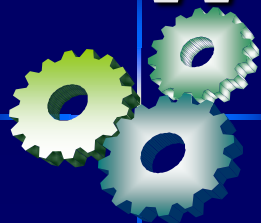


Wykład z Chemii Ogólnej



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
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 |
|--|--|---|--|
| gaz ciecz ciało stałe | gaz gaz gaz | nie istnieje aerozole ciekłe aerozole stałe | - mgła, dym, pył mikrokryształów, kurz |
| gaz ciecz ciało stałe | ciecz ciecz ciecz | piana emulsja zole (roztwory koloidalne) | piana mydlana, piana na piwie mleko, majonez, kremy zole tlenków metali, zole wodorotlenków, farby, roztwory wielkocząsteczkowych polimerów |
| gaz ciecz ciało stałe | ciało stałe ciało stałe ciało stałe | 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

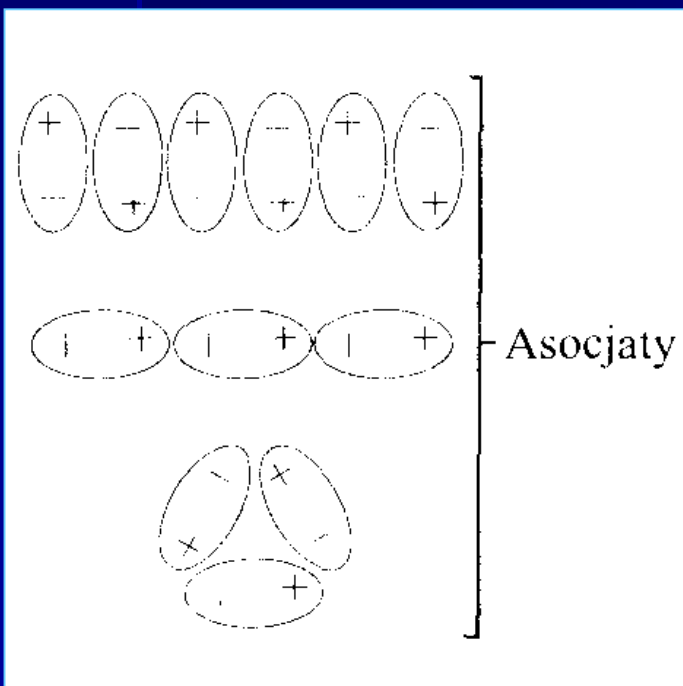
Wysoka wartość stałej dielektrycznej

Silne wiązania wodorowe

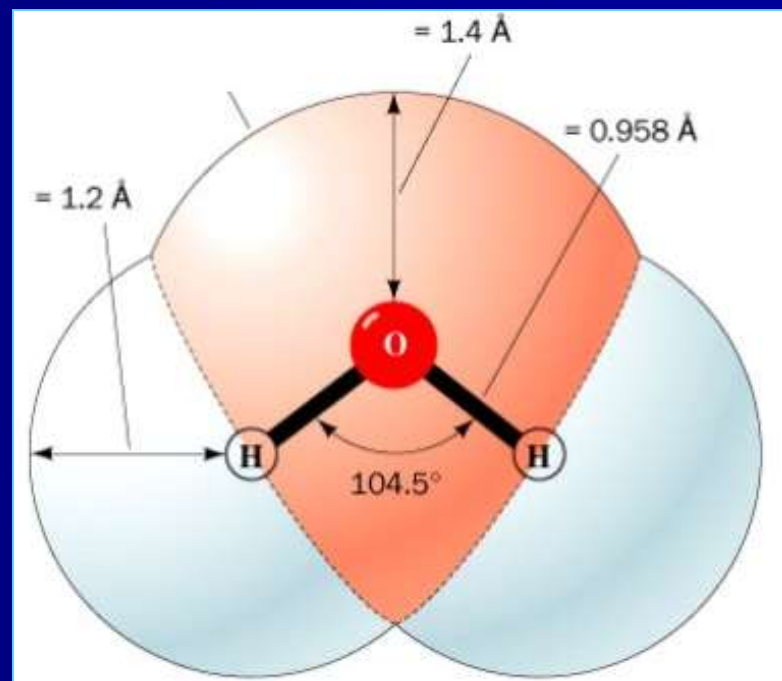
Wysoka temperatura wrzenia

Asocjacja cząsteczek wody

Anomalia zmian gęstości w funkcji temperatury

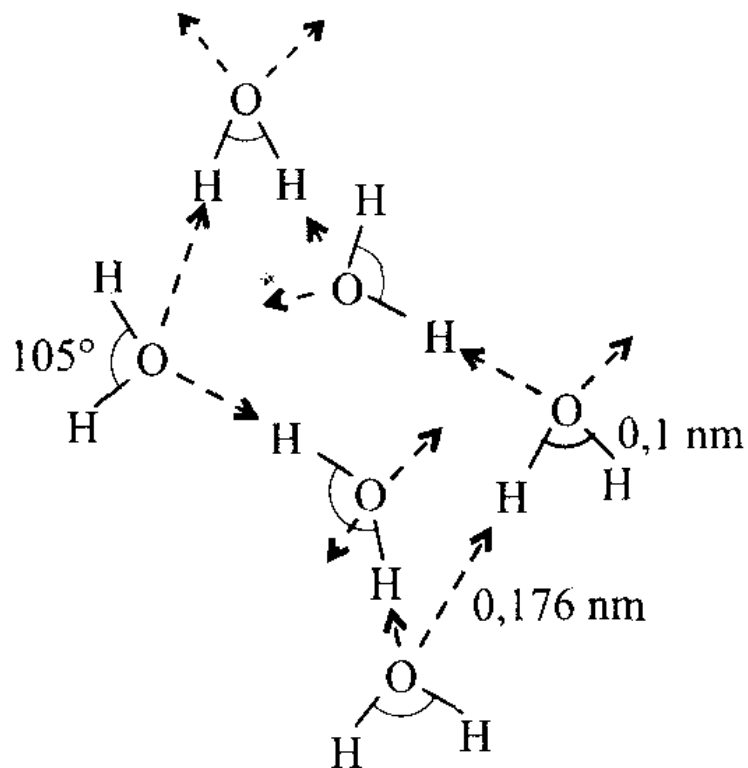


Powierzchnia van der Waals dla cząsteczki wody

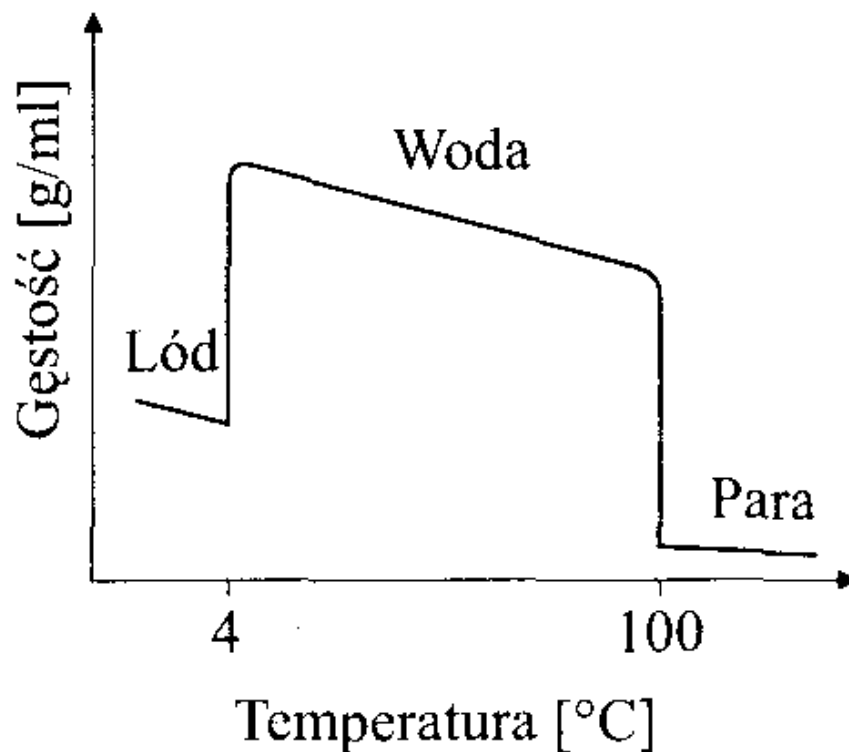


Cechy charakterystyczne wody

Sześć cząsteczek wody w sieci krystalicznej lodu tworzy heksagonalny pierścień.

