

# **Раствори**

## **(4 часа)**

# Дисперзни системи

- Растворите се хомогени смеси. Растворите се само еден дел од големата група на смеси што се наречени *дисперзни системи*.

*Дисперзниите системи се смеси од две или повеќе компоненти во кои една од компонентите се наоѓа во поголемо количество од другите.*

- Компонентата што е присутна во поголемо количество се нарекува *дисперзионата средина*.
- Другите компоненти во системот се разместени (диспергирани) низ дисперзионата средина и се наречени *диспергирани компоненти*.
- Поделба на дисперзните системи според големините на честичките на диспергираната компонента:
  - Помали од 1 nm (тоа се молекули или јони) - *молекуларно дисперзни системи или раствори*;
  - Од 1 до 100 nm - *колоидно-дисперзни системи (колоиди)*;
  - Поголеми од 100 nm - *грубо-дисперзни системи (микрохетерогени)*;

**Важно:** Во секој дисперзен систем не се видливи граници помеѓу различни компоненти што го сочинуваат системот. Според ова, привидно, секој дисперзен систем изгледа како да е хомогена смес. Меѓутоа, растворите и колоидите навистина се хомогени смеси, но, грубодисперзните системи сепак претставуваат хетерогени смеси.

- Кај растворите (молекуларно-дисперзните системи) растворената компонента не се издвојува од растворот со текот на времето, ниту се таложи на дното од садот.

*Гравитациските сили што делуваат на честичките на растворената компонента се мали во однос на кинетичката енергија на честичките во растворот.*

- Кај колоидно-дисперзните и грубодисперзните системи, заради големините на честичките на диспергираната компонента, при одредени услови, може да дојде до нејзино исталожување на дното од садот.

*Гравитационата сила е поголема во споредба со кинетичката енергија на честичките.*

# Расѣвори

● Основни својства на растворите:

- Тие се *хомогени смеси*
- Растворите можат да бидат во *газовиѣа, течна или цврста* состојба.
- Секоја супстанца присутна во растворот се нарекува *компонентиѣа на расѣвориѣа*. Обично компонентата што е присутна со најголемо количество се нарекува *расѣворувач*, а другите компоненти се нарекуваат *расѣворени сублиѣанци*.

| Расѣворувач | Расѣворена<br>компонентиѣа | Агрегатна<br>состојба на р- | Пример                                  |
|-------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------|
| газ         | газ                        | газ                         | воздух                                  |
| течност     | газ                        | течност                     | сода вода (CO <sub>2</sub><br>во вода)  |
| цврста фаза | газ                        | цврста фаза                 | раствор на H <sub>2</sub><br>во платина |
| течност     | течност                    | течност                     | етанол во вода                          |
| течност     | цврста фаза                | течност                     | NaCl во вода                            |
| цврста фаза | цврста фаза                | цврста фаза                 | Месинг (Cu/Zn)                          |

- Во природата најчесто среќаваме *водни расѣвори*, каде што H<sub>2</sub>O е растворувач.
- Течната и цврстата агрегатна состојба обично се означуваат со заеднички поим - *кондензирана состојба*.

- Во кондензираната состојба привлечните сили помеѓу молекулите (или другите градивните единици) се доволно јаки (во споредба со кинетичката енергија на движење на градивните единици определена од температурата на суштествата) да ги држат молекулите заедно (во кондензирана состојба).
  - Во цврстите супстанции, соседните градивни единици се ригидно (круто) поврзани.
  - Во течностите, соседните градивни единици можат делумно да се поместуваат една во однос на друга.

- Неопходни предуслови за формирање на раствор, односно на хомогена смеса, се:

*Привлечните сили помеѓу градивните единици на растворувачот мора да се споредливи (слични по големина) со привлечните сили помеѓу градивните единици на растворената суштество и со привлечните сили помеѓу градивните единици на растворувачот и растворената суштество.*

Доколку интеракциите помеѓу честичките на растворената супстанца и растворувачот се послаби отколку интеракциите помеѓу честичките на растворувачот или честичките на растворената супстанца, тогаш нема да дојде до растворување.

*Пример: Растворување на јонски соединенија во вода.*

Мерка за привлечните сили помеѓу јоните во јонската кристална решетка е **енергијата на решетката**. За да се раствори јонското соединение во вода, привлечните сили помеѓу молекулите на водата и јоните треба да бидат споредливи со силите помеѓу јоните во решетката. Само во таков случај енергијата што се ослободува при формирањето на новонастанатите привлечни интеракции помеѓу водата и јоните ќе биде доволна да ја надополнат енергијата на решетката и јонското соединение да се раствори во вода.

***Процесот на оокружување (координирање) на единките на растворената супстанца со единките на растворувачот се нарекува солватација.***

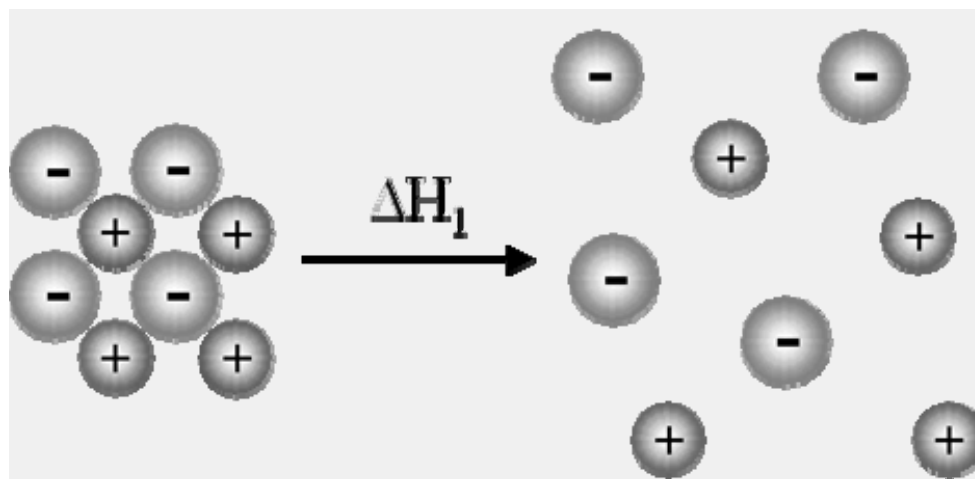
*Ако се работи за  $H_2O$  како растворувач, процесот се нарекува хидратација.*

