



**Konsultacje Chemia roztworów wodnych
11 kwietnia 2024**

dr Monika Tomczyk

ZAKŁAD CHEMII ORGANICZNEJ

**PROJEKT FINANSOWANY ZE ŚRODKÓW BUDŻETU PAŃSTWA PRZYZNANYCH PRZEZ MINISTRA EDUKACJI I NAUKI
W RAMACH PROGRAMU SPOŁECZNA ODPOWIEDZIALNOŚĆ NAUKI II**

Biologia i Chemia po akademicku 3

DOFINANSOWANIE

40 500 zł

CAŁKOWITA WARTOŚĆ

45 000 zł



**Ministerstwo
Edukacji i Nauki**



I.

ROZTWORY – DEFINICJA I PODZIAŁ

MIESZANINY

występują we wszystkich stanach skupienia, zawierają co najmniej dwie substancje, wymieszane ze sobą (proces fizyczny) w dowolnych proporcjach, mają zmienny skład.

UKŁAD

Wyodrębniona myślowo lub fizycznie część przestrzeni, która stanowi przedmiot badań.

SKŁADNIK UKŁADU

Indywidualne chemiczne (atom, jon, cząsteczka), które jest w nim obecne.

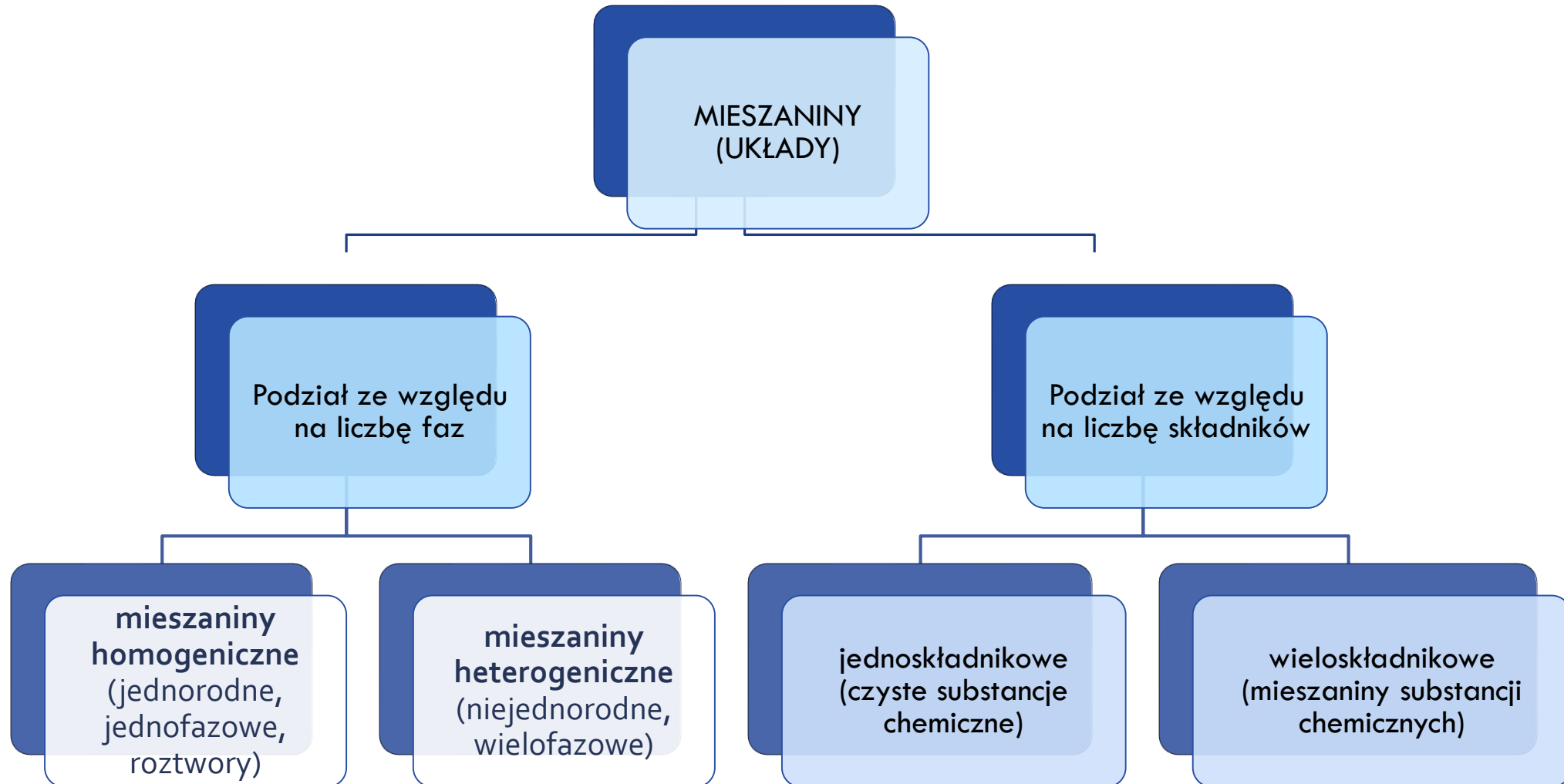
OTOCZENIE UKŁADU

Wszystko, co nie jest układem.

FAZA

Jednolita fizycznie część układu, oddzielona od pozostałych części wyraźną granicą.

PODZIAŁ MIESZANIN

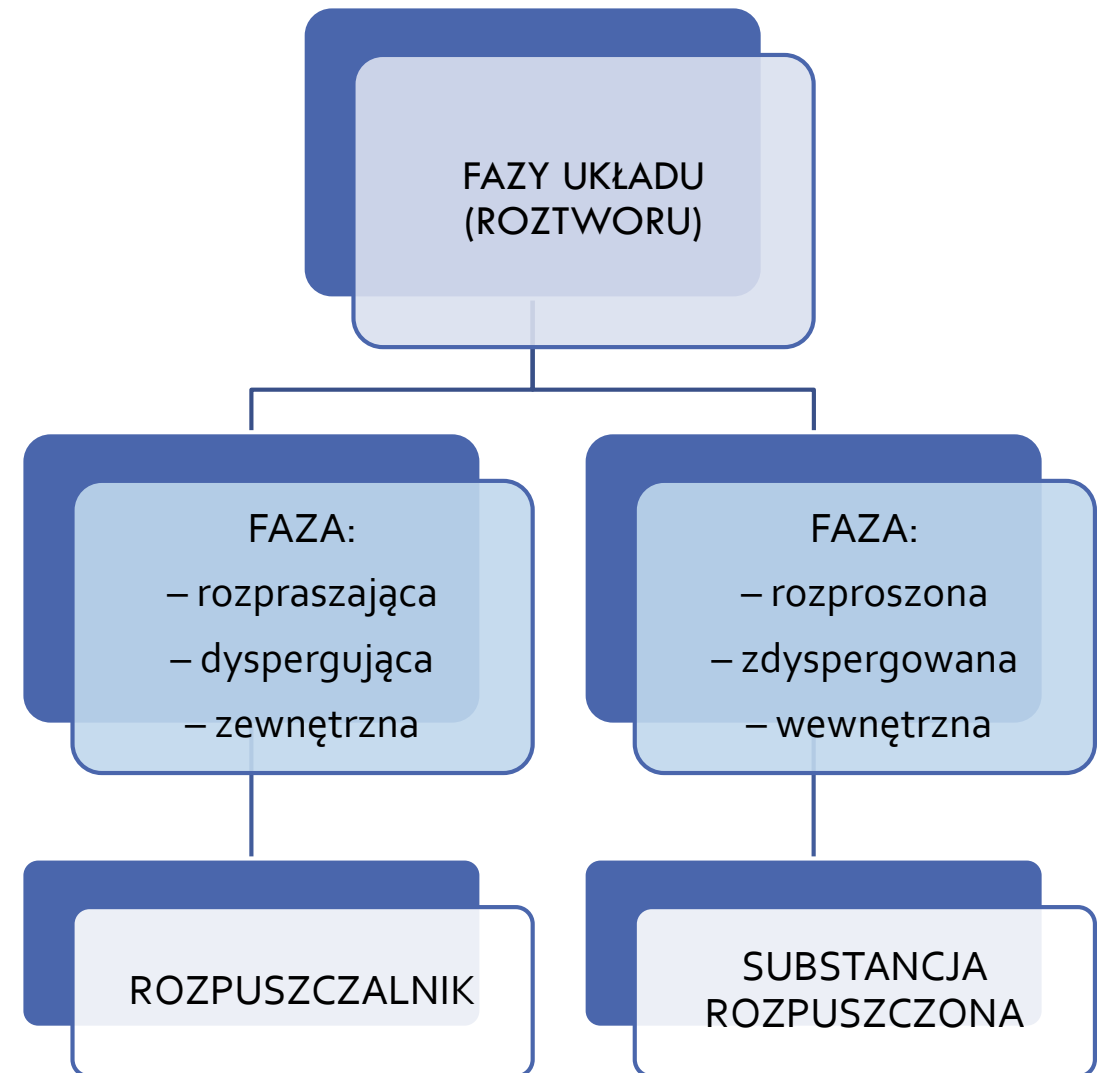


MIESZANINY JEDNORODNE, ROZTWORY

- **Roztwór** to mieszaniny jednorodne złożone z co najmniej dwóch składników : rozpuszczalnika i substancji rozpuszczonej
- Roztwory są to układy dyspersyjne wieloskładnikowe złożone z fazy dyspersyjnej (z rozpuszczalnika, czyli fazy rozpraszającej) oraz przynajmniej jednej substancji rozpuszczonej, czyli fazy zdyspergowanej (fazy rozproszonej).

