

**Слоботка Алексовска**

# **ХЕМИЈА**

**за II година**

**четиригодишно средно стручно  
образование**

**(Геолошко-рударска и металуршка струка,  
Графичка струка, Лични услуги, Шумарско-  
дрвопреработувачка струка, Текстилно-кожарска  
струка, Здравствена струка, Земјоделска-  
ветеринарна струка)**

**Скопје, 2022**

# ХЕМИЈА



# **Слоботка Алексовска**

# **ХЕМИЈА**

**за II година  
средно стручно  
четиригодишно образование**

**СТРУКА/СЕКТОР: Геолошко-рударска и металуршка/Геологија, рударство и металургија, Графичка/Графичарство, Лични услуги, Шумарско-дрвопреработувачка/Шумарство и обработка на дрво, Здравствена/Здравство и социјална заштита, Земјоделска-ветеринарна/Земјоделство, рибарство и ветеринарство**

**Скопје, 2022**

## **ХЕМИЈА**

**за II година средно стручно четиригодишно образование**

**СТРУКА/СЕКТОР:** Геолошко-рударска и металуршка/Геологија, рударство и металургија, Графичка/Графичарство, Лични услуги, Шумарско-дрвопреработувачка/Шумарство и обработка на дрво, Здравствена/Здравство и социјална заштита, Земјоделска-ветеринарна/Земјоделство, рибарство и ветеринарство

### **АВТОР:**

**Слоботка Алексовска**

### **РЕЦЕНЗЕНТИ:**

**Валентин Мирчески**

**Виолета Солакова Стојановска**

**Верица Јакимовиќ**

**ЛЕКТУРА:** Весна Костовска

**СТРУЧНА РЕДАКЦИЈА:** Неше Салих

**УРЕДНИК:** Неше Салих

**ГРАФИЧКО И ТЕХНИЧКО УРЕДУВАЊЕ:** Леон Џинго, Евгенија Павлова - АРС СТУДИО

**МЕСТО И ГОДИНА НА ИЗДАВАЊЕ:** Скопје, 2022 година

### **ИЗДАВАЧ:**

**Министерство за образование и наука на Република Северна Македонија**

**Ул. „Св. Кирил и Методиј“ бр. 54, 1000 Скопје**

**Со одлука за одобрување ма учебникот по предметот ХЕМИЈА, за II година четиригодишно средно стручно образование, СТРУКА/СЕКТОР: Геолошкорударска и металуршка струка, Графичка струка, Лични услуги, Шумарскодрвопреработувачка струка, Текстилно-кожарска струка, Здравствена струка, Земјоделска-ветеринарна струка, број 26-139/3 од 16-06-2022 донесена од Националната комисија за учебници**

CIP - Каталогизација во публикација

Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје

54(075.3)

АЛЕКСОВСКА, Слоботка

Хемија [Електронски извор] : за II година средно стручно четиригодишно образование : струка/сектор: геолошко-рударска и металуршка/гео-логија, рударство и металургија, графичка/графичарст-во, лични услуги, шумарско-дрвопреработувачка/шу-марство и обработка на дрво, здравствена/здравство и социјална заштита, земјоделска-ветеринарна/земјодел-ство, рибарство и ветеринарство / Слоботка Алексовска. - Скопје : Министерство за образование и наука на Република Северна Македонија, 2022

Начин на пристапување (URL):

[https://www.e-ucebnici.mon.gov.mk/pdf/Hemija\\_nnp\\_2\\_mak.pdf](https://www.e-ucebnici.mon.gov.mk/pdf/Hemija_nnp_2_mak.pdf). - Текст во PDF формат, содржи 142, [10] стр., илустр.

- Наслов преземен од екранот. - Опис на изворот на ден 09.11.2022. - Содржи и: Прилози

ISBN 978-608-273-107-0

COBISS.MK-ID 58579461

## ПРЕДГОВОР

Овој учебник е наменет за учениците од **втора година во четиригодишното средно стручно образование**, за следниве струки/сектори: Геолошко-рударска и металуршка/Геологија, рударство и металургија, Графичка/Графичарство, Лични услуги, Шумарско-дрвопреработувачка/Шумарство и обработка на дрво, Здравствена/Здравство и социјална заштита, Земјоделска-ветеринарна/Земјоделство, рибарство и ветеринарство.

Учебникот е пишуван **во согласност со Концепцијата за изработка на учебник и со Наставна програма по наставниот предмет Хемија за II година средно стручно образование со четиригодишно траење.**

Наставната програма по хемија за втора година за наведените струки/сектори е модуларно дизајнирана со вкупно седум модуларни единици, кои се конципирани преку резултати од учењето, содржини, поими, активности, методи и критериуми за оценување. Затоа, учебникот се состои од истите **седум модуларни единици** кои се опфатени со наставната програма. Во учебникот, на почетокот на секоја модуларна единица се наведени очекуваните резултати од учењето, содржините и поимите со кои ќе се сретнат учениците. **Насловите на содржините** во самата модуларна единица се, исто така, **соодветни на содржините од наставната програма**, а низ текстот **јасно се нагласени поимите** кои учениците треба да ги усвојат. Во самиот текст, или во прашањата и задачите на крајот од содржините, внесени се **различни активности и методи на работа на час**, кои се **соодветни на предвидените во наставната програма.**

Така, покрај тоа што го содржат основниот текст, модуларните единици изобилуваат и со **голем број слики, табели, шеми, графикони, експерименти и решени примери на задачи.** Сето ова е со цел учениците полесно да ги разберат и научат сложените научни факти.

Експериментите дадени во наставните содржини би требало да се изведат во текот на часот. Поедноставните експерименти ги изведуваат самите ученици, а оние кои се посложени или опасни, ги изведува наставникот. Колку, и кои од нив ќе бидат изведени на часот, зависи од изборот на наставникот и од условите за работа. Најважно е, преку експериментите, учениците да сфатат дека експериментот е едно од најважните методско-дидактички средства во изучувањето на хемијата. Покрај тоа, експериментите имаат за цел да ја поттикнат љубопитноста и истражувачкиот дух кај учениците.

Решените примери се така осмислени што ја даваат методологијата на решавање на задачата, заедно со размислувањата и поврзувањето на фактите. На ваков начин учениците не само што ќе го учат материјалот, туку и ќе учат

како да учат, т.е. како да ги поврзуваат научените факти и да ги применат на конкретен пример и во нова ситуација.

На крајот од содржините дадени се **Прашања и задачи**, како и посебно издвоен дел со наслов **Истражувај**. Прашањата и задачите се согласно различните нивоа од Блумовата таксономија, додека пак истражувањата имаат за цел да развиваат способности кај учениците за истражување, за решавање проблеми и за изработка на проекти, како и за развој на вештините за користење на информатичките технологии. Овие активности може да се изведуваат индивидуално или во мали групи.

На некои места во текстот, во деловите т.н. **Дознај повеќе** издвоени се важни факти, занимливости или научни новини поврзани со основниот текст. Нивната улога е да им ја доближат хемијата на учениците, да ја популаризираат и да ги заинтересираат за стекнување нови знаења. Ученикот не треба да ги учи, но пожелно е да ги прочита.

Секоја модуларна единица завршува со **Резиме** коешто, всушност, ги содржи сите најзначајни поими, дефиниции и факти кои ученикот треба да ги усвои од дадената модуларна единица.

На крајот од учебникот во делот **Прилози**, се дадени табели со различни податоци во корелација со наставните содржини.

Драга и почитувана ученичке, драг и почитуван ученику, се надевам дека овој учебник ќе ти овозможи да ги стекнеш потребните знаења од областа на хемијата, потребни за твојата струка и за понатамошното образование. Покрај тоа, се надевам дека кај тебе ќе ја поттикне љубовта кон науката, особено кон хемијата, и ќе те мотивира да истражуваш и да доаѓаш до нови сознанија. Ти посакувам успешна работа!

За прашања, сугестии, дискусии за хемијата, обрати се на следнава e-mail адреса:  
bote@pmf.ukim.mk

**Благодарност:** Најискрено им се заблагодарувам на рецензентите на овој учебник, Валентин Мирчески, Виолета Солакова и Верица Јакимовиќ, како и на лекторот, Весна Костовска, за темелното читање на текстот и за корисните забелешки и сугестии. Со сето тоа придонесоа да се зголеми квалитетот на учебникот.

Авторот



# Модуларна единица 1

## ХЕМИСКО СМЕТАЊЕ

Со изучување на содржините од модуларната единица „Хемиско сметање“ се очекува ученикот/ученичката да биде способен/а да:

- ♦ *ги дефинира величините односи и удели и да ги применува при решавање задачи;*
- ♦ *решава задачи за наоѓање на квантитативниот состав на соединение чија хемиска формула е позната;*
- ♦ *решава едноставни задачи од пресметување врз основа на хемиска равенка.*

Содржини:

- ♦ Начини за изразување на составот. Односи и удели.
- ♦ Пресметување на квантитативниот состав на соединение врз основа на позната хемиска формула.
- ♦ Пресметување врз основа на хемиска равенка

Поими:

- ♦ Количествен однос
- ♦ Масен однос
- ♦ Волуменски однос
- ♦ Количествен удел
- ♦ Масен удел
- ♦ Волуменски удел
- ♦ Хемиска формула
- ♦ Емпириска (наједноставна) формула
- ♦ Молекулска (вистинска) формула
- ♦ Индекс
- ♦ Хемиска равенка
- ♦ Стехиометриски коефициенти

## НАЧИНИ ЗА ИЗРАЗУВАЊЕ НА СОСТАВОТ. ОДНОСИ И УДЕЛИ

Минатата година се запозна со поимот супстанца и со поделбата на супстанците на чисти супстанции и смеси. Учеше и за тоа дека чистите супстанции се поделени на елементарни супстанции и соединенија. Без оглед на тоа дали станува збор за чисти супстанции или за смеси, од големо значење е да го знаеме нивниот состав. Имено, супстанците ги опишуваме, ги разликуваме едни од други и ги применуваме за различни цели, познавајќи ги нивните својства, а тие зависат од нивниот состав.

Понекогаш сме заинтересирани за тоа кои елементи влегуваат во составот на некое соединение или, пак, кои компоненти влегуваат во составот на една смеса, без притоа да нè интересираат количествата со кои се застапени поодделните компоненти. Кога сме заинтересирани за ваков вид податоци, всушност, нам ни е важен т.н. **квалитативен состав**. Од податоците за квалитативниот состав на еден систем дознаваме **кои компоненти (супстанции) влегуваат во составот на тој систем**, но не дознаваме ништо за нивната застапеност во системот. Познавањето на квалитативниот состав на системите е од големо значење за хемијата, но и воопшто во секојдневната практика. Така, на пример, определен лек мора во својот состав да ја содржи соодветната лековита компонента; легури со определени својства мора да содржат соодветни метали и/или неметали; определен прехранбен производ мора да содржи определени супстанции што ќе му дадат определен вкус итн. Квалитативниот состав на системите се определува со т.н. квалитативна хемиска анализа, со која по пат на хемиски реакции или со примена на различни инструментални техники се определува присуството на различни хемиски компоненти во некој систем.



Слика 1.1. На етикетата на пакувањето со додатоци во исхраната наброени се состојките и нивната количина во производот.

Меѓутоа, најчесто освен што е потребно да го познаваме квалитативниот состав на системите, потребно е да знаеме и во колкави количества се застапени поодделните компоненти во нив и каков е нивниот сооднос. На пример, не само што некој лек треба да ја содржи лековитата супстанца, туку таа мора да биде во определено количество за да го пројави лековитото дејство. Значи, освен квалитативниот состав, потребно е да се познава и **квантитативниот состав** на системите. Квантитативниот состав на хемиските системи се определува со примена на т.н. квантитативна хемиска анализа, при која се определува или се мери некоја величина како, на пример,

маса, волумен итн., на компонентите во системот. Но, тоа што е важно да се нагласи е дека квантитативниот состав се определува само доколку претходно се знае точниот квалитативен состав на испитуваниот систем. Значи,

*квантитативниот состав ни покажува во колкава количина и во каков сооднос се застапени компонентите на еден систем со познат квалитативен состав.*



Многу често резултатите од експерименталните определувања и мерења на некоја физичка величина треба да ги поврземе со некоја друга со примена на соодветна величинска равенка, односно по пат на математичко пресметување. Ваквите пресметувања со заедничко име се нарекуваат **хемиско сметање**. Може да кажеме дека:

*Под хемиско сметање се подразбира математичко пресметување, со примена на величински равенки, за решавање квантитативни хемиски проблеми.*

Минатата година се запозна со основите на хемиското сметање што вклучуваа проблеми поврзани со количеството супстанца и моларните величини. Овде ќе се запознаеме со некои физички величини што се ползуваат за изразување на квантитативниот состав на системите. Една група величини со кои се изразува квантитативниот сооднос на две компоненти во еден систем се т.н. **односи**. Соодносот на две компоненти (на пример, означени со В и С) на еден хемиски систем може да се изрази како:

| <i>количествен однос</i>                      | <i>броен однос</i>                                 | <i>масен однос</i>                      | <i>волуменски однос</i>                     |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|
| однос меѓу количествата на компонентите В и С | однос меѓу бројот на единици на компонентите В и С | однос меѓу масите на компонентите В и С | однос меѓу волумените на компонентите В и С |
| $r(B, C) = \frac{n(B)}{n(C)}$                 | $r(B, C) = \frac{N(B)}{N(C)}$                      | $\zeta(B, C) = \frac{m(B)}{m(C)}$       | $\psi(B, C) = \frac{V(B)}{V(C)}$            |

Како што може да се забележи, количествениот (молски) однос е еднаков на бројниот однос, затоа што количеството супстанца и бројот на единици се поврзани преку Авогадровата константа. Лесно може да се заклучи дека односите се бездимензионални величини бидејќи секој од нив е количник од две исти величини. Бројните вредности, пак, на овие величини најчесто се изразуваат како најмали целобројни односи. Да го разгледаме следниов пример.