# Енергетски промени при формирањето на раствори

- Енергетскиот ефект при процесот на растворување се нарекува **енталпија на растворување,  $\Delta H_{\text{dis}}$**

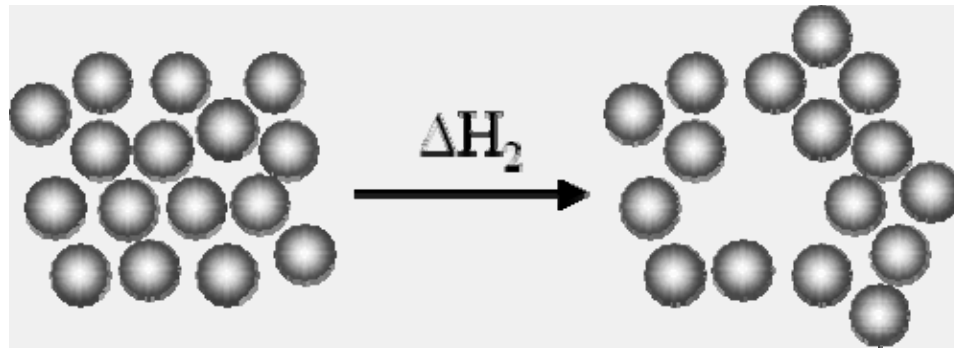
Процеси што имаат удел во енталпијата на растворувањето:

1. Енергија поврзана со процесот на диспергирање на растворената компонента низ растворувачот,  $\Delta H_1 > 0$  (едношермен процес, неопходно е да се внесе енергија во системот).

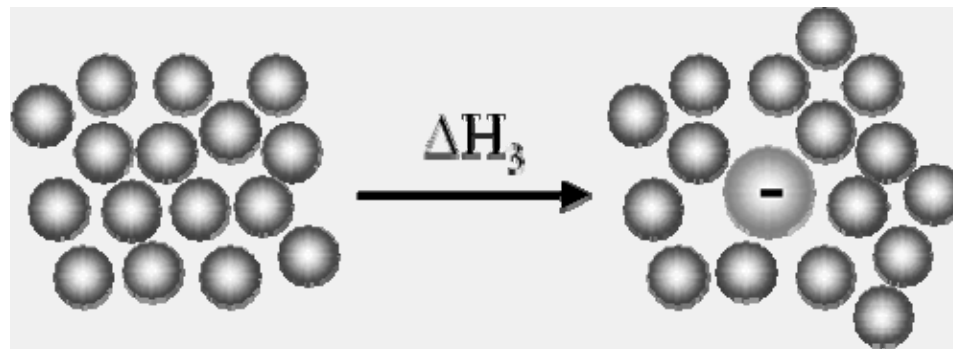


Диспергирање на јони од јонско кристално соединение.

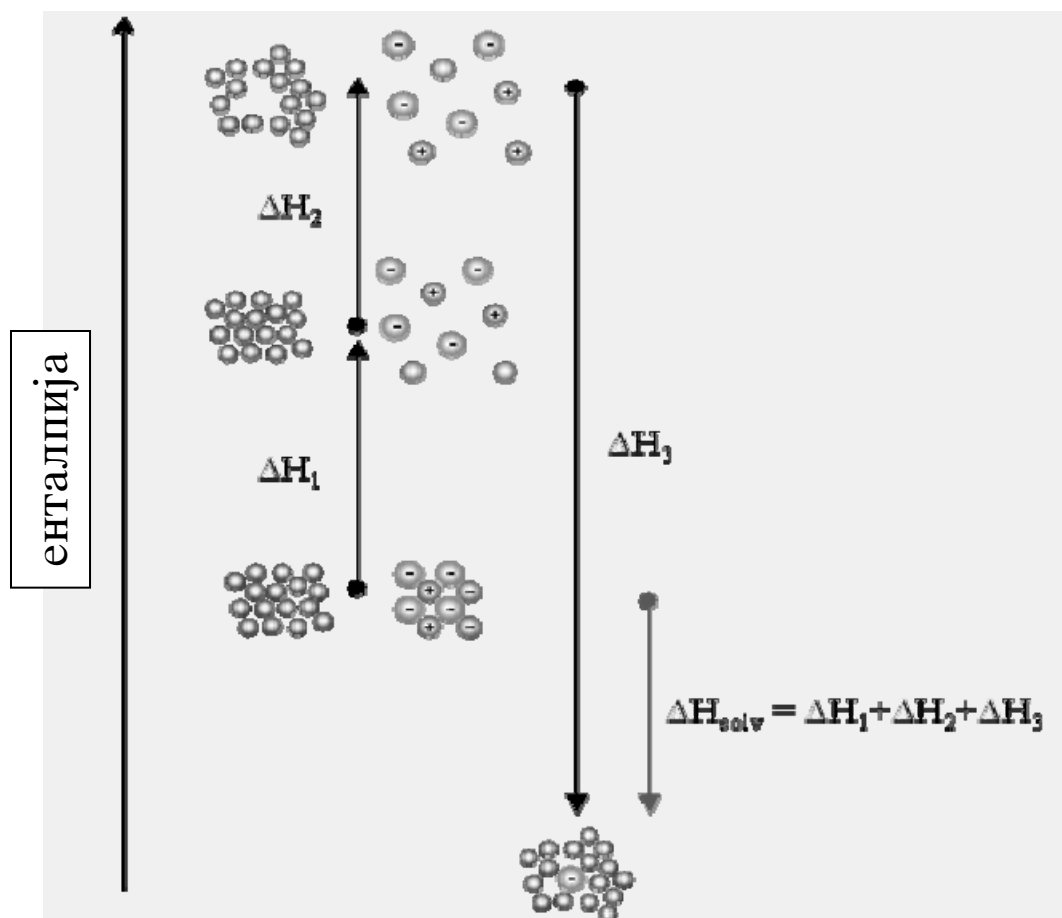
2. Енергија поврзана со процесот на меѓусебно раздвојување на молекулите на растворувачот за да се создаде простор за дисперзија на јоните,  $\Delta H_2 > 0$  (ендоџермен процес, неопходно е да се внесе енергија во системот).