Roztwór = Rozpuszczalnik + Substancja rozpuszczana

- rozpuszczalnikiem jest substancja, której jest więcej
- skład roztworów określa się przez podanie stężenia składników



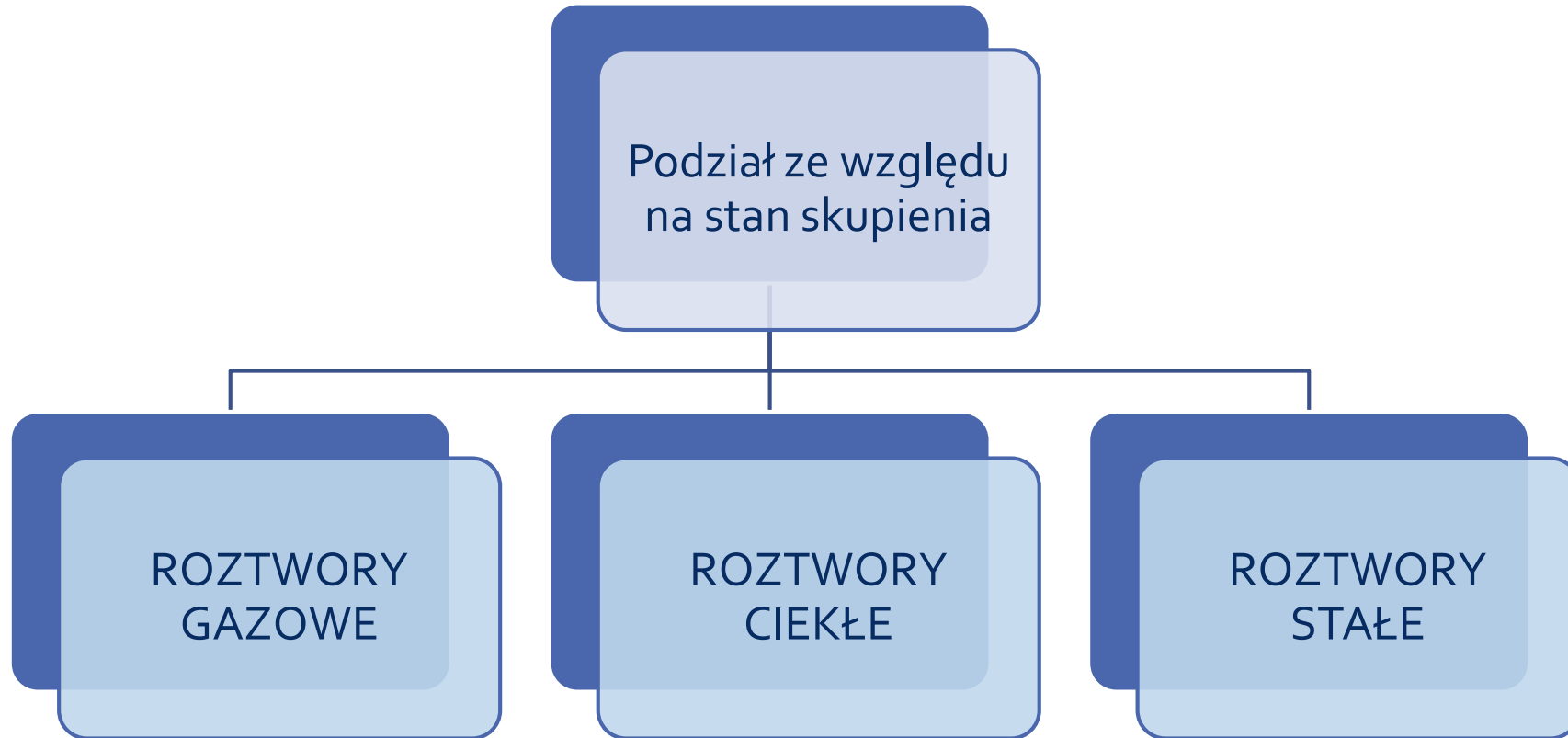
ROZPUSZCZALNIK

- **Rozpuszczalnik** – składnik roztworu występujący w największej ilości lub określający stan skupienia (np. woda w syropie cukrowym, gdzie może być więcej cukru niż wody)
- ***ROZPUSZCZALNIK NAWET WCALE NIE MUSI BYĆ CIECZĄ!***
 - Powietrze - roztwór tlenu (i innych gazów) w azocie. Azot pełni tutaj rolę rozpuszczalnika, ponieważ jest go najwięcej (prawie 80%)
 - Mosiądz to stop cynku z miedzią, czyli roztwór cynku w miedzi (miedzi jest około 70%).
- **Substancja rozpuszczona** – wszystkie składniki roztworu oprócz rozpuszczalnika

ROZTWORY - PODZIAŁ

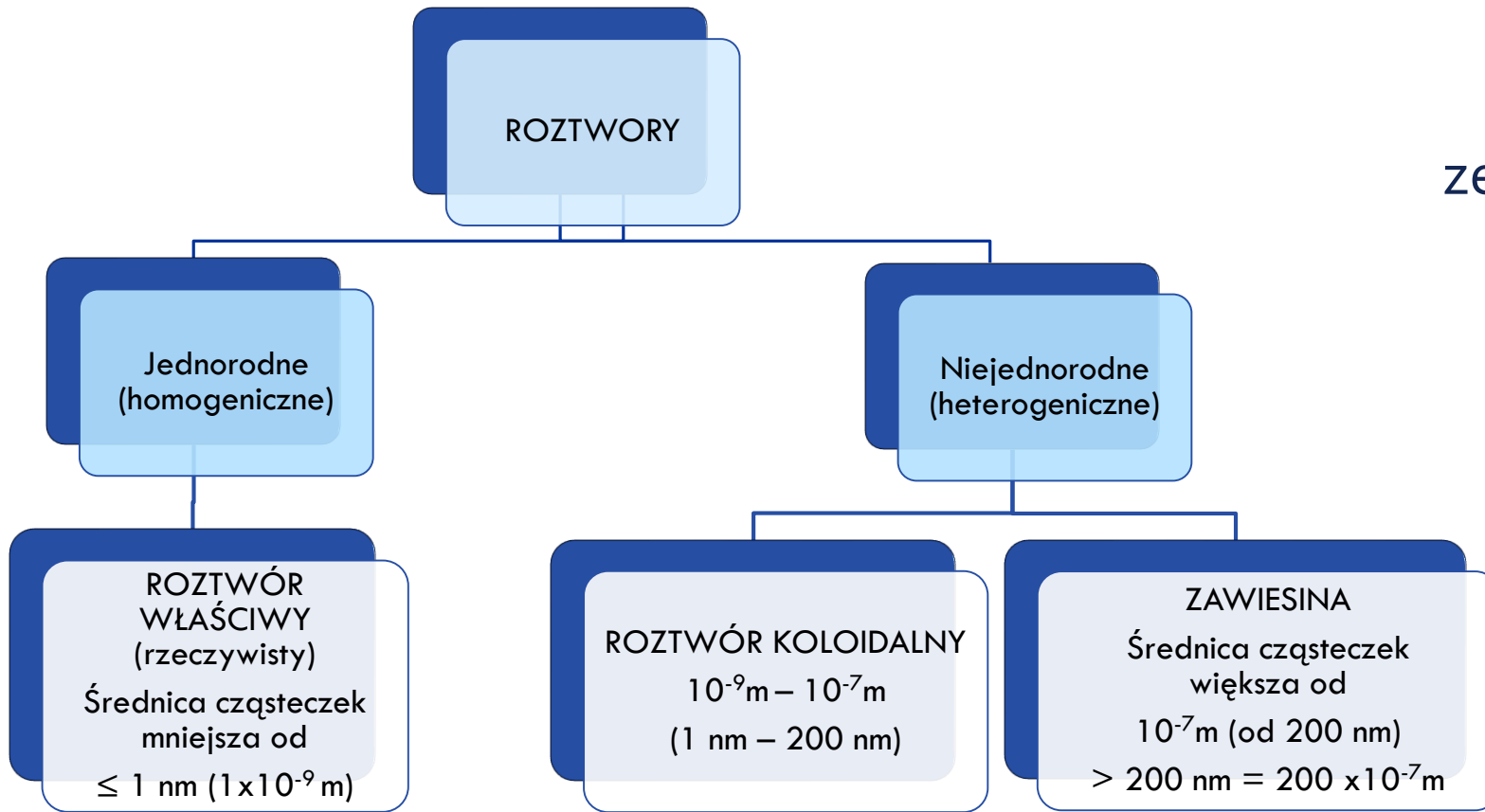


ROZTWORY - PODZIAŁ



PODZIAŁ ROZTWORÓW

ze względu na wielkość cząstek
substancji rozpuszczonej



Roztwór właściwy



Koloid



Zawiesina

PODZIAŁ MIESZANIN

ze względu na wielkość cząstek substancji rozpuszczonej

Roztwór właściwy

- średnica cząstek jest mniejsza niż 10^{-9} m
- całkowicie jednorodny, tzn. każda porcja zawiera taki sam skład ilościowy cząsteczek
- roztwory, w przeciwieństwie do związków chemicznych, nie podlegają prawu stałości składu; proporcje rozpuszczalnika i substancji rozpuszczonej w roztworze są dowolne, ograniczone jedynie rozpuszczalnością składników
- wysoka trwałość, zazwyczaj przezroczystość
- nie można ich rozdzielić za pomocą filtrowania
- nie rozpraszają światła

PODZIAŁ MIESZANIN

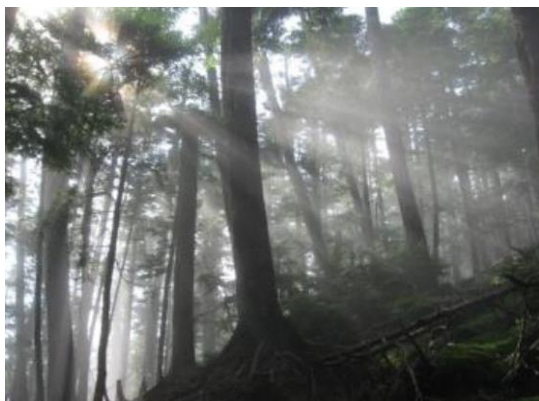
ze względu na wielkość cząstek substancji rozpuszczonej

Roztwór (układ) koloidalny

- cząstki substancji mają średnicę między 10^{-9} a 10^{-7} m
- niejednorodna mieszanina, zwykle dwufazowa, tworząca układ dwóch substancji, w którym jedna z substancji jest rozproszona w drugiej
- mogą być rozdzielane na błonach półprzepuszczalnych
- wykazują efekt Tyndalla
- widoczne ruchy Browna

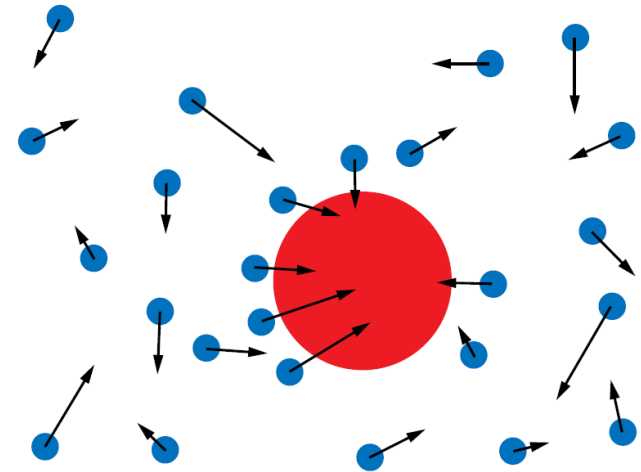
EFEKT TYNDALLA

- dotyczy tylko koloidów
- pozwala na rozróżnienie roztworu właściwego, koloidu oraz zawiesiny
- polega na rozpraszaniu światła na dużych cząsteczkach koloidów w charakterystyczny sposób wytwarzając tak zwany **stożek (światły) Tyndalla**
- intensywność tego zjawiska jest tym większa, im większa jest różnica między współczynnikiem załamania fazy rozproszonej i ośrodka dyspersyjnego
- gdy przepuścimy wiązkę światła przez roztwór rzeczywisty, nie obserwujemy żadnego efektu, przejdzie ono bez żadnych przeszkód, natomiast zawiesina odbija światło, dlatego też zawiesina jest nieprzezroczysta