**Пример 1.1.** Месингот е легура на бакар на цинк. Во едно парче месинг, масата на бакар е 70 g, а на цинк е 30 g.

- Колку изнесува масениот однос на бакарот и цинкот во легурата?
- Колку изнесува количествениот однос на бакарот и цинкот во легурата?

**Решение:**

**Дадено е:**

$$m(\text{Cu}) = 70 \text{ g}$$

$$m(\text{Zn}) = 30 \text{ g}$$

**Се бара:**

$$\text{a) } \zeta(\text{Cu}, \text{Zn}) = ?$$

$$\text{б) } r(\text{Cu}, \text{Zn}) = ?$$

$$\text{a) } \zeta(\text{Cu}, \text{Zn}) = \frac{m(\text{Cu})}{m(\text{Zn})} = \frac{70 \text{ g}}{30 \text{ g}} = \frac{7}{3} = 2,33$$

Освен на ваков начин, резултатот може да се претстави и на следниов начин:

$$\zeta(\text{Cu}, \text{Zn}) = 7 : 3$$

б) За да го определиме количествениот (молскиот) однос на бакарот и цинкот во месингот, најнапред треба дадените маси на бакар и цинк да ги претвориме во количества. За таа цел, потребни ни се нивните моларни маси:  $M(\text{Cu}) = 63,55 \text{ g/mol}$  и  $M(\text{Zn}) = 65,39 \text{ g/mol}$ .

$$n(\text{Cu}) = \frac{m(\text{Cu})}{M(\text{Cu})} = \frac{70 \text{ g}}{63,55 \text{ g/mol}} = 1,1 \text{ mol} \quad n(\text{Zn}) = \frac{m(\text{Zn})}{M(\text{Zn})} = \frac{30 \text{ g}}{65,39 \text{ g/mol}} = 0,46 \text{ mol}$$

Оттука, количествениот однос на бакарот и цинкот во месингот изнесува:

$$r(\text{Cu}, \text{Zn}) = \frac{n(\text{Cu})}{n(\text{Zn})} = \frac{1,1 \text{ mol}}{0,46 \text{ mol}} = 2,39$$

**Одговор:** Масениот однос на бакарот и цинкот во месингот изнесува 7 : 3 или 2,33, а количествениот однос изнесува 2,39.

Една друга група величини за изразување на квантитативниот состав на системите се т.н. **удели**. Генерално, може да кажеме дека

**уделите покажуваат со колкав квантитативен дел учествува една компонента во целиот систем.**

Како и односите, и уделите може да бидат количествени (молски), масени и волуменски:

| <i>количествен удел</i>                                                                                   | <i>броен удел</i>                                                                                     | <i>масен удел</i>                                                                  | <i>волуменски удел</i>                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| однос (количник) меѓу количеството на компонентата В и вкупното количество на сите компоненти во системот | однос меѓу бројот на единици на компонентата В и вкупниот број единици од сите компоненти во системот | однос меѓу масата на компонентата В и вкупната маса од сите компоненти во системот | однос меѓу волуменот на компонентата В и збирот од волумените на сите компоненти во системот |
| $x(\text{B}) = \frac{n(\text{B})}{\sum n_i}$                                                              | $x(\text{B}) = \frac{N(\text{B})}{\sum N_i}$                                                          | $w(\text{B}) = \frac{m(\text{B})}{\sum m_i}$                                       | $\varphi(\text{B}) = \frac{V(\text{B})}{\sum V_i}$                                           |



Слика 1.2. Збирот на сите делови дава едно цело.

Без разлика за каков тип удел станува збор (количествен, масен или волуменски), уделите секогаш се броеви помали од единица, бидејќи тие се делови од целото. Но, затоа, пак, збирот на сите удели е еднаков на 1. Уделите, исто како и односите се бездимензионални величини, меѓутоа многу често тие се изразуваат во проценти. Процентот е стоти дел од целото ( $1 \% = 1/100$ ). Поради тоа, кога масениот удел го изразуваме во проценти, треба да го помножимо со 100 %. Кога уделите се изразуваат во проценти, збирот на сите удели во системот е еднаков на 100 %. Да разгледаме неколку примери на задачи во врска со удели:

**Пример 1.2.** Една смеса се состои од 5 g NaCl, 1,27 g NaHCO<sub>3</sub> и 8,21 g BaSO<sub>4</sub>. Колку изнесува масениот удел на натриум хлоридот во оваа смеса, изразен во проценти?

**Решение:**

*Дадено е:*

$$m(\text{NaCl}) = 5 \text{ g}$$

$$m(\text{NaHCO}_3) = 1,27 \text{ g}$$

$$m(\text{BaSO}_4) = 8,21 \text{ g}$$

*Се бара:*

$$w(\text{NaCl}; \text{смеса}) = ?$$

Масениот удел на натриум хлорид во смесата ќе го пресметаме според следнава величинска равенка:

$$w(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{\sum m_i}$$

Збирот од масите на трите супстанции, всушност, е масата на смесата:

$$m(\text{смеса}) = m(\text{NaCl}) + m(\text{NaHCO}_3) + m(\text{BaSO}_4) = 5 \text{ g} + 1,27 \text{ g} + 8,21 \text{ g} = 14,48 \text{ g}$$

Според тоа:

$$w(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{\sum m_i} = \frac{5 \text{ g}}{14,48 \text{ g}} = 0,3453$$

**Одговор:** Масениот удел на натриум хлорид во дадената смеса изнесува 34,53 %.

**Пример 1.3.** Амалгамите претставуваат смеси на живата со некој друг метал. Еден амалгам се состои од 3 mol жива (Hg) и 2 mol сребро (Ag). Колку изнесуваат молските удели на живата и на среброто во амалгамот изразени во проценти?

**Решение:**

*Дадено е:*

$$n(\text{Hg}) = 3 \text{ mol}$$

$$n(\text{Ag}) = 2 \text{ mol}$$

*Се бара:*

$$x(\text{Hg}) = ?$$

$$x(\text{Ag}) = ?$$

$$x(\text{Hg}) = \frac{n(\text{Hg})}{n(\text{Hg}) + n(\text{Ag})} = \frac{3 \text{ mol}}{3 \text{ mol} + 2 \text{ mol}} = 0,6 = 60 \%$$

На сличен начин може да се пресмета и количествениот (молскиот) удел на среброто, но бидејќи овој амалгам се состои само од жива и сребро, молскиот удел на среброто ќе биде остатокот до 100 %, односно:  $x(\text{Ag}) = 100 \% - x(\text{Hg}) = 100 \% - 60 \% = 40 \%$ .

**Одговор:** Молскиот удел на живата во амалгамот е 60 %, а на среброто 40 %.

**Пример 1.4.** Волуменскиот удел на ацетон во една смеса со етанол изнесува 35 %. Колку изнесува волуменот на ацетон во 200 mL од оваа смеса?

**Решение:**

*Дадено е:*

$$\varphi(\text{ацетон}) = 35 \%$$

$$V(\text{смеса}) = 200 \text{ mL}$$

*Се бара:*

$$V(\text{ацетон}) = ?$$

Волуменскиот удел на ацетонот во смесата ќе го изразиме со следнава величинска равенка:

$$\varphi(\text{ацетон}) = \frac{V(\text{ацетон})}{V(\text{смеса})}$$

Оттука, 
$$V(\text{ацетон}) = \varphi(\text{ацетон}) \cdot V(\text{смеса})$$

Во пресметувањето треба да се земе бројната вредност за уделот без процентот. Тоа значи дека вредноста изразена во проценти треба да ја поделиме со 100.

$$\varphi(\text{ацетон}) = 35 \% = 0,35.$$

$$V(\text{ацетон}) = \varphi(\text{ацетон}) \cdot V(\text{смеса}) = 0,35 \cdot 200 \text{ mL} = 70 \text{ mL}$$

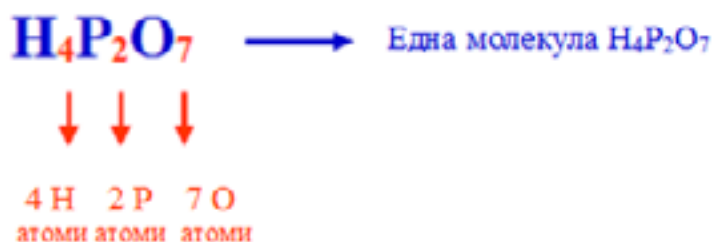
**Одговор:** Волуменот на ацетон во 200 mL смеса со етанол, во која волуменскиот удел на ацетон е 35 %, изнесува 70 mL.

# ПРЕСМЕТУВАЊЕ КВАНТИТАТИВЕН СОСТАВ НА СОЕДИНЕНИЕ ВРЗ ОСНОВА НА ПОЗНАТА ХЕМИСКА ФОРМУЛА

Поимот хемиска формула е еден од основните поими во хемијата бидејќи со хемиските формули се означуваат супстанците, а хемијата е наука за супстанците. Но, освен за означување на супстанците, секоја хемиска формула во себе содржи **квалитативни податоци**. На пример, формулата  $\text{H}_2\text{SO}_4$  покажува дека сулфурната киселина е изградена од елементите водород, сулфур и кислород (не од елементарните супстанции!). Меѓутоа, освен квалитативни податоци, хемиските формули даваат и **квантитативни податоци**, како за градбените единици на супстанцата, така и за самата супстанца. Да разгледаме какви податоци ни даваат хемиските формули.

## *I. Хемиската формула означува градбена единица*

I.1. Кога станува збор за молекули како градбени единици, хемиската формула означува една молекула на некое соединение или на некоја елементарна супстанца. На пример, формулата  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$  (која е скратена ознака за пиродифосфорна киселина) означува една молекула од  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ , која е изградена од атомите на елементите водород, фосфор и кислород. Ова се квалитативни податоци. Квантитативните податоци, пак, се содржат во **индексите** во формулата. Кога со хемиската формула сакаме да претставиме **една молекула** од некое соединение, тогаш **индексите во формулата го даваат бројот на атоми од секој елемент**. Значи, во една молекула пиродифосфорна киселина има 4 атоми водород, 2 атоми фосфор и 7 атоми кислород.



Вакво е значењето на индексот и ако станува збор за молекули на елементарна супстанца. На пример, формулата  $\text{P}_4$  означува една молекула фосфор, а индексот 4 означува дека во една молекула фосфор има 4 атоми фосфор.

I.2. Освен соединенија изградени од молекули, постојат и соединенија изградени од јони, т.н. јонски соединенија. Во таков случај, наместо за молекули, зборуваме за **формулни единици**. На пример,  $\text{CaF}_2$  означува една формулна единица на соединението калциум флуорид. **Индексите во формулната единица го даваат односот на количествата на јоните од кои е изградено соединението**. За примерот на  $\text{CaF}_2$ , може да напишеме дека

$$n(\text{Ca}^{2+}) : n(\text{F}^-) = 1 : 2.$$

## II. Хемиската формула означува супстанца

Кога со хемиската формула се означува супстанца, без разлика дали супстанцата е изградена од молекули или од јони, тогаш со односот на индексите во формулата е претставен односот на количествата на соодветните елементи.

За пресметувањата што се темелат врз позната хемиска формула, важно е да знаеме дека, во општ случај,

*односот на индексите во формулата го дава односот на количествата на елементите во соединението.*

Еве неколку примери:

**Пример 1.5.** Колку изнесува односот на количествата на елементите во соединението со формула  $C_2H_6O$ ?

**Решение:** Односот на количествата на елементите во соединението со формула  $C_2H_6O$  е:

$$n(C) : n(H) : n(O) = 2 : 6 : 1$$

**Пример 1.6.** Колку изнесува односот на количествата на: а) алуминиумовите и сулфатните јони и б) елементите во алуминиум сулфат?

**Решение:** За да одговориме на барањата во задачата, најнапред треба да ја напишеме формулата на алуминиум сулфат. Таа е  $Al_2(SO_4)_3$ .

а) Алуминиум сулфатот е изграден од  $Al^{3+}$  и  $SO_4^{2-}$  јони. Односот на нивните количества може да го запишеме како:

$$n(Al^{3+}) : n(SO_4^{2-}) = 2 : 3, \text{ но и како}$$

$$r(Al^{3+}, SO_4^{2-}) = \frac{n(Al^{3+})}{n(SO_4^{2-})} = \frac{2}{3}$$

б) Кога треба да го претставиме односот на количествата на елементите во полиатомски јон, индексот на секој елемент во заградата (во овој случај сулфур и кислород) мора да се помножи со индексот за целата група (во овој случај 3). Според тоа,

$$n(Al) : n(S) : n(O) = 2 : 3 : 12$$

Очигледно, битен е односот на количествата, а не избраните броеви за индексите што ќе го дадат тој ист однос. На пример, односот 2 : 3 е ист и со односот запишан како 4 : 6 или како 6 : 9. Имено, во голем број случаи во формулите на соединенијата



се запишува најмалиот целоброен однос на количествата на елементите во неговиот состав. Ако хемиската формула е запишана на таков начин, тогаш станува збор за т.н. **емпириска или најпроста формула**. Значи:

*Емпириска (најпроста) формула е хемиска формула во која индексите го покажуваат најмалиот целоброен однос на количествата на елементите во соединението.*

Кога станува збор за ковалентни соединенија, потребно е хемиската формула да ја запишеме не со најмалите целобројни индекси, туку со индекси што го даваат точниот број атоми во молекулата. Таквите формули се нарекуваат **молекулски или вистински формули**. Според тоа:

*Молекулска (вистинска) формула е хемиска формула во која индексите го покажуваат точниот број атоми во молекулата на соединението.*

Се разбира, индексите во молекулската формула и оние во емпириската формула на едно соединение се меѓусебно поврзани. Всушност, индексите во молекулската формула се целоброен производ од индексите во емпириската формула. Оттука, ако ја знаеме молекулската формула на едно соединение, лесно може да ја напишеме и неговата емпириска формула. Од друга страна, ако ја знаеме релативната молекулска маса на соединението и неговата емпириска формула, тогаш може да ја најдеме неговата молекулска формула, знаејќи дека релативната молекулска маса што одговара на емпириската формула се содржи цел број пати во релативната молекулска маса на молекулската формула. Да разгледаме неколку примери.

