, polisacharydy, białka
- zaklasyfikowanie ich do koloidów wynika głównie z rozmiarów cząsteczek.
- koloidy bardziej zbliżone do układów jednofazowych niż dwufazowych

### Koloidy micelarne

- cząsteczki ich mają niewielkie rozmiary i niewielkie masy cząsteczkowe, np.: roztwory mydeł, detergentów, kwasów żółciowych.
- charakterystyczną cechą struktury molekularnej tych związków jest występowanie w niej obszarów o charakterze wybitnie polarnym i wybitnie niepolarnym.
- Jeżeli stężenie fazy rozproszonej jest bardzo małe, to właściwości tych koloidów niewiele różnią się od roztworów rzeczywistych

# UKŁADY KOLOIDALNE

## Emulsje koloidalne

- w organizmach żywych takie układy koloidalne są tworzone przez lipidy (tłuszcze, fosfatydy, glikolipidy). Drobne kropelki tłuszczu mogą być utrzymane w środowisku wodnym w stanie rozproszenia koloidalnego jedynie przy udziale cząsteczek mających zdolność zmniejszania napięcia powierzchniowego, czyli emulgatorów.
- Emulgatorem jest substancja, która wykazuje rozpuszczalność w obu emulgowanych cieczach. Szczególnie ważnymi emulgatorami są mydła i detergenty. Tłuszcze spożyte z pokarmami są emulgowane w przewodzie pokarmowym przez kwasy żółciowe zawarte w żółci.

## Klasyfikacja koloidów

### Podział układów koloidalnych ze względu na powinowactwo do fazy rozpraszającej

**Koloidy liofilowe (hydrofilowe):**

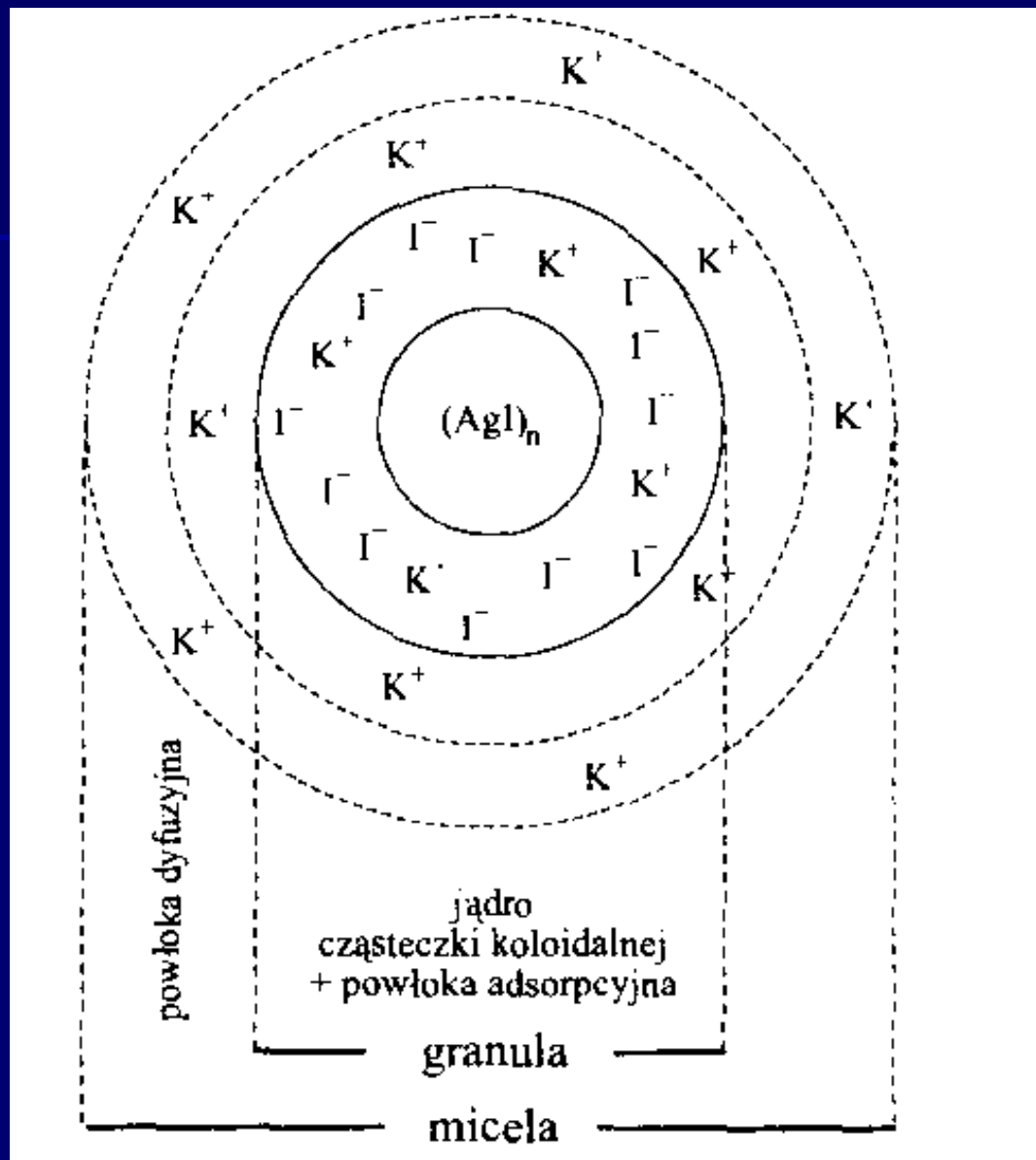
koloidy molekularne (białka, kwasy nukleinowe, polisacharydy) roztwory micelarne (mydła, detergenty) mające wysokie powinowactwo do fazy rozpraszającej

**Koloidy liofobowe (hydrofobowe):**

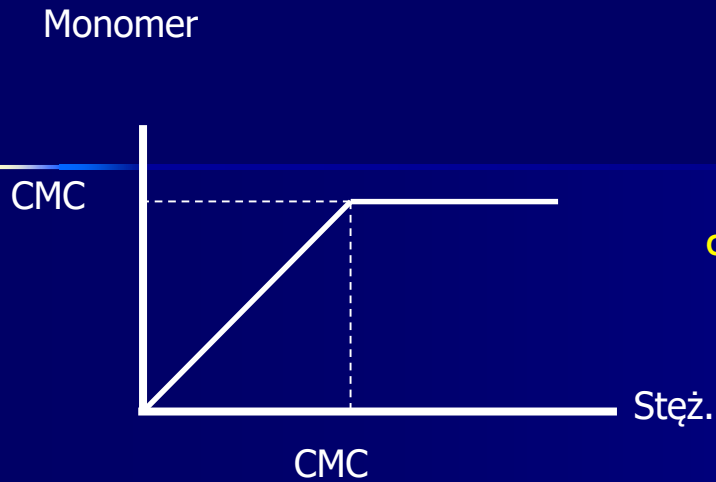
Niskie powinowactwo do fazy rozpraszającej