3. Конечно, енергија во врска со процесот на **солвација**, односно во врска со новоформираните интеракции помеѓу растворената супстанца и растворувачот,  $\Delta H_3 < 0$  (екзоџермен процес, се ослободува енергија од системот).



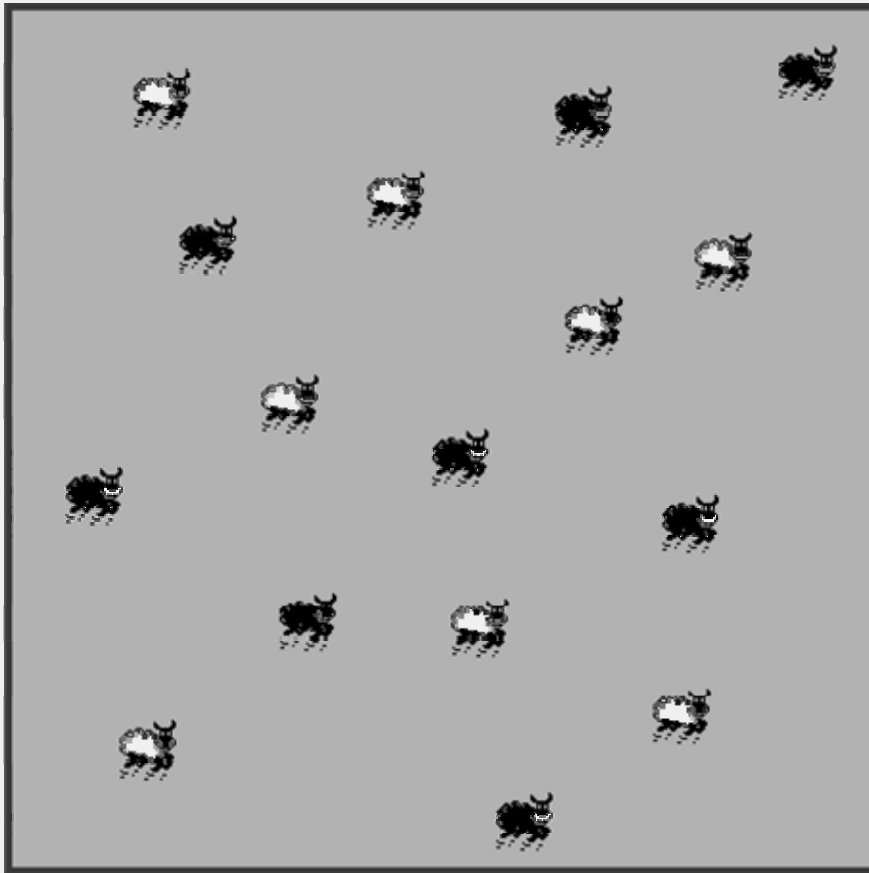
- Доколку вкупната енергијата што треба да се внесе (потроши) при првите два процеси е **мала** отколку енергијата што се ослободува при процесот на солватација, тогаш вкупниот процес на растворувањето ќе биде **екзотермен** и ќе се одвива **спонтанно** (суштествата лесно ќе се растворува во избраниот растворувач)





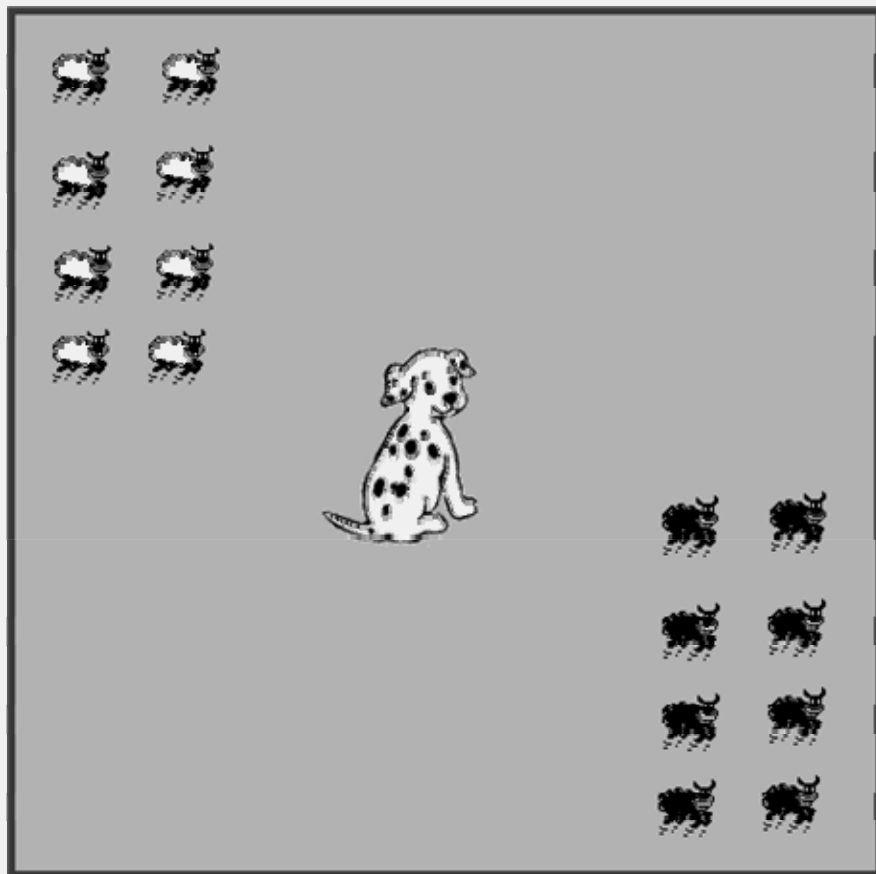
- Новиот ефект е во врска со однесувањето на множество од објекти.