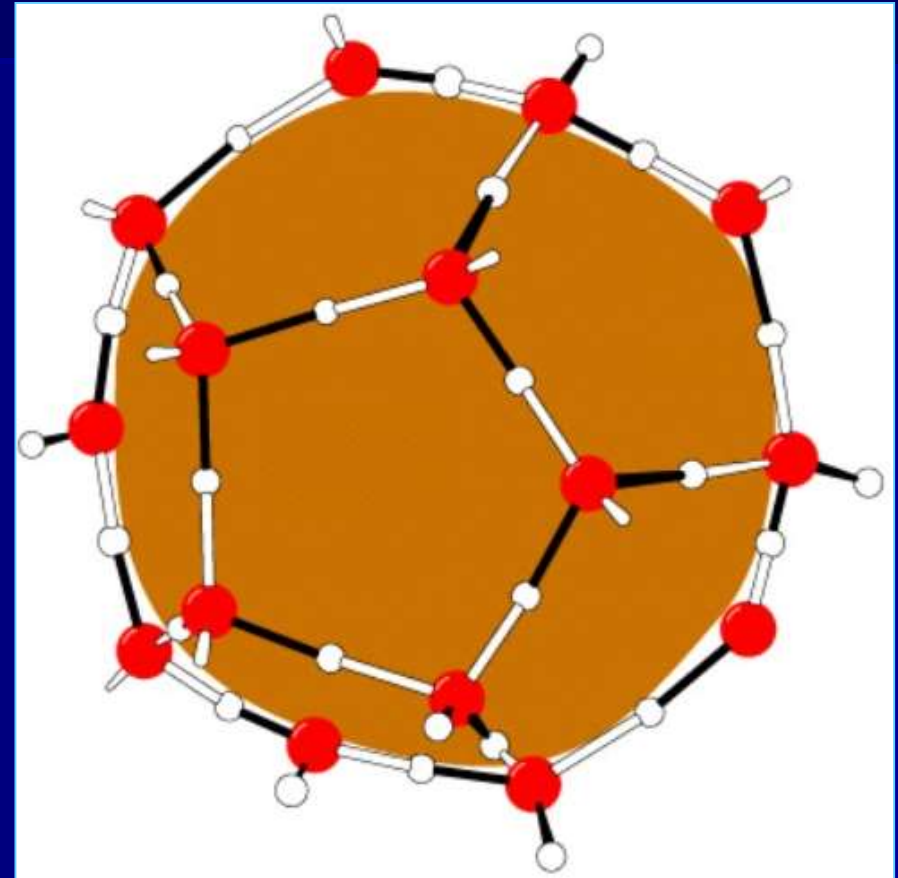
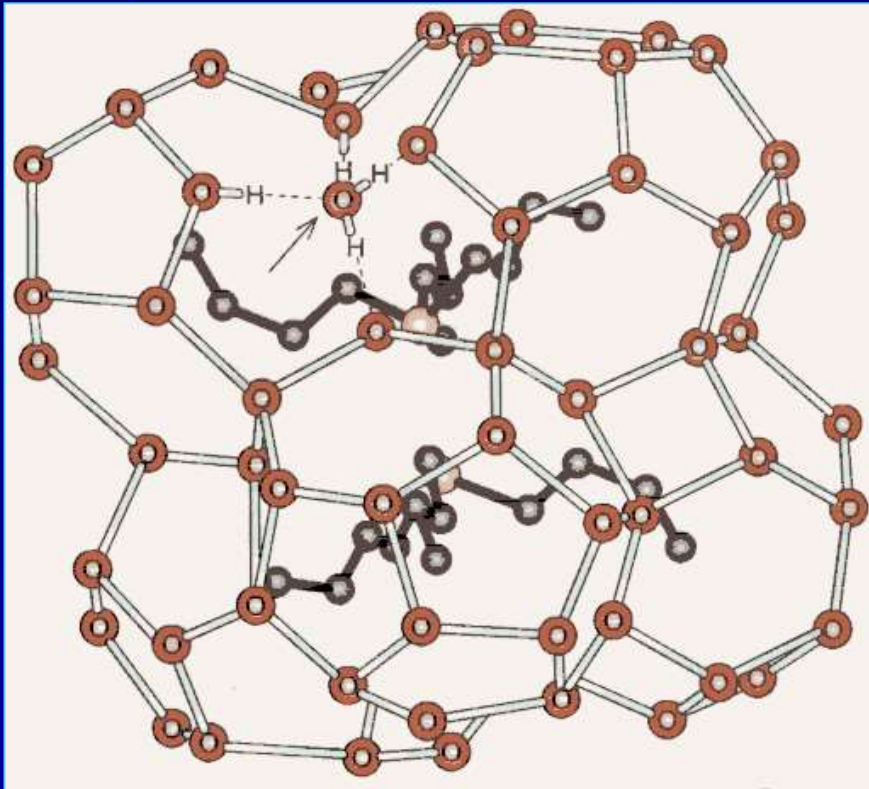


Zmiany gęstości wody w zależności od temperatury



Cechy charakterystyczne wody

Wysoce zorganizowana struktura cząsteczek wody (homeopatia?)



ROZPUSZCZANIE W WODZIE

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

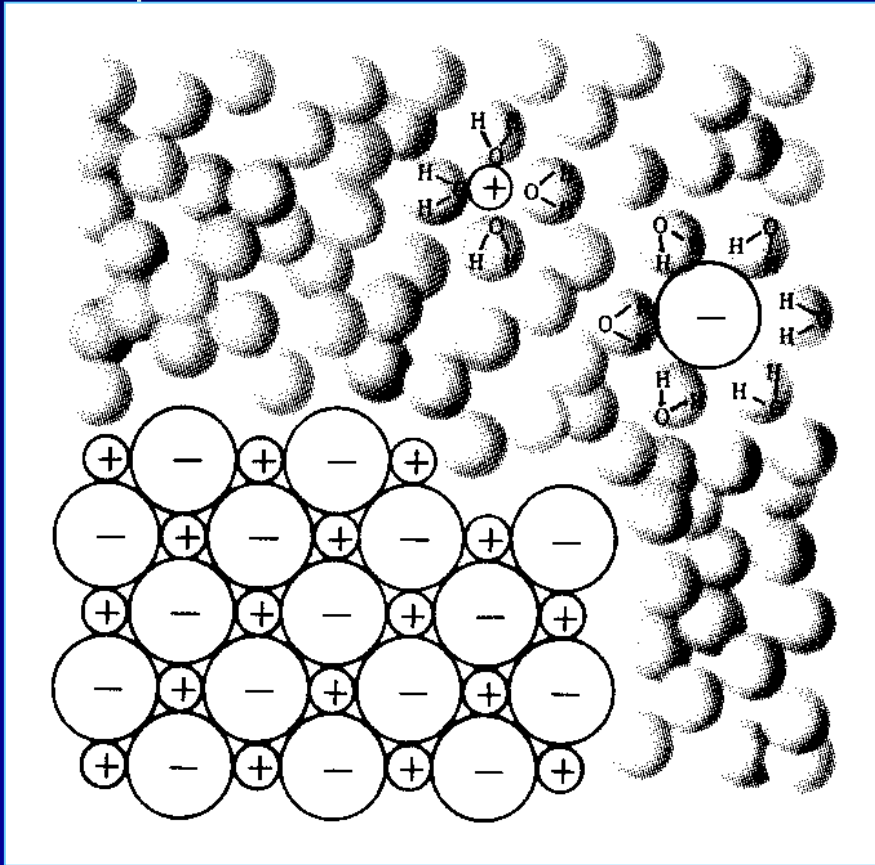
- chemiczną reakcję substancji z rozpuszczalnikiem w wyniku której powstaje nowa rozpuszczona substancja (np. rozpuszczanie metali i tlenków metali w kwasach oraz tlenków niemetalu w wodzie)



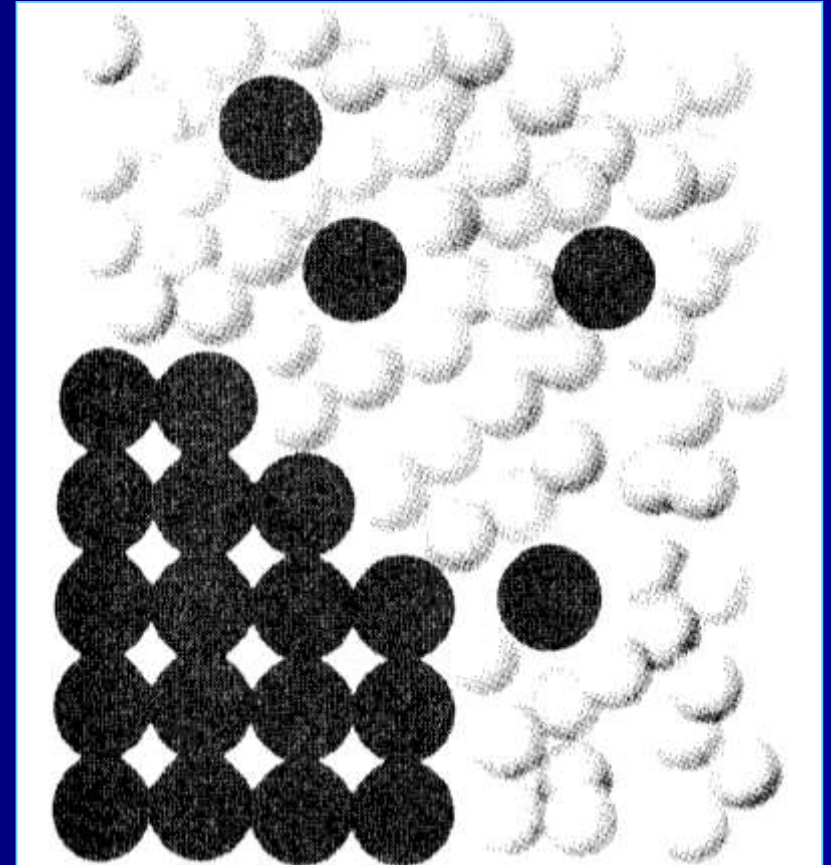
- fizyczne oddziaływanie substancji z rozpuszczalnikiem w wyniku której powstaje solwatowana (hydratowana) forma rozpuszczanej substancji
- dyspersję substancji w rozpuszczalniku (zjawisko fizyczne)