# UKŁADY KOLOIDALNE

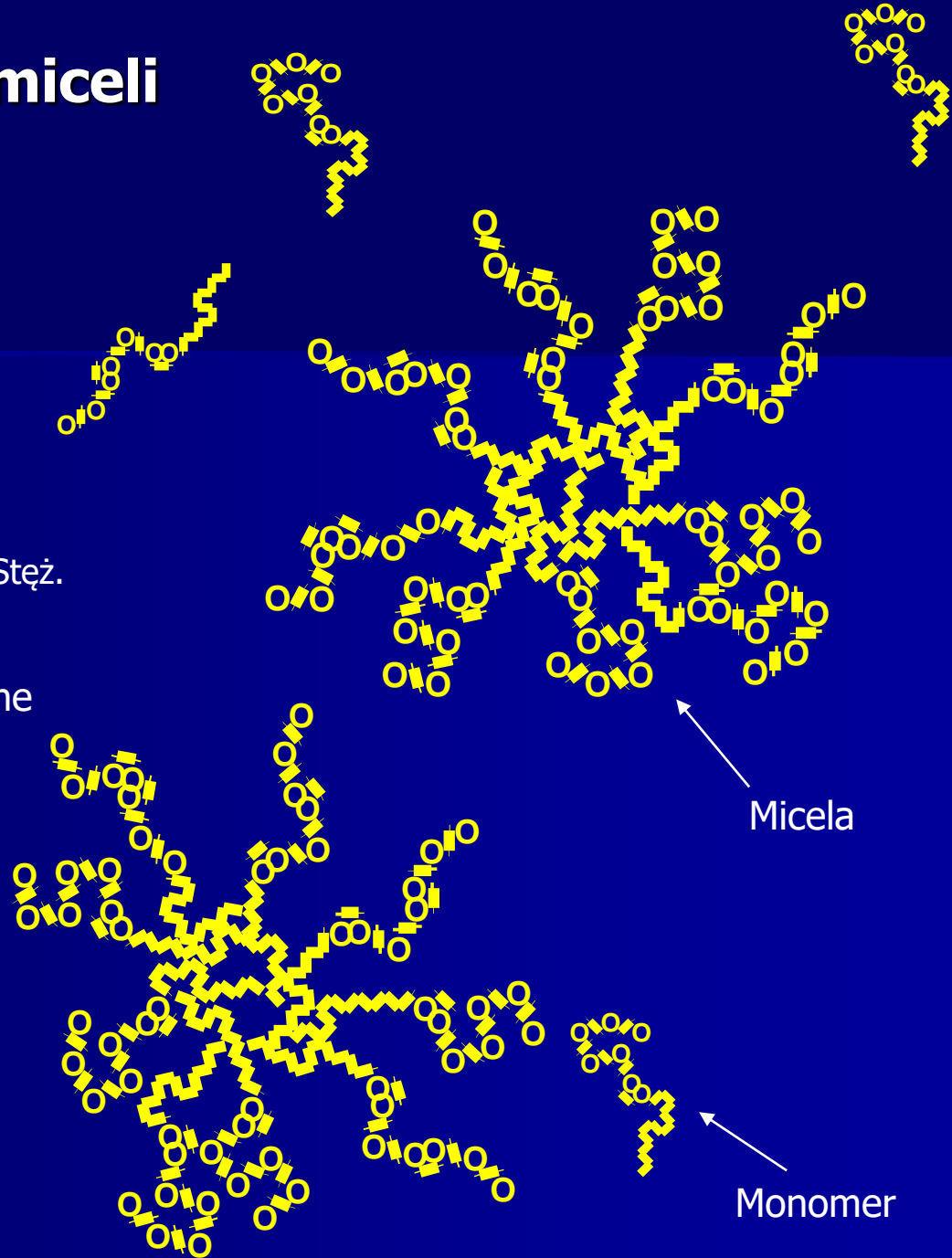
## – budowa miceli



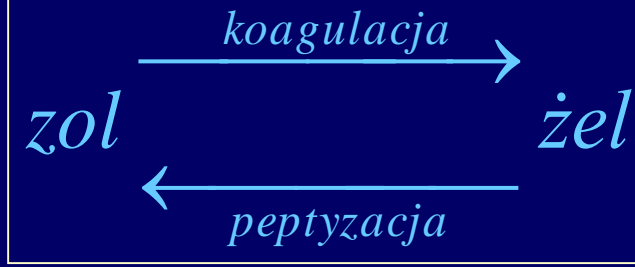
# Mechanizm tworzenia miceli



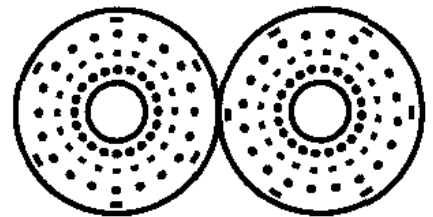
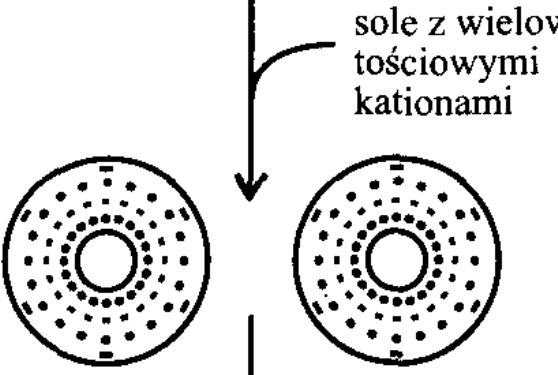
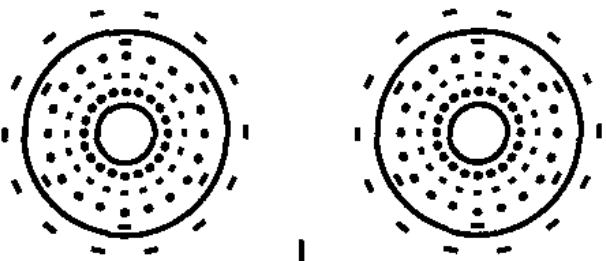
CMC = Krytyczne stężenie micelarne