### ***Црни и бели овци на зелена ливада!***



*Сосема е природно овцӣе да се расеано (без одреден ред) распоредени низ ливада̄а.*

*Но, овчарот сака да ги раздвои овците на црни и бели. За тоа е неопходно кучето да изврши работа за да го донесе стадото во одреден правилен распоред. Важно е што кучето мора да продолжи да врши работа за да го одржи стадото во тој правилен распоред.*



Доколку е неопходно да се изврши работа (да се внесе енергија во системот) за да единките на системот од одреден неред се донесат во одреден ред, тогаш е логично да се претпостави дека за обратниот процес (премин од состојба со повисок ред во состојба со понизок ред) би се ослободила енергија. Всушност, при овој процес не се ослободува енергија во облик на топлина кон околината на системот. Но сепак, внатрешната прераспределба на системот, од состојба на висок ред во состојба на хаос (понизок ред), се чини дека доведува до преод на системот кон состојба со пониска енергија.

## **ПРОЦЕСИТЕ ПРИ КОИ РАСТЕ НЕРЕДОТ ВО СИСТЕМОТ СЕ СЛУЧУВААТ СПОНТАНО.**

При растворувањето на кристалните јонски соединенија, јоните од состојба на висок ред во рамките на јонската кристална решетка, преминуваат во состојба на висок неред, диспергирани и расеани низ волуменот на растворувачот. Силната тенденција за постигнување на висок неред во системот е способна да ја совлада и малата позитивна вредност на енталпијата на растворувањето, па целокупниот процес, иако се одвива со апсорбирање на топлинска енергија, сепак се одвива спонтано.

*Физичката величина што го описува нередот на системот се нарекува **ЕНТРОПИЈА**.*

- Системи со висок неред имаат голема вредност за ентропијата.
- Системи со ниска ентропија се системи со висок ред.

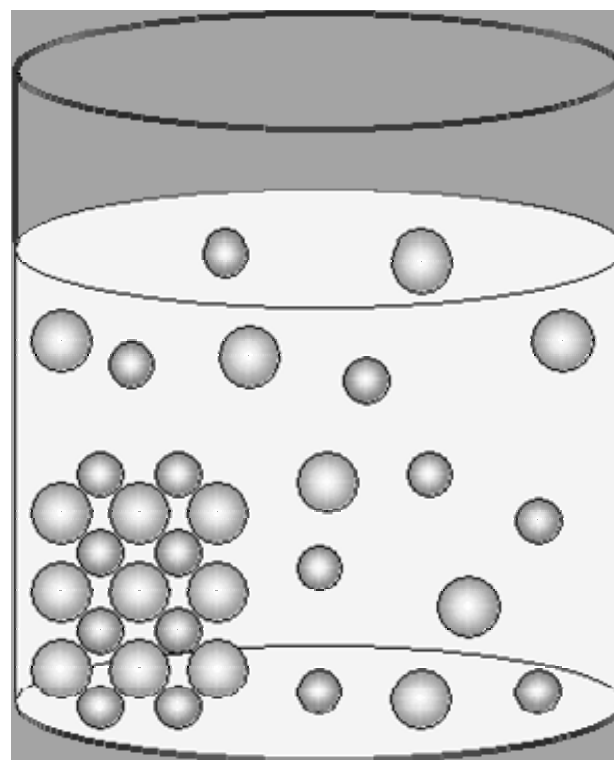
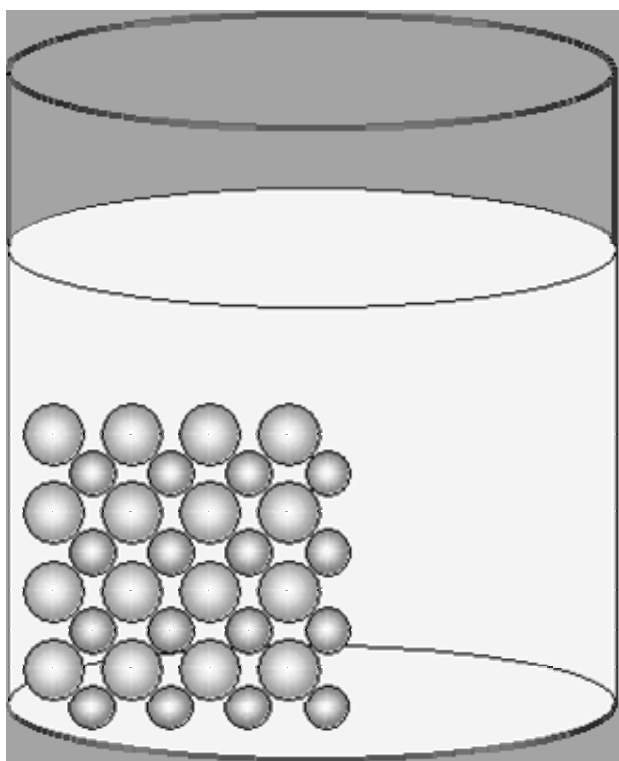
## **СИСТЕМИТЕ СПОНТАНО НАСТОЈУВААТ ДА ПРЕМИНАТ ОД СОСТОЈБА СО НИСКА ЕНТРОПИЈА (ВИСОКА СРЕДНОСТ) КОН СОСТОЈБА СО ВИСОКА ЕНТРОПИЈА (ВИСОКА НЕСРЕДНОСТ).**

- Ентропијата на универзумот расте.

*(Како доказ за ова погледни го соодветниот сѝан. Со текот на времето, неговата ентропија сѝонитано расте; тој сѝанува се понеуреден. Неопходно е да извршиме работа, значи да внесеме енергија во системот, за да го доведеме во ред.)*

## *Засићени расџвори и расџворливосџ*

- *Расџворување на NaCl во вода. Молекулите вода ги раздвојуваат јоните и растворот постепено се збогатува со хидратирани јони.*



- Хидратираниите јони се судираат со:
  - молекулите вода;
  - со сидовите на садот;
  - со другите хидратирани јони и
  - со кристалот на нерастворениот NaCl, при што се создаваат услови за повторно вградување на јоните во решетката.

Според ова, постојат два спротивни процеси што истовремено се случуваат:

- *расиворување на кристалоите што резултира со формирање на хидратирани јони и*
- *судирање (колизија) на јоните што резултира со формирање на кристална решетка на јонското соединение (кристализација).*

*Важно! При кристализацијата, молекулите вода ги најубави хидратираниите јони, односно се случува процес обратен на хидратацијата!*



*Шематски приказ на процесите на расиворување и кристализација*

- Доколку брзината на растворување е поголема отколку брзината на кристализацијата, доаѓа до намалување на количината на кристален NaCl (**рас̄творување**). Доколку брзината на кристализација е поголема отколку брзината на растворувањето, доаѓа до наголемување на количината на кристален NaCl (**крис̄талзација**). Ако брзините на двата процеси се идентични, тогаш системот се наоѓа во динамичка рамнотежа.

**Рас̄твор кој е во динамичка рамнотежа со нерас̄творената крис̄тална фаза на ком̄онената што се рас̄творува е засӣен рас̄твор** (при ште услови, не е возможно понамошно рас̄творување на рас̄творената ком̄онената во рас̄творот). Количеството на рас̄творената ком̄онената во засӣен рас̄твор се нарекува **рас̄творливост на соодветната ком̄онената**.

Рас̄творливоста обично се изразува како маса од растворена компонента во определен волумен од растворувач (најчесто 100 mL растворувач). *Пример:* на 0 °C 35,7 g NaCl можат да се растворат во 100 mL H<sub>2</sub>O и при тоа да се формира заситен раствор. Тоа е рас̄творливоста на NaCl во вода на дадената температура.

- Бидејќи рас̄творливоста најчесто зависи од температурата, секогаш е неопходно да се каже температурата при којашто е мерена рас̄творливоста на супстанцата.
- Доколку растворот содржи помало количество растворена компонента отколку заситениот раствор, тој се нарекува **незасӣен рас̄твор**. Во незаситениот раствор возможно е да се растворува додатно количество на растворена компонента, се до формирање на заситен раствор. На пример, раствор од NaCl што содржи 30 g NaCl во 100 mL вода е при 0 °C е незаситен раствор. Во него можат да се растворат уште 5,7 g NaCl, се до формирање на заситен раствор. Доколку од определени причини, растворот содржи поголемо количество растворена компонента отколку заситениот раствор, тогаш тој се нарекува **презасӣен рас̄твор**. Таквиот раствор е нестабилен систем и при мала промена на условите лесно започнува процесот на кристализација, кој трае се до формирање на заситен раствор. На пример, раствор од кој содржи 40 g NaCl во 100 mL вода, при 0 °C е презаситен раствор. Во тој раствор набрзо ќе дојде до кристализација на 4,3 g NaCl, односно тој ќе премине во заситен раствор.

# *Фактори што влијаат на растворливоста*

Растворливоста зависи од:

- Особините на растворената компонента;
- Особините на растворувачот;
- Температурата;
- Притисокот (кога станува збор за растворување на гасови).

## *XI. 3.1 Растворливост на гасовити суштества во течни растворувачи*

### *Интеракции: растворена компонента-растворувач*

- Интеракциите помеѓу молекулите на гасот главно се од *Лондонов тип* (вид на слаби електростатски интеракции помеѓу различни молекули).
- Интеракциите помеѓу молекулите на гасот и растворувачот исто така во главно се од Лондонов тип.
- Лондоновите интеракции се зголемуваат со порастот на димензиите на молекулите и нивната релативна маса.

*Според ова, растворливоста на гасовите расте со порастот на нивната релативна молекулска маса.*

*Пример:* Кг ( $A_r = 83,8$ ) е порастворлив во вода од Аг ( $A_r = 39,9$ ), а овој е порастворлив од  $O_2$  ( $M_r = 32$ ), а овој е порастворлив од  $N_2$  ( $M_r = 28$ ).

● ***Ефект на притисокот врз растворливоста на гасовите***

- Порастот на притисокот на гасот го зголемува бројот на судари на молекулите на гасот со површината на растворувачот. Растворувањето на гасот се случува кога неговите молекули се судираат со површината на растворувачот каде бидуваат солватирани и диспергирани низ растворувачот.

*Според тоа, при зголемен притисок, расте растворливоста на гасовите.*

● ***Ефект на температурата врз растворливоста на гасовите***

- При зголемена температура, молекулите на гасот имаат поголема кинетичка енергија, а со тоа е зголемена веројатноста молекулите на гасот да ја напуштат површината на растворувачот и да бидат десолватирани.

*Според ова, со порастот на температурата, опаѓа растворливоста на гасовите.*

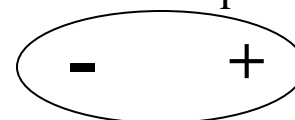
- За разлика од гасовите, другите супстанции најчесто подобро се растворуваат при повишена температура. При растворувањето на цврсти супстанции во течни растворувачи, со порастот на температурата расте кинетичката енергија и на честичките на растворената супстанца и на растворувачот, а со тоа е олеснето кинењето на врските помеѓу честичките на супстанцата што се растворува.

## ***Рас̄творување на ѓолари ком̄онен̄ии во ѓоларни рас̄творувачи***

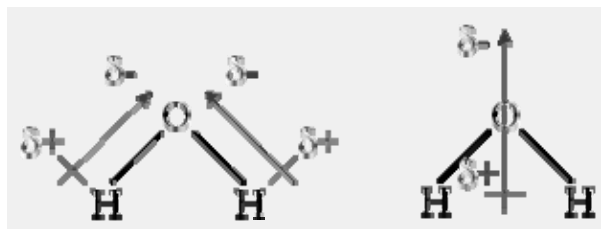
- Поларните компоненти лесно се растворуваат во поларни растворувачи.
- Интеракциите помеѓу поларните молекули се од видот **диѓол-диѓол** (или водородни врски, за молекули ииѓо содржат̄ водород).

Некои молекулите изградени од поларни ковалентни врски се однесуваат како **елект̄рични диѓоли**.

Електричен дипол е електронеутрална честичка во која постојат два ралични центри на позитивен и негативен полнеж поставени на одредено растојание (нехомогена распределба на електричеството во рамките на една неутрална молекула):



**Пример:** Молекулата на водата е електричен дипол.

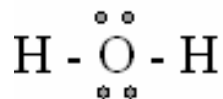
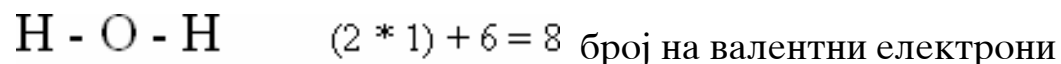


Шематски приказ на диполните моменти на поларните врски во молекулата на водата и вкупниот диполен момент прикажани со вектори .

- Дипол-дипол интеракциите постојат помеѓу молекулите на растворената компонента и растворувачот. Така, енергијата вложена за раскинување на врските помеѓу растворената компонента е приближно еквивалентна со енергијата што се ослободува при образувањето на интеракциите помеѓу растворената компонента и растворувачот. Но, силата на ентропијата (тенденцијата за зголемување на нередот во системот) го форсира растворувањето на поларната компонента во поларниот растворувач.

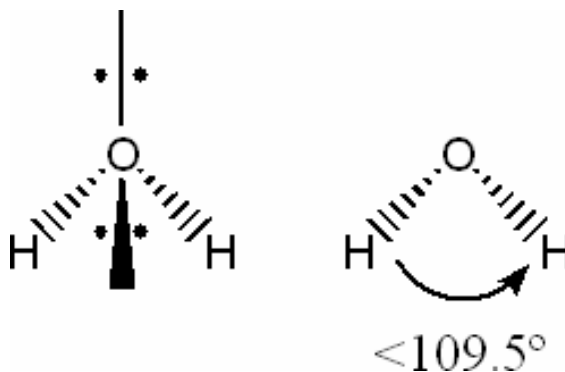
# Особини на рас̄творенӣе ком̄оненӣи во водни рас̄твори

- Како водата ги растворува супстанците?
  - Ковалентните врски во молекулата на водата се поларни.

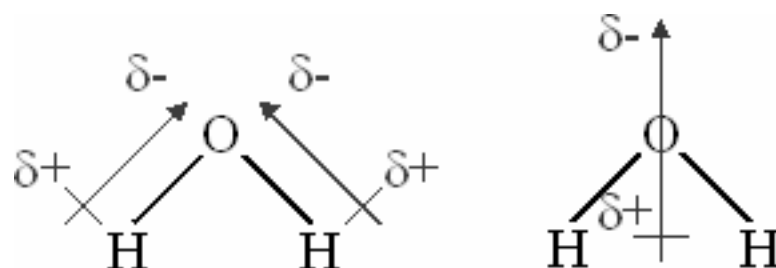


*Луисова с̄руктурӣа на молекула̄ӣа на вода̄ӣа*

- Кислородот има тетраедарски распоред на валентните електрони ( $sp^3$  хибридизација).



*Геометрија на молекула̄ӣа на вода̄ӣа*



*Диполен моменти на поларните ковалентни врски на молекулата на вода и вкупен диполен моменти на молекулата.*

Молекулата на вода е електричен дипол. Водата може да учествуваат во следниве видови интеракции:

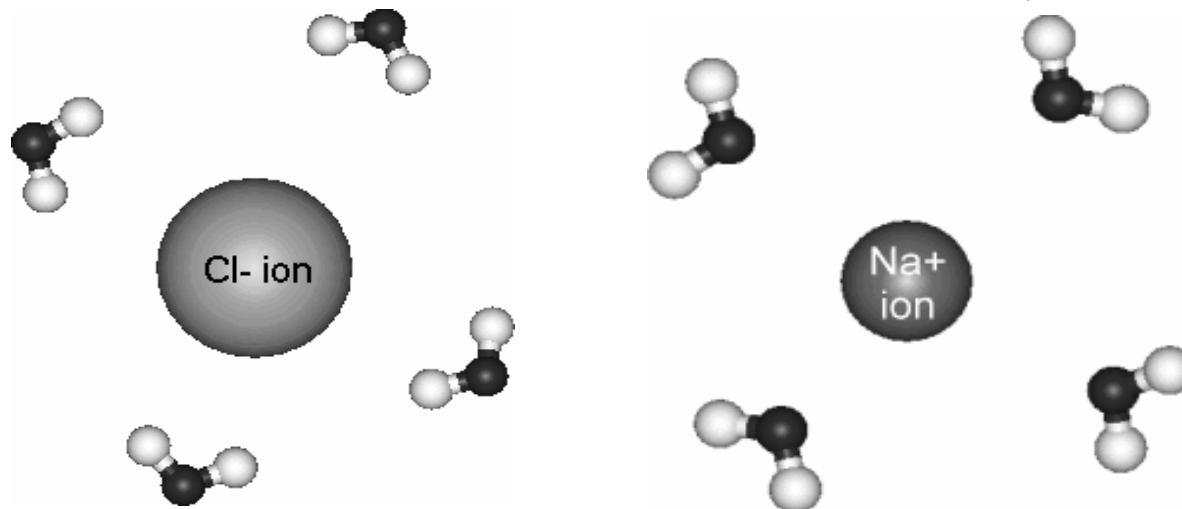
- *Лондонови интеракции (вид на слаби интеракции од електростатиска природа);*
- *Дипол-дипол интеракции;*
- *Јон-дипол интеракции;*
- *Водородни врски (со останатите молекули на водата или со молекулите на растворената компонента).*

Водата е способна да учествува во различни видови нековалентни интеракции. Оваа особина е од круцијално значење за водата. Заради оваа особина, водата има способност да растворува различни видови супстанции.

# Растворување на јонски соединенија во вода

## ● Јон - дипол интеракции

Молекулите на водата се ориентираат околу јоните со својот дел од молекулата што има полнеж спротивен од полнежот на јонот.



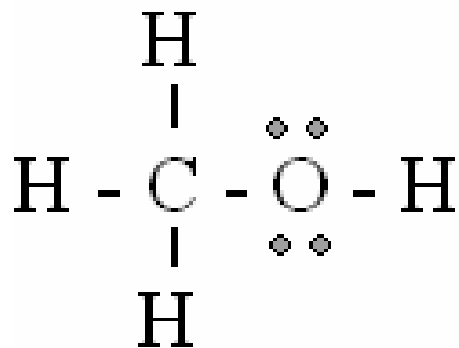
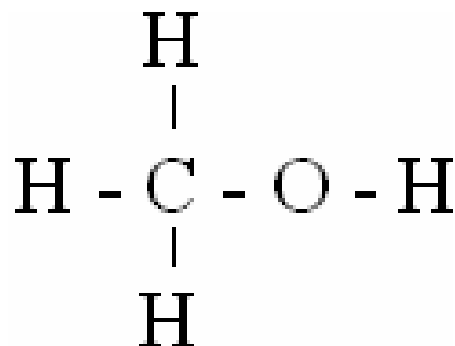
- Молекулите на водата ги раздвојуваат, опкружуваат и диспергираат јоните на кристалното јонско соединение.
- Водата е слаб спроводник на електрична струја. Меѓутоа, јоните растворени во водата можат да спроведуваат електрична струја.

*Растворите што содржат јони и спроведуваат електрична струја се викаат електролити; или: Електролитите се раствори на јони.*

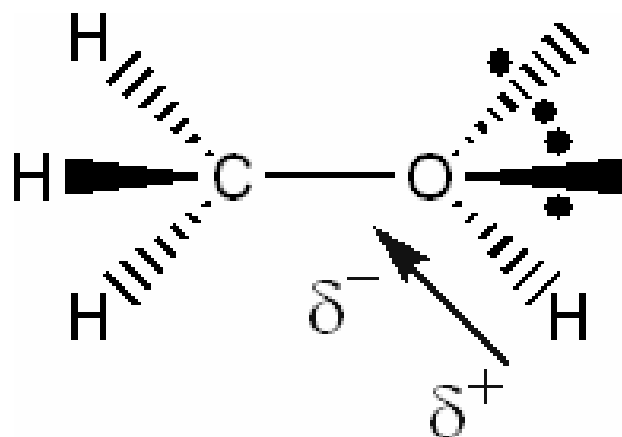
# Раствори на молекулски соединенија во вода

- При растворување на некои ковалентни соединенија, интеракциите помеѓу водата и молекулите на соединението што се растворува, не доведуваат до кинење на ковалентните врски во рамките на соединението.

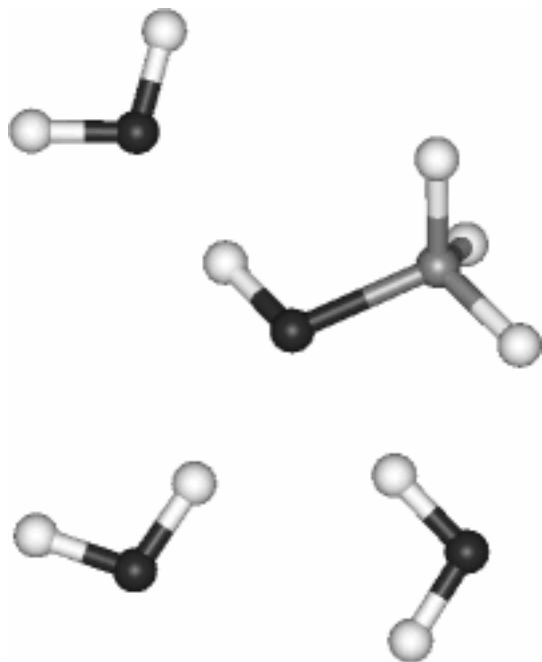
*Пример:* Раствор на метанол ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) во вода.



Геометријата на кислородот во ОН групата на алкохолот, како и бројот и распоредот на валентните електрони, се слични со оние на кислородот во водата. Врската ОН кај алкохолот е поларна, слично како кај водата.



Шематски приказ на ковалентните врски, слободните електронски парови и диполниот момент на молекулата на метанолот.



Водата може да образува **водородни врски** со молекулите на метанолот и на тој начин водата може да ги раздвои, опкружи (координира) и диспергира молекулите на метанолот. Или со други зборови: **водаџа може да го расџвори меџанолоџ.**

Шематски приказ на молекулите на водата и метанолот.

- *Кај некои соединенија, интеракциите со молекулата на водата, доведуваат до раскинување на ковалентните врски.*

Кај овие соединенија, иако се изградени од неутрални молекули, силните интеракции со водата доведуваат до кинење на ковалентните врски и образување на јони во водниот раствор.

*Пример:* Растворувањето на HCl во вода. HCl е ковалентно соединение изградено од поларни неутрални молекули. При растворувањето во вода, врската H-Cl се кине и при тоа се образуваат јоните  $H^+$  и  $Cl^-$ . Според ова, при растворувањето на HCl во вода се образува раствор на јони, односно *електролит*.

Киселините се само еден пример за поларни ковалентни соединенија што при растворување во вода образуваат електролити, заради интеракциите со водата и образувањето на јони. За овие супстанции велиме дека се јонизираат во водни раствори.

● **Јаки и слаби електролити:**

- Некои соединенија, при растворувањето во вода комплетно се разложуваат (дисоцираат) на јони. Вакви се јонските соединенија и некои од поларните ковалентни соединенија (пр. HCl и некои други киселини). Овие соединенија се наречени **силни електролити**.
- Други соединенија имаат само делумна тенденција за јонизирање во вода и само дел од присутните растворени молекули дисоцираат на јони (*Забелешка: Соединението целосно се растворува во водата, но само дел од неговите молекули јонизираат*). Овие соединенија се наречени **слаби електролити**.

Пример:



Дисоцијација на оцетната киселина.

Оцетната киселина е слаб електролит. Двонасочната стрелка покажува дека реакцијата се одвива во двете насоки (две различни реакции). Кога брзините на двете реакции ќе се изедначат, системот воспоставува динамичка рамнотежа. После воспоставувањето на рамнотежата, само мал дел од молекулите на оцетната киселина се јонизирани, а поголемиот дел остануваат во нејонизиран облик. Затоа оцетната киселина е слаб електролит.



### **Дисоцијација на хлороводородната киселина.**

HCl е силен електролит. Еднонасочната стрелка покажува дека реакцијата се одвива само во една насока. Не е возможна обратната реакција, а со тоа не е возможно ниту воспоставување на хемиска рамнотежа помеѓу дисоцираните јони и недисоцираните молекули. Тоа значи дека сите присутни молекули на HCl дисоцирале на јони. Затоа HCl е силен електролит.

# Изразување на квантитативниот состав на раствориите

- Постојат различни физички величини за изразување на квантитативниот состав на раствориите.

- Однос на некоја величина што се однесува на растворената компонента и на растворувачот.

*A* растворувач, *B* растворена компонента

Масен однос:  $\frac{m_A}{m_B}$

Количински однос:  $\frac{n_A}{n_B}$

Волуменски однос:  $\frac{V_A}{V_B}$

- Удел на растворената компонента во растворот:

Масен удел:  $w_B = \frac{m_B}{m_{p-p}}$

Броен удел:  $x_B = \frac{N_B}{N_{p-p}}$

Волуменски удел:  $\varphi_B = \frac{V_B}{V_{p-p}}$

Забелешка: Крајенката **p-p** се однесува на растворот (т.е.  $m_{p-p}$  - маса на растворот)

● **Концентрација на растворените компоненти во раствори:**

● Масена концентрација:  $\gamma_B = \frac{m_B}{V_{p-p}}$

● Количествена концентрација:  $c_B = \frac{n_B}{V_{p-p}}$

**Важно:** Концентрацијата на раствори е однос на некоја физичка величина што се однесува на **растворените компоненти** (маса, количество) и **волуменот** на раствори.

Единиците за концентрација следуваат од единиците на физичките величини што ја дефинираат концентрацијата.

● **Молалност:** Молалност на раствори се дефинира како однос помеѓу **количеството на растворените компоненти и масата на растворувачот**.

$$b_B = \frac{n_B}{m_A}$$

# Колоиди

- Колоидите се хомогени смеси.
- Диспергираната компонента најчесто е изградена од крупни молекули со голема релативна молекулска маса.
- Големините на честичките на диспергираната компонента кај колоидите се приближно помеѓу 1 и 100 nm.
- Колоидите покажуваат специфично однесување при интеракција со светлината:

*Пример:* Дисперзен систем изграден од протеин како диспергирана компонента и вода како дисперзиона средина. Големините на макромолекулите на протеините обично изнесуваат од 5 до 50 nm. Доколку во водата постојат повеќе видови на макромолекули (различни видови на диспергирани компоненти), возможно е да дојде до образување на молекулски агрегати со поврзување на неколку различни молекули. Во таков случај колоидната честичка, односно честичката на диспергираната компонента има сложен состав.

- При интеракција со светлината, може да дојде до преод на електроните на диспергираната компонента во повисоките енергетски слоеви. Враќањето на електроните во основната состојба резултира со емисија на фотони (светлина). Крајниот резултат е расејување на светлината низ дисперзниот систем при што истиот може да изгледа *”мајловийо”*.

Колоидите можат да бидат хидрофилни или хидрофобни, според нивниот афинитет кон водата.

### ● **Хидрофилни колоиди**

- **Хидрофилнос̄т** е особина на некој систем којшто има афинитет за интеракции со водата, или со други зборови “**сака вода̄та**” (има тенденција за поврзување или образување на некаков вид привлечни интеракции со водата);
- Хидрофилните колоиди најчесто имаат атомски групи кои се способни да градат водородни врски во водата;
- Хидрофилните колоиди формираат водни колоидни системи.

### ● **Хидрофобни колоиди**

- **Хидрофобнос̄т е с̄иро̄ивно свос̄ј̄во од хидрофилнос̄т. Хидрофобен е оној сис̄тем ш̄то** што се “плаши”, има “фобија”, од водата (нема тенденција за поврзување со водата);
- Хидрофобните колоиди немаат поларни атомски групи за да стапат во дипол-дипол интеракции со водата, ниту пак се способни да градат водородни врски со неа.