RUCHY BROWNA

- bezładne ruchy cząstek koloidalnych zawieszonych w ośrodku rozpraszającym
- ruchy Browna można zobaczyć tylko pod mikroskopem, ponieważ podlegają im cząstki o rozmiarach rzędu 1 mikrometra, czyli 10^{-6} m lub mniejszych
- Jeana Perrin w 1923 otrzymał nagrodę Nobla za doświadczalne badania ruchów Browna
- Ruchy Browna są dowodem na to, że materia składa się z atomów i cząsteczek
- z wielkości średniej kwadratowej przemieszczenia cząstek koloidalnych wyznaczono dokładną wartość liczby Avogadra



Ruchy Browna spowodowane są uderzeniami cząsteczek cieczy w powierzchnię cząstki zawiesiny

PODZIAŁ MIESZANIN

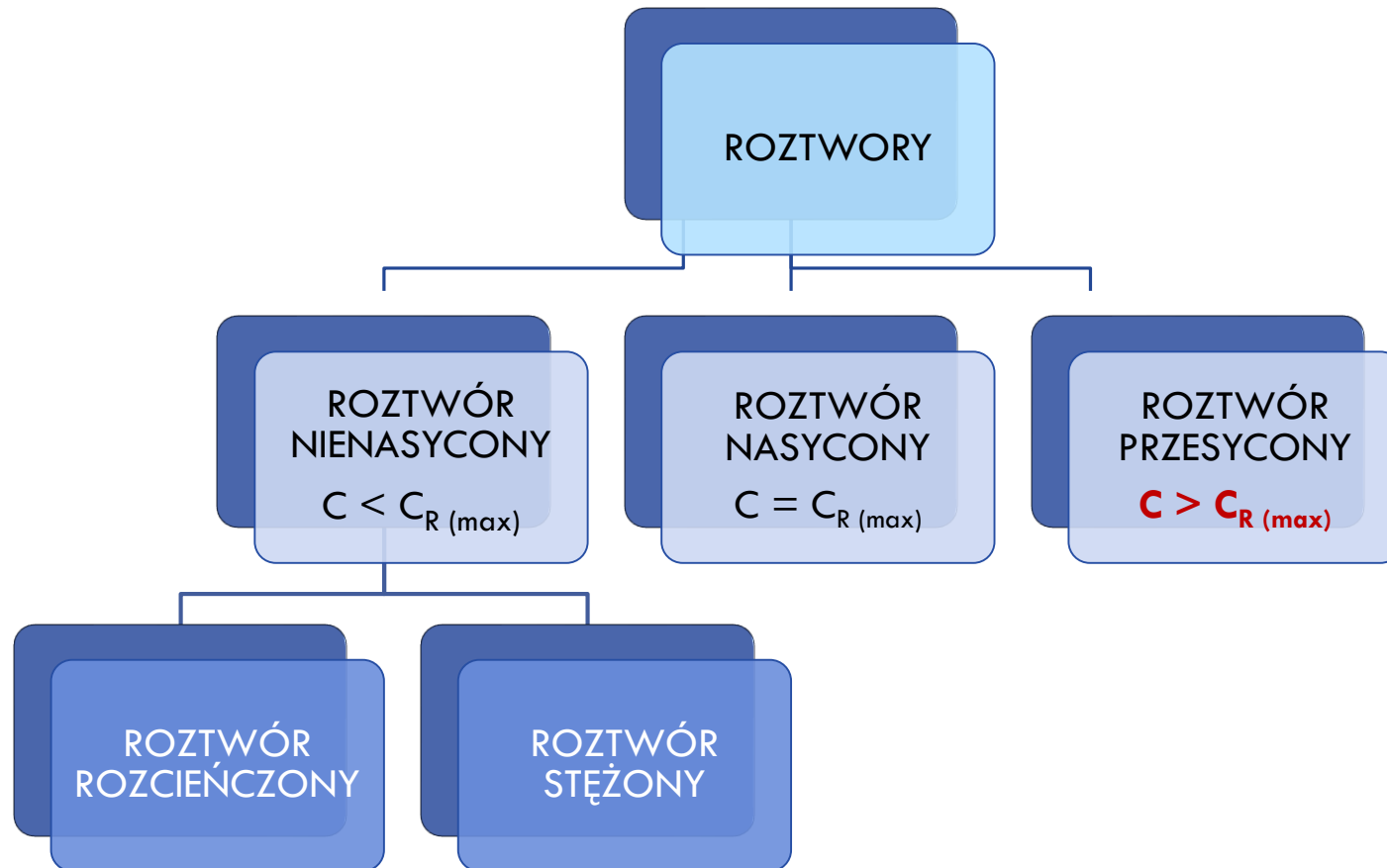
ze względu na wielkość cząstek substancji rozpuszczonej

Zawiesina

- średnica cząstek jest większa niż 10^{-7} m
- układ niejednorodny, zwykle dwufazowy, w postaci cząstek jednego ciała (faza rozproszona) rozproszonych w drugim ciele (faza rozpraszająca)
- ulegają sedymentacji
- mogą być rozdzielane za pomocą filtrowania

PODZIAŁ ROZTWORÓW

ze względu na **ilość** substancji rozpuszczonej



RODZAJE ROZTWORÓW

ze względu na **ilość** substancji rozpuszczonej



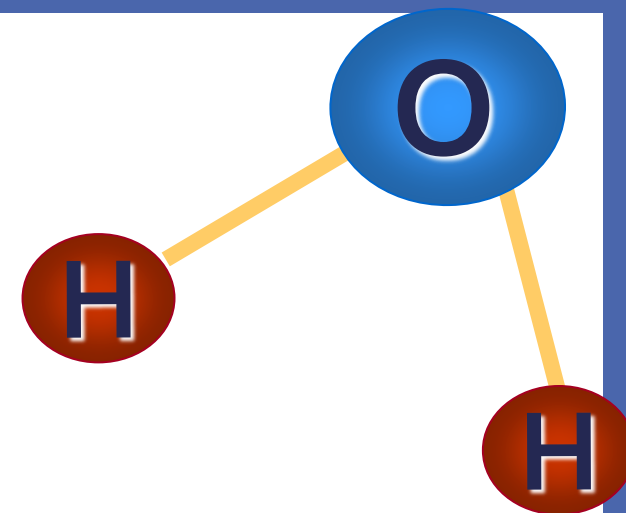
- **Roztwór nienasycony**
 - roztwór o stężeniu mniejszym niż rozpuszczalność danego składnika, nie zawiera maksymalnej ilości substancji, jaka może się rozpuścić w określonej ilości rozpuszczalnika w danej temperaturze
 - roztwór, w którym w określonych warunkach termodynamicznych (temperatury, ciśnienia) można dodatkowo rozpuścić pewną ilość substancji;
- **roztwór stężony** – roztwór, w którym ilość substancji rozpuszczonej w stosunku do rozpuszczalnika wynosi kilkadziesiąt procent
- **roztwór rozcieńczony** – roztwór, w którym ilość rozpuszczalnika jest znacznie większa od substancji rozpuszczonej
- **Roztwór nasycony** – roztwór o stężeniu odpowiadającym rozpuszczalności danego składnika, czyli roztwór zawierający maksymalną ilość substancji rozpuszczonej (w określonej ilości rozpuszczalnika i w określonych warunkach termodynamicznych (ciśnienie, temperatura))
- **Roztwór przesycony** – roztwór, w którym stężenie jest większe niż rozpuszczalność danego składnika. Jest termodynamicznie nietrwały. Wprowadzenie zaburzenia (np. wstrząs, kurz) może spowodować krystalizację nadmiaru substancji rozpuszczonej

II. BUDOWA CZĄSTECZKI WODY

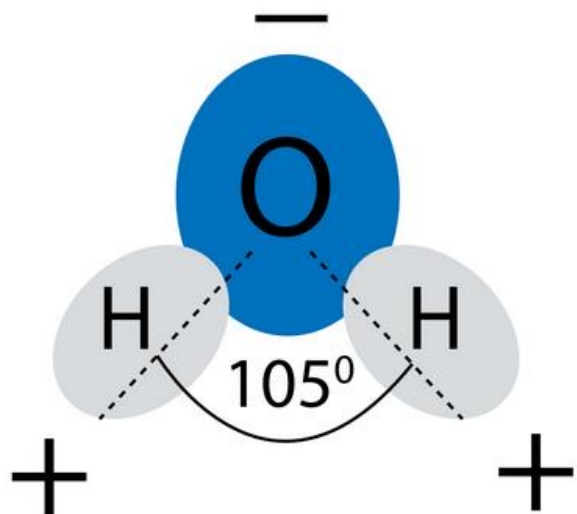


BUDOWA CZĄSTECZKI WODY H₂O

- wzór chemiczny H₂O
- zbudowana jest z dwóch atomów wodoru i jednego atomu tlenu
- ma budowę nieliniową
- ma trwały moment dipolowy - ma budowę polarną: na atomie tlenu znajduje się cząstkowy ładunek ujemny (biegun ujemny), a na atomach wodoru występuje cząstkowy ładunek dodatni (biegun dodatni)