ROZPUSZCZANIE W WODZIE

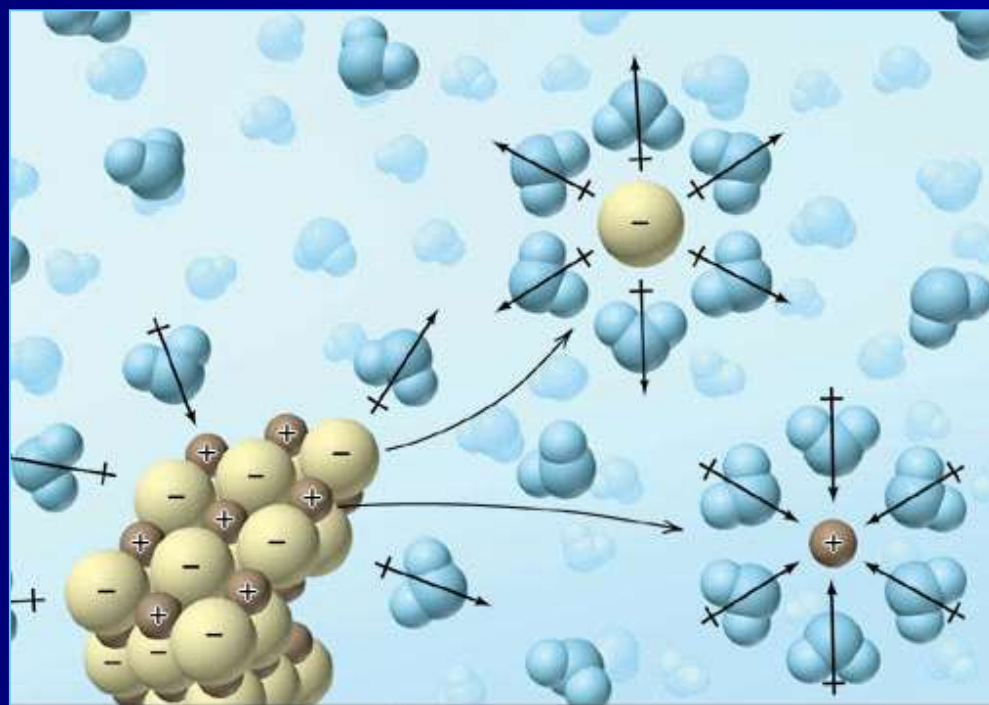
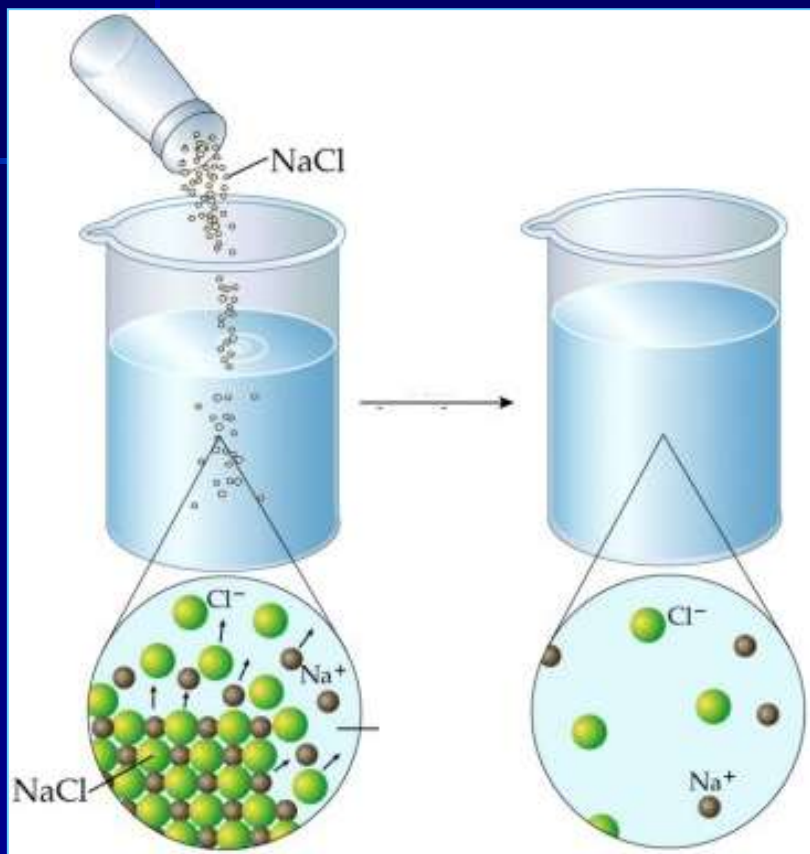
Rozpuszczanie substancji polarnej



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:

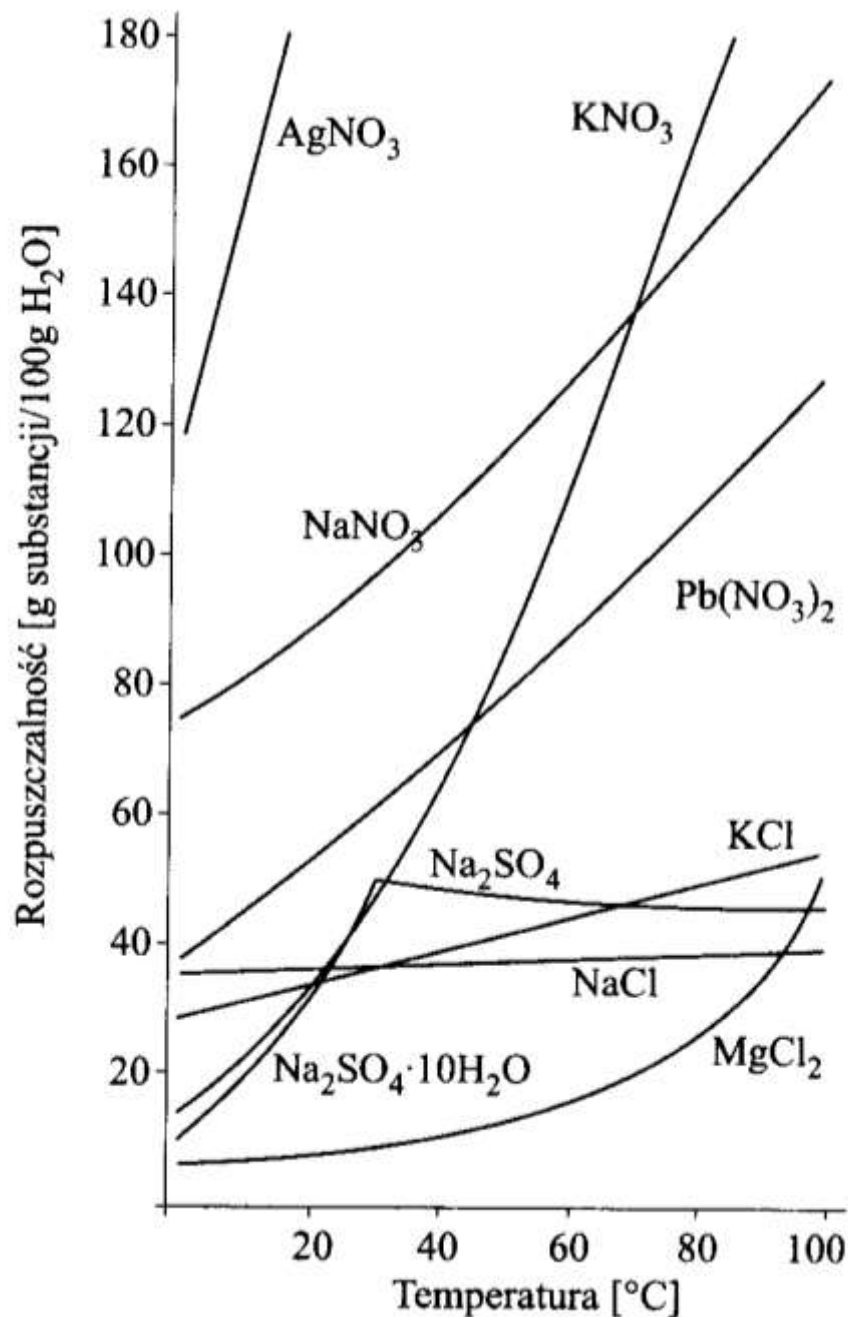
- rozdrobnienie substancji - powoduje zwiększenie powierzchni ciała stałego, co ułatwia odrywanie się kolejnych cząsteczek
- mieszanie roztworu - ułatwia rozprzestrzenianie się solwatowanych cząstek w całej objętości roztworu
- ogrzewanie roztworu - sprzyja rozpadowi zasocjowanych cząsteczek rozpuszczalnika, 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

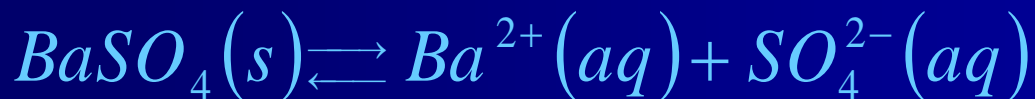
Maksymalna ilość substancji, jaką można rozpuścić w jednostce objętości rozpuszczalnika w danej temperaturze i ciśnieniu nosi nazwę rozpuszczalności.

Rozpuszczalność wyrażana jest przeważnie w gramach substancji rozpuszczonej w 1 dm³ 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⁻³

Związek pomiędzy rozpuszczalnością a iloczynem rozpuszczalności

Sól typu AB

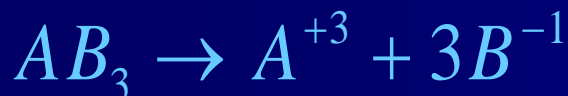


(np. AgCl, BaSO₄, FePO₄)

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

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

Sól typu AB₃ lub A₃B



(np. Ag₃PO₄)

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

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

Sól typu AB₂ lub A₂B



(np. PbCl₂, Ag₂SO₄)