**Пример 1.7.** Молекулската формула на глюкоза е  $C_6H_{12}O_6$ . Која е емпириската формула на глюкозата?

**Решение:** Во емпириската формула, индексите се дадени во својот најмал целоброен однос. Тоа значи дека за молекулската формула да ја претвориме во емпириска формула, треба индексите да ги поделиме со најголемиот заеднички делител. За молекулската формула на глюкоза,  $C_6H_{12}O_6$ , најголем заеднички делител е бројот 6. Според тоа, емпириската формула на глюкозата е  $CH_2O$ .

**Одговор:** Емпириската формула на глюкозата е  $CH_2O$ .

**Пример 1.8.** Емпириската формула на едно соединение е  $CH$ . Неговата релативна молекулска маса изнесува 78,12. Која е вистинската формула на соединението?

**Решение:** Релативната молекулска маса на емпириската формула се содржи цел број пати во релативната молекулска маса на молекулската формула. За да најдеме колку изнесува тој број, треба да ги поделиме релативните молекулски маси на молекулската и емпириската формула.

$$M_r(CH) = A_r(C) + A_r(H) = 12,01 + 1,01 = 13,02$$

$$\frac{M_r(\text{молекуларна})}{M_r(\text{емпирична})} = \frac{78,12}{13,02} = 6$$

Значи, емпиричката формула се содржи 6 пати во молекуларната, па според тоа, вистинската формула на ова соединение е  $\text{C}_6\text{H}_6$ .

**Одговор:** Вистинската формула на соединението е  $\text{C}_6\text{H}_6$ .

Постојат и други типови хемиски формули што ни даваат други видови информации како, на пример, структурни формули, стереоформули, луисовски формули итн., но тие не се од значење за пресметувањата според хемиска формула.

Врз основа на позната хемиска формула може да се пресметуваат: масени односи меѓу елементите во соединението; молски удели на елементите во соединението; масени удели на елементите во соединението; како и пресметување количества, маси итн. на еден од елементите, кога се познати квантитативни податоци за соединението и обратно. Сите овие пресметки се темелат врз **односи меѓу количествата**, што значи дека за овие пресметки доволно е да се знае само емпиричката формула. Сето ова ќе го разгледаме низ неколку примери.

#### Пример 1.9. Колку изнесува односот на масите на елементите во $\text{N}_2\text{O}_5$ ?

**Решение:**

**Дадено е:**

Хемиската формула,  $\text{N}_2\text{O}_5$

**Се бара:**

$m(\text{N}) : m(\text{O})$  или  $\zeta(\text{N}, \text{O})$

Индексите во формулата ни го даваат односот на количествата на елементите што се содржат во дијазот пентаоксид.

$$n(\text{N}) : n(\text{O}) = 2 : 5$$

Во задачата се бара масениот однос на елементите во  $\text{N}_2\text{O}_5$ , па затоа треба количеството супстанца да го поврземе со масата, а како што знаеме, тие меѓу себе се поврзани преку моларната маса, т. е.  $m(\text{B}) = n(\text{B}) \cdot M(\text{B})$ . Значи, може да напишеме:

$$m(\text{N}) : m(\text{O}) = n(\text{N}) \cdot M(\text{N}) : n(\text{O}) \cdot M(\text{O}) = 2 \text{ mol} \cdot 14 \text{ g/mol} : 5 \text{ mol} \cdot 16 \text{ g/mol} = 28 : 80 = 7 : 20$$

или

$$\zeta(\text{N}, \text{O}) = \frac{m(\text{N})}{m(\text{O})} = \frac{n(\text{N}) \cdot M(\text{N})}{n(\text{O}) \cdot M(\text{O})} = \frac{2 \text{ mol} \cdot 14 \text{ g/mol}}{5 \text{ mol} \cdot 16 \text{ g/mol}} = \frac{28}{80} = \frac{7}{20}$$

**Одговор:** Масениот однос на азот и кислород во  $\text{N}_2\text{O}_5$  изнесува 7 : 20.

**Пример 1.10.** Колку изнесуваат бројните удели на елементите во сулфурната киселина изразени во проценти? Дали ќе бидат исти со молските (количествени) удели?

**Решение:**

**Дадено е:**

Хемиската формула,  $\text{H}_2\text{SO}_4$

**Се бара:**

$x(\text{H}; \text{H}_2\text{SO}_4) = ?$ ;  $x(\text{S}; \text{H}_2\text{SO}_4) = ?$ ;  $x(\text{O}; \text{H}_2\text{SO}_4) = ?$

Бројниот удел е даден со следнава величинска равенка:

$$x(\text{B}) = \frac{N(\text{B})}{\sum N_i}$$

Бројот на атоми од секој од елементите во една молекула  $\text{H}_2\text{SO}_4$  е даден со индексите во формулата. Според тоа,

$$x(\text{H}; \text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{N(\text{H})}{N(\text{H}) + N(\text{S}) + N(\text{O})} = \frac{2}{2 + 1 + 4} = \frac{2}{7} = 0,2857 = 28,57 \%$$

$$x(\text{S}; \text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{N(\text{S})}{N(\text{H}) + N(\text{S}) + N(\text{O})} = \frac{1}{7} = 0,1429 = 14,29 \%$$

$$x(\text{O}; \text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{N(\text{O})}{N(\text{H}) + N(\text{S}) + N(\text{O})} = \frac{4}{7} = 0,5714 = 57,14 \%$$

Збирот на уделите изнесува:  $(28,57 + 14,29 + 57,14) \% = 100 \%$ . Како што кажавме претходно, бројните удели се еднакви со молските удели.

**Одговор:** Бројните удели на елементите во сулфурната киселина изнесуваат:

$x(\text{H}; \text{H}_2\text{SO}_4) = 28,57 \%$ ;  $x(\text{S}; \text{H}_2\text{SO}_4) = 14,29 \%$ ;  $x(\text{O}; \text{H}_2\text{SO}_4) = 57,14 \%$ .

**Пример 1.11.** Да се определат масените удели на елементите во  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  изразени во проценти.

**Решение:**

**Дадено е:**

Хемиската формула,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

**Се бара:**

$w(\text{Fe}; \text{Fe}_2\text{O}_3) = ?$   $w(\text{O}; \text{Fe}_2\text{O}_3) = ?$

Масениот удел се пресметува според следнава величинска равенка:

$$w(\text{B}) = \frac{m(\text{B})}{\sum m_i}$$

Кога станува збор за масен удел на елемент во соединение, збирот од масите на сите елементи, всушност, е масата на соединението. Според тоа, за масениот удел на елемент во соединение може да напишеме:

$$w(\text{елемент; соединение}) = \frac{m(\text{елемент})}{m(\text{соединение})}$$

Масите на железото и на железо(III) оксидот може да ги претставиме како производ од нивните количества и нивните моларни маси.

$$w(\text{елемент; соединение}) = \frac{n(\text{елемент})}{n(\text{соединение})} \cdot \frac{M(\text{елемент})}{M(\text{соединение})}$$

Количествениот однос меѓу елементот и соединението што го содржи тој елемент е еднаков на индексот на елементот во даденото соединение ( $i$ ). Единиците за моларната маса ќе се скратат, а бројните вредности соодветствуваат на релативната атомска маса на елементот и релативната молекулска маса на соединението. Оттука, може да изведеме една општа величинска равенка за пресметување масен удел на елемент во соединение:

$$w(\text{елемент; соединение}) = \frac{i \cdot A_r(\text{елемент})}{M_r(\text{соединение})}$$

Сега оваа величинска равенка може да ја примениме за пресметување на масените удели на железо и на кислород во железо(III) оксид. За таа цел, мора најпрво да ја пресметаме релативната молекулска маса на  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

$$M_r(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 2 \cdot A_r(\text{Fe}) + 3 \cdot A_r(\text{O}) = 2 \cdot 55,84 + 3 \cdot 16 = 159,68$$

Индексот на железото во железо(III) оксид е 2. Значи, масениот удел на железо во железо(III) оксид е:

$$w(\text{Fe; Fe}_2\text{O}_3) = \frac{2 \cdot 55,84}{159,68} = 0,6994 = 69,94 \%$$

Масениот удел на кислородот во железо(III) оксид може да го пресметаме како остаток до 100 % или со примена на формулата за пресметување масен удел на елемент во соединение.

$$w(\text{O; Fe}_2\text{O}_3) = 100 \% - w(\text{Fe; Fe}_2\text{O}_3) = 100 \% - 69,94 \% = 30,06 \%$$

или

$$w(\text{O; Fe}_2\text{O}_3) = \frac{3 \cdot 16}{159,68} = 0,3006 = 30,06 \%$$

**Одговор:** Масениот удел на железото во железо(III) оксид изнесува 69,94 %, а на кислородот 30,06 %.

**Пример 1.12.** Амониум сулфатот се користи како вештачко ѓубриво. Колкава маса азот се содржи во 250 g амониум сулфат?

**Решение:**

*Дадено е:*

$m(\text{амониум сулфат}) = 250 \text{ g}$

*Се бара:*

$m(\text{N}) = ?$

За да ја пресметаме масата на азот во 250 g амониум сулфат, мора да ја знаеме точната формула на амониум сулфатот. Таа е  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Следниот чекор е да поставиме количествен однос меѓу азотот и амониум сулфатот.

$$\frac{n(\text{N})}{n[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]} = \frac{2}{1}$$

Оттука,

$$n(\text{N}) = 2 \cdot n[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$$

Бидејќи во задачата се бара масата на азот, а дадена е масата на амониум сулфат, згодно е количествата да се изразат како однос меѓу масата и моларната маса.

$$\frac{m(\text{N})}{M(\text{N})} = \frac{2 \cdot m[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]}{M[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]} \Rightarrow m(\text{N}) = \frac{2 \cdot m[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4] \cdot M(\text{N})}{M[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]}$$

Моларната маса на  $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$  изнесува 132,14 g/mol. Со замена на физичките величини во последната величинска равенка со нивните бројни вредности и соодветните единици, за масата на азотот ќе добиеме:

$$m(\text{N}) = \frac{2 \cdot 250 \text{ g} \cdot 14,01 \text{ g/mol}}{132,14 \text{ g/mol}} = 53,01 \text{ g}$$

**Одговор:** Во 250 g амониум сулфат се содржат 53,01 g азот.

## ПРЕСМЕТУВАЊЕ ВРЗ ОСНОВА НА ХЕМИСКА РАВЕНКА

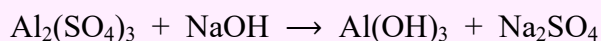
Пред да се запознаеме со пресметувањата врз основа на хемиска равенка, да се потсетиме за тоа што претставуваат хемиски реакции и хемиски равенки и какви податоци ни даваат тие. Знаеш дека **хемиските промени уште се нарекуваат и хемиски процеси или хемиски реакции**. Хемиските реакции на симболичен начин ги запишуваме со **хемиски равенки**. Може да кажеме дека

*хемиската равенка претставува симболичен запис за еден хемиски процес во кој учесниците во реакцијата се запишуваат со симболи и формули.*

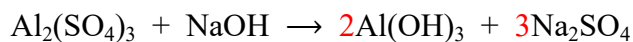
При хемиските реакции, од едни супстанции се добиваат други супстанции. Супстанциите што се присутни на почетокот на хемиската реакција се нарекуваат **реактанти**, а супстанциите што се добиваат на крајот на реакцијата се нарекуваат **продукти** на реакцијата. Во хемиската равенка, реактантите се запишуваат на левата страна, а продуктите на десната и меѓу нив се става стрелка ( $\rightarrow$ ), која означува дека реакцијата тече од реактантите кон продуктите.

Во текот на хемиските реакции доаѓа до прегрупирање на атомите на реактантите, при што се добиваат продуктите на реакцијата. Но, **при хемиските реакции, атомите ниту се создаваат, ниту, пак, се уништуваат**. Тоа значи дека **вкупниот број атоми од секој елемент присутен на почетокот на реакцијата мора да биде еднаков со вкупниот број атоми од тој елемент на крајот на реакцијата**. Поради тоа, хемиските равенки мора да се израмнуваат. Со други зборови, во хемиските равенки, бројот на атомите на еден елемент лево од стрелката мора да биде еднаков со бројот на атомите десно од стрелката. Тоа се постигнува со ставање соодветни броевите пред формулите и симболите во хемиската равенка, кои се нарекуваат **стехиометриски коефициенти**. Нивното физичко значење ќе го објасниме подолу. Откако ќе се израмни равенката, меѓу реактантите и продуктите може да се стави знакот „=“. Да се потсетиме со еден пример како се израмнуваат хемиските равенки.

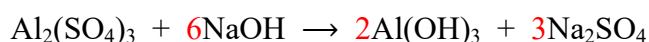
**Пример 1.13.** Да се израмни следнава равенка:



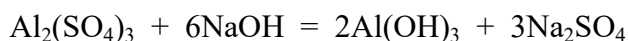
**Решение:** Од страната на реактантите имаме: 2Al, 3SO<sub>4</sub> групи, 1Na и 1OH група, а од страната на продуктите: 1Al, 3OH групи, 2Na и 1SO<sub>4</sub> група. Најпрво може да ставиме 2 пред Al(OH)<sub>3</sub> и 3 пред Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> за да ги израмниме алуминиумот и сулфатните групи. Така добиваме:



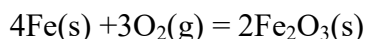
Но, сега десно во равенката (во продуктите) имаме 6Na и 6OH групи, а лево 1Na и 1OH група. Тоа значи дека треба да ставиме 6 пред NaOH на страната на реактантите.



Со тоа, равенката на реакцијата е целосно израмнета.