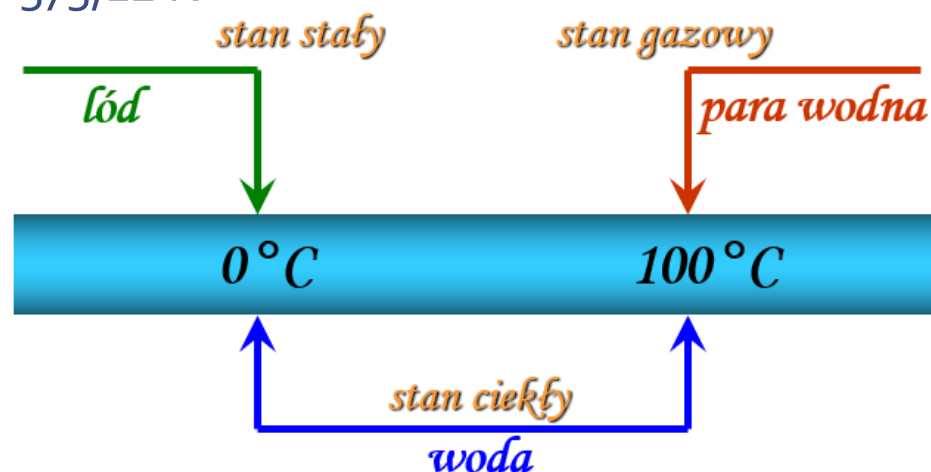


- kąt między wiązaniami tlen-wodór wynosi ok. 105 stopni
- w postaci stałej (lód), kąt między tymi wiązaniami jest równy ok. 108 stopni
- ulega samoistnej jonizacji zwanej autodysocjacją, której równowagę opisuje tzw. iloczyn jonowy wody



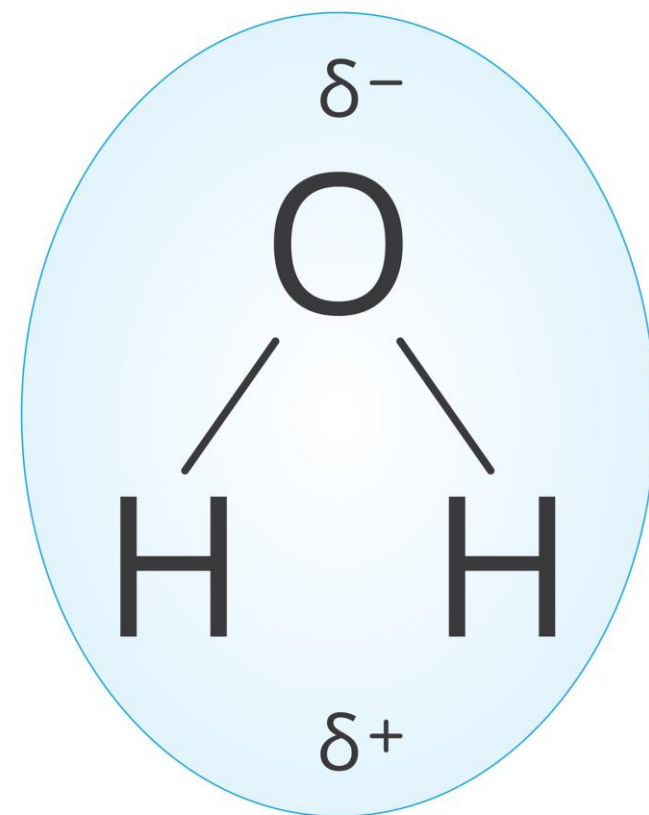
WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE WODY

- w warunkach normalnych jest bezbarwną cieczą
- bez smaku, bez zapachu
- jest rozpuszczalnikiem wielu substancji
- przewodzi prąd elektryczny
- temperatura topnienia pod ciśnieniem 1 atm: $0,010\text{ }^{\circ}\text{C} = 273,16\text{ K}$
- temperatura wrzenia pod ciśnieniem 1 atm: $99,97^{\circ}\text{C} = 373,12\text{ K}$
- gęstość w temperaturze $3,98\text{ }^{\circ}\text{C}$: 1 kg/dm^3

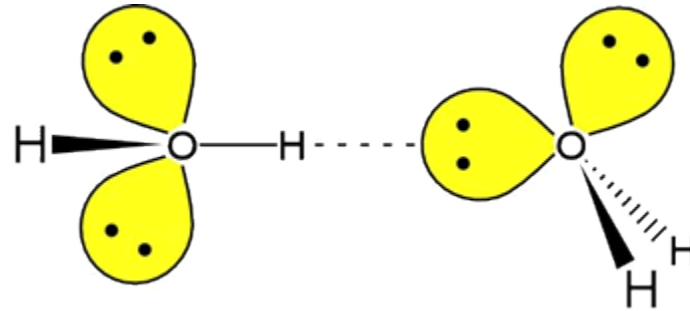


WŁAŚCIWOŚCI CHEMICZNE WODY

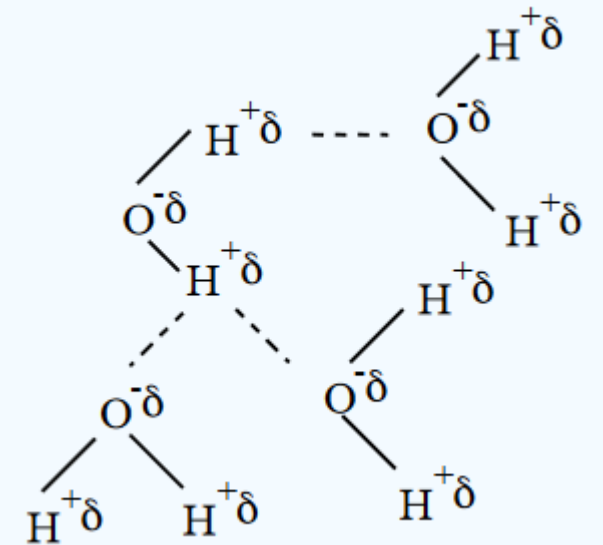
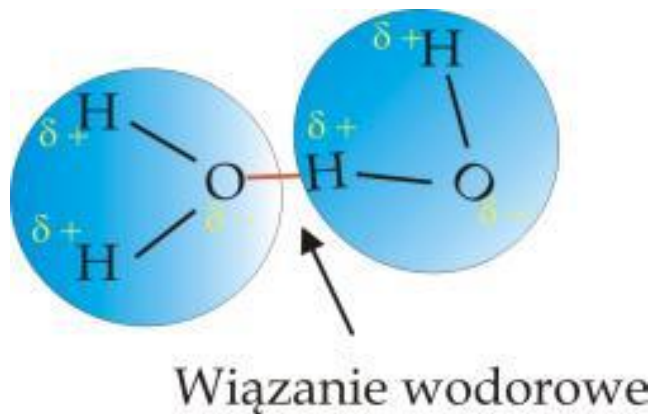
- reaguje z metalami
- jest rozpuszczalnikiem dla wielu związków organicznych
- nie pali się
- nie podtrzymuje spalania



WIĄZANIA WODOROWE W WODZIE



Wiązania wodorowe tworzą się dzięki oddziaływaniu pomiędzy elektropozytywnym atomem wodoru a elektronegatywnym atomem atom tlenu



WPŁYW WIĄZANIA WODOROWEGO NA WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE WODY

- temperatura wrzenia wody jest o ok. 200 °C większa od analogicznych wodorków
- woda posiada największą wartość napięcia powierzchniowego spośród cieczy (wyjątek – rtęć)
- jest doskonałym rozpuszczalnikiem dla wielu substancji jonowych, które nie są rozpuszczalne w innych rozpuszczalnikach
- charakteryzuje się dużą pojemnością cieplną

III.
POJĘCIE
ROZPUSZCZANIA

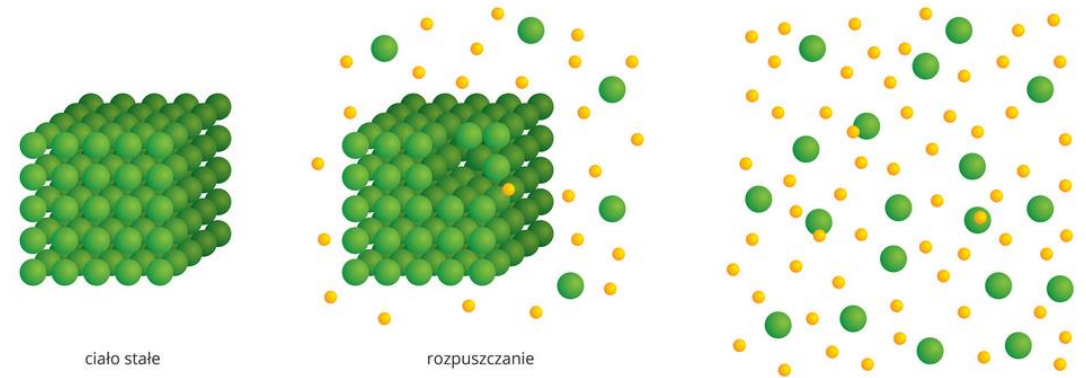
I ROZPUSZCZALNOŚCI

ROZPUSZCZALNOŚĆ (R)

- **Rozpuszczalność (R)** – jest to maksymalna ilość gramów substancji, jaką można rozpuścić w 100 g rozpuszczalnika w danej temperaturze i pod stałym ciśnieniem aby uzyskać roztwór nasycony.
- Rozpuszczalność to **cecha**, czyli właściwość (fizyczna) substancji, a rozpuszczanie – to proces fizyczny.

ROZPUSZCZANIE

ROZPUSZCZANIE – to proces fizyczny polegający na wymieszaniu się drobin rozpuszczalnika (wody) z drobinami substancji rozpuszczanej.



Rys. Schemat procesu rozpuszczania

SZYBKOŚĆ ROZPUSZCZANIA danej substancji zależy od:

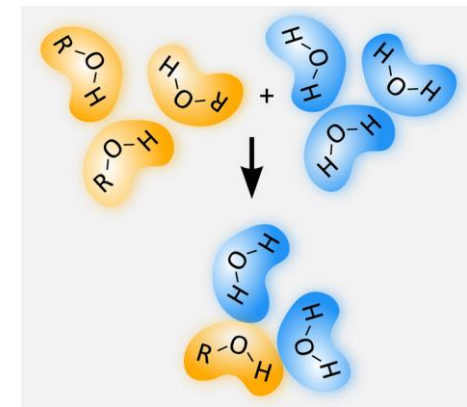
- temperatury – im wyższa temperatura tym większa jest energia cząstek i częściej się zderzają ze sobą
- mieszania mechanicznego – ułatwia mieszanie się cząsteczek
- rozdrobnienia substancji rozpuszczanej – ułatwia wnikanie cząsteczek wody między jony rozpuszczającej się substancji

EFEKTY TOWARZYSZĄCE PROCESOWI ROZPUSZCZANIA

- zmiana temperatury
- zmiana objętości roztworu (zjawisko dylatacji lub kontrakcji)
- **solwatacja** - otaczanie cząsteczek (lub jonów) substancji rozpuszczonej przez cząsteczki rozpuszczalnika. Solwatację w roztworach wodnych nazywamy **hydratacją**