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

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

Sól typu A₂B₃ lub A₃B₂



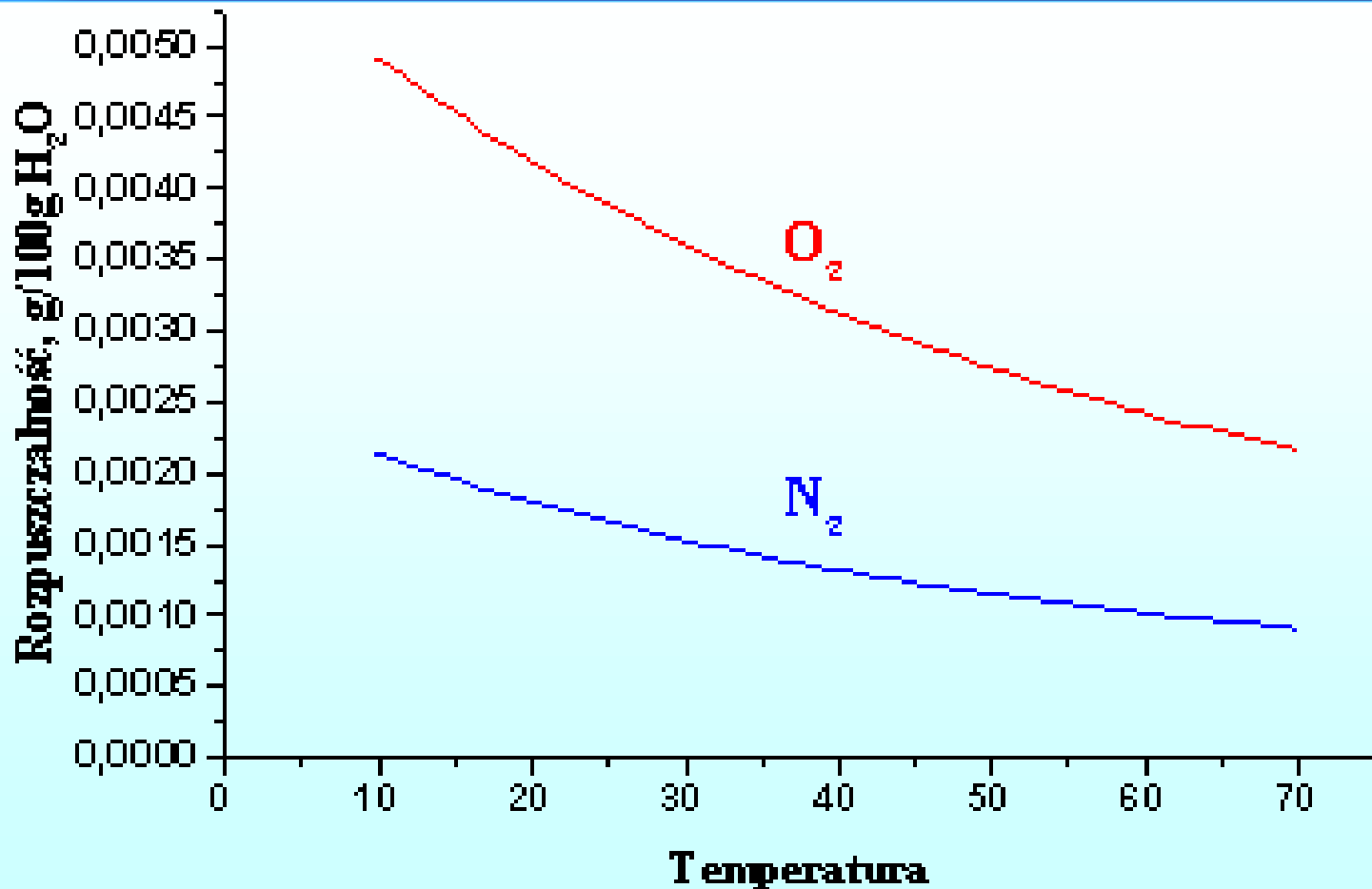
(np. Fe₂S₃, Pb₃(PO₄)₂)

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

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

Rozpuszczalność gazów

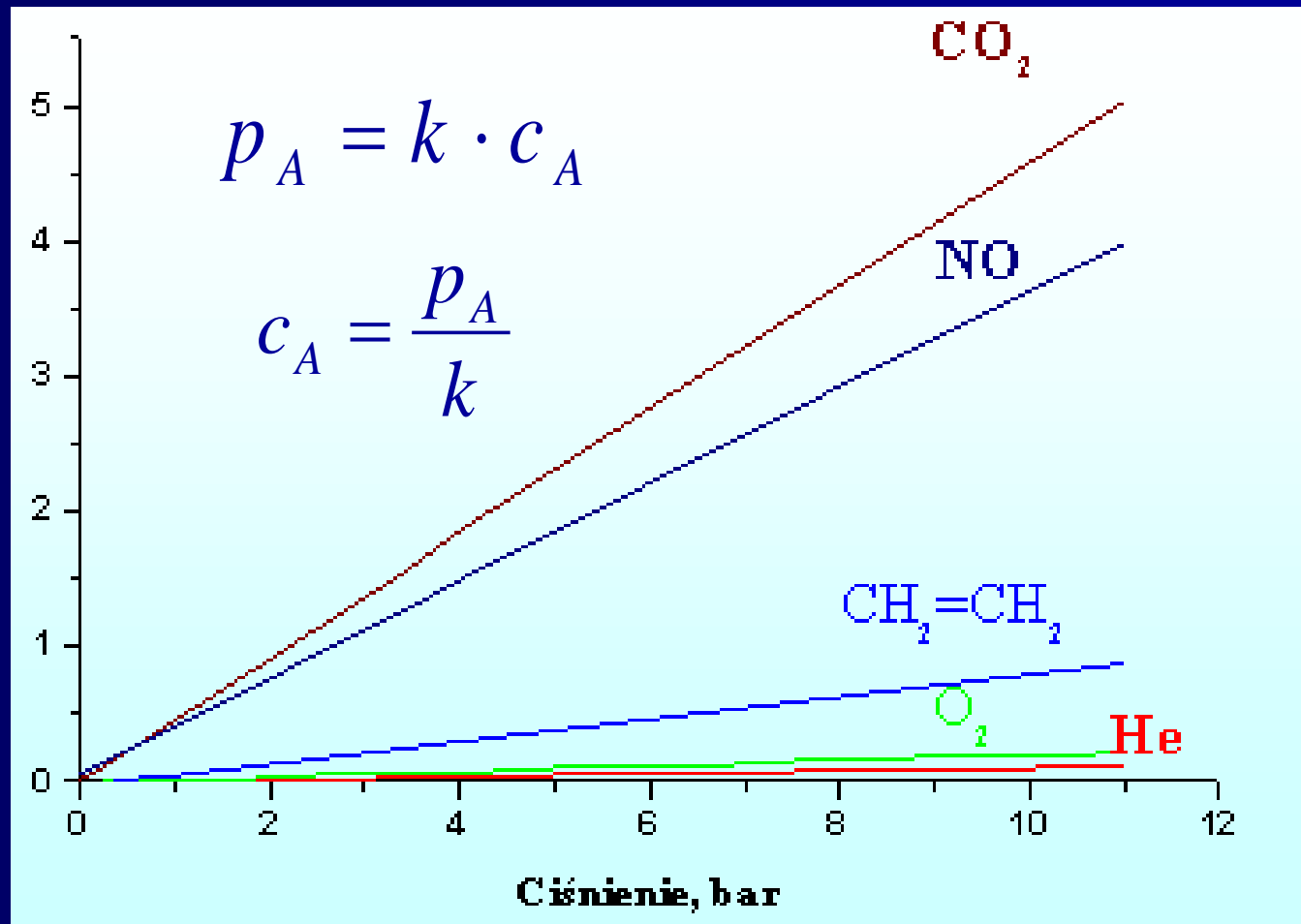
Wpływ temperatury na rozpuszczalność azotu i tlenu w wodzie.



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 (parcjalego) 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):

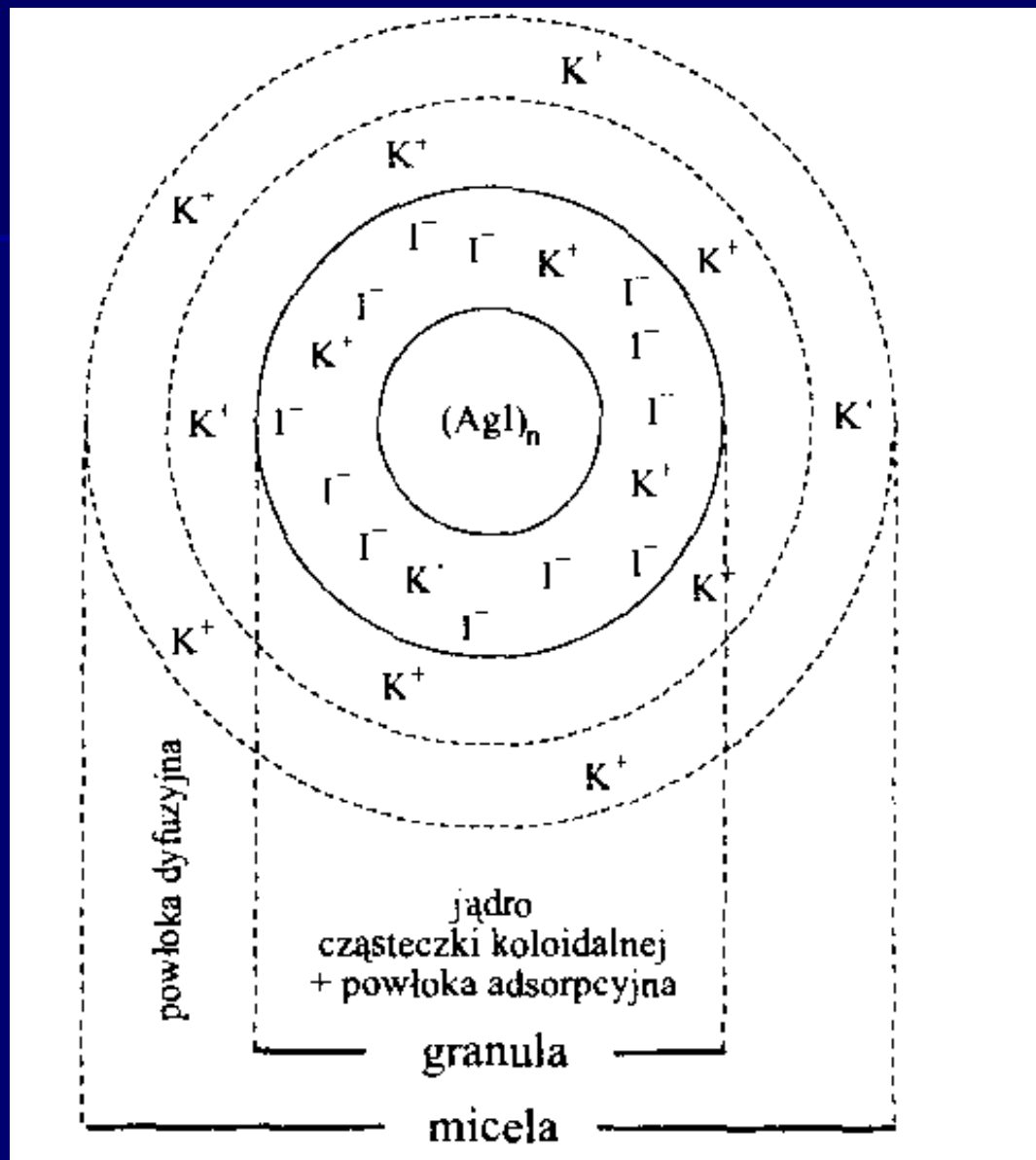
koloidy molekularne (białka, kwasy nukleinowe, polisacharydy) roztwory micelarne (mydła, detergenty) mające wysokie powinowactwo do fazy rozpraszającej