Од хемиските равенки може да добиеме **квалитативни** и **квантитативни податоци** за еден хемиски процес. Квалитативните податоци содржани во хемиската равенка ни кажуваат кои супстанции се учесници во хемиската реакцијата, односно кои супстанции се реактанти, а кои продукти. Овие податоци ги дознаваме од симболите и формулите запишани во равенката на реакцијата. Од некои равенки може да добиеме и податоци за агрегатната состојба на учесниците во реакцијата, доколку тие се внесени на соодветен начин во равенката на реакцијата. Имено, покрај симболот/формулата на супстанцијата во заграда се додава s, l или g, а со тоа се означува агрегатната состојба, т. е. цврста, течна или гасовита, соодветно. Доколку супстанцијата се наоѓа во воден раствор, се употребува ознаката aq. Па така, на пример, од равенката



може да заклучиме дека при реакција на железо, во цврста агрегатна состојба, со гасовит кислород се добива железо(III) оксид во цврста агрегатна состојба.

Квантитативните податоци, пак, се содржат во стехиометриските коефициенти. Со **односот на стехиометриските коефициенти** се искажува **односот на количествата на учесниците во реакцијата**. Се разбира, станува збор за **трансформираниите (потрошените) количества од реактантите**, т. е. за **количествата на продуктите добиени како резултат на таа трансформација**. Значи:

*Односот на стехиометриските коефициенти го дава односот меѓу трансформираниите количества на реактантите и количествата на продуктите што се добиваат како резултат на таа трансформација.*

Притоа, со стехиометриските коефициенти, најчесто, се запишува најмалиот целоброен однос. За примерот даден погоре може да напишеме:

$$n(\text{Fe}) : n(\text{O}_2) : n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 4 : 3 : 2$$

Доколку на почетокот на реакцијата сите реактанти се земени во количества чии односи одговараат на односите на стехиометриските коефициенти, тогаш велиме дека тие се земени во **стехиометриски сооднос**. Во таков случај, ако реакцијата е неповратна, ниту еден од реактантите нема да остане неизреагиран и на крајот од реакцијата ќе има само продукти на реакцијата. Тука ќе ги разгледаме само случаите во кои реактантите се замени во стехиометриски сооднос.

Кога се прават пресметки врз основа на хемиска равенка тргнувајќи од односи на количества, секогаш треба да се има предвид дека количествата се однесуваат на **чисти супстанции**. Меѓутоа, во практиката, честопати се тргнува од смеси од супстанции. Во таков случај, најнапред, треба да стигнеме до податоци за величини што се однесуваат на чисти супстанции, а потоа да вршиме пресметувања базирани на односите на количествата.



**Пример 1.14.** Колкаво количество и колкава маса железо(III) оксид ќе се образува при согорување 10 g железо во атмосфера на кислород?

**Решение:**

*Дадено е:*

$$m(\text{Fe}) = 10 \text{ g}$$

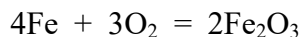
$$M(\text{Fe}) = 55,85 \text{ g/mol}$$

*Се бара:*

$$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = ?$$

$$m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = ?$$

Најпрво се составува и се израмнува равенката на хемиската реакција:



Според израмнетата хемиска равенка, се поставува однос на количествата на железо (III) оксид (тоа што се бара) и на железото (тоа за кое имаме податоци):

$$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) : n(\text{Fe}) = 2 : 4$$

или:

$$\frac{n(\text{Fe}_2\text{O}_3)}{n(\text{Fe})} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$$

Оттука,

$$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{1}{2} \cdot n(\text{Fe})$$

Количеството железо ќе го изразиме како однос на масата на железото и неговата моларна маса:

$$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{1}{2} \cdot \frac{m(\text{Fe})}{M(\text{Fe})}$$

$$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{1}{2} \cdot \frac{10 \text{ g}}{55,85 \text{ g/mol}}$$

$$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0,089 \text{ mol}$$

$$m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = n(\text{Fe}_2\text{O}_3) \cdot M(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0,089 \text{ mol} \cdot 159,69 \text{ g/mol} = 14,21 \text{ g}$$

**Одговор:** При согорување 10 g железо се добиваат 0,089 mol железо(III) оксид, што одговара на маса од 14,21 g.

**Пример 1.15.** Амонијакот се добива со директно сврзување на водород со азот. Колкава маса водород ќе изреагира со 56 g азот?

**Решение:**

*Дадено е:*

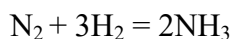
$$m(\text{N}_2) = 56 \text{ g}$$

$$M(\text{N}_2) = 28 \text{ g/mol}$$

*Се бара:*

$$m(\text{H}_2) = ?$$

Ја составуваме равенката на реакцијата:



Од стехиометриските коефициенти во израмнетата хемиска равенка го наоѓаме односот на количествата на водородот и азотот:

$$n(\text{H}_2) : n(\text{N}_2) = 3 : 1$$

или

$$n(\text{H}_2) = 3 \cdot n(\text{N}_2)$$

Количествата на водородот и азотот ќе ги претставиме како однос на масата и моларната маса:

$$\frac{m(\text{H}_2)}{M(\text{H}_2)} = \frac{3 \cdot m(\text{N}_2)}{M(\text{N}_2)}$$

Оттука, ќе ја изразиме масата на водородот, како:

$$m(\text{H}_2) = \frac{3 \cdot m(\text{N}_2) \cdot M(\text{H}_2)}{M(\text{N}_2)}$$

$$m(\text{H}_2) = \frac{3 \cdot 56 \text{ g} \cdot 2 \text{ g/mol}}{28 \text{ g/mol}}$$

$$m(\text{H}_2) = 12 \text{ g}$$

**Одговор:** Со 56 g азот ќе изреагираат 12 g водород.

**Пример 1.16.** Колку атоми жива и колку  $\text{cm}^3$  кислород, мерен при стандардни услови, ќе се добијат со целосно термичко разложување на 56 g жива(II) оксид?

**Решение:**

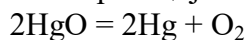
**Дадено е:**

$$m(\text{HgO}) = 56 \text{ g}$$

**Се бара:**

$$N(\text{Hg}) = ? \quad V(\text{O}_2) = ?$$

Најнапред ќе ја напишеме равенката на реакцијата и ќе ја израмниме:



Од израмнетата равенка се гледа дека  $n(\text{Hg}) : n(\text{HgO}) = 2 : 2 = 1 : 1$  или

$$n(\text{Hg}) = n(\text{HgO})$$

Во задачата се бара бројот на атоми жива, па затоа количеството жива е згодно да го изразиме како однос на бројот на атоми жива и Авогадровата константа. Количеството, пак, на  $\text{HgO}$  е згодно да го изразиме како количник од масата и моларната маса на  $\text{HgO}$ .

$$\frac{N(\text{Hg})}{N_A} = \frac{m(\text{HgO})}{M(\text{HgO})}$$

Оттука,

$$N(\text{Hg}) = \frac{m(\text{HgO})}{M(\text{HgO})} \cdot N_A$$

Авогадровата константа изнесува:  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ , а  $M(\text{HgO}) = 216,59 \text{ g/mol}$

$$N(\text{Hg}) = \frac{m(\text{HgO})}{M(\text{HgO})} \cdot N_A = \frac{56 \text{ g} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}}{216,59 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1,56 \cdot 10^{23}$$

Освен бројот атоми на жива, во задачата се бара и волуменот на добиениот кислород при стандардни услови изразен во  $\text{cm}^3$ . За таа цел, прво треба да поставиме однос меѓу количествата кислород и жива(II) оксид.

$$\frac{n(\text{O}_2)}{n(\text{HgO})} = \frac{1}{2} \quad \Rightarrow \quad n(\text{O}_2) = \frac{1}{2} \cdot n(\text{HgO})$$

Количеството кислород ќе го изразиме како однос меѓу волуменот на кислородот и моларниот волумен при стандардни услови, а количеството на  $\text{HgO}$  како однос меѓу масата на  $\text{HgO}$  и неговата моларна маса.

$$\frac{V(\text{O}_2)}{V_m} = \frac{1}{2} \cdot \frac{m(\text{HgO})}{M(\text{HgO})} \quad \Rightarrow \quad V(\text{O}_2) = \frac{1}{2} \cdot \frac{m(\text{HgO})}{M(\text{HgO})} \cdot V_m$$

Моларниот волумен за гасови при стандардни услови изнесува:  $V_m = 22,4 \text{ dm}^3/\text{mol}$ . Со замена на физичките величини во последната величинска равенка со нивните бројни вредности и соодветните единици, ќе го пресметаме волуменот на кислород.

$$V(\text{O}_2) = \frac{1}{2} \cdot \frac{56 \text{ g} \cdot 22,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}}{216,59 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 2,90 \text{ dm}^3$$

Волуменот на кислородот го добивме во  $\text{dm}^3$ , но во задачата се бара да биде изразен во  $\text{cm}^3$ , па затоа мора да ја направиме соодветната претворба.

$$V(\text{O}_2) = 2,90 \text{ dm}^3 = 2,90 \cdot 10^3 \text{ cm}^3 = 2900 \text{ cm}^3$$

**Одговор:** Бројот на атоми на жива што ќе се добијат со разложување на 56 g  $\text{HgO}$  изнесува  $1,56 \cdot 10^{23}$ , а волуменот на кислородот мерен при стандардни услови изнесува  $2900 \text{ cm}^3$ .

**Пример 1.17.** Колку килограми варовник, во кој масениот удел на калциум карбонат е 80 %, треба да се разложат за да се добијат 50 kg  $\text{CaO}$ ?

**Решение:**

**Дадено е:**

$$m(\text{CaO}) = 50 \text{ kg}$$

$$M(\text{CaCO}_3) = 100 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{CaO}) = 56 \text{ g/mol}$$

$$w(\text{CaCO}_3) = 80 \% = 0,8$$

**Се бара:**

$$m(\text{варовник}) = ?$$

Во задачата се бара масата на варовникот (смеса), а даден е масениот удел на чистата супстанца ( $\text{CaCO}_3$ ) во смесата. Масениот удел на  $\text{CaCO}_3$  во смесата може да го претставиме со следнава величинска равенка:

$$w(\text{CaCO}_3) = \frac{m(\text{CaCO}_3)}{m(\text{варовник})}$$

Значи, за да ја најдеме масата на варовникот, потребна ни е масата на чистиот калциум карбонат, а неа ќе ја пресметаме преку масата на калциум оксид што се добила при неговото разложување со помош на соодветната хемиска равенка. Ја запишуваме равенката на реакцијата:



Од израмнетата равенка го наоѓаме односот на количествата на  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{CaO}$ .

$$n(\text{CaCO}_3) : n(\text{CaO}) = 1 : 1$$

$$n(\text{CaCO}_3) = n(\text{CaO})$$

$$\frac{m(\text{CaCO}_3)}{M(\text{CaCO}_3)} = \frac{m(\text{CaO})}{M(\text{CaO})}$$

$$m(\text{CaCO}_3) = \frac{m(\text{CaO}) \cdot M(\text{CaCO}_3)}{M(\text{CaO})}$$

$$m(\text{CaCO}_3) = \frac{50 \text{ kg} \cdot 100 \text{ g/mol}}{56 \text{ g/mol}}$$

$$m(\text{CaCO}_3) = 89,3 \text{ kg (маса на чист калциум карбонат)}$$

Во величинската равенка за масен удел ќе ја внесеме вредноста за масата и за масениот удел на чистиот калциум карбонат во варовникот и оттаму ќе ја пресметаме масата на варовникот.

$$0,8 = \frac{89,3 \text{ kg}}{m(\text{варовник})}$$

$$m(\text{варовник}) = \frac{89,3 \text{ kg}}{0,8} = 111,6 \text{ kg}$$

**Одговор:** За да се добијат 50 kg  $\text{CaO}$ , потребни се 111,6 kg варовник, со масен удел на  $\text{CaCO}_3$  во него 80 %.

## ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Изрази го односот на количествата на елементите во:  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;  $\text{N}_2\text{O}_5$ ;  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ;  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ;  $\text{Cl}_2\text{O}_7$ ;  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ .
2. Изрази го молскиот однос на Fe со  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .
3. Колкаво количество азот се содржи во 25 g  $\text{HNO}_3$ ?
4. Колкава маса сулфур се содржи во 49 g  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ?
5. Во колкава маса  $\text{P}_2\text{O}_5$  се содржат 48 g кислород?
6. Оксалната киселина е органска киселина што се среќава во составот на многу растенија, а особено ја има во спанакот. Многу често се среќава во вид на кристалохидрат со следнава формула:  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Колку изнесува масениот удел на водата во оксалната киселина?
7. Беким, Ана и Орхан ја мереле масата на една смеса што се состои од олово и сулфур. Измериле дека таа изнесува 5 g. Масата на оловото во неа била 1,5 g. Колку изнесувал масениот удел на оловото во смесата изразен во проценти, што тие го пресметале?
8. Колку изнесуваат масените удели на елементите во секое од следниве соединенија:  $\text{NaOH}$ ;  $\text{CaCO}_3$ ;  $\text{SO}_3$ ;  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ?
9. Во каков количествен однос реагираат железото и хлорот кога образуваат железно (III) хлорид?
10. Колкаво количество магнезиум оксид ќе се добие при согорување 2 g магнезиум?
11. Колкава маса кислород се сврзува со 54 g алуминиум, кога образуваат алуминиум оксид?
12. Калиум хлоратот ( $\text{KClO}_3$ ) при загревање се разложува на калиум хлорид и кислород. Пресметај го волуменот на кислородот, мерен при стандардни услови, што ќе се добие при разложување на 100 g калиум хлорат, како и масата на образуваниот калиум хлорид.
13. Колкава маса натриум сулфат ќе се добие ако целосно изреагираат 30 g нечист натриум хидроксид во кој масениот удел на натриум хидроксидот изнесува 75 %, со вишок од сулфурна киселина?
14. Колкава маса водород ќе изреагира со 4,48 dm<sup>3</sup> кислород, мерен при стандардни услови, кога образуваат вода? Колку молекули вода ќе се добијат притоа?
15. Парче јаглен со маса 35 g, во кое масениот удел на јаглерод е 90 %, согорува во кислород. Колку изнесува добиената маса јаглерод диоксид? Пресметај го волуменот на изреагираниот кислород изразен во dm<sup>3</sup> при стандардни услови.