Rysunek 1: Hydratowany anion i kation



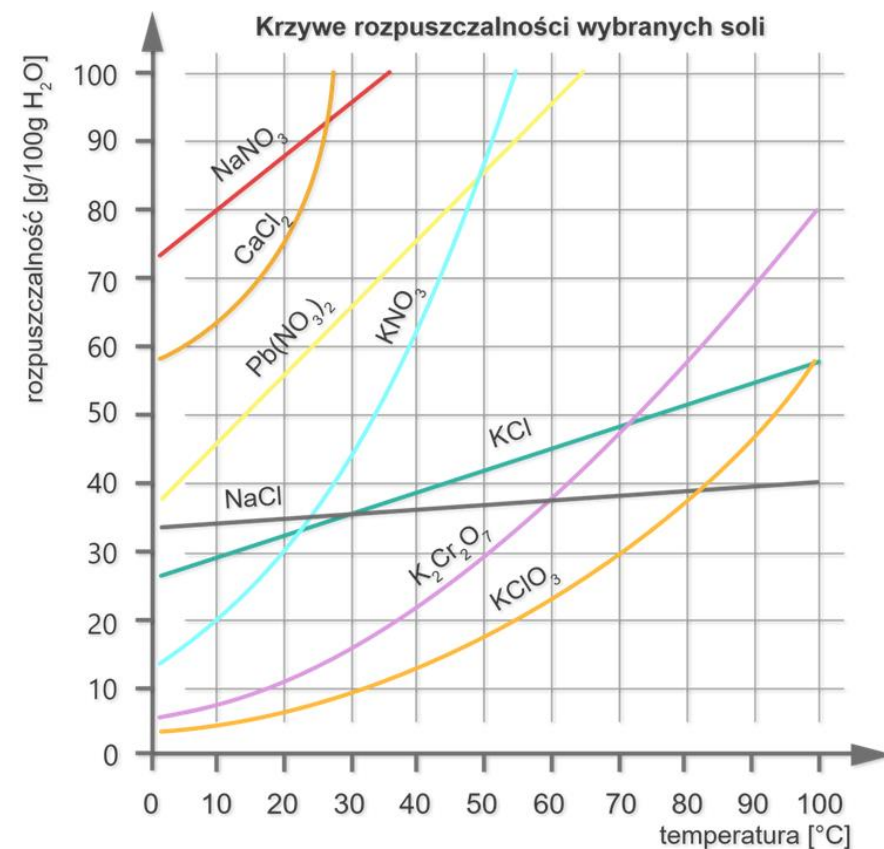
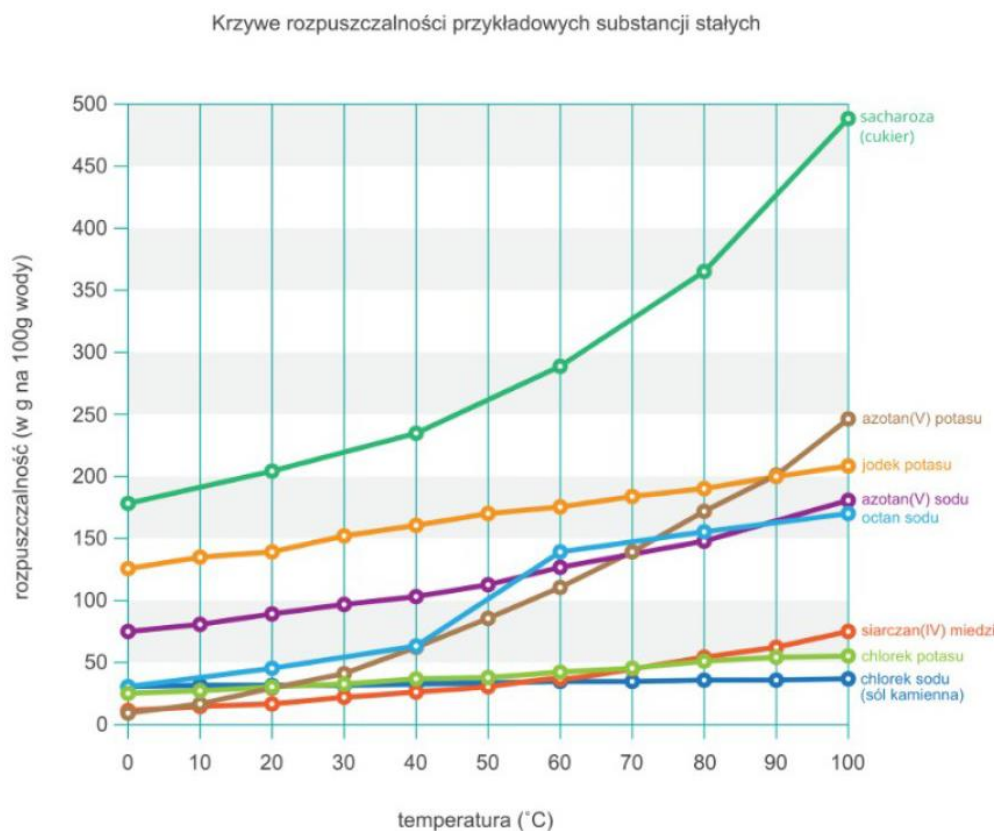
Rysunek 2: Uproszczony schemat solwatacji w roztworze wodnym

ROZPUSZCZALNOŚĆ

- **ROZPUSZCZALNOŚĆ** substancji zależy od:
 - rodzaju substancji rozpuszczanej
 - rodzaju rozpuszczalnika
 - *Simila similibus solvuntur* - podobne rozpuszcza się w podobnym
 - temperatury
 - w przypadku gazów – także od ciśnienia
- **ROZPUSZCZALNOŚĆ** substancji w wodzie jest zróżnicowana, dlatego substancje dzieli się na:
 - dobrze rozpuszczalne (74,5 g na 100 g wody)
 - słabo rozpuszczalne (5 g na 100 g wody)
 - praktycznie nierozpuszczalne

ZALEŻNOŚĆ MIĘDZY TEMPERATURĄ A ROZPUSZCZALNOŚCIĄ

- **Krzywa rozpuszczalności** - wykres przedstawiający zależność rozpuszczalności danej substancji od temperatury -

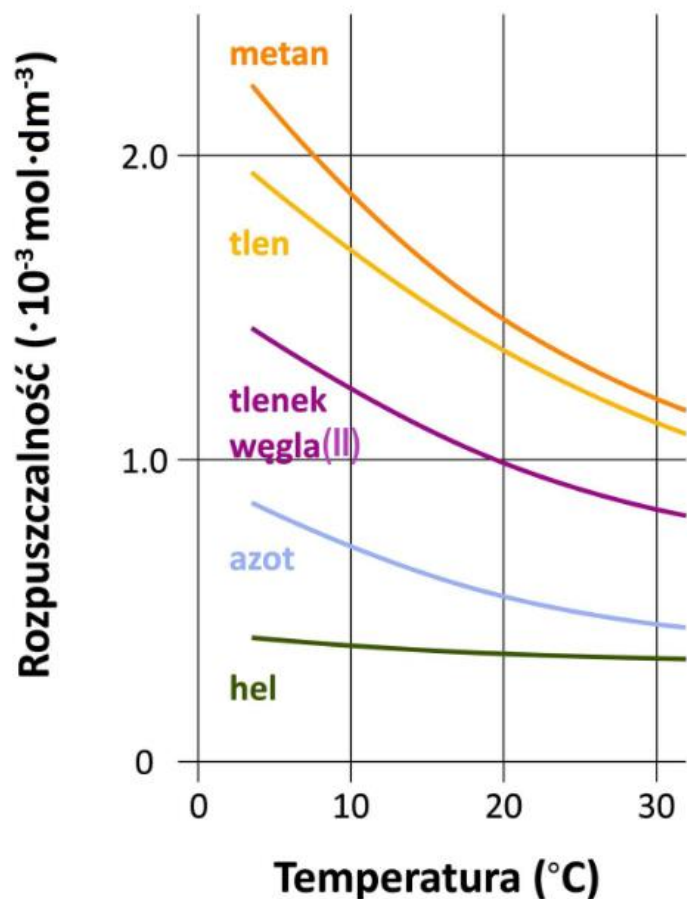


Krzywe rozpuszczalności wybranych soli

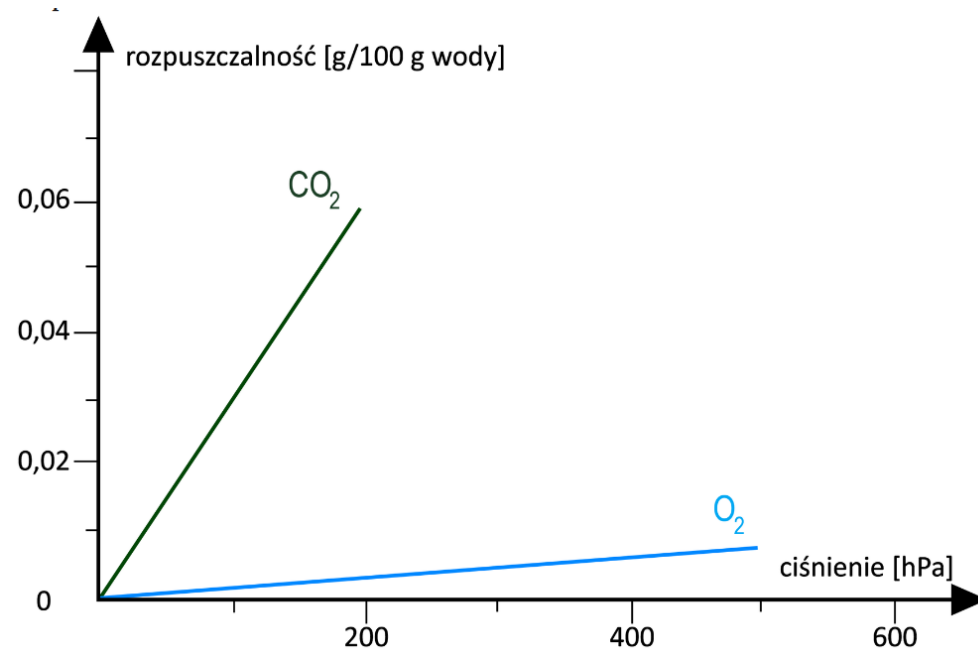
ZALEŻNOŚĆ ROZPUSZCZALNOŚCI WYBRANYCH SOLI OD TEMPERATURY

- Porównując krzywe dla różnych substancji stałych stwierdzamy, że **rozpuszczalność zależy od rodzaju substancji i temperatury**
- Rozpuszczalność ciał stałych oraz cieczy, z reguły, wzrasta ze wzrostem temperatury.