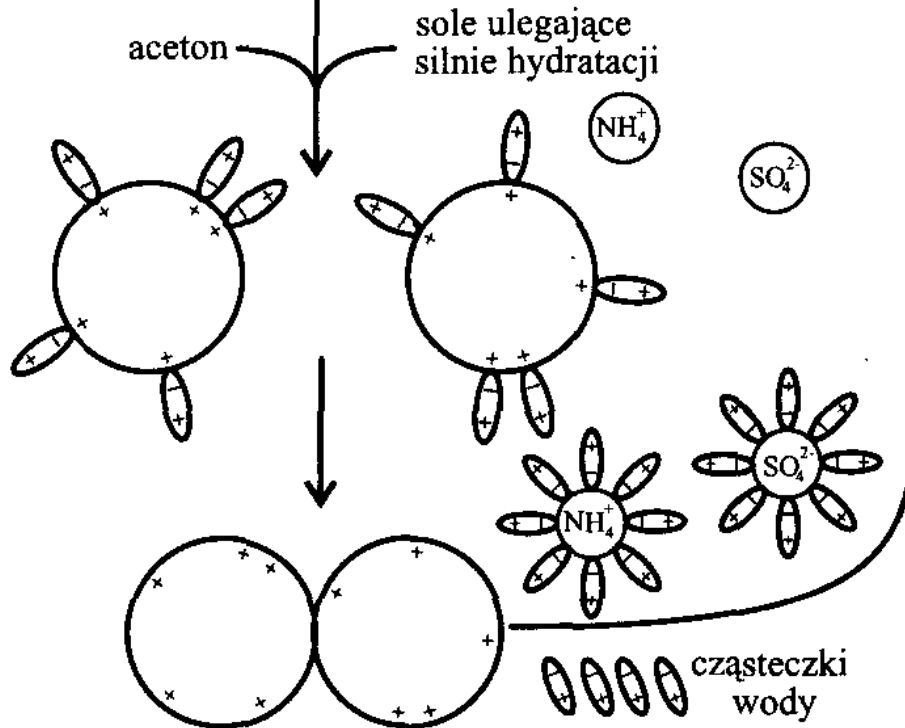
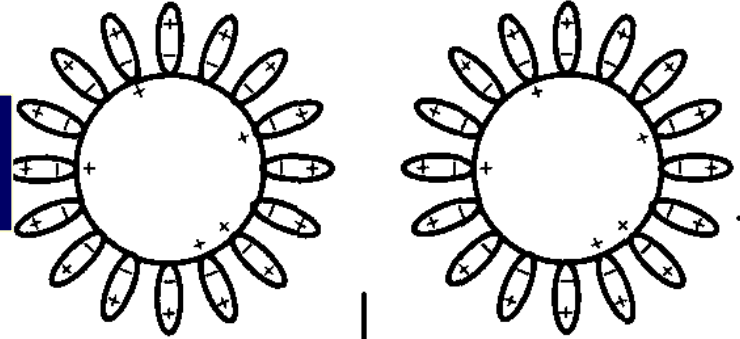
# KOAGULACJA I PEPTYZACJA



**Koloidy hydrofobowe**



**Koloidy hydrofilowe**



**roztwór (zol)**

**Koagulat (żel)**





# Efekt Tyndalla

**Rozmiary jonu sodowego:**

**$1.53 \cdot 10^{-10}$  m – brak  
rozpraszania światła**

**Rozmiary cząstki  
koloidalnej**

**$1 \cdot 10^{-7}$  m**

**wyraźny efekt rozpraszania**



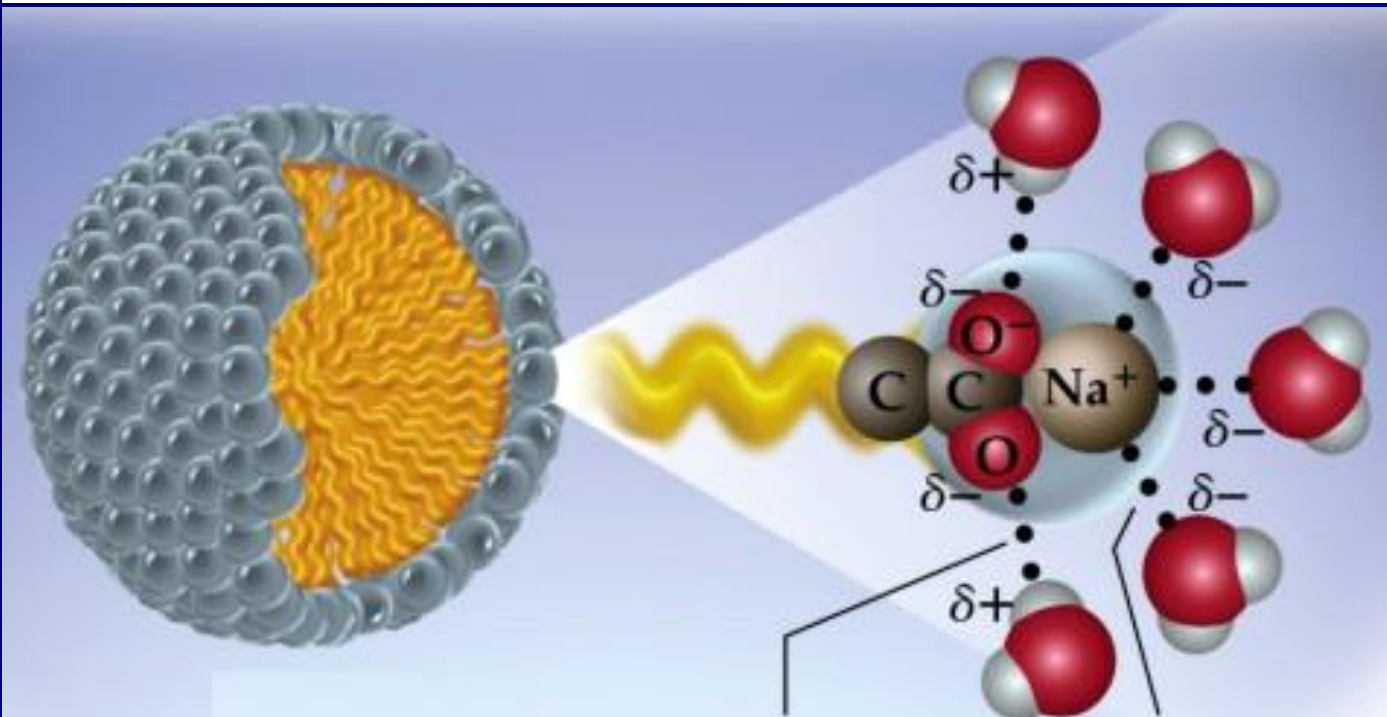
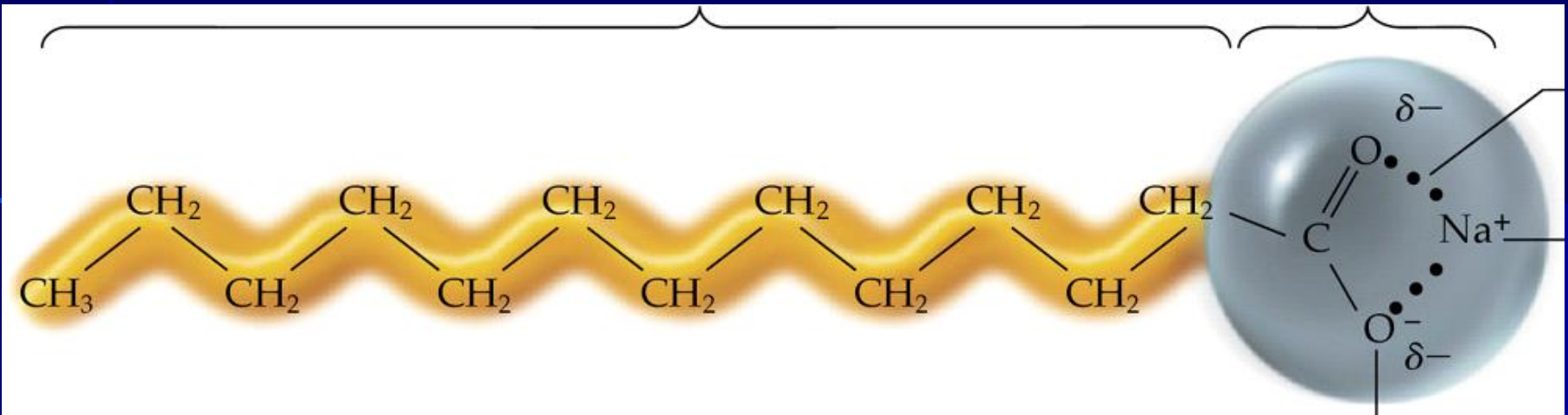
# WŁAŚCIWOŚCI KOLOIDÓW LIOFOBOWYCH