Koloidy liofobowe (hydrofobowe):

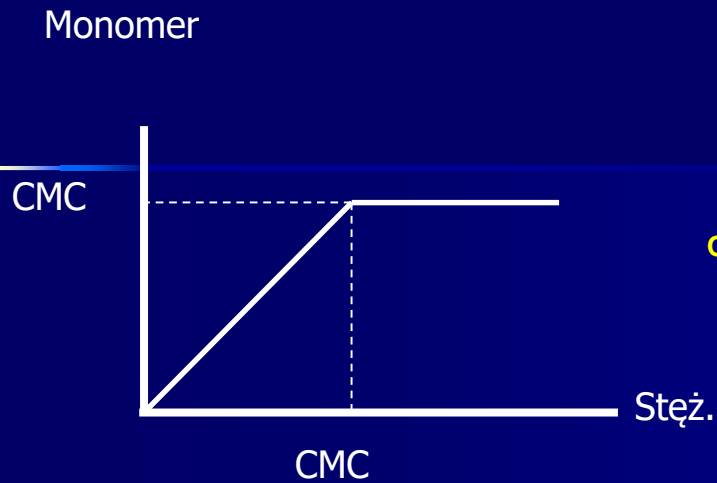
Niskie powinowactwo do fazy rozpraszającej

UKŁADY KOLOIDALNE

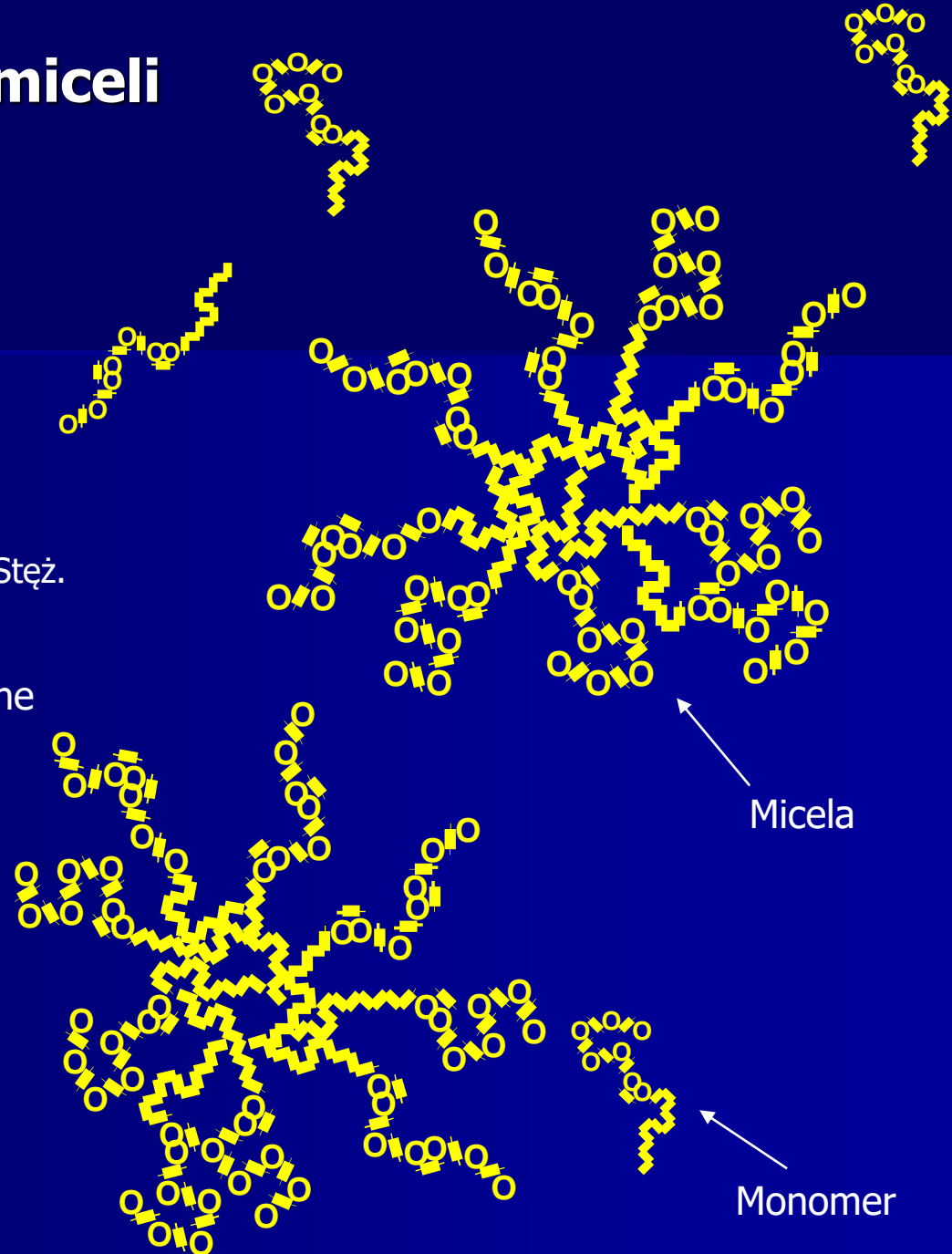
– budowa miceli



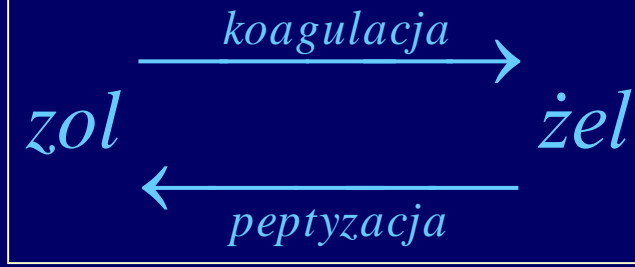
Mechanizm tworzenia miceli



CMC = Krytyczne stężenie micelarne



KOAGULACJA I PEPTYZACJA

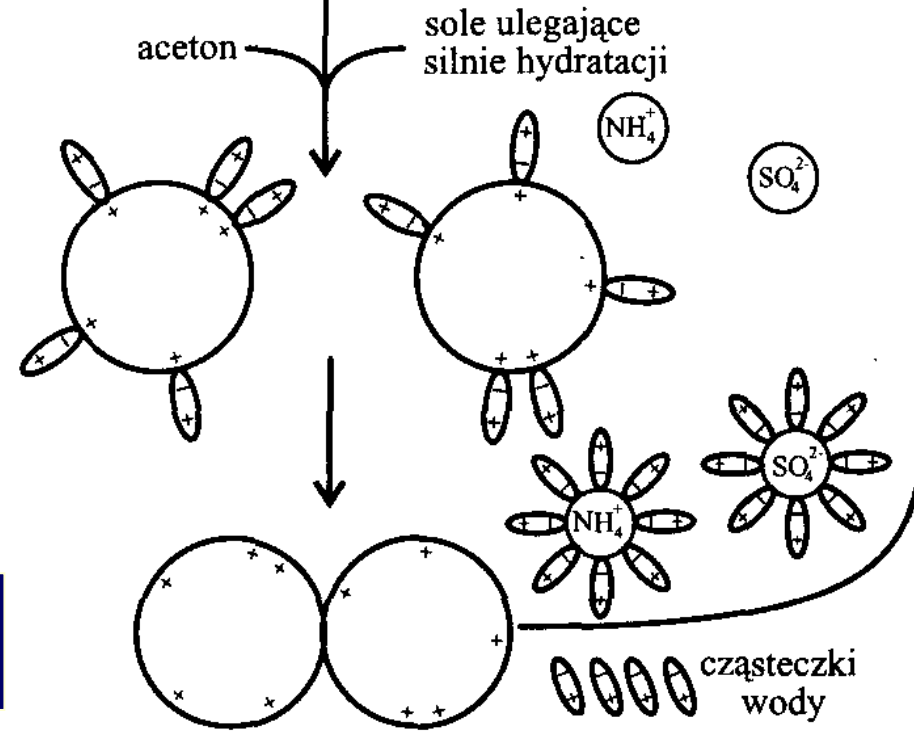
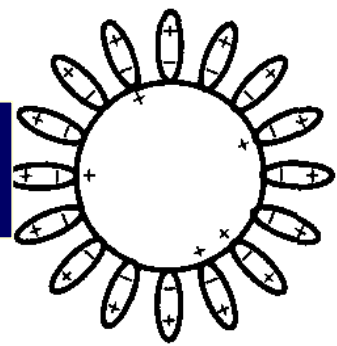
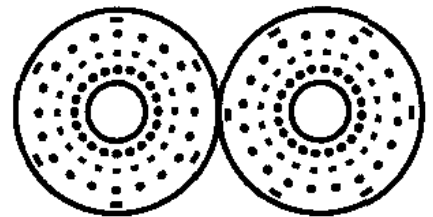
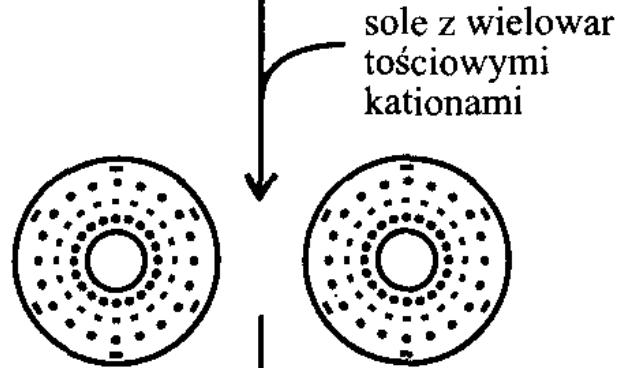
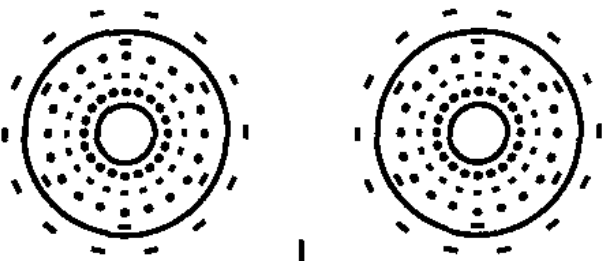