KRZYWE ROZPUSZCZALNOŚCI WYBRANYCH GAZÓW



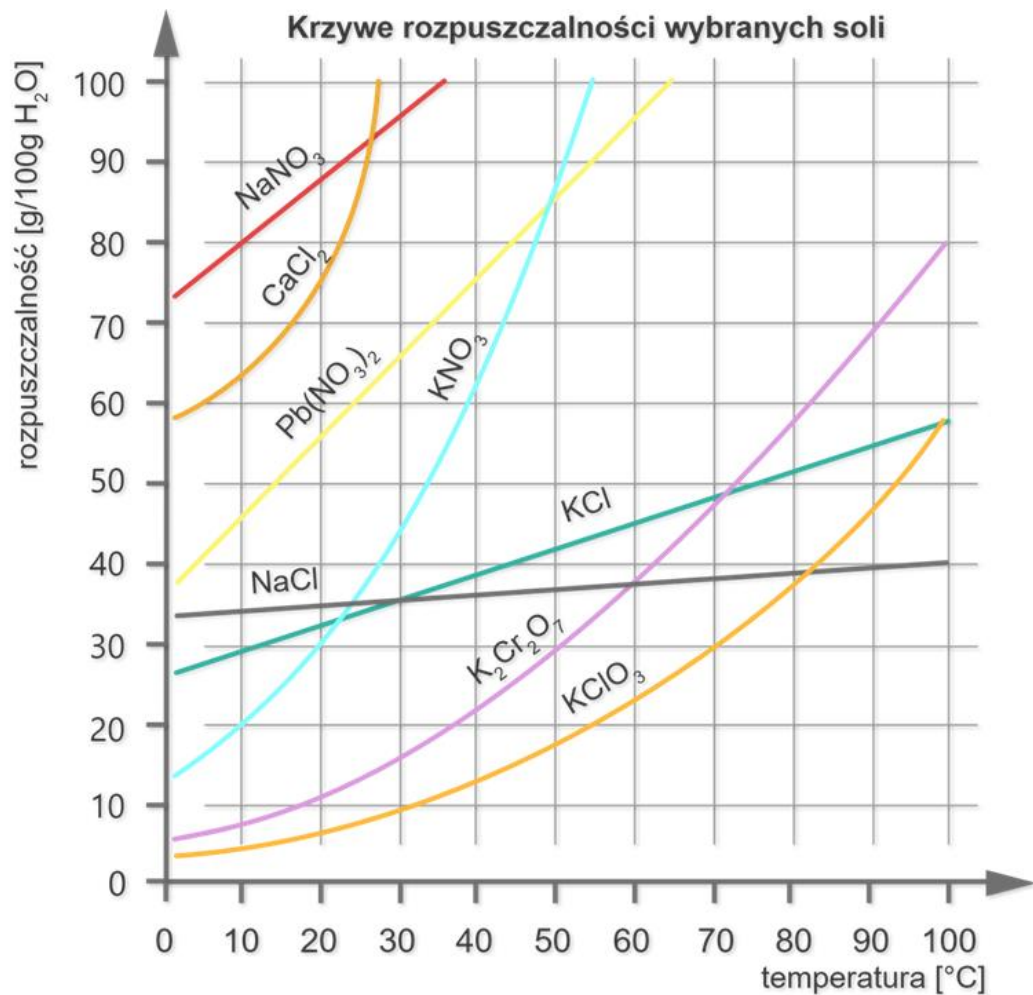
Wykres zależności rozpuszczalności gazów w wodzie **od temperatury**



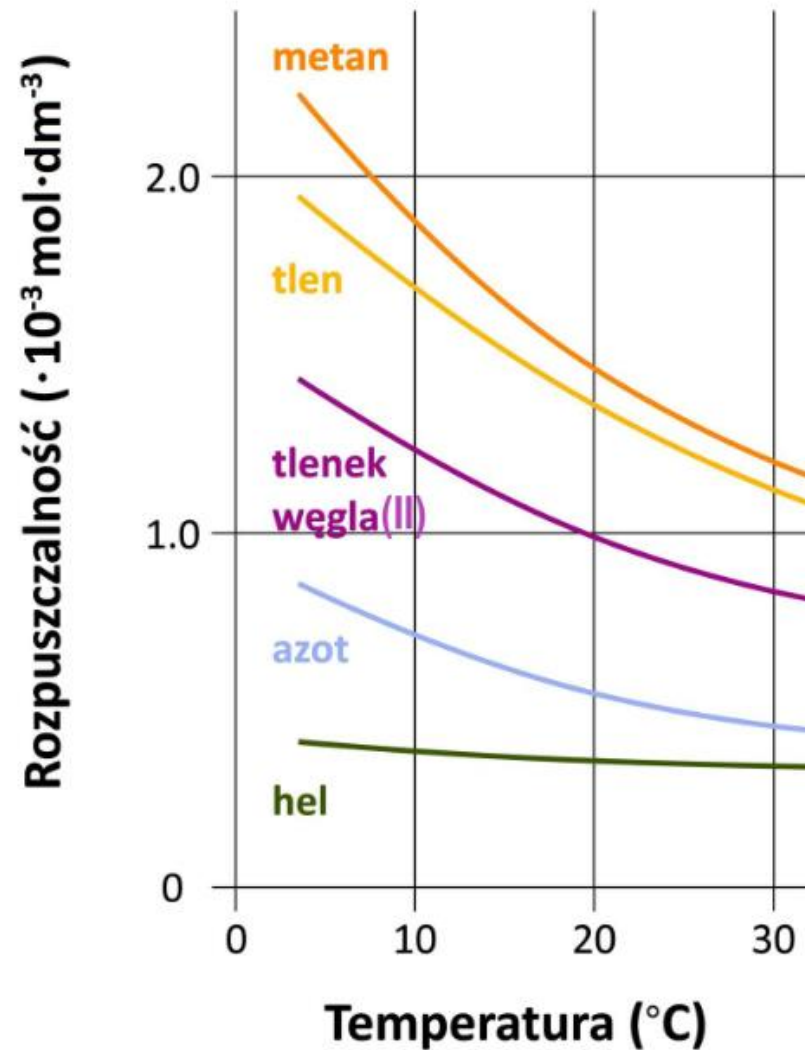
Wykres zależności rozpuszczalności gazów w wodzie **od ciśnienia**, w stałej temperaturze

ZALEŻNOŚĆ ROZPUSZCZALNOŚCI WYBRANYCH GAZÓW OD TEMPERATURY I CIŚNIENIA

- Rozpuszczalność gazów zależy od rodzaju substancji, temperatury i ciśnienia.
- Rozpuszczalność gazów **maleje ze wzrostem temperatury**, a **rośnie ze wzrostem ciśnienia**.



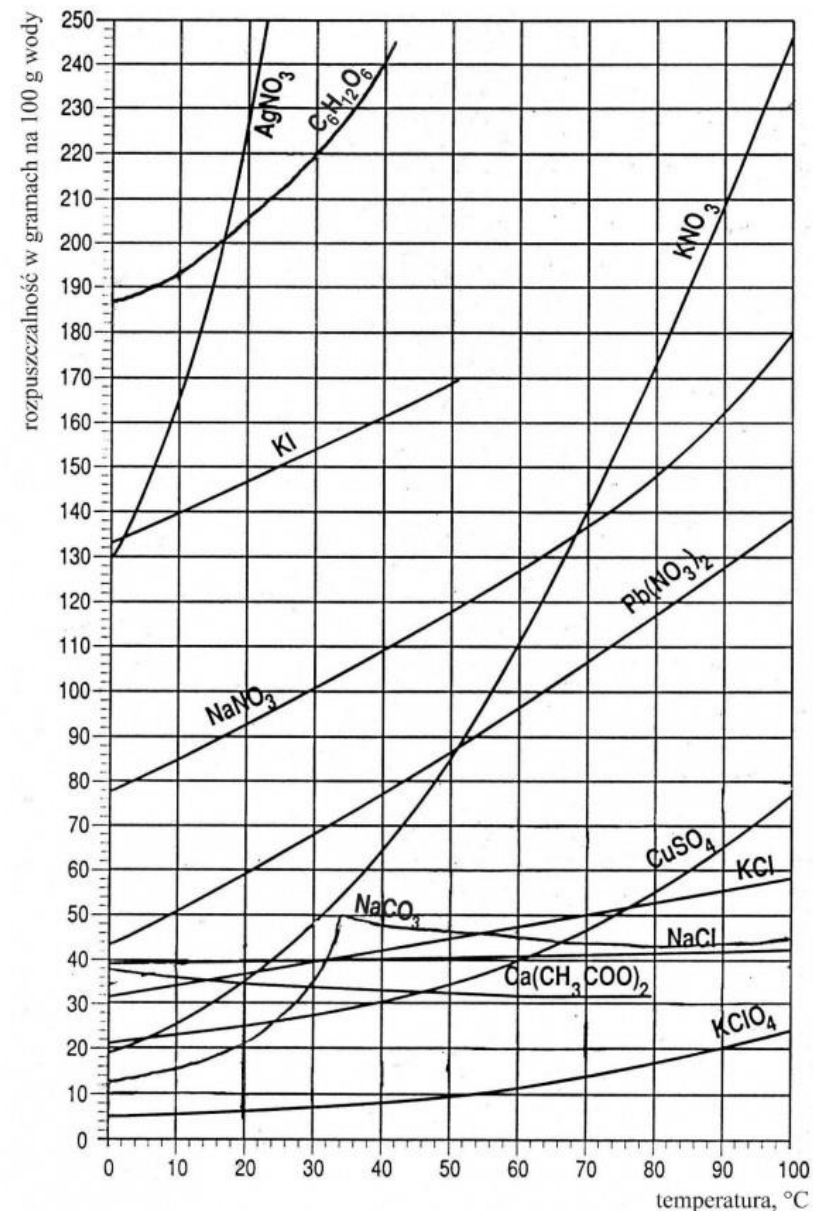
Krzywe rozpuszczalności wybranych soli



Wykres zależności rozpuszczalności gazów w wodzie od temperatury

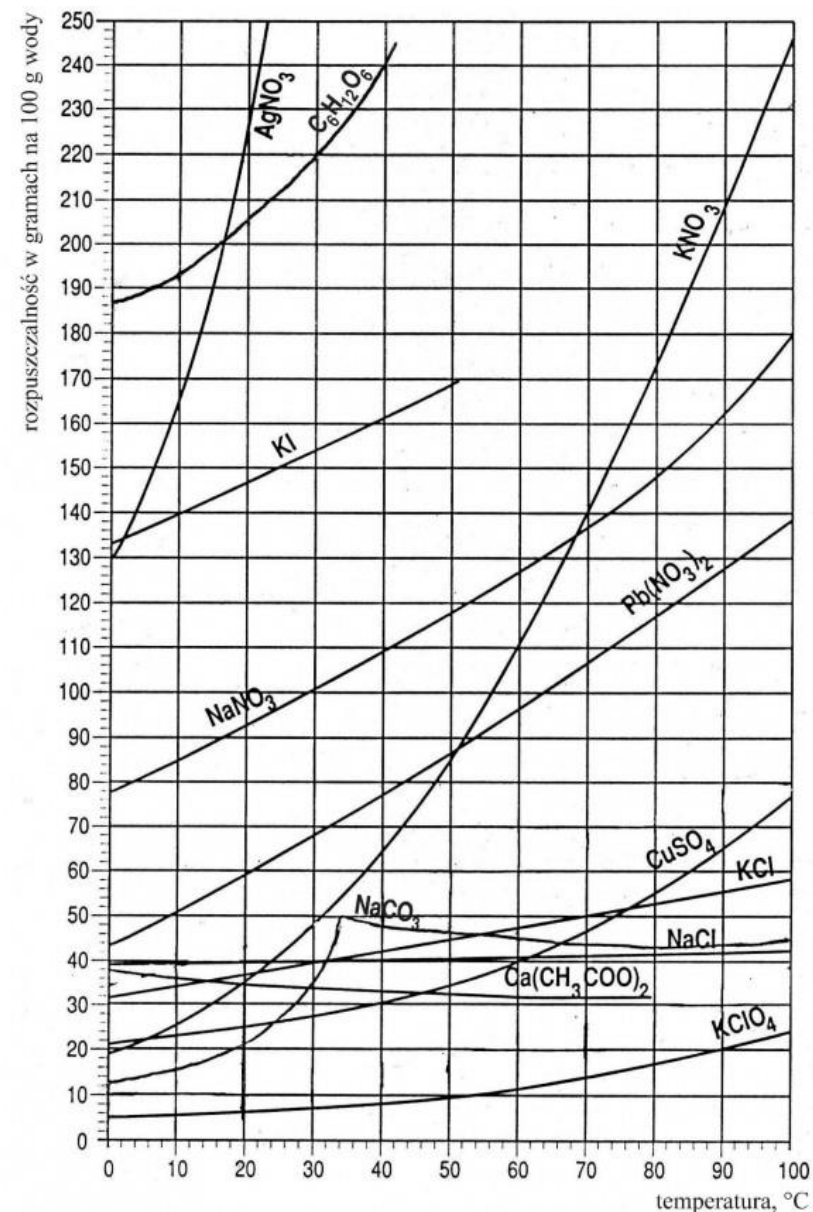
Zadanie 1

Odczytaj z wykresu, w jakiej temperaturze rozpuszczalność KClO_4 wynosi 20 g na 100 g wody ($R_{\text{KClO}_4} = 20 \text{ g}/100 \text{ g H}_2\text{O}$).



Zadanie 2

Rozpuszczalność której substancji rośnie najszybciej w przedziale temperatur od 70°C do 90°C?

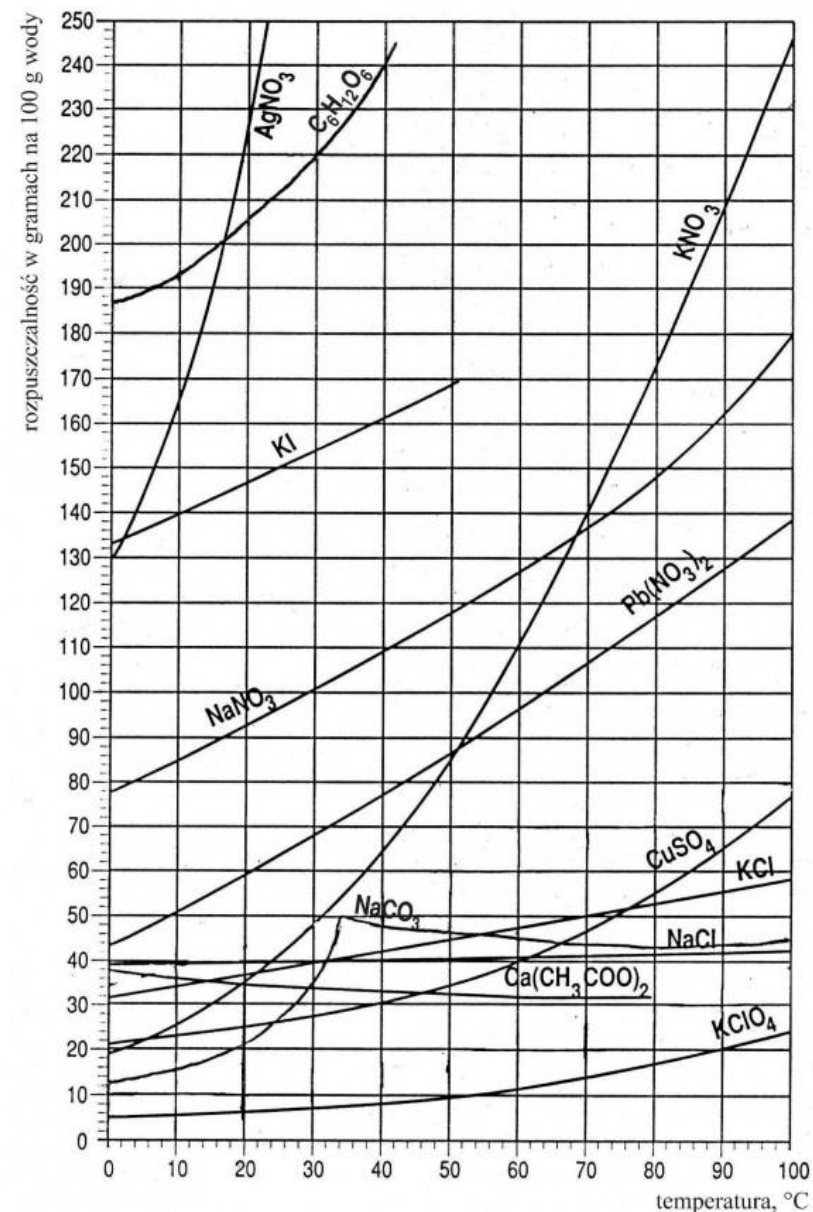


Zadanie 3

Temperatura nasyconego roztworu NaNO_3 wynosi 40°C . Jaki roztwór otrzymamy, jeżeli:

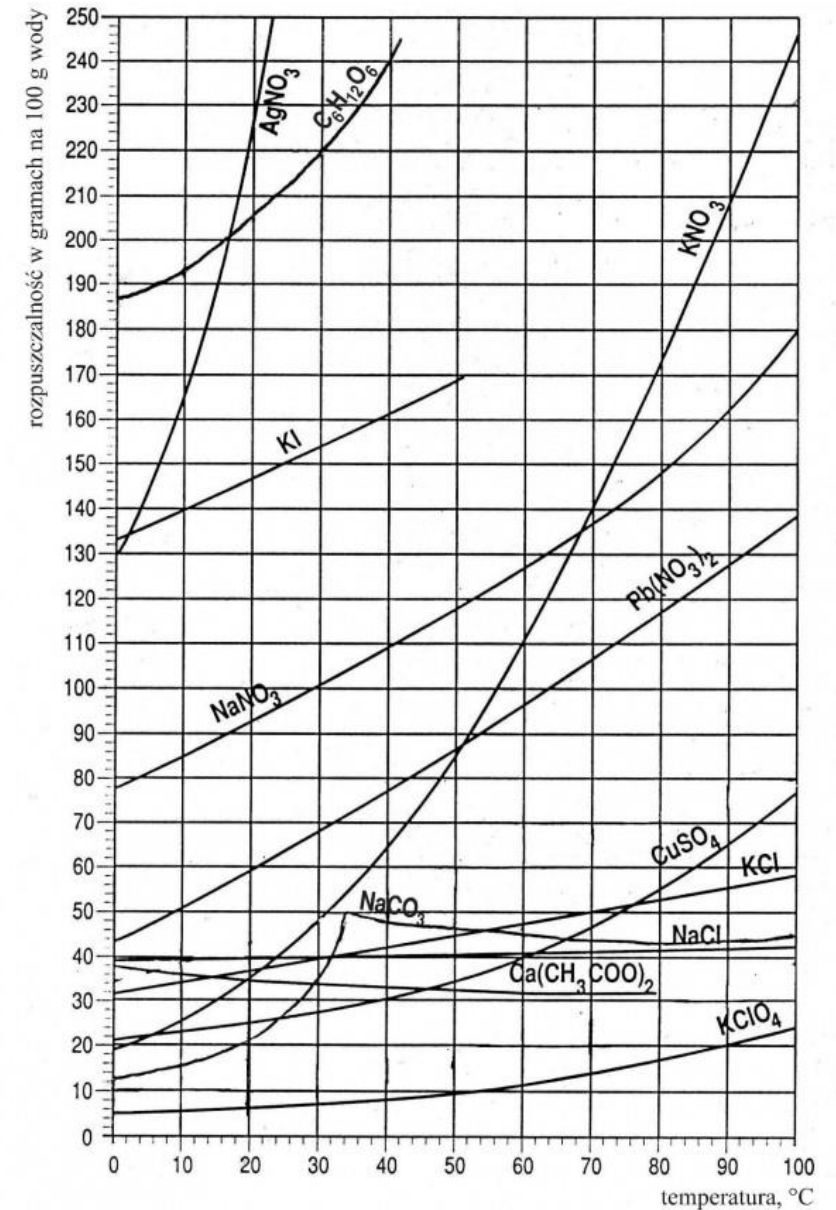
a) oziębimy go o 10°C ?

b) podgrzejemy go do temperatury 100°C ?



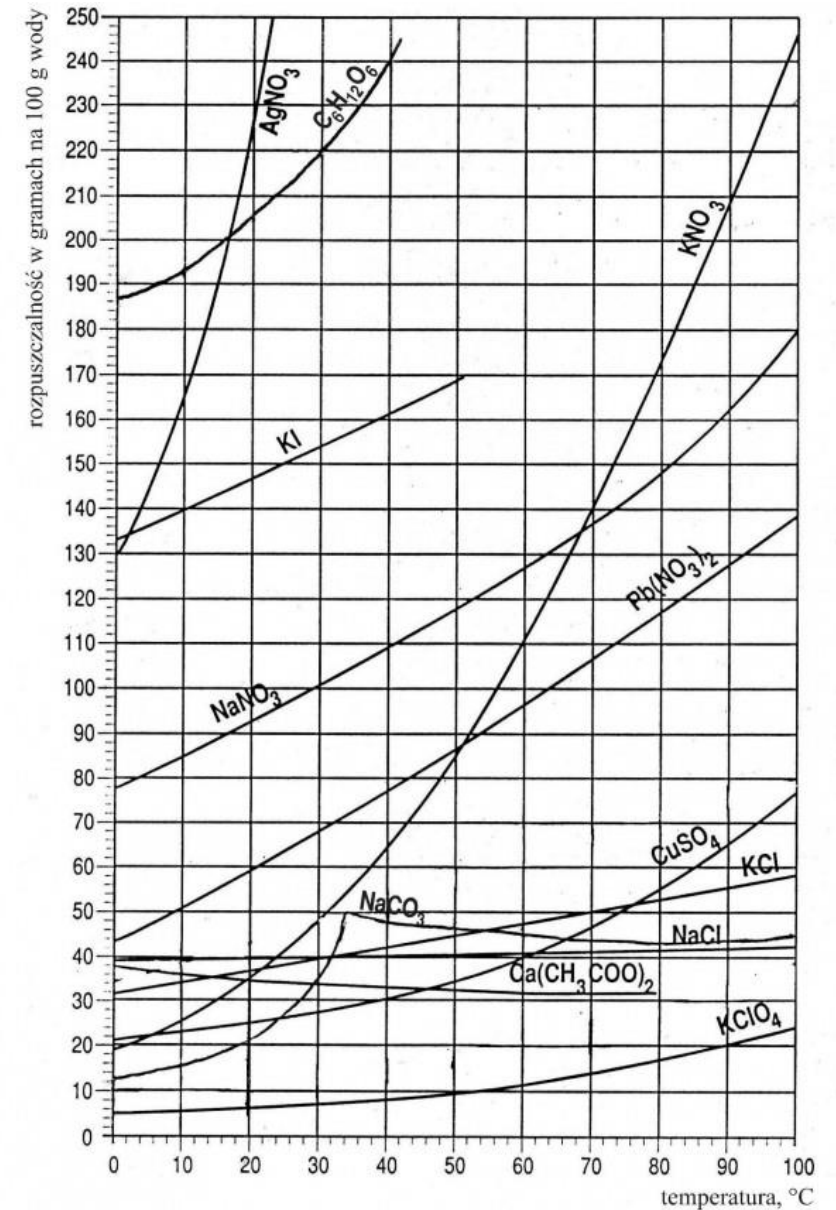
Zadanie 4

Ile gramów KI można dodatkowo rozpuścić w 100 g wody po ogrzaniu od 10°C do 30°C, aby roztwór nadal był nasycony?



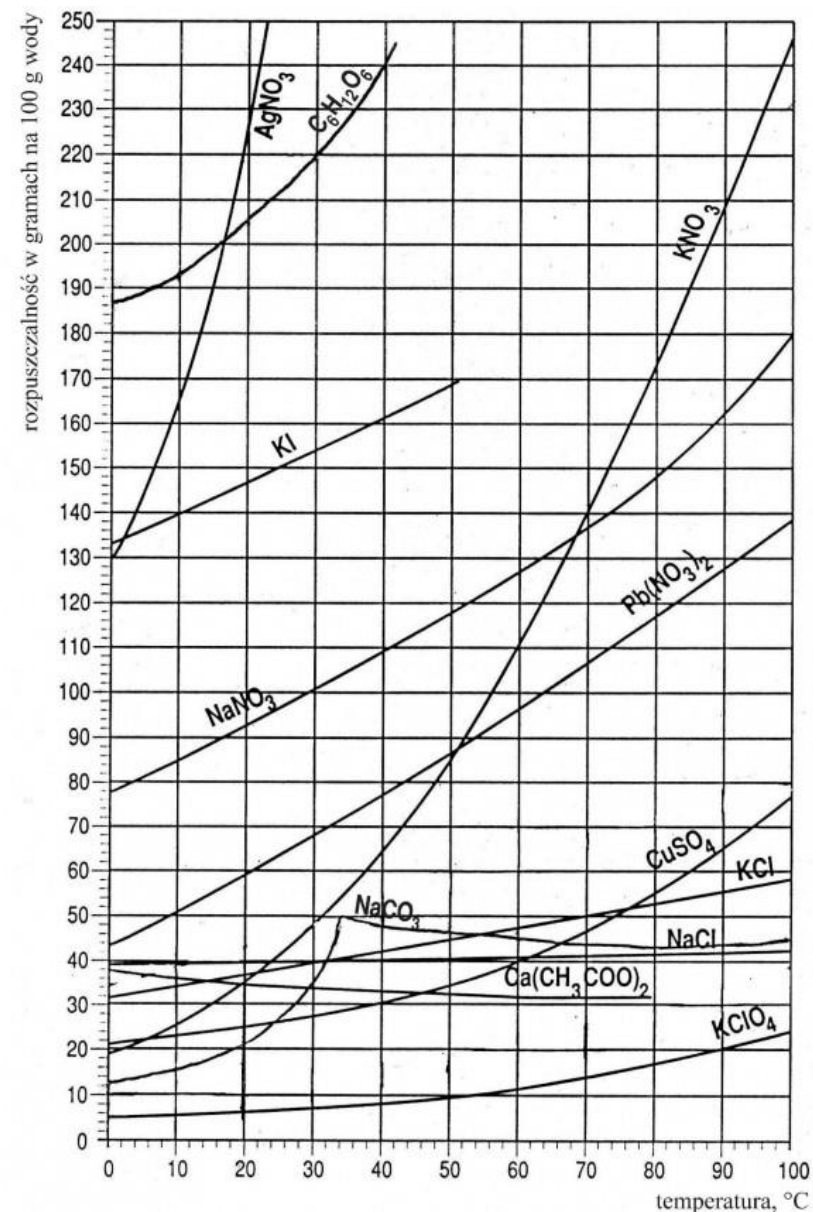
Zadanie 5

Czy roztwór otrzymany przez rozpuszczenie 60 g KNO_3 w 50 g wody będzie w temperaturze 70°C roztworem nasyconym?



Zadanie 6

Ile wody i ile CuSO_4 należy użyć, aby w temperaturze 40°C uzyskać 50 g roztworu nasyconego?



Zadanie 7

Rozpuszczalność amoniaku w wodzie w temperaturze 20°C i pod ciśnieniem atmosferycznym wynosi 52 g w 100 g wody. Oblicz stężenie procentowe nasyconego wodnego roztworu amoniaku w temperaturze 20°C i pod ciśnieniem atmosferycznym. Wynik podaj z dokładnością do pierwszego miejsca po przecinku.

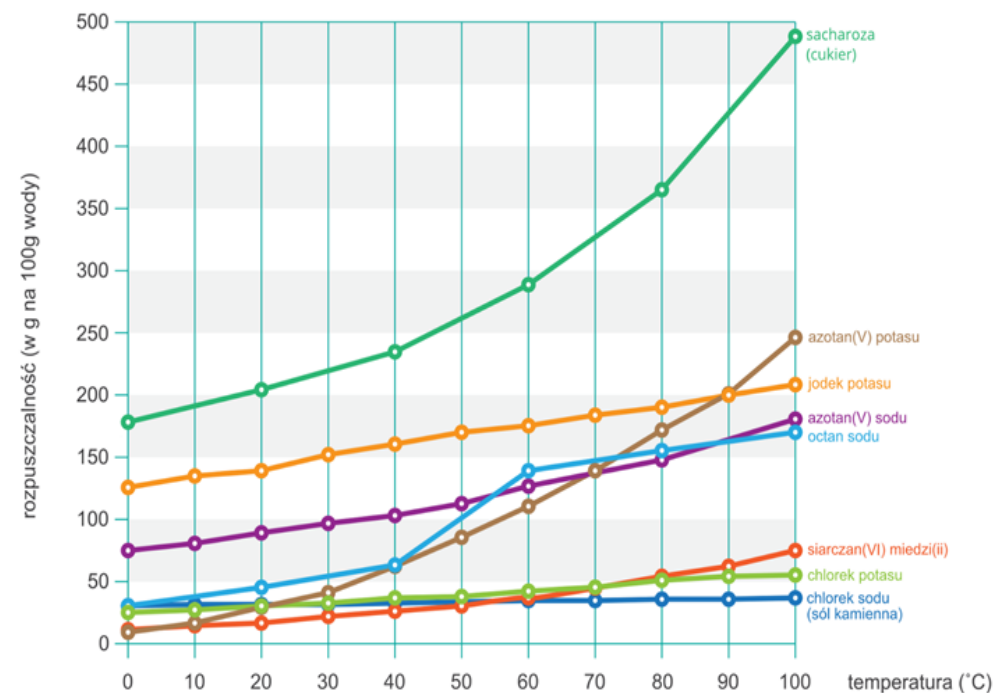
Rozwiązanie:

$$m_r = m_s + m_{H_2O} = 52g + 100g = 152g$$

$$C_p = \frac{52g}{152g} \times 100\% = 34,2\%$$

Zadanie 8

- 8.1 Ile gramów azotanu(V) sodu należy rozpuścić w 100 g wody, aby w temperaturze 40°C otrzymać roztwór nasycony?
- 8.2 Oblicz, w jakim stosunku masowym występują octan sodu i woda w nasyconym roztworze w temperaturze 0°C .
- 8.3 Sprawdź, w jakiej temperaturze nasycony roztwór azotanu(V) potasu zawiera 169 g tej substancji i 100 g wody.
- 8.4 Sprawdź, czy w 100 g wody można rozpuścić 40 g azotanu(V) potasu w temperaturze 20°C .
- 8.5 Oblicz, ile gramów chlorku sodu należy odważyć, aby po rozpuszczeniu go w 250 g wody o temperaturze 90°C otrzymać nasycony roztwór tej substancji.
- 8.6 Sprawdź, czy roztwór chlorku sodu, który zawiera 74 g tej substancji w 200 g wody w temperaturze 50°C , jest roztworem nasyconym.
- 8.7 Oblicz masę nasyconego w temperaturze 60°C roztworu chlorku potasu, jeśli do jego sporządzenia użyto 100 g wody.
- 8.8 Oblicz masę nasyconego w temperaturze 20°C roztworu cukru, jeśli do jego sporządzenia użyto 150 g wody.
- 8.9 Oblicz, ile gramów siarczanu(VI) miedzi(II) oraz wody znajduje się w 241,4 g nasyconego roztworu tej substancji w temperaturze 20°C , jeśli jej rozpuszczalność w tej temperaturze wynosi 20,7 g w 100 g wody.



Krzywe rozpuszczalności wybranych soli

Krzywe rozpuszczalności przykładowych substancji stałych