### ИСТРАЖУВАЈ

Супстанцата ацетилсалицилна киселина е лековитата (активната) состојка во аспирирот. Побарај податоци за хемиската формула на ацетилсалицилната киселина и пресметај го масениот удел на секој од елементите во нејзиниот состав.

## РЕЗИМЕ

- **Квалитативниот состав** на еден систем ни покажува од кои супстанции се состои системот.
- **Квантитативниот состав** ни покажува во колкава количина и во каков сооднос се застапени компонентите на еден систем со познат квалитативен состав.
- Под **хемиско сметање** се подразбира математичко пресметување со примена на величински равенки за решавање квантитативни хемиски проблеми.
- **Количествен (молски) однос** е однос меѓу количествата на две компоненти во еден систем.
- **Броен однос** е однос меѓу бројот на единките на две компоненти во еден систем.
- **Масен однос** е однос меѓу масите на две компоненти во еден систем.
- **Волуменски однос** е однос меѓу волумените на две компоненти во еден систем.
- **Уделите** покажуваат со колкав квантитативен дел учествува една компонента во целиот систем.
- **Количествен (молски) удел** е однос (количник) меѓу количеството на една компонента и збирот на количествата на сите компоненти во еден систем.
- **Броен удел** е однос (количник) меѓу бројот на единките на една компонента и збирот од бројот на единките на сите компоненти во еден систем.
- **Масен удел** е однос (количник) меѓу масата на една компонента и збирот од масите на сите компоненти во еден систем.
- **Волуменски удел** е однос (количник) меѓу волуменот на една компонента и збирот од волумените на сите компоненти во еден систем.
- **Односот на индексите** во формулата го дава односот на количествата на елементите во соединението.
- **Емпириска (најпроста) формула** е хемиска формула во која индексите го покажуваат најмалиот целоброен однос на количествата на елементите во соединението.
- **Молекулска (вистинска) формула** е хемиска формула во која индексите го покажуваат точниот број атоми во молекулата на соединението.
- **Хемиска равенка** претставува симболичен запис за еден хемиски процес во кој учесниците во реакцијата се запишуваат со симболи и формули.
- **Односот на стехиометриските коефициенти** го дава односот меѓу трансформираниите количества реактанти и количествата на продуктите добиени како резултат на таа трансформација.





## Модуларна единица 2

# ДИСПЕРЗНИ СИСТЕМИ

Со изучување на содржините од модуларната единица „Дисперзни системи“ се очекува ученикот/ученичката да биде способен/а да:

- ♦ дефинира и објаснува видови дисперзни системи и определува нивни составни делови;
- ♦ разликува различни видови раствори;
- ♦ применува поим за растворливост при табеларно и графичко претставување на резултатите;
- ♦ применува соодветни величини, т.е. концентрации за изразување на квантитативниот состав на растворите и да решава задачи;
- ♦ дефинира електролити и електролитна дисоцијација и илустрира преку примери;
- ♦ објаснува начин на спроведување електричество.

### Содржини:

- ♦ Видови дисперзни системи
- ♦ Поим за раствор и видови раствори
- ♦ Изразување на квантитативниот состав на растворите
- ♦ Пресметување на квантитативниот состав на растворите
- ♦ Електролити
- ♦ Електролитна дисоцијација

### Поими:

- |                                              |                              |                             |
|----------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| • Хомоген систем                             | • Емулзија                   | • Волуменска конц.          |
| • Хетероген систем                           | • Суспензија                 | • Растоп                    |
| • Диспергирана супстанца (диспергирана фаза) | • Растворена супстанца       | • Спроводници од прв ред    |
| • Дисперзиона средина                        | • Растворувач                | • Спроводници од втор ред   |
| • Грубо-дисперзен систем                     | • Незаситен раствор          | • Електролит                |
| • Колоидно-дисперзен систем                  | • Заситен раствор            | • Силни електролити         |
| • Молекуларно-дисперзен систем (раствор)     | • Презаситен раствор         | • Слаби електролити         |
| • Аеросол                                    | • Растворливост              | • Јони (катјони и анјони)   |
| • Пена                                       | • Количествена концентрација | • Електролитна дисоцијација |
|                                              | • Бројна концентрација       | • Солватација               |
|                                              | • Масена концентрација       | • Хидратација               |

## ВИДОВИ ДИСПЕРЗНИ СИСТЕМИ

Веќе знаеш дека смеси се физички мешавини од две или повеќе супстанции и дека постојат хомогени и хетерогени смеси. Хомогените смеси се еднородни во сиот свој состав и не може да се забележат граници меѓу поодделните компоненти, додека, пак, кај хетерогените смеси постојат видливи граници меѓу поодделните компоненти. Во хетерогените системи постојат поодделни хомогени делови што се нарекуваат **фази**.



Слика 2.1. Хомогени смеси

Во секојдневниот живот се среќаваме со голем број хомогени и хетерогени системи. На пример, карпите, рудите, камчињата песок на плажата, јадења што ги готвиме, итн., се хетерогени смеси. Но, бистрите сокови, чајот, оцетот итн. се хомогени системи.

Ако една или повеќе фази од еден систем се распределат низ друга фаза се добива т.н. **дисперзен систем**. Може да кажеме дека:



Слика 2.2. Примери за различни хетерогени смеси

*Дисперзни системи се смеси во кои честичките од една или повеќе супстанции се диспергирани низ честичките на друга супстанца.*

Супстанцата во која се диспергираат честички од една или повеќе супстанции се нарекува **дисперзна средина**, а супстанцата што се распределува низ дисперзната средина се нарекува **диспергирана супстанца** или **дисперзна фаза**.

Дисперзните системи може да се поделат на различни начини, но најважна е нивната поделба според големината на диспергираните честички. Врз основа на ова својство, дисперзните системи се делат на:

- ♦ **Грубо-дисперзни системи**, кај кои големината на диспергираните честички е над 1000 nm;
- ♦ **Колоидно-дисперзни системи** или **колоиди**, кај кои големината на диспергираните честички се движи од 1 до 1000 nm;
- ♦ **Молекуларно-дисперзни системи** или **раствори**, кај кои големината на диспергираните честички е од редот на големината на молекулите и јоните (од 0,01 до 1 nm).

Со цел подобро да ги разбереме поимот дисперзен систем и разликите меѓу видовите дисперзни системи, ќе го изведеме следниов експеримент:



## Експеримент

### Приготвување грубо-дисперзен, колоидно-дисперзен и молекуларно-дисперзен систем

**Потребен прибор и супстанции:** Три лабораториски чаши, стаклена прачка, лажичка, ласерски покажувач, дестилирана вода, масло за јадење, шеќер, млеко во прав.

**Постапка:** Во секоја од трите лабораториски чаши стави околу 50 mL дестилирана вода. Во една од чашите стави околу 10 mL масло за јадење и со стаклена прачка силно измешај ја смесата. Во другата чаша стави една мала лажичка шеќер и измешај ја смесата со стаклена прачка, а во третата чаша стави една лажичка млеко во прав и интензивно измешај ја смесата со стаклена прачка. Набљудувај што се случува со системите во чашите. Вклучи го ласерскиот покажувач и насочи го кон чашата каде што додаде шеќер, а потоа кон чашата каде што додаде млеко во прав. Набљудувај странично од чашата (не директно над чашата или во правец на зракот) што се случува со ласерскиот зрак кога ќе го насочиш кон чашата со шеќер, а што кога ќе го насочиш кон чашата со млеко во прав.

Од изведениот експеримент можеше да забележиш дека водата и маслото образуваат хетерогена смеса, така што се разделија меѓу себе со сосема јасна, видлива граница. Во долниот дел од чашата има само вода (хомоген дел, водна фаза), а во горниот само масло, кое е, исто така, хомогена фаза. Но, кога интензивно ги измеша, капките масло се распределија низ капките вода, односно образуваа грубо-дисперзен систем (емулзија). Ова е, исто така, хетероген систем бидејќи може да забележиме граница меѓу капките вода и капките масло. По извесно време, водата и маслото повторно се разделија во две хомогени фази, една од масло и друга од вода, што значи дека грубо-дисперзниот систем преминал во обична хетерогена смеса. Значи, грубо-дисперзните системи се нестабилни и од нив брзо се раздвојуваат двете хомогени фази.

Забележа дека шеќерот се раствори во водата и се доби хомоген систем, т.е. раствор, а добиениот раствор остана стабилен, без да се раздвојат поодделните фази. Според тоа, може да заклучиме дека молекуларно-дисперзните системи се стабилни, хомогени смеси. Стабилен е и системот што го добивме кога во водата диспергиравме млеко во прав. Во овој случај се добива колоидно-дисперзен систем. Според големината на честичките на дисперзната фаза, колоидно-дисперзните системи се наоѓаат помеѓу грубо-дисперзните системи и молекуларно-дисперзните системи. Млекото во прав содржи протеини коишто се макромолекуларни соединенија, а големината на нивните честички (молекули) е од редот на големината на дисперзната фаза во колоидно-дисперзните системи. Колоидно-дисперзните системи имаат голем број специфични својства, а едно од нив е да ја расејуваат светлината, што се случува токму поради големината на нивните диспергирани честички. Ова се нарекува Тиндалов ефект. Токму затоа, кога го насочи ласерскиот зрак кон колоидно-дисперзниот систем се забележа вакво расејување на светлината, кое, пак, не може да се забележи кај растворот.

Со молекуларно-дисперзни системи постојано се среќаваме во секојдневниот живот, а поради нивната голема распространетост и важност, за нив ќе стане збор и понатаму.

И со грубо-дисперзни системи се среќаваме во секојдневниот живот, најчесто со т.н. **суспензии**, кај кои дисперзната фаза е во цврста агрегатна состојба, а дисперзната средина е течност. Но, дали во секојдневниот живот се среќаваме со колоидно-дисперзните системи? Во табелата 2.1. се дадени различни видови колоидно-дисперзни системи со кои се среќаваме во секојдневниот живот и агрегатната состојба на дисперзната средина и дисперзната фаза.

Табела 2.1. Некои колоидно-дисперзни системи што се среќаваат во секојдневниот

| Дисперзна фаза | Дисперзна средина | Пример                           |
|----------------|-------------------|----------------------------------|
| Гасовита       | Течна             | Пена, на пр. шлаг                |
| Гасовита       | Цврста            | Цврста пена, на пр. стиропор     |
| Течна          | Гасовита          | Аеросоли, магла                  |
| Течна          | Течна             | Емулзија, на пр. мајонез         |
| Течна          | Цврста            | Путер                            |
| Цврста         | Течна             | Желатин, колоидно сребро во вода |



Слика 2.3. Некои колоидно-дисперзни системи: а) желе, б) мајонез, в) стиропор.

### ДОЗНАЈ ПОВЕЌЕ: Каков дисперзен систем е крвта?

Најважната течност во нашиот организам е водата. Масениот удел на водата во човечкото тело се движи од 60 до 70 %, во зависност од возраста. Таа има голем број различни улоги во организмот на човекот, а една од нив е улогата на водата како дисперзна средина за различни дисперзни фази. Еден од најважните дисперзни системи во кој водата е дисперзна средина е крвта. Крвта е специфичен дисперзен систем од многу различни аспекти, но, меѓу другото, и од аспект на големината на честичките на дисперзните фази во составот на крвта. Така, во крвта се содржат сите три вида дисперзни системи. Големината на црвените крвни клетки изнесува 6000-8000 nm, на белите крвни клетки 7000-21000 nm, а на тромбоцитите 2000-3000 nm. Според нивната големина, може да заклучиме дека тие образуваат суспензија. Во крвта се диспергирани и т.н. крвни протеини чија големина се движи меѓу 2-500 nm, така што, диспергирани во водата, образуваат колоидно-дисперзен систем. Покрај тоа, крвта содржи и честички чија големина е помала од 2 nm, како што се глукозата, различните аминокиселини и некои неоргански соли што во крвта се присутни во вид на јони. Очигледно, овие супстанции со водата од крвта образуваат раствор. Значи, крвта истовремено е суспензија, колоид и раствор. Сепак, најчесто таа се третира како колоидно-дисперзен систем. Најважно е тоа што таа е стабилен дисперзен систем неопходен за нашиот живот.



## ПОИМ ЗА РАСТВОР И ВИДОВИ РАСТВОРИ

Растворите веќе ги спомнавме кај поделбата на дисперзните системи според големината на честичките на раствореникот. Да се потсетиме:

*Растворите претставуваат хомогени смеси во кои големините на диспергираните честички во смесата се од редот на големините на граѓбените единки (од 0,01 до 1 nm).*

Поради тоа што растворите се хомогени смеси, може да кажеме дека тие се состојат само од една фаза. Диспергираната супстанца се нарекува **растворена супстанца** или **раствореник** и обично се бележи со В, а дисперзната средина се нарекува **растворувач** и обично се бележи со А. За растворувач се смета супстанцата застапена во најголемо количество во растворот под услов, кога е чиста, да биде во иста агрегатна состојба како и добиениот раствор.

Кога се чисти, растворувачот и раствореникот може да бидат во една од трите агрегатни состојби (цврста, течна, гасовита), а исто така и растворот. Значи, во однос на агрегатната состојба на раствореникот и на растворувачот, можни се различни видови раствори. Во следната табела се дадени примери за раствори со различни комбинации од агрегатната состојба на раствореникот, растворувачот и растворот.