Koloidy hydrofobowe

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



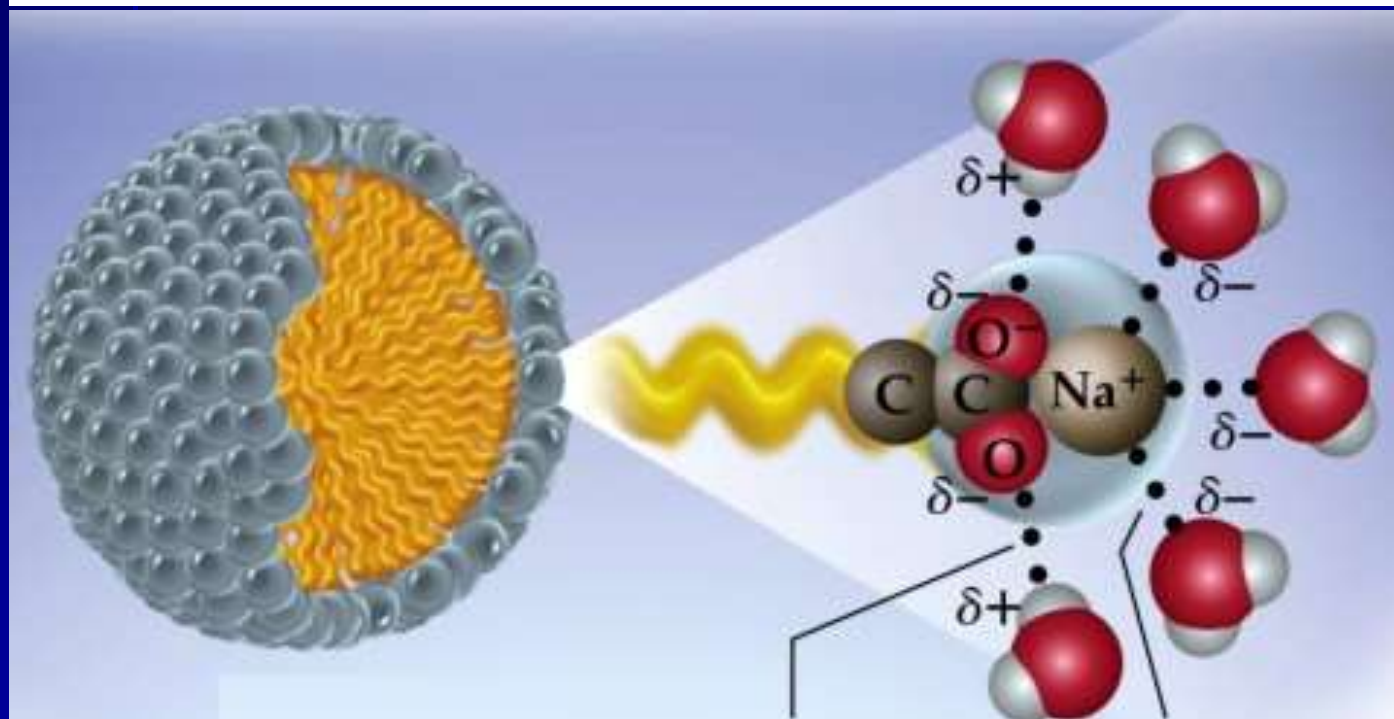
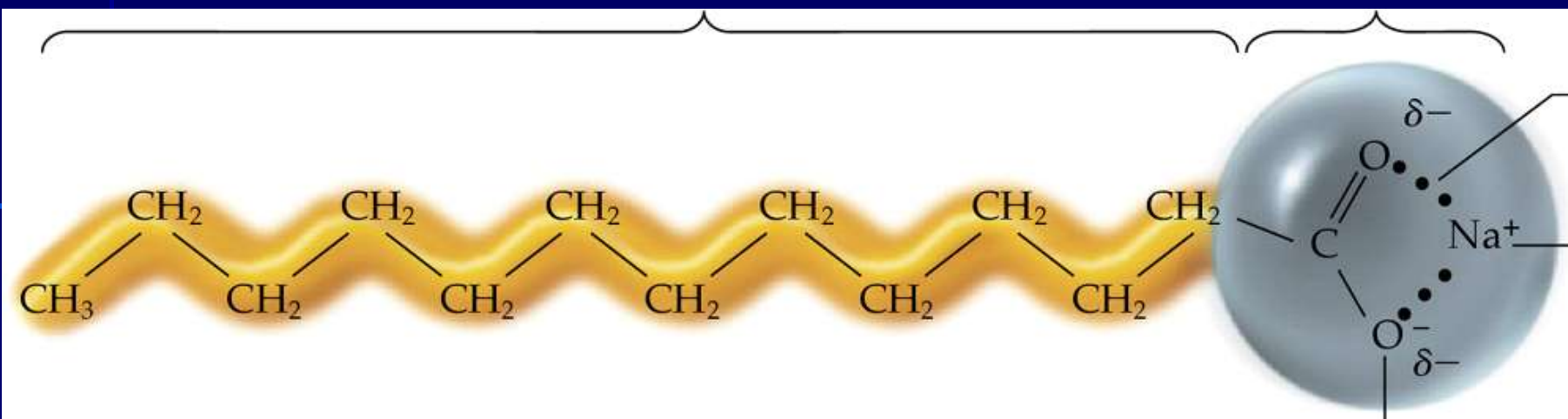
WŁAŚCIWOŚCI KOLOIDÓW LIOFOBOWYCH