- **Otrzymywanie** - metodami dyspersji (rozdrabnianie w łuku elektrycznym) lub metodami kondensacji
- **Czynnik stabilizujący** - jony elektrolitów; Koloidy te mogą istnieć dzięki selektywnej adsorpcji jonów elektrolitu z ośrodka rozpraszającego na cząsteczkach fazy rozproszonej. Ładunek elektryczny na ich powierzchni jest czynnikiem warunkującym trwałość koloidu (odpychanie jednoimienne naładowanych miceli)
- **Struktura cząsteczek** - przeważnie zespoły zwykłych cząsteczek, stężenie fazy rozproszonej - na ogół nieznaczne
- **Wyraźne ruchy Browna oraz efekt Tyndalla**
- **Ładunek elektryczny** - cząsteczki koloidalne są zawsze naładowane (jest to czynnik stabilizujący)
- **Lepkość** - - nieznaczna, nie tworzą pian
- **Koagulacja** - następuje pod wpływem małych stężeń elektrolitu. W wyniku zmniejszenia ładunku powierzchniowego następuje zbijanie i łączenie się cząsteczek koloidalnych w większe agregaty. Koagulacja nieodwracalna.
- **Wrażliwość na elektrolity** - znaczna
- **Wrażliwość na czynniki odwadniające** - nieznaczna
- **Dobrze widoczne pod ultramikroskopem**
- **Przykłady** - zole: metali (np.: złota), siarki, siarczków

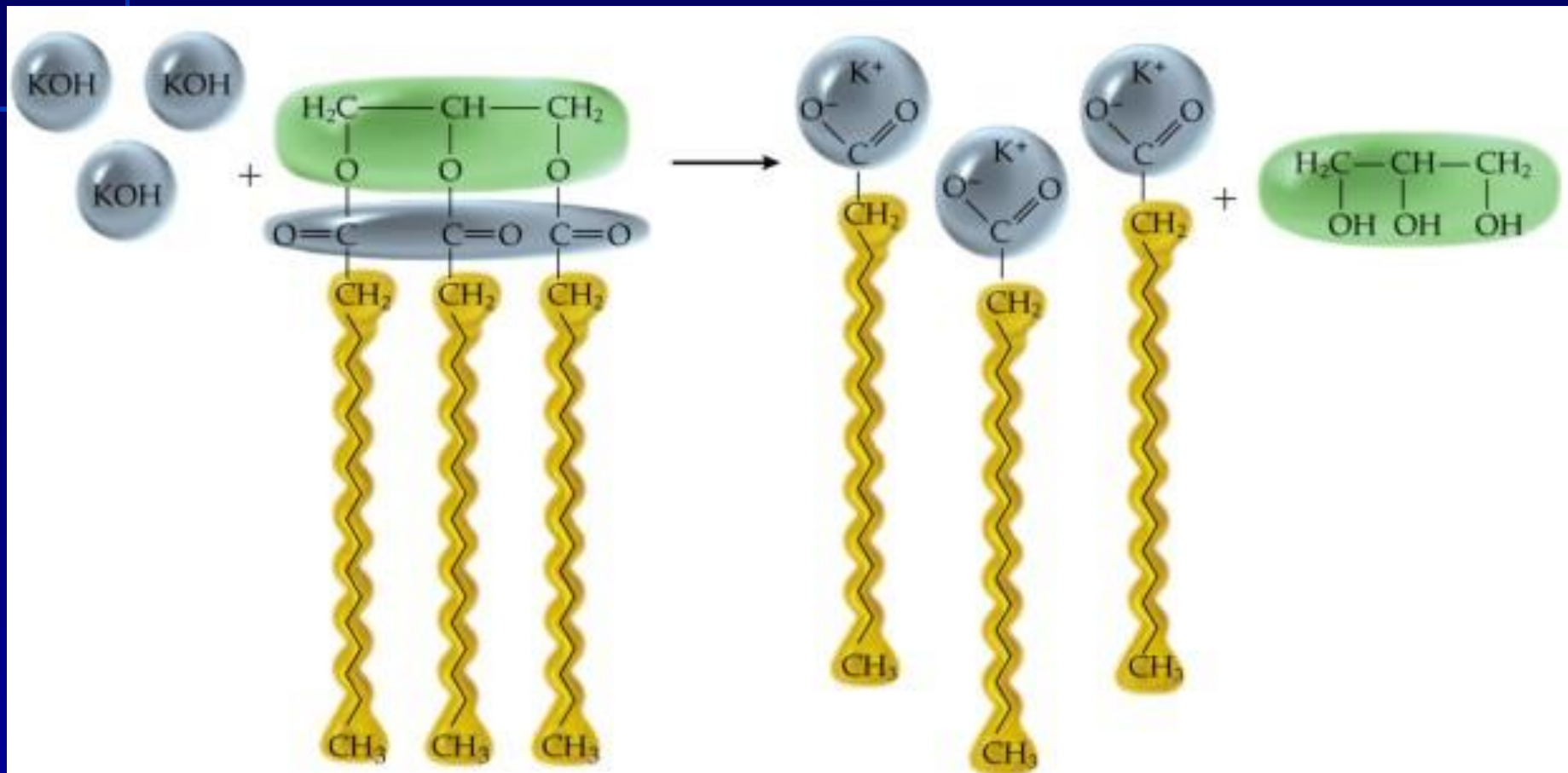
# WŁAŚCIWOŚCI KOLOIDÓW LIOFILOWYCH

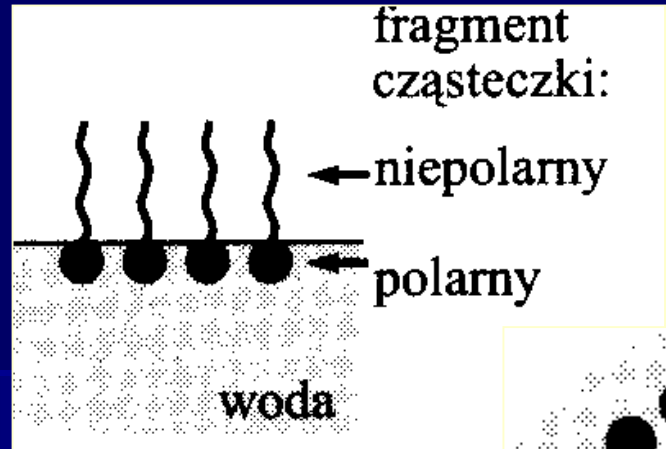
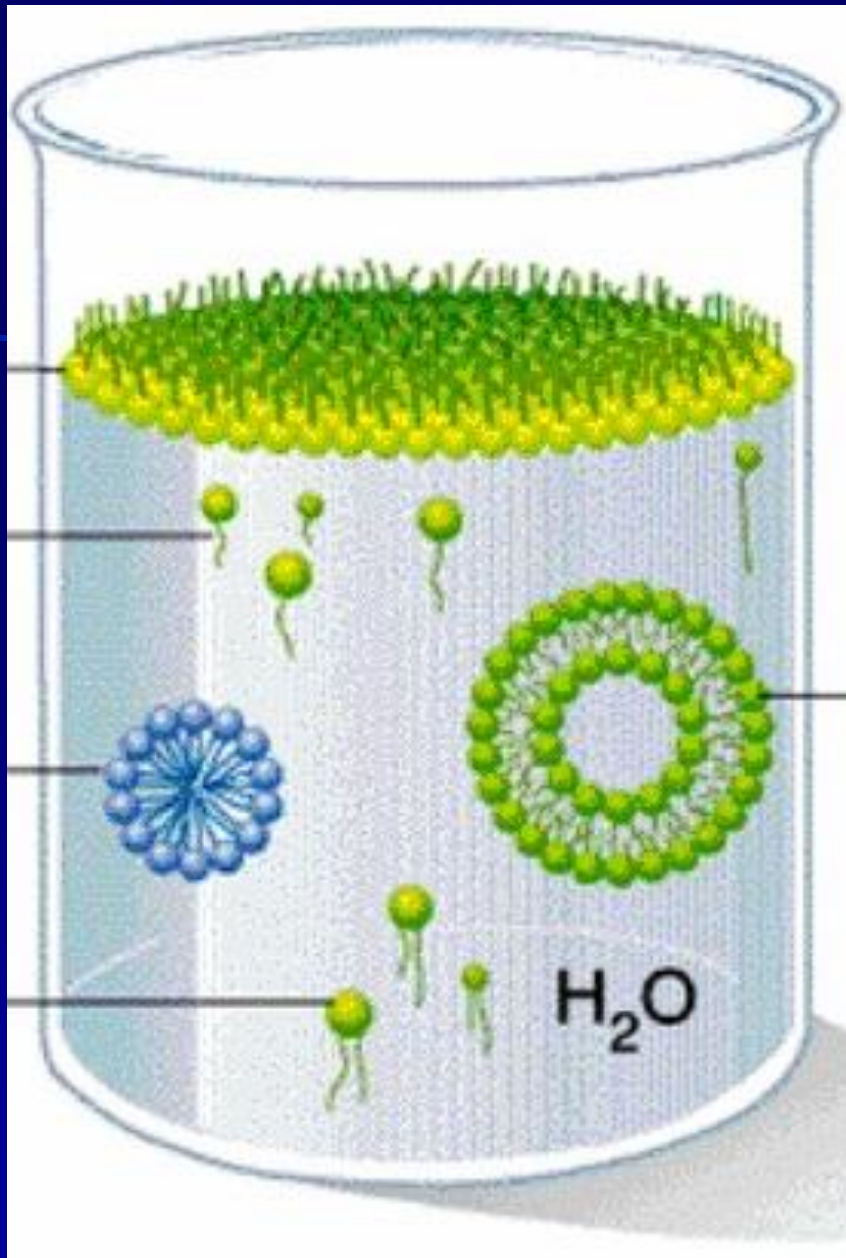
- **Otrzymywanie** - można otrzymać przez rozpuszczanie.
- **Czynnik stabilizujący** - cząsteczki rozpuszczalnika. Cząsteczki fazy rozpraszającej wykazują powinowactwo do cząsteczek fazy rozproszonej. Cząsteczki koloidów hydrofilowych zostają otoczone warstwą cząsteczek wody, tzw. płaszczem wodnym", któremu zawdzięczają swoją trwałość.
- **Struktura** cząsteczek - cząsteczki-olbrzymy, makrocząsteczki.
- **Stężenie fazy rozproszonej** - może być duże.
- **Ruchy Browna oraz efekt Tyndalla** - bardzo często niewyraźne
- **Ładunek elektryczny** - cząsteczki posiadają ładunek lub nie. Źródłem ładunku jest dysocjacja kwasowa lub zasadowa (np. białka, barwnika organicznego), co wynika z charakteru cząsteczki. Ładunek elektryczny, w tego typu koloidach nie odgrywa decydującej roli w zachowaniu ich trwałości.
- **Zachowanie w polu elektrycznym** - cząsteczki koloidalne mogą wędrować lub nie
- **Lepkość** - znaczna
- **Łatwo tworzą piany**
- **Koagulacja** - w wyniku odciągnięcia płaszcza wodnego, pod wpływem dużych stężeń odpowiedniego elektrolitu, następuje wydzielenie się fazy rozproszonej, zwane wysalaniem. Koagulacja na ogół odwracalna.
- **Wrażliwość na elektrolity** - nieznaczna
- **Wrażliwość na czynniki odwadniające** - znaczna
- **Słaba widoczność cząsteczek pod ultramikroskopem**
- **Przykłady** - żelatyna, klej, skrobia, białka.

# Mydło i środki powierzchniowo czynne



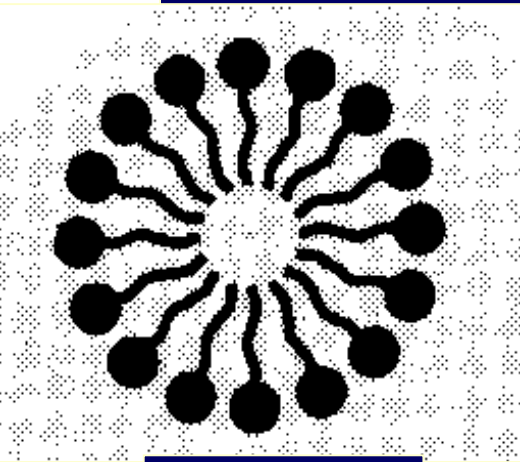
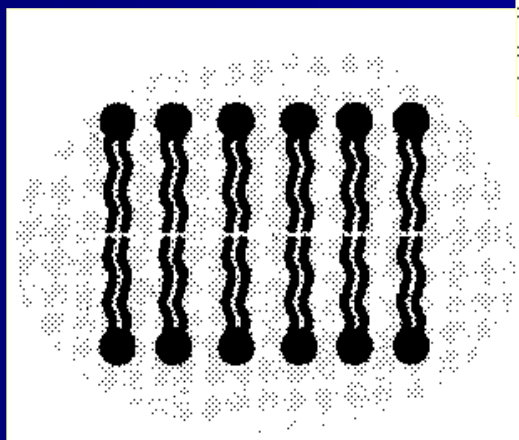
# Otrzymywanie mydła:



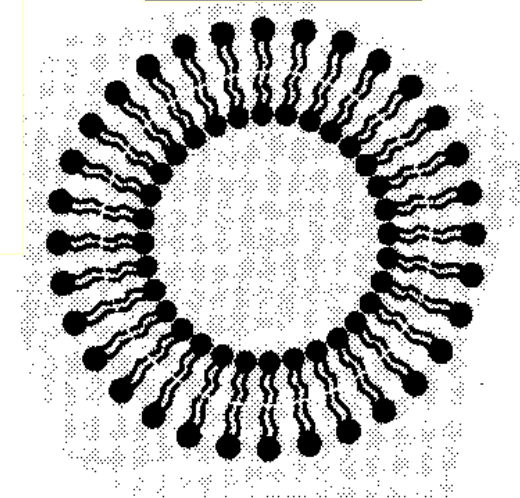


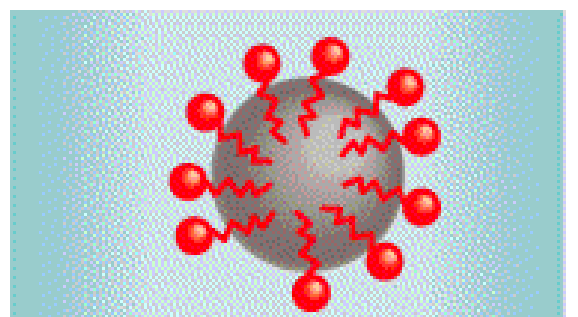
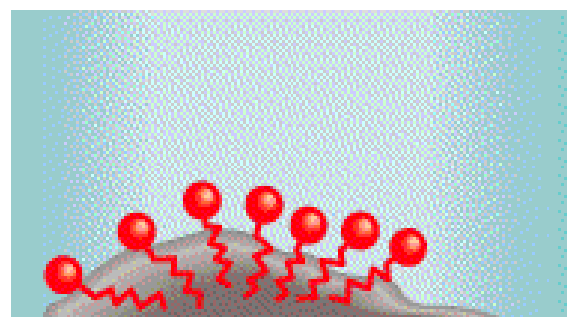
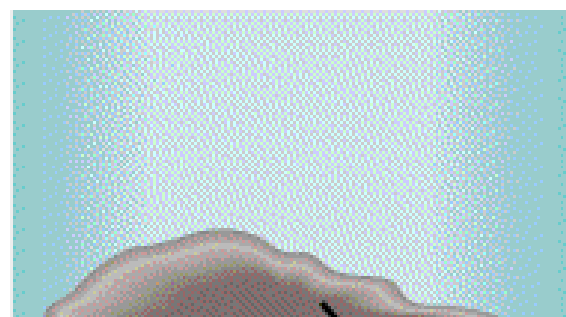
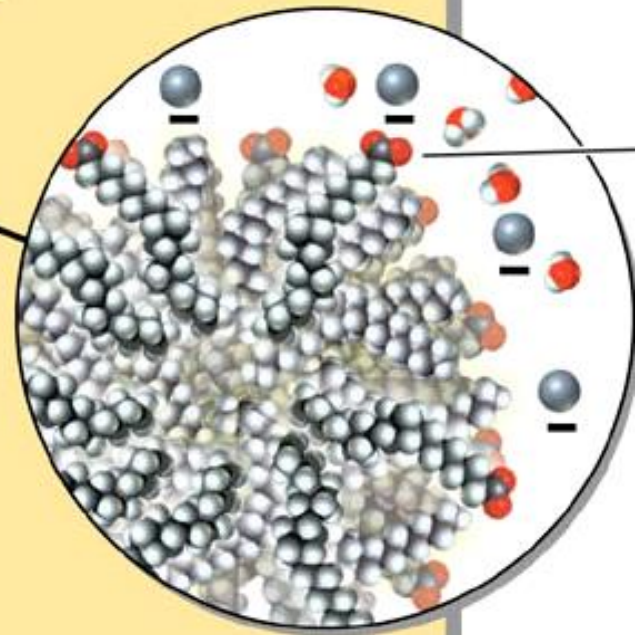
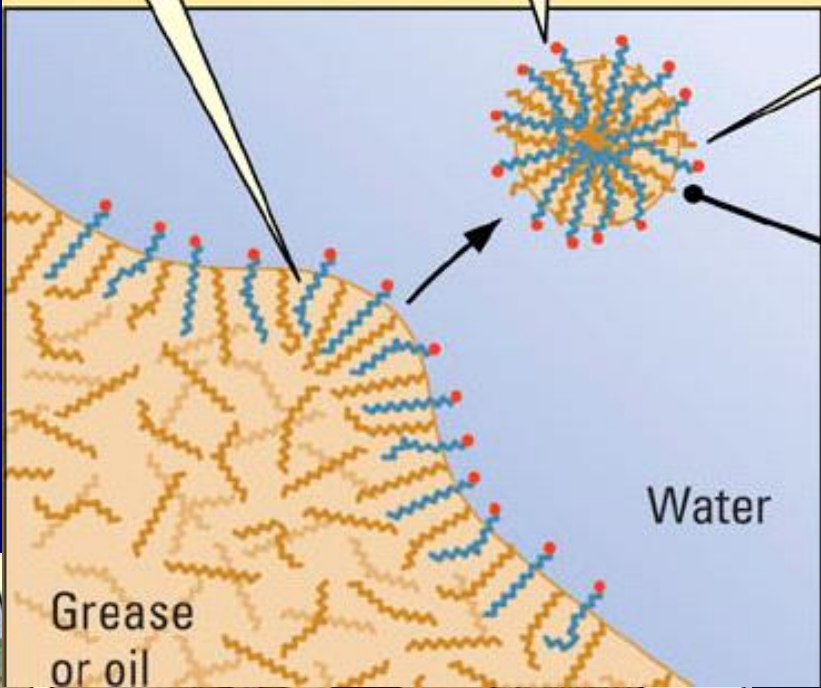
**micele**

**warstwy podwójne**



**liposomy**





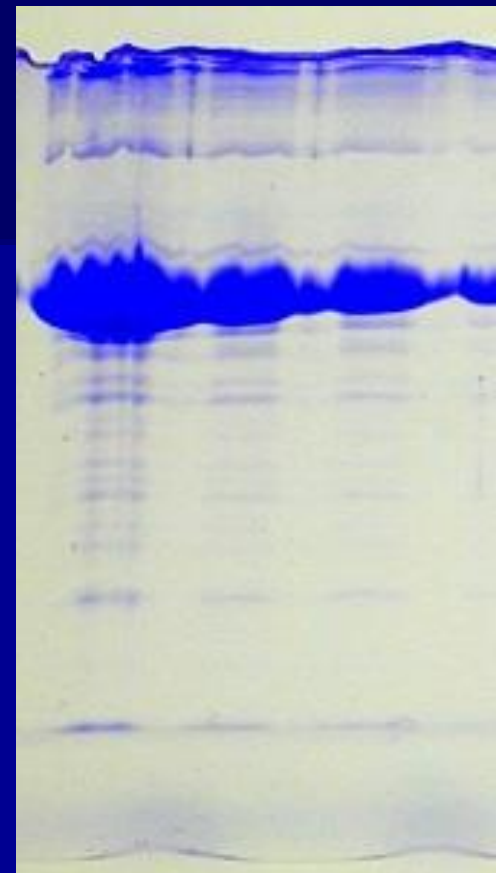
# Metody oczyszczania układów koloidalnych

## Elektroforeza

- zjawisko przesuwania się cząstek koloidalnych pod działaniem pola elektrycznego w stosunku do nieruchomego ośrodka rozpraszającego.
- Ruch ten można zaobserwować bezpośrednio (w przypadku barwnych koloidów) lub pośrednio, np. dokonując pomiarów współczynnika załamania światła czystego rozpuszczalnika i roztworu koloidalnego.
- Szybkość wędrowania cząsteczek zależy przede wszystkim od ich wielkości, co zezwala na rozdział układów o różnej wielkości cząsteczek.

## Elektroosmoza

(*elektro-* + *osmoza* – nm. *Osmose* z gr. *osmós* 'ciśnienie') *fiz.* zjawisko przechodzenia cieczy przez porowate przegrody pod wpływem zewnętrznego pola elektrycznego stosowana jest np. do oczyszczania żelatyny, odwadniania torfowisk, osuszania zawilgoconych murów oraz niektórych materiałów biologicznych.





# Metody oczyszczania układów koloidalnych

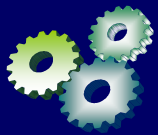
## Dializa

pozaustrojowa, metoda lecznicza (sztuczna nerka, hemodializa) usuwania z organizmu nadmiaru odpadowych produktów przemiany materii (mocznik, substancje toksyczne), zalegających w nim z powodu niewydolności nerek.

Dokonuje się tego przez poddawanie dializie krwi (osocza krwi) wyprowadzanej z naczyń krwionośnych do układu przewodów (o ścianach mających charakter błon półprzepuszczalnych), zanurzonego w wymieniających się w sposób ciągły roztworach o specjalnie dobranym składzie. Następnie krew zostaje wprowadzana z powrotem do naczyń krwionośnych chorego.

## Elektrodializa

metoda rozdziału polegająca na przyspieszeniu przenikania jonów (towarzyszących zolom) przez odpowiednie membrany, za pomocą silnego pola elektrycznego. Cząstki koloidalne, mające większe rozmiary, zatrzymują się na powierzchni membran.



# Przykładowe pytania

## 1. Wybierz określenie fałszywe:

- A.** emulsje są to mieszaniny utworzone z co najmniej dwóch nie mieszających się ze sobą cieczy, z których jedna jest rozproszona w postaci drobnych kropelek w drugiej, stanowiącej ośrodek rozpraszający
- B.** ta sama substancja może tworzyć tylko jeden z trzech roztworów: rzeczywisty, koloidalny lub zawiesinę
- C.** obecność na cząstkach koloidu jednoimiennych ładunków elektrycznych, powoduje, że większość układów koloidalnych jest dość trwała, mimo że koagulacja jest procesem energetycznie korzystnym
- D.** koagulacji koloidu hydrofobowego nie można spowodować przez rozcieńczenie wodą

## 2. Trwałość roztworu koloidalnego wynika z posiadania jednoimiennego ładunku powierzchniowego przez cząstki koloidalne. Metodą pozwalającą na ustalenie znaku ładunku jest:

- A.** elektroliza
- B.** elektroforeza
- C.** elektroosmoza
- D.** dyfuzja

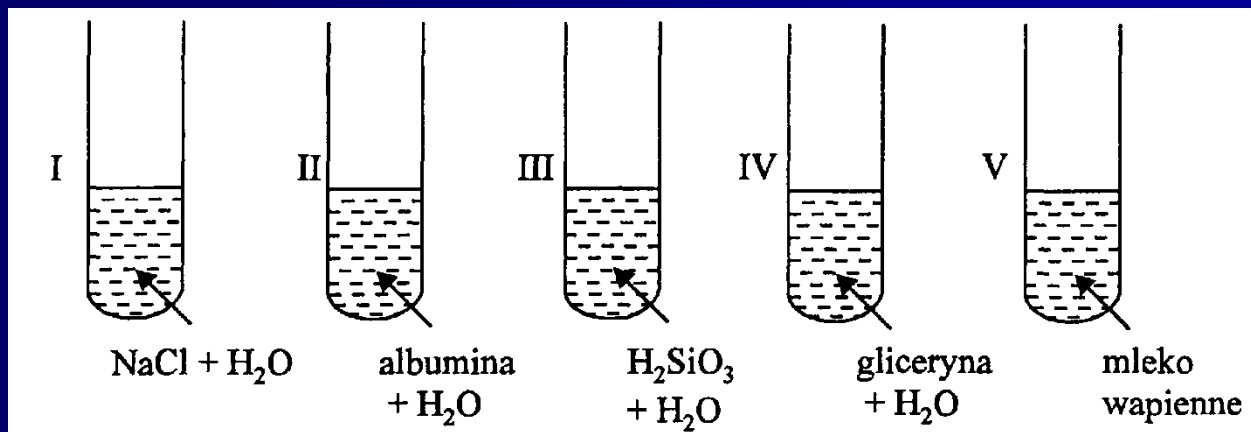


## Przykładowe pytania

**3. Białka tworzą układy koloidalne. Całkowity ładunek elektryczny cząsteczek białek zależy od środowiska. Dodatni ładunek posiadają one w roztworze:**

- A. zasadowym z powodu przyłączenia się kationów do grup karboksylowych
- B. którego środowisko odpowiada punktowi izoelektrycznemu
- C. bardziej kwaśnym od punktu izoelektrycznego
- D. obojętnym, gdyż wówczas grupy karboksylowe przekazują proton grupom aminowym.

**4. W których probówkach znajdują się roztwory koloidalne:**

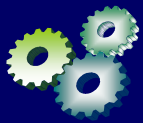


A. I i IV

B. II i IV

C. II i V

D. II i III



## Przykładowe pytania

**5. Wiedząc, że wartości pH punktu izoelektrycznego wynoszą odpowiednio: dla albuminy 4.8 zaś globuliny 4.1 można przewidzieć, że w roztworze zasadowym rozdział białek surowicy krwi będzie polegał na wędrówce:**

- A. globulin do katody, albumin do anody
- B. globulin do anody, albumin do katody
- C. globulin i albumin do anody, przy czym szybkość ich ruchu będzie zróżnicowana
- D. globulin i albumin do katody, przy czym szybkość ich ruchu będzie zróżnicowana

**6. Jedną z metod rozdziału mieszanin stosowaną w przypadku układów koloidalnych jest dializa. Polega ona na oddzielaniu cząsteczek koloidalnych od rozpuszczalnika przez wykorzystanie faktu, że:**

- A. przez błonę półprzepuszczalną przechodzą jedynie cząsteczki koloidalne
- B. przez błonę półprzepuszczalną przechodzą jedynie cząsteczki rozpuszczalnika
- C. pod wpływem pola elektrycznego szybkość przechodzenia cząsteczek rozpuszczalnika i cząsteczek koloidalnych przez błonę półprzepuszczalną jest zróżnicowana
- D. koloidy liofobowe łatwiej przechodzą przez błonę półprzepuszczalną niż cząsteczki rozpuszczalnika



# Przykładowe pytania

1. Które z poniższych stwierdzeń nie jest w pełni prawdziwe?

	faza dyspersyjna	faza zdyspergowana	nazwa układu koloidalnego
<b>A.</b>	ciecz	ciecz	emulsja
<b>B.</b>	ciecz	gaz	piana
<b>C.</b>	ciecz	ciecz	mgła
<b>D.</b>	gaz	ciało stałe	dym

**Odp. C**

2. Należy otrzymać 10g 20% roztworu NaCl, mając do dyspozycji stały NaCl oraz 10% roztwór NaCl. Ile gramów stałego NaCl oraz jego 10% roztworu należy zmieszać ze sobą, aby otrzymać żądany roztwór?

- A. 5g stałego NaCl 5g 10% roztworu NaCl
- B. 2g stałego NaCl i 18g 10% roztworu NaCl
- C. 1.11 g stałego NaCl i 8.89g 10% roztworu **NaCl**
- D. 0.55g stałego NaCl i 9.45g 10% roztworu NaCl

**Odp. C**



## Przykładowe pytania

**3. Jaka jest rozpuszczalność  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  w wodzie w temp.  $70^\circ\text{C}$  jeśli stężenie nasyconego roztworu siarczanu miedzi w tej temp. wynosi 28.6%?**

- A. 80.8g soli na 100g wody
- C. 14.3g soli na 100g wody
- E. 40g soli na 100g wody

- B. 28.6g soli na 100g wody
- D. 20g soli na 100g wody

***Odp. C***

**4. Stężenie nasyconego roztworu soli wynosi 20%.  
Rozpuszczalność tej soli wynosi:**

- A. 15g/100g  $\text{H}_2\text{O}$
- C. 25g/100g  $\text{H}_2\text{O}$

- B. 20g/100g  $\text{H}_2\text{O}$
- D. 30g/100g  $\text{H}_2\text{O}$

***Odp. C***



## Przykładowe pytania

5. Czterej studenci odczytali z tablic rozpuszczalności  $\text{NH}_4\text{Cl}$  i  $\text{O}_2$  w temperaturze  $T_1=293\text{K}$ ,  $T_2=323\text{K}$ ,  $T_3=353\text{K}$ . Wszyscy zapisali dobrze wartości liczbowe rozpuszczalności, ale zapomnieli zaznaczyć, jakiej dotyczą one substancji i temperatury. Po pewnym czasie wpisali swoje dane do tabelki pokazanej poniżej:

student	rozpuszczalność [g/100 g wody]					
	$\text{NH}_4\text{Cl}$			$\text{O}_2$		
	293 K	323 K	353 K	293 K	323 K	353 K
<b>I</b>	37.2	50.4	65.6	0.00434	0.00266	0.00138
<b>II</b>	65.6	50.4	37.2	0.00138	0.00266	0.00434
<b>III</b>	0.00138	0.00266	0.00434	37.2	50.4	65.6
<b>IV</b>	37.2	50.4	65.6	0.00138	0.00266	0.00434

Poprawnie tabelkę wypełnił tylko student:

**A. I**

**B. II**

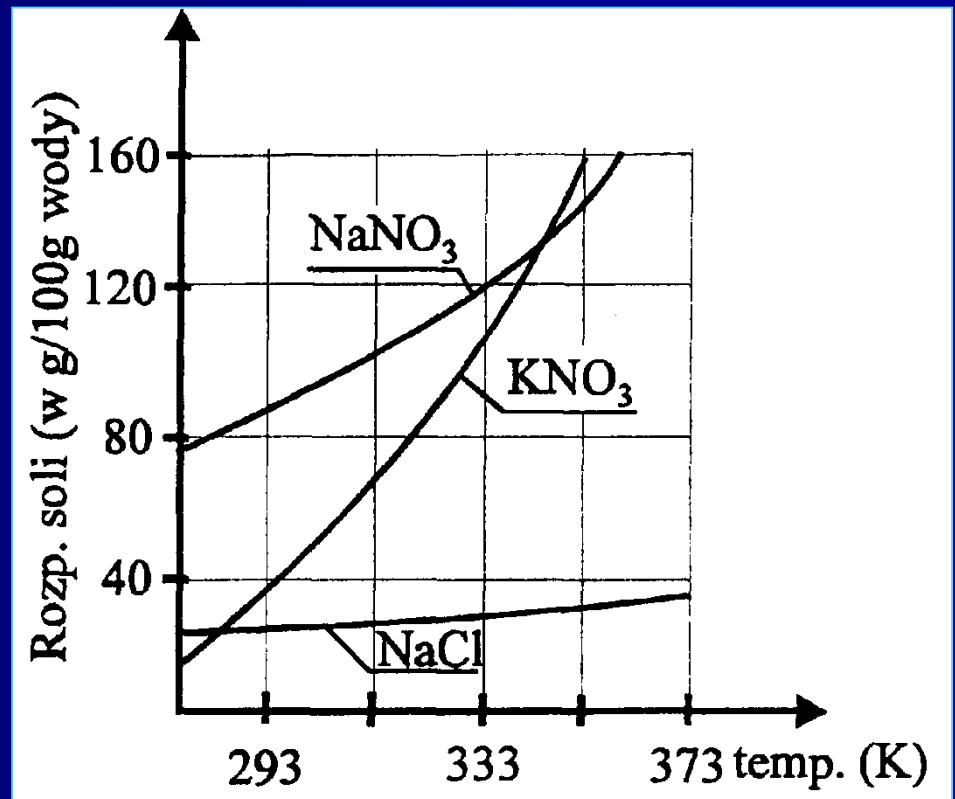
**C. III**

**D. IV**

***Odp. A***

6. Do trzech zlewek, w których znajduje się po 100g wody dodano: do pierwszej 40g  $\text{KNO}_3$ , do drugiej 40g  $\text{NaCl}$  i do trzeciej 40g  $\text{NaNO}_3$ . W temperaturze  $T = 313\text{K}$  stężenie procentowe roztworów jest:

- A. jednakowe we wszystkich zlewkach
- B. jednakowe w zlewce 1 i 3
- C. najwyższe w zlewce 2
- D. najniższe w zlewce 3



**Odp. B**