Табела бр. 2.2. Различни видови раствори во зависност од агрегатната состојба и примери за нив

| Агрегатна состојба на: |             |          |                             |
|------------------------|-------------|----------|-----------------------------|
| Растворувач            | Раствореник | Раствор  | Пример                      |
| Гасовита               | Гасовита    | Гасовита | Воздух                      |
| Течна                  | Гасовита    | Течна    | Сода-вода, кислород во вода |
| Течна                  | Течна       | Течна    | Етанол во вода, оцет        |
| Течна                  | Цврста      | Течна    | Шеќер во вода, морска вода  |
| Цврста                 | Гасовита    | Цврста   | Водород во платина          |
| Цврста                 | Течна       | Цврста   | Некои амалгами              |
| Цврста                 | Цврста      | Цврста   | Легури                      |

Од секојдневниот живот ни е познато дека некои супстанции се раствораат во определен растворувач, а други не се раствораат. На пример, песокот, стаклото, пластиката, маслото и многу други супстанции не се раствораат во вода. Но, голем број други супстанции се раствораат во вода, како што се, на пример, шеќерот, солта, етанолот, оцетната киселина и уште многу други. Солта, на пример, не се раствора во масло, иако се раствора во вода. Значи, одредени супстанции се растворуваат во одредени растворувачи, а во други не се растворуваат. Затоа се поставува прашањето од што зависи дали една супстанца ќе се раствори во даден растворувач?

Растворувањето на некоја супстанца во определен растворувач зависи од повеќе фактори. Пред сè, тоа зависи од хемиската природа на растворувачот и раствореникот (растворената супстанца). Вообичаено, се вели дека **слично се растворува во слично**, подразбирајќи притоа дека и раствореникот и растворувачот се изградени од исти или слични видови хемиски врски, како и дека меѓу нивните градбени единки дејствуваат интеракции што се споредливи по својата јачина. Така, на пример, неполярните соединенија се растворуваат во неполярни растворувачи, а јонските и поларните соединенија се растворуваат во растворувачи изградени од поларни молекули.



Слика 2.4. „Газираните пијалаци“ се водни раствори од повеќе цврсти и течни супстанции, но исто така, содржат и растворен гас,  $\text{CO}_2$ .

Дури и во случаи кога некоја супстанца се растворува во одреден растворувач, количеството на раствореникот што се раствора во определено количество растворувач може да биде различно во зависност од некои надворешни фактори. На пример, од искуство знаеме дека кога раствораме шеќер во вода, поголемо количество шеќер ќе се раствори во ист волумен вода ако садот во кој го раствораме шеќерот се загрева. Навистина, температурата е битен фактор што влијае врз тоа колкаво количество раствореник ќе се раствори во даден растворувач.

Кога станува збор за растворање гасовити супстанции во течни растворувачи, промената на температурата врз количеството растворен гас влијае само на еден начин.

Имено, во исто количество растворувач **на повисока температура се растворува помало количество гасовит раствореник**. Врз количеството гас што ќе се раствори во определено количество растворувач влијае и притисокот, но обратно од температурата. Тоа значи дека во определено количество течен растворувач **на повисок притисок ќе се растворува поголемо количество гасовит раствореник**. На пример, сода-вода (раствор на  $\text{CO}_2$  во вода) се добива така што јаглерод диоксидот се раствора во водата на ладно и под зголемен притисок.

Најчесто, со покачување на температурата се зголемува количеството цврст раствореник што се раствора во определено количество течен растворувач, но за некои супстанции се намалува, а има и мал број такви кај кои промената на температурата нема битно влијание. На кој начин, со промена на температурата, ќе се менува количеството цврст раствореник растворен во определено количество растворувач зависи од тоа дали процесот на растворување е проследен со примање енергија во вид на топлина од околината (ендотермен процес) или, пак, со оддавање топлина кон околината (егзотермен процес).

Секако, дури и при иста температура, различни супстанции различно се растворуваат во исто количество растворувач. Во зависност од тоа колкаво количество од растворената супстанца е растворено, на определена температура, во определено количество растворувач, се разликуваат три вида раствори: **заситен, незаситен и презаситен раствор**. За нив стана збор минатата година, а овде да се потсетиме:

*Заситен раствор е таков раствор во кој, на определена температура, во определено количество растворувач, е растворено максимално можно количество од раствореникот.*

Количеството раствореник во незаситен раствор е помало од максималното количество што може на дадената температура да се раствори во определено количество растворувач. Презаситените раствори, пак, содржат поголемо количество од растворената супстанца од она што може на дадената температура да се раствори во определено количество растворувач. Презаситените раствори се добиваат само при посебни услови и тие се нестабилни, па затоа вишокот супстанца брзо се таложи, односно се кристализира од растворот. Да изведеме еден експеримент при кој најнапред ќе приготвиме незаситен и заситен раствор.



### Експеримент

#### Приготвување незаситен и заситен раствор

**Потребен прибор и супстанции:** Лабораториска чаша, лажичка, стаклена прачка, дестилирана вода, готварска сол.

**Постапка:** Во лабораториската чаша стави 50 mL дестилирана вода, а потоа додај една лажичка сол и промешај со стаклена прачка. Откако солта ќе се раствори, додај уште една лажичка сол. Почекај да се раствори, а потоа додај уште една лажичка и повторно промешај. Оваа постапка повтори ја уште неколкупати, сè додека не забележиш нерастворени кристали од солта на дното од чашата. Забележи дали се растворува новото количество сол што се додава по формирањето на првите кристали на дното од чашата.

Од изведениот експеримент може да се заклучи дека откако ќе се појават неколку нерастворени кристалчиња од солта, следното количество додадена сол не се раствора во водата. Значи, растворот над нерастворениот дел се „заситил“ со раствореникот, па затоа, при овие услови, не може да се раствораат нови количества од солта.



### Експеримент

#### Приготвување презаситен раствор од лимонска киселина и кристализација од растворот

**Потребен прибор и супстанции:** Епрувета, шпиритусна ламба, капалка, термометар, дестилирана вода, лимонска киселина, лабораториски очила.

**Постапка:** Една третина од епруветата наполни со кристали од лимонска киселина. Во епруветата додавај внимателно, капка по капка, онолку дестилирана вода колку што може да впијат кристалите, а потоа додај уште една капка. Добиената каша внимателно загревај ја до вриење. Епруветата со растворот лади ја под чешма, но без да ја клумкаш. Внимателно измери ја температурата на растворот, а потоа во растворот стави едно кристалче лимонска киселина и силно протреси ја епруветата. Штом ќе почнат да се образуваат кристали во епруветата, повторно врони го термометарот и мери ја температурата во текот на кристализацијата.

Од изведениот експеримент може да се заклучи дека со покачување на температурата, кристалите од лимонската киселина се растворија во тие неколку капки вода и се доби презаситен раствор. Но, со ладење на епруветата, растворот помина во заситен. Тоа го препознавме со започнување на процесот на кристализација.

Очигледно, квантитативниот состав на заситените раствори е од посебно значење, бидејќи со него се дефинира една важна величина наречена **растворливост**. Растворливоста може да ја дефинираме на следниов начин:

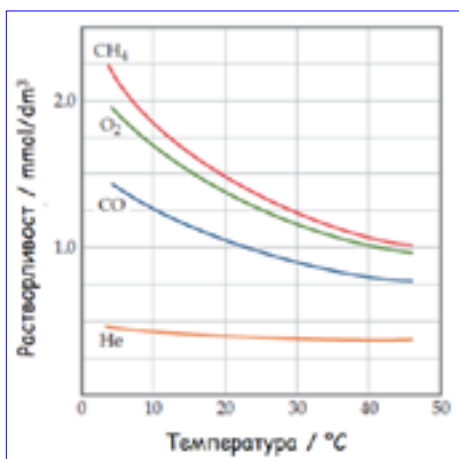
***Квантитативниот состав на заситен раствор на определена температура се нарекува растворливост.***

За начините на изразување на квантитативниот состав на растворите ќе стане збор подолу. Овде ќе кажеме дека растворливоста може да се изразува на различни начини, но најчесто како количествена концентрација (за неа ќе учиш подолу), но и како масен однос на раствореникот и растворувачот. За да може да се споредува растворливоста на различни супстанции, вообичаено се избира таа да се однесува на маса растворувач од 100 g. Во табелата 2.3. е дадена растворливоста на NaCl и  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , изразена како маса на секоја од супстанците во 100 g вода.

Табела 2.3. Растворливост на NaCl и  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  на различни температури изразени како маса на раствореникот во 100 g вода

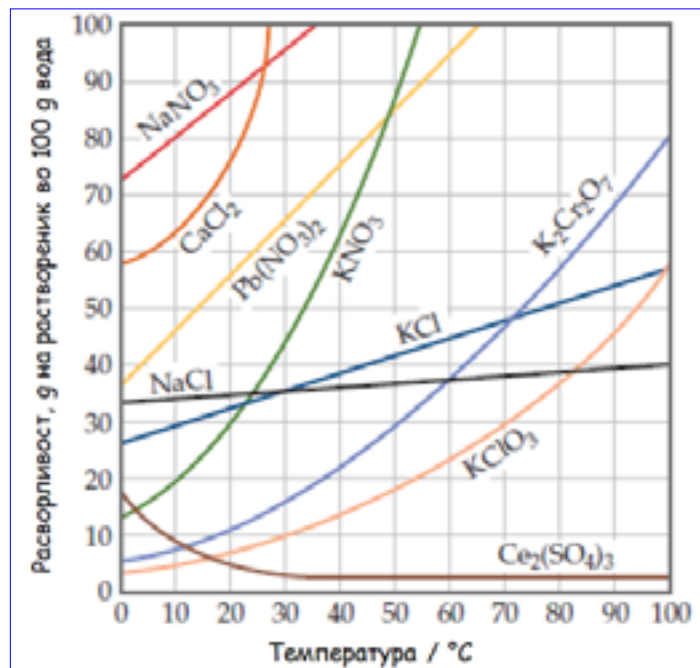
| $t / ^\circ\text{C}$                                  | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   |
|-------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $m(\text{NaCl})/\text{g}$                             | 35,7 | 36,0 | 36,4 | 36,7 | 37   | 37,4 | 37,6 | 38,0 |
| $m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})/\text{g}$ | 18,0 | 20,0 | 24,0 | 28,0 | 35,0 | 42,0 | 50,0 | 59,0 |

Уште поважно е графичкото претставување на растворливоста со т.н. **криви на растворливост**. Со кривите на растворливост се претставува зависноста на растворливоста на различни супстанции од температурата. На сликата 2.5. е претставена растворливоста на различни гасови во вода, на различни температури, а на сликата 2.6. растворливоста на различни цврсти супстанции, изразена како маса на растворената супстанца во 100 g од растворувачот. Од кривите на растворливост може да се добијат голем број податоци за квантитативниот состав на растворите на различни температури. Тоа ќе го разгледаме низ следниов пример:



Слика 2.5. Криви на растворливост на различни гасови во вода





Слика 2.6. Криви на растворливост на различни цврсти супстанции во вода

**Пример 2.1.** Врз основа на кривите на растворливост дадени на графикот на сликата 2.6., одговори на следниве барања:

- Како се менува растворливоста на цериум сулфат,  $\text{Ce}_2(\text{SO}_4)_3$ , а како на олово(II) нитрат со покачување на температурата?
- Колкава маса калиум нитрат се содржи во заситен раствор од калиум нитрат растворен во 100 g вода на 40 °C?
- Каков е растворот (незаситен, заситен, презаситен) што во 100 g вода, на 20 °C, содржи 20 g натриум хлорид?

**Решение:**

а) Од графикот на сликата 2.6. се гледа дека со покачување на температурата, масата на  $\text{Ce}_2(\text{SO}_4)_3$  што се раствора во 100 g вода се намалува. Така, на 10 °C, заситениот раствор на  $\text{Ce}_2(\text{SO}_4)_3$  содржи 10 g  $\text{Ce}_2(\text{SO}_4)_3$ , а на 30 °C приближно 3 g. Значи, со покачување на температурата, растворливоста на цериум сулфат се намалува. Растворливоста, пак, на олово(II) нитрат се зголемува со покачување на температурата.

б) Кривите на растворливост на сликата 2.6. го покажуваат квантитативниот состав на заситен раствор, односно масата на раствореникот што е растворена во 100 g вода, на определена температура. За да определиме колкава маса калиум нитрат се содржи во заситен раствор на 40 °C, најпрво треба на апсцисата да отчитаме 40 °C и да повлечеме паралела со ординатата сè до пресекот со кривата на растворливост за  $\text{KNO}_3$ . Потоа, од добиениот пресек треба да повлечеме паралела со апсцисата, до скалата на ординатата, на која се дадени масите на растворениците. Така, лесно може да заклучиме дека масата на  $\text{KNO}_3$  што се раствора во 100 g вода на 40 °C изнесува 63 g.

в) Растворот што во 100 g вода на 20 °C содржи 20 g натриум хлорид е незаситен, бидејќи од кривата на растворливост за натриум хлорид може да се отчита дека заситениот раствор на 20 °C содржи, приближно, 35 g NaCl. Тоа значи дека, за да се добие заситен раствор на истата температура, треба да се растворат уште приближно 15 g натриум хлорид.

## ИЗРАЗУВАЊЕ НА КВАНТИТАТИВНИОТ СОСТАВ НА РАСТВОРИТЕ

Квантитативниот состав на растворите може да се изрази на повеќе различни начини. Сите начини за изразување на квантитативниот состав на растворите се претставени во табелата 2.4., каде што со А е означен растворувачот, а со В раствореникот.

Табела 2.4. Начини за изразување на квантитативниот состав на растворите

|                                                                                                                                                                                                                                   | ОДНОСИ                                                                            | УДЕЛИ                                                       | КОНЦЕНТРАЦИИ                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| КОЛИЧЕСТВО                                                                                                                                                                                                                        | Количествен (молски) однос<br>$r(B, A) = \frac{n(B)}{n(A)}$<br>или: $n(B) : n(A)$ | Количествен (молски) удел<br>$x(B) = \frac{n(B)}{\sum n_i}$ | Количествена (молска) концентрација<br>$c(B) = \frac{n(B)}{V(\text{раствор})}$<br>$[c(B)] = \text{mol/dm}^3$ |
| БРОЈ НА ЕДИНКИ                                                                                                                                                                                                                    | Броен однос<br>$r(B, A) = \frac{N(B)}{N(A)}$<br>или: $N(B) : N(A)$                | Броен удел<br>$x(B) = \frac{N(B)}{\sum N_i}$                | Бројна концентрација<br>$C(B) = \frac{N(B)}{V(\text{раствор})}$<br>$[C(B)] = 1/\text{dm}^3$                  |
| МАСА                                                                                                                                                                                                                              | Масен однос<br>$\zeta(B, A) = \frac{m(B)}{m(A)}$<br>или: $m(B) : m(A)$            | Масен удел<br>$w(B) = \frac{m(B)}{m(\text{раствор})}$       | Масена концентрација<br>$\gamma(B) = \frac{m(B)}{V(\text{раствор})}$<br>$[\gamma(B)] = \text{g/dm}^3$        |
| ВОЛУМЕН                                                                                                                                                                                                                           | Волуменски однос<br>$\psi(B, A) = \frac{V(B)}{V(A)}$<br>или: $V(B) : V(A)$        | Волуменски удел<br>$\phi(B) = \frac{V(B)}{\sum V_i}$        | Волуменска концентрација<br>$\sigma(B) = \frac{V(B)}{V(\text{раствор})}$                                     |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div>Молаљност</div> <div> <math display="block">b(B) = \frac{n(B)}{m(A)}</math> </div> <div> <math>[b(B)] = \text{mol/kg}</math> </div> </div> |                                                                                   |                                                             |                                                                                                              |

Како што може да се забележи од табелата 2.4., постојат вкупно тринаесет начини за изразување на квантитативниот состав на растворите. Составот на растворите може да се изрази со три различни величини: односи, удели и концентрации, кои може да се однесуваат на количеството, бројот на единици, масата или волуменот на конкретен раствореник.

За односите и за уделите зборуваме во претходната тема. Тука само ќе нагласиме дека, кога станува збор за раствори, односот се изразува преку величини што се однесуваат на раствореникот (B) и на растворувачот (A). Што се однесува, пак, до уделите, ќе кажеме само дека во величинската равенка за масен удел, збирот од масите на сите учесници е, всушност, масата на растворот. Се разбира, односите и уделите се бездимензионални величини, но уделите најчесто се изразуваат во проценти ( $1\% = 1/100$ ), а честопати и во промили. Промил е илјадити дел од целото ( $1\text{‰} = 1/1000$ ). Кога уделот го изразуваме во промили, бројната вредност треба да ја помножимо со 1000 ‰.

Во пресметките што се однесуваат на раствори, најголемо значење имаат **концентрациите**. Од табелата 2.4. може да се забележи дека во именителот на сите четири величински равенки за концентрации стои волуменот на растворот (не на растворувачот!), а во броителот, соодветната величина (количество, број на единици, маса, односно волумен) на раствореникот, според која се именува и видот на концентрација. Така,

*Количествената (молска) концентрација е однос (количник) меѓу количеството на еден раствореник и волуменот на растворот.*

$$c(B) = \frac{n(B)}{V(\text{раствор})}$$

Од сите начини за квантитативно изразување на составот на растворите, најчесто се користи количествената концентрација. Затоа, обично се нарекува само концентрација. Зборот концентрација е дозволено да се користи само за количествената концентрација, додека, пак, за другите два вида треба да се нагласи за каква концентрација станува збор. Основната SI единица за количествена концентрација е  $\text{mol/m}^3$ , но може да се употребуваат и сите поголеми и помали единици од неа. Во лабораториската практика најчесто се користи единицата  $\text{mol/dm}^3$  ( $\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ,  $\text{mol/L}$ ,  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ), па затоа таа е дадена во табелата 2.4.

Покрај количествената концентрација, често се користи и масената концентрација, која се дефинира како:

*Масената концентрација е количник меѓу масата на еден раствореник и волуменот на растворот.*

$$\gamma(B) = \frac{m(B)}{V(\text{раствор})}$$

Масената концентрација е, исто така, димензионална величина. Основната SI единица за масена концентрација е  $\text{kg/m}^3$ , но најчесто се изразува во единицата  $\text{g/dm}^3$  (табела 2.4.).

Волуменската концентрација, пак, е бездимензионална величина бидејќи претставува количник меѓу два волумени – на раствореникот и на растворот. Оваа величина поретко се користи. Важно е да кажеме дека честопати волуменската концентрација се поистоветува со волуменскиот удел, што е погрешно и недозволиво. Имено, иако во голем број случаи збирот од волумените на сите учесници во растворот е еднаков на волуменот на растворот, сепак не е така во сите случаи. На пример, кога ќе се измешаат определен волумен вода и определен волумен етанол, вкупниот волумен на растворот е помал од збирот на нивните поодделни волумени пред мешањето. Затоа, волуменската концентрација на етанол и волуменскиот удел на етанол во растворот ќе имаат различни вредности.

Освен овие видови концентрации, во табелата 2.4. дадена е т.н. бројна концентрација која претставува број на единици во определен волумен раствор ( $1 \text{ dm}^3$ ). Оваа величина, многу ретко се користи, а и во овој учебник за неа повеќе нема да стане збор.

Како што може да се забележи од табелата 2.4., постои уште еден начин за изразување на квантитативниот состав на растворите што се нарекува молалност, но оваа величина нема да ја користиме. Важно е да се знае дека молалноста не е концентрација и не треба да се меша со молската (количествената) концентрација.

## ПРЕСМЕТУВАЊЕ НА КВАНТИТАТИВНИОТ СОСТАВ НА РАСТВОРИТЕ

Од сите начини за изразување на квантитативниот состав на растворите, најчесто применувани се количествената концентрација, масената концентрација и масениот удел. Затоа, понатаму ќе разгледаме неколку решени примери на задачи од овие три начини за изразување на составот на растворите и нивната важност за лабораториската практика.

**Пример 2.2.** Физиолошкиот раствор претставува раствор на натриум хлорид во вода, но со точно определен масен удел на натриум хлоридот во растворот. За приготвување физиолошки раствор, 2,3 g NaCl се растворени во вода, така што вкупната маса на растворот изнесува 250 g. Колку изнесува масениот удел на NaCl во физиолошкиот раствор изразен во проценти?

**Решение:**

*Дадено е:*

$$m(\text{NaCl}) = 2,3 \text{ g}$$

$$m(\text{раствор}) = 250 \text{ g}$$

*Се бара:*

$$w(\text{NaCl; раствор}) = ?$$

Масениот удел на раствореник во раствор се пресметува според следнава величинска равенка:

$$w(\text{B}) = \frac{m(\text{B})}{m(\text{раствор})}$$

Со замена на масите на NaCl и на растворот со нивните бројни вредности и единици, се добива:

$$w(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{m(\text{раствор})} = \frac{2,3 \text{ g}}{250 \text{ g}} = 0,0092 = 0,92 \%$$

**Одговор:** Масениот удел на натриум хлорид во физиолошкиот раствор изнесува 0,92 %.

**Пример 2.3.** На етикетата на шише со оцет е напишано дека масениот удел на оцетната киселина ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) во оцетот е 5 %. Колкава маса оцетна киселина се содржи во 500 mL оцет ако густината на оцетот изнесува 1,02 g/mL?

**Решение:**

*Дадено е:*

$$w(\text{CH}_3\text{COOH; оцет}) = 5 \%$$

$$V(\text{оцет}) = 500 \text{ mL}$$

$$\rho(\text{оцет}) = 1,02 \text{ g/mL}$$

*Се бара:*

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = ?$$

Оцетот е раствор на оцетна киселина во вода. Масата на оцетната киселина може да ја изразиме од величинската равенка за масен удел.

$$w(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{m(\text{CH}_3\text{COOH})}{m(\text{оцет})} \Rightarrow$$

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = w(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot m(\text{оцет})$$

Масата на оцетот не е дадена во задачата, но дадени се волуменот на оцетот и неговата густина, а со нив може да се изрази масата на оцетот:

$$m(\text{оцет}) = V(\text{оцет}) \cdot \rho(\text{оцет})$$

Оттука,

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = w(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot V(\text{оцет}) \cdot \rho(\text{оцет})$$

За да ја пресметаме масата на оцетната киселина според оваа величинска равенка, најнапред треба да се ослободиме од процентот, така што вредноста за масениот удел изразена во проценти ќе ја поделиме со 100. Значи,

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,05 \cdot 500 \text{ mL} \cdot 1,02 \text{ g/mL} = 25,5 \text{ g}$$

**Одговор:** Масата на оцетна киселина во 500 mL оцет со густина 1,02 g/mL, во кој масениот удел на оцетната киселина е 5 %, изнесува 25,5 g.

**Пример 2.4.** Колку изнесува концентрацијата на NaOH, изразена во mol/dm<sup>3</sup>, ако во 250 mL раствор се растворени 0,186 mol NaOH?

**Решение:**

**Дадено е:**

$$n(\text{NaOH}) = 0,186 \text{ mol}$$

$$V(\text{раствор}) = 250 \text{ mL}$$

**Се бара:**

$$c(\text{NaOH}) = ?$$

За да ја пресметаме концентрацијата на NaOH изразена во mol/dm<sup>3</sup>, најнапред треба волуменот изразен во mL да го претвориме во dm<sup>3</sup>.

$$V(\text{раствор}) = 250 \text{ mL} = 250 \text{ cm}^3 = 0,250 \text{ dm}^3$$

Потоа, во величинската равенка за концентрација ќе ги замениме бројните вредности и единиците за количеството NaOH и за волуменот на растворот.

$$c(\text{NaOH}) = \frac{n(\text{NaOH})}{V(\text{раствор})} = \frac{0,186 \text{ mol}}{0,250 \text{ dm}^3} = 0,744 \text{ mol/dm}^3$$

**Одговор:** Концентрацијата на NaOH во 250 mL раствор во кој се растворени 0,186 mol NaOH изнесува 0,744 mol/dm<sup>3</sup>.



**Пример 2.5.** Треба да приготвиш 100 mL раствор од сахароза (обичен шеќер,  $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) со концентрација 0,10 mol/L.

а) Направи ги потребните пресметувања.

б) Пригответи го растворот.

**а) Решение:**

*Дадено е:*

$$c(C_{12}H_{22}O_{11}) = 0,100 \text{ mol/dm}^3$$

$$V(\text{раствор}) = 100 \text{ mL}$$

*Се бара:*

$$m(C_{12}H_{22}O_{11}) = ?$$

За да го приготвиме растворот на сахароза во вода, најнапред треба да ја пресметаме потребната маса сахароза од која ќе го приготвиме бараниот раствор. Од величинската равенка за концентрација може да го изразиме количеството сахароза како:

$$n(C_{12}H_{22}O_{11}) = c(C_{12}H_{22}O_{11}) \cdot V(\text{раствор})$$

Концентрацијата на сахарозата е изразена во  $\text{mol/dm}^3$ , па затоа волуменот на растворот мора да го изразиме во  $\text{dm}^3$ :  $V(\text{раствор}) = 100 \text{ mL} = 0,1 \text{ L} = 0,1 \text{ dm}^3$ .

$$n(C_{12}H_{22}O_{11}) = 0,100 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,1 \text{ dm}^3 = 0,01 \text{ mol}$$

$$m(C_{12}H_{22}O_{11}) = n(C_{12}H_{22}O_{11}) \cdot M(C_{12}H_{22}O_{11})$$

$$M(C_{12}H_{22}O_{11}) = 342,30 \text{ g/mol}$$

$$m(C_{12}H_{22}O_{11}) = 0,01 \text{ mol} \cdot 342,30 \text{ g/mol} = 3,4230 \text{ g}$$

**Одговор:** За да приготвиме 100 mL раствор од сахароза со концентрација 0,1 mol/L, треба да измериме 3,4230 g сахароза.

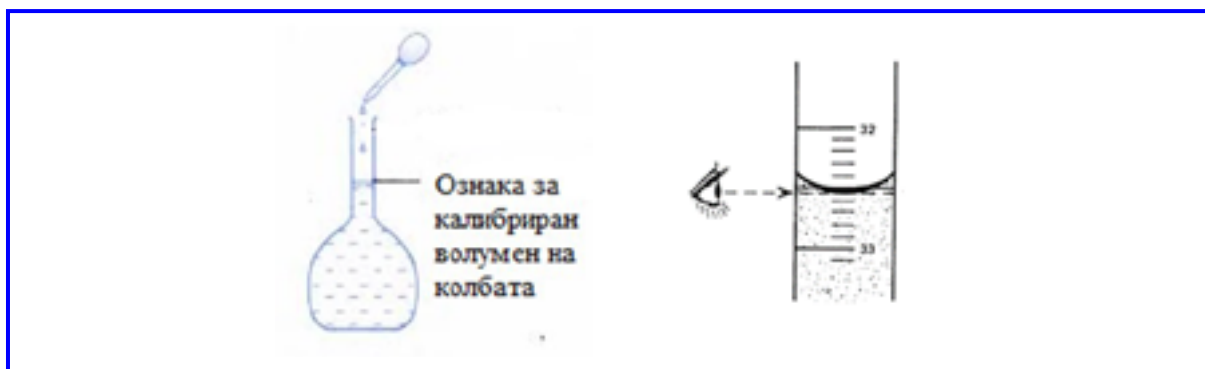


## Експеримент

### б) Приготвување 100 mL раствор од сахароза со концентрација на сахарозата од $0,1 \text{ mol/dm}^3$

**Потребен прибор и супстанции:** Прецизна вага, саатно стакло, лажичка, инка, волуметриска колба од 100 mL, пипета, сахароза и дестилирана вода.

**Постапка:** На прецизна вага најнапред се одмерува празно саатно стакло, а потоа се одмеруваат 3,4230 g сахароза, додавајќи ја постепено со чиста и сува лабораториска лажичка. Одмерената маса сахароза, преку инка, се пресипува во волуметриска колба од 100 mL. Со пипета или со чаша се додава малку дестилирана вода во волуметриската колба, а потоа колбата внимателно се клумка за да се раствори шеќерот. Со пипета, или со капалка, внимателно се додава дестилирана вода сè додека вкупниот волумен на растворот не достигне приближно 100 mL. При крајот, волуметриската колба се поставува во висина на очите, а потоа водата се додава капка по капка сè додека висината на растворот во волуметриската колба со долниот менискус не дојде до ознаката обележана на колбата (види ја следната слика). Колбата се затвора со чепот и уште еднаш добро се проклучува.



Сл. 2.7. Потребен прибор за приготвување раствори со определена концентрација

**Пример 2.6.** Глукозата,  $C_6H_{12}O_6$ , е шеќер којшто е основен извор на енергија за организмот. Бидејќи го има во крвта, се нарекува уште и „крвен шеќер“. Во 25,2 g вода се растворени 4,57 g глукоза, при што се добил раствор со густина од 1,06 g/mL. Колку изнесуваат масената концентрација, изразена во g/L, и количествената концентрација на глукозата, изразена во mol/L, во овој раствор?

**Решение:**

*Дадено е:*

$$m(H_2O) = 25,2 \text{ g}$$

$$m(C_6H_{12}O_6) = 4,57 \text{ g}$$

$$\rho(\text{раствор}) = 1,06 \text{ g/mL}$$

*Се бара:*

$$\gamma(C_6H_{12}O_6) = ?$$

$$c(C_6H_{12}O_6) = ?$$

За да ги пресметаме и масената концентрација и количествената концентрација, потребно е да го пресметаме волуменот на растворот. Волуменот на растворот ќе го пресметаме тргнувајќи од величинската равенка за густина.

$$\rho(\text{раствор}) = \frac{m(\text{раствор})}{V(\text{раствор})} \quad \Rightarrow \quad V(\text{раствор}) = \frac{m(\text{раствор})}{\rho(\text{раствор})}$$

Масата на растворот е збир од масата на водата и масата на глукозата. Значи:

$$V(\text{раствор}) = \frac{m(\text{раствор})}{\rho(\text{раствор})} = \frac{4,57 \text{ g} + 25,2 \text{ g}}{1,06 \text{ g/mL}} = 28,1 \text{ mL} = 0,0281 \text{ L}$$

$$\gamma(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \frac{m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)}{V(\text{раствор})} = \frac{4,57 \text{ g}}{0,0281 \text{ L}} = 162,63 \text{ g/L}$$

За да ја пресметаме количествената концентрација на глюкозата, потребно е прво да го пресметаме нејзиното количество во растворот, а за тоа треба да ја знаеме моларната маса на глюкозата. Моларната маса на глюкозата изнесува 180 g/mol.

$$n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \frac{m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)}{M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)} = \frac{4,57 \text{ g}}{180 \text{ g/mol}} = 0,0254 \text{ mol}$$

$$c(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \frac{n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)}{V(\text{раствор})} = \frac{0,0254 \text{ mol}}{0,0281 \text{ L}} = 0,9039 \text{ mol/L}$$

**Одговор:** Масената концентрација на глюкозата во растворот изнесува 162,63 g/L, а количествената концентрација на глюкозата во растворот изнесува 0,9039 mol/L.

## ЕЛЕКТРОЛИТИ

Сигурно знаеш дека при ракување со електричните уреди треба да внимаваш тие да не дојдат во контакт со вода. На пример, никако не смееш да употребуваш апарат за сушење коса ако си во када полна со вода.



Слика 2.8. Електричните уреди и електричните приклучоци не смеа да дојдат во контакт со вода и водни раствори.

Знаеш дека металите и легурите спроведуваат електричество и дека тие се главни делови на сите електрични инсталации и на електричните уреди. Но, зошто треба тие да се држат подалеку од вода? Зошто постои опасност ако апаратот има контакт со вода? Знаеме дека водата раствора голем број различни супстанции и дека во секојдневниот живот ретко доаѓаме во контакт со сосема чиста вода, бидејќи дури и во водата за пиење се растворени извесни количества од некои супстанции. Дали можеби електричните апарати не треба да дојдат во контакт со водни раствори и со какви водни раствори? За да одговориме на овие прашања, ќе го изведеме следниов експеримент:



### Експеримент

#### Испитување на електричната спроводливост на чиста вода и на различни водни раствори

**Потребен прибор и супстанции:** Лабораториска чаша, две графитни стапчиња или плочки, бакарни жици, сијалица, батерија, дестилирана вода, шеќер (сахароза), готварска сол, водни раствори од натриум хидроксид, оцетна киселина и хлороводородна киселина со концентрација  $1 \text{ mol/dm}^3$ .

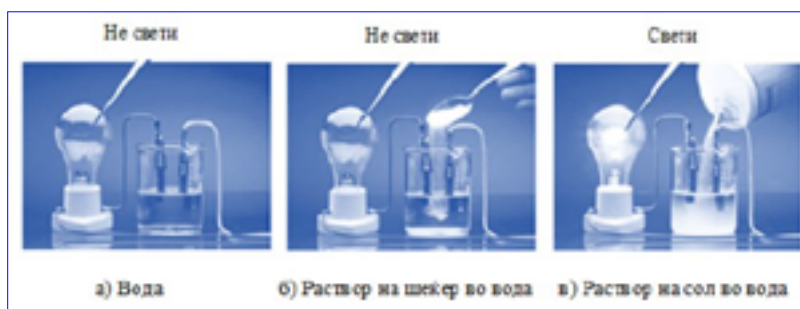
**Постапка:** Состави струен круг така што позитивниот и негативниот крај на батеријата ќе ги поврзеш преку бакарните жици со графитните плочки, но на тој начин што меѓу едниот пол на батеријата и едната графитна плочка ќе поврзеш сијаличка (види ја сликата подолу).



Графитните плочки последователно внесувај ги во дестилирана вода, во водни раствори на шеќер, сол, натриум хидроксид, оцетна киселина и хлороводородна киселина, но при секое менување на растворот исплакни ги со дестилирана вода. Забележи во кои случаи свети сијаличката и резултатите внеси ги во табела.

Како што можеше да забележиш од изведениот експеримент, сијаличката не светна кога графитните плочки ги потопи во дестилирана вода, ниту кога во водата раствори обичен шеќер. Оттука, може да се заклучи дека ниту водата, ниту растворот на шеќер во вода не спроведуваат електричество. Од друга страна, во сите други случаи, сијаличката засвети, некогаш послабо, а некогаш посилено. Значи, некои супстанции растворени во вода имаат способност да спроведуваат електричество, а некои немаат таква способност. Супстанците чии водни раствори спроведуваат електричество се нарекуваат **електролити**, а оние чии водни раствори не спроведуваат електричество се нарекуваат **неелектролити**. Од изведениот експеримент можеше да заклучиш дека солта (NaCl), базата (NaOH) и двете испитувани киселини (HCl и CH<sub>3</sub>COOH) се електролити. Иако ние не бевме во можност да изведеме таков експеримент, докажано е дека натриум хлоридот или натриум хидроксидот ќе спроведуваат електричество и доколку се стопат, наместо да се растворат во вода. Заклучоците што ги изведовме за испитуваните соединенија може да ги воопштиме за класите соединенија на кои им припаѓаат и да ја формулираме дефиницијата за електролити:

*Електролити се супстанции (киселини, бази и соли) чии водни раствори и растопи спроведуваат електричество.*

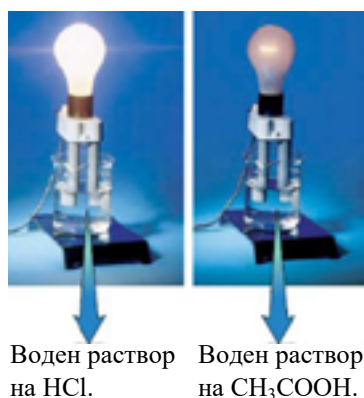


Слика 2.9. Сијаличката не свети кога електродите се вронети во чиста вода (а) и во раствор на шеќер во вода (б), но свети кога тие се вронети во раствор на сол во вода.

Знаеш дека металите и легурите спроведуваат електричество со насочено движење на електрони. Нив ги нарекуваме **спроводници од прв ред**. Но, на кој начин електролитите спроведуваат електричество? Од твоите претходни познавања можеше да заклучиш дека во изведениот експеримент, графитните плочки имаат улога на електроди – едната позитивно наелектризирана (анода), а другата негативно наелектризирана (катода). Според тоа, за да се затвори струјниот круг, низ растворот мора да патуваат позитивно и негативно наелектризирани честички од растворената супстанца насочени кон секоја од спротивно наелектризираните електроди. Како што знаеш, овие честички со заедничко име се нарекуваат **јони**, од кои позитивно наелектризираните се т.н. **катјони**, и тие патуваат кон катодата, а негативно наелектризираните се **анјони**, и тие патуваат кон анодата. Супстанците што спроведуваат електричество со насочено движење на јони се нарекуваат **спроводници од втор ред**. Значи,

*Електролитите спроведуваат електричество со насочено движење на јони (катјони и анјони). Тие се спроводници од втор ред.*

Од изведениот експеримент сигурно забележа дека кога графитните плочки ќе се внесат во раствор на оцетна киселина, сијаличката свети послабо отколку кога ќе се внесат во раствор на хлороводородна киселина, како и во растворите на другите испитувани електролити. Очигледно, оцетната киселина послабо спроведува електричество отколку другите испитувани електролити. Според тоа колкава е способноста за спроведување електричество, електролитите се поделени на силни и слаби електролити. Оваа поделба зависи од градбата на супстанцата што е електролит.



Слика 2.10. Сијаличката свети посилно кога електродите се вронети во раствор на  $\text{HCl}$ , отколку кога се вронети во раствор на  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .

**Силни електролити** во водни раствори се, пред сè, јонски градените супстанции. Тука спаѓаат најголемиот број соли и јонски градените хидроксиди, како што се хидроксидите на алкалните и земноалкалните метали. Но, силни електролити во водни раствори се, исто така, и растворите на некои силни киселини, како што се, на пример, сулфурната, хлороводородната, азотната и други киселини. Од друга страна, **слаби електролити** во водни раствори се слабите киселини (како што се најголемиот број органски киселини, а и некои неоргански киселини), но, исто така, и некои хидроксиди. Како што ќе видиме понатаму, иако спаѓа во оксиди, и водата е електролит, но многу, многу слаб електролит. За да ни стане појасно на кој начин електролитите образуваат јони во водните раствори и зошто некои супстанции се силни, а некои се слаби електролити, треба да ги разгледаме процесите што се случуваат при растворање на електролитите во вода и во некои други растворувачи.

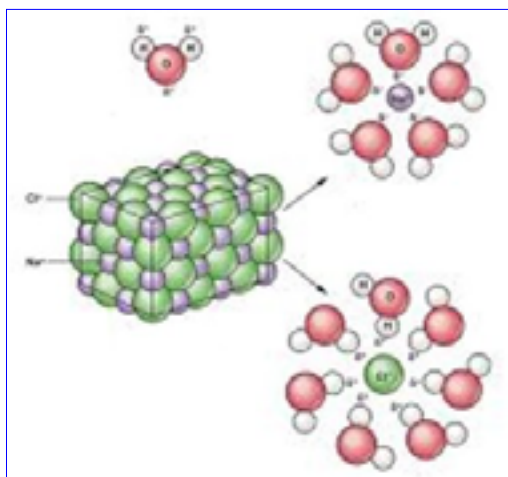
## ЕЛЕКТРОЛИТНА ДИСОЦИЈАЦИЈА

Кажавме дека водните раствори или растопи на електролитите спроведуваат електричество со насочено движење на нивните јони. Од јони се изградени најголемиот број силни електролити, како што се солите и некои хидроксиди, меѓутоа кога не се стопени или растворени во вода, тие не спроведуваат електричество. Како што знаеш, во јонски градените супстанции секој јон е опкружен со јони со спротивен полнеж, а поради тоа нивното движење е ограничено на рамнотежната положба во која се наоѓаат. Кога се во цврста состојба, јонски градените супстанции не спроведуваат електричество бидејќи нивните јони не може слободно да се движат. Кога ќе се стопи јонски градената супстанца, таа преминува во течна агрегатна состојба, а како што е познато, честичките во течна состојба може послободно да се движат. На ваков начин се објаснува електричната спроводливост на растопите. Но, останува прашањето за тоа како се образуваат подвижни јони во растворите, особено во раствори на супстанции што не се јонски градени.

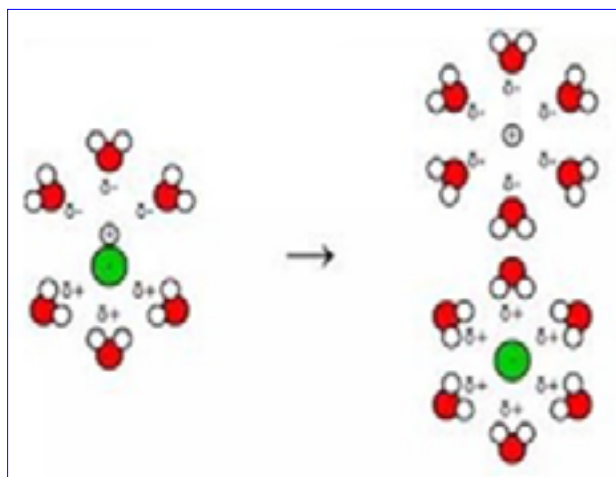


Слика 2.11. Сванте Арениус (1859 – 1927)

Образувањето јони во растворите на електролитите прв го објаснил Арениус во неговата **теорија на електролитна дисоцијација**. Според оваа теорија, во водните раствори на електролитите, под дејство на поларните молекули на водата, јонските кристали и молекулите на електролитите се разложуваат на јони. Така, кога кристал од натриум хлорид ќе се стави во вода, поларните молекули на водата со негативниот крај на својот дипол се ориентираат кон натриумовите катјони, а со позитивниот кон хлоридните анјони и постепено ги откинуваат од кристалот (слика 2.12.).



Слика 2.12. Растворање натриум хлорид во вода и хидратација на неговите јони.



Слика 2.13. Растворање HCl во вода и хидратација на добиените јони.