- **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

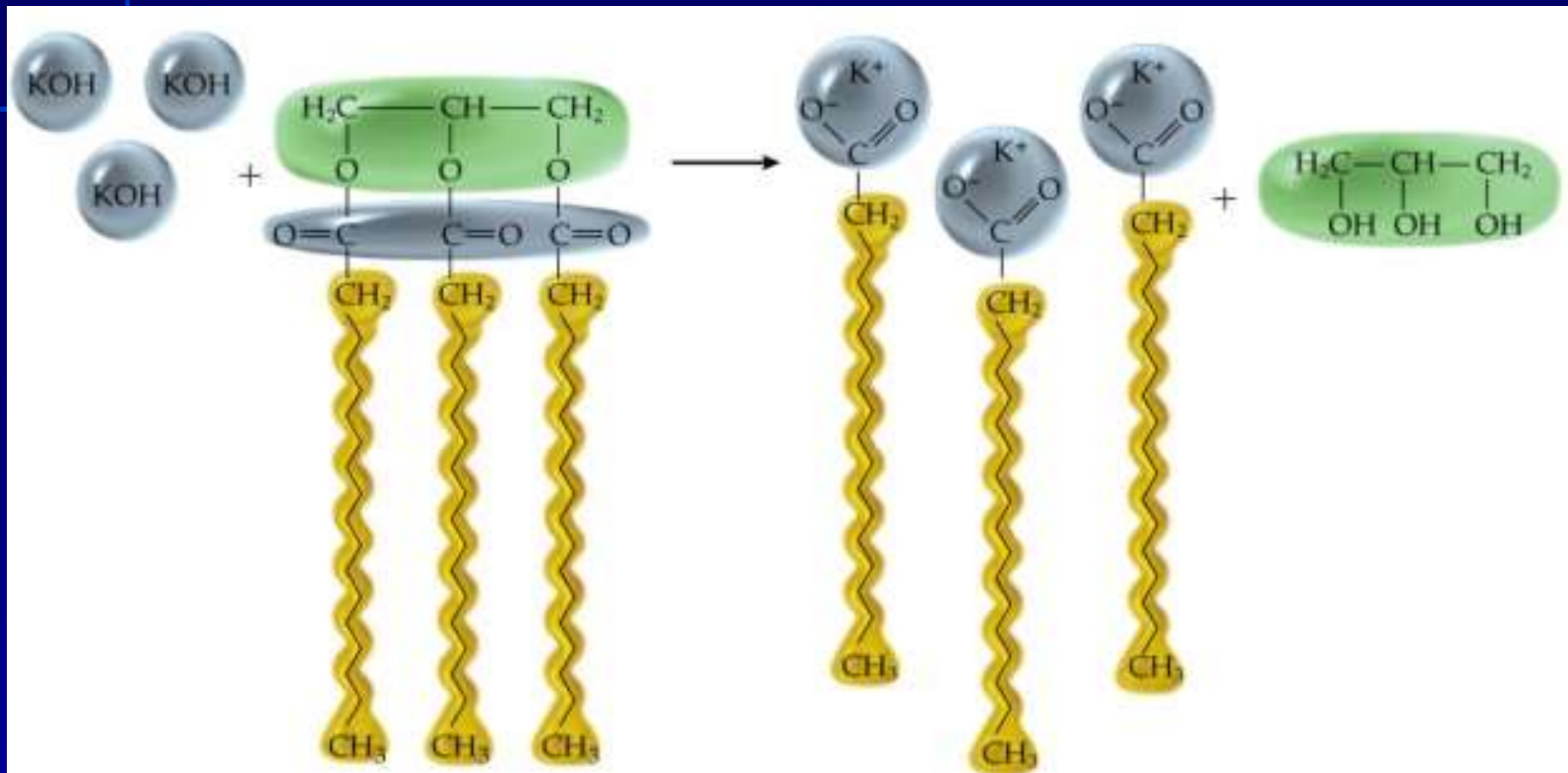
WŁAŚCIWOŚCI KOLOIDÓW LIOFILOWYCH

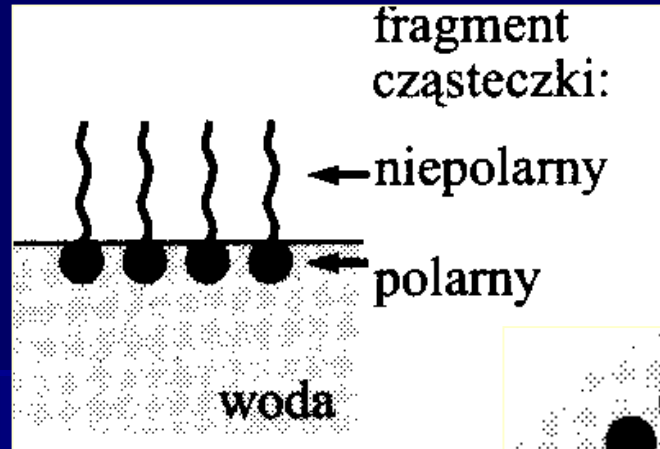
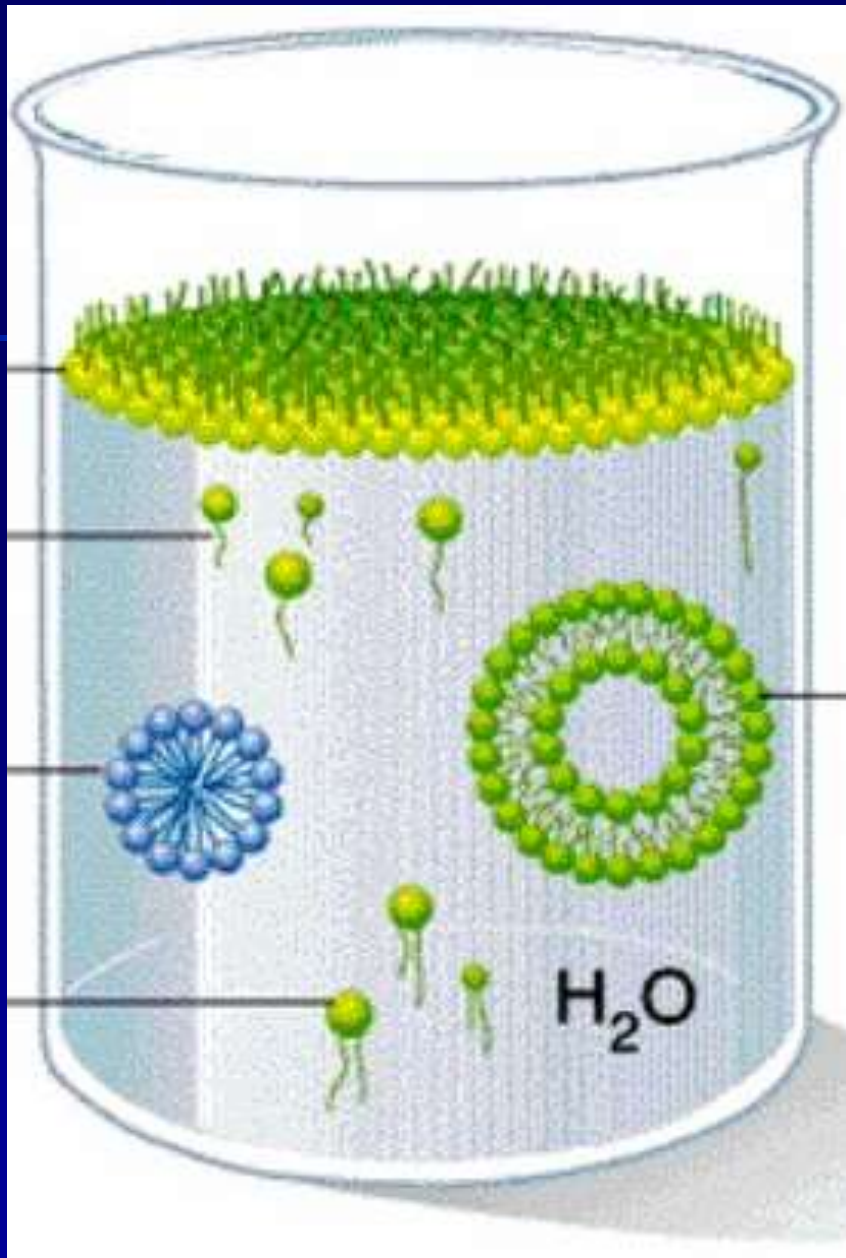
- **Otrzymywanie** - można otrzymać przez rozpuszczanie.
- **Czynnik stabilizujący** - cząsteczki rozpuszczalnika. Cząsteczki fazy rozpraszającej wykazują powinowactwo do cząsteczek fazy rozproszonej. Cząsteczki koloidów hydrofilowych zostają otoczone warstwą cząsteczek wody, tzw. płaszczem wodnym", 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



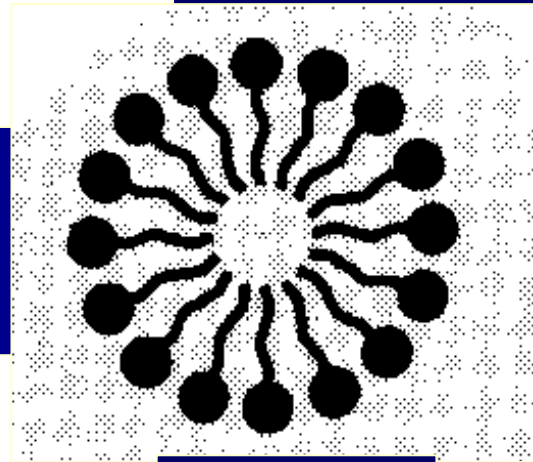
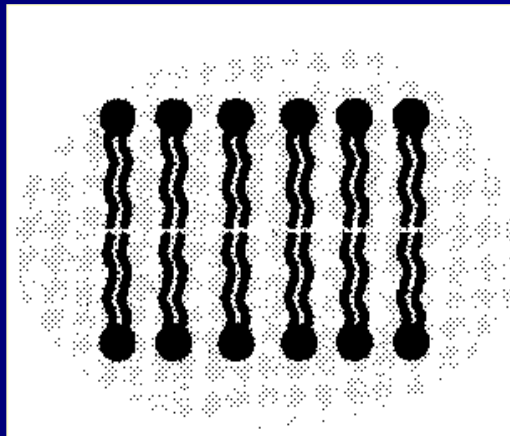
Otrzymywanie mydła:



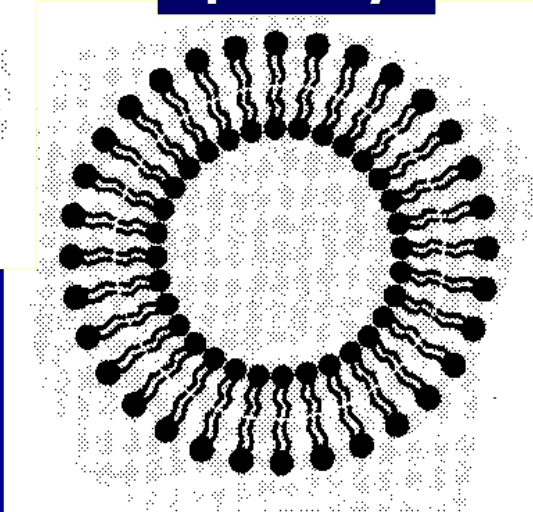


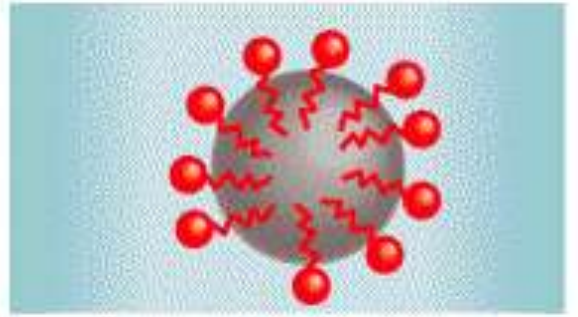
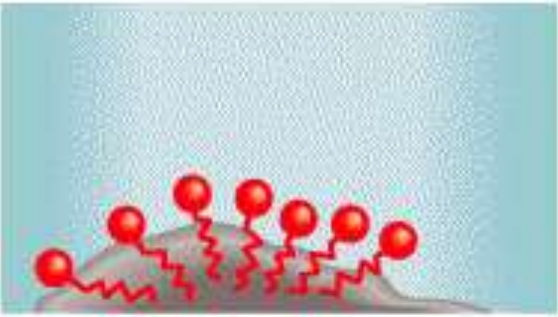
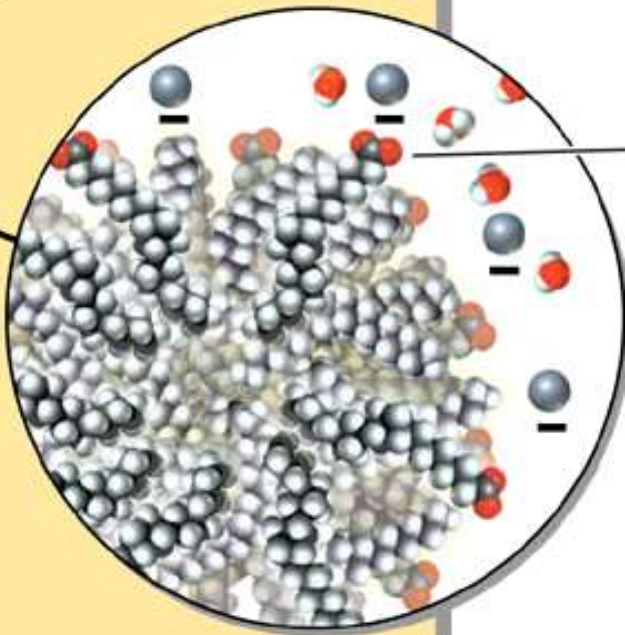
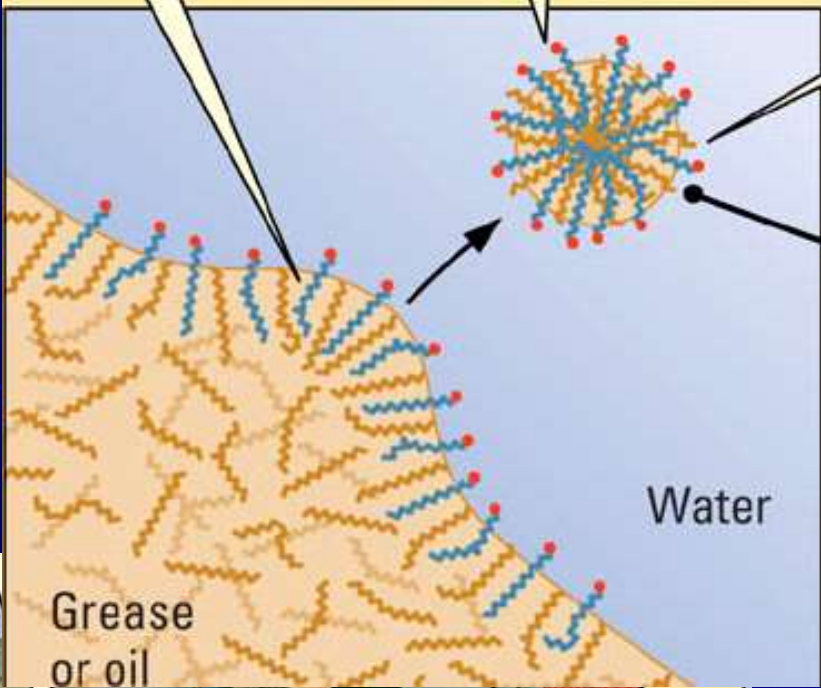
micele

warstwy podwójne



liposomy





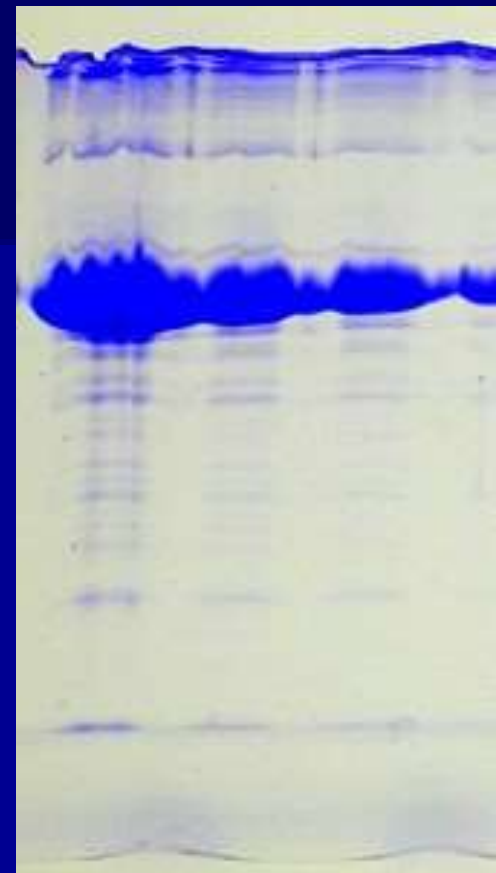
Metody oczyszczania układów koloidalnych

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

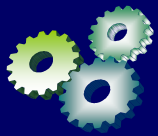
Dializa

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

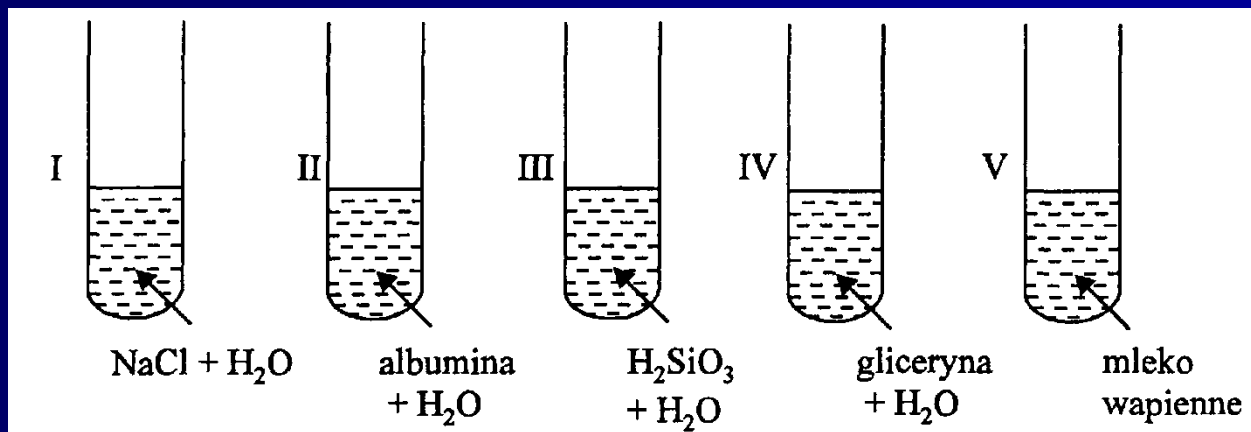


Przykładowe pytania

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:

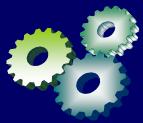


A. I i IV

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 |
|-----------|------------------|--------------------|---------------------------|
| A. | ciecz | ciecz | emulsja |
| B. | ciecz | gaz | piana |
| C. | ciecz | ciecz | mgła |
| D. | 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°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 H_2O
- C. 25g/100g H_2O

- B. 20g/100g H_2O
- D. 30g/100g H_2O

Odp. C



Przykładowe pytania

5. Czterej studenci odczytali z tablic rozpuszczalności NH_4Cl i 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] | | | | | |
|------------|--------------------------------|---------|---------|--------------|---------|---------|
| | NH_4Cl | | | O_2 | | |
| | 293 K | 323 K | 353 K | 293 K | 323 K | 353 K |
| I | 37.2 | 50.4 | 65.6 | 0.00434 | 0.00266 | 0.00138 |
| II | 65.6 | 50.4 | 37.2 | 0.00138 | 0.00266 | 0.00434 |
| III | 0.00138 | 0.00266 | 0.00434 | 37.2 | 50.4 | 65.6 |
| IV | 37.2 | 50.4 | 65.6 | 0.00138 | 0.00266 | 0.00434 |

Poprawnie tabelkę wypełnił tylko student:

A. I

B. II

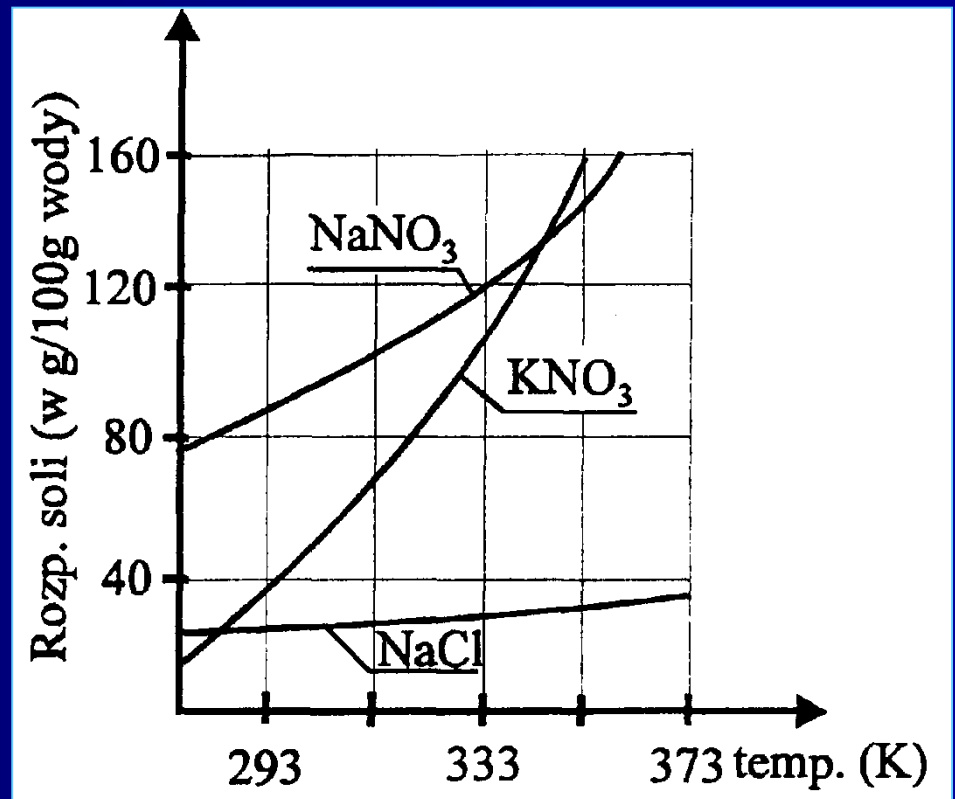
C. III

D. IV

Odp. A

6. Do trzech zlewek, w których znajduje się po 100g wody dodano: do pierwszej 40g KNO_3 , do drugiej 40g NaCl i do trzeciej 40g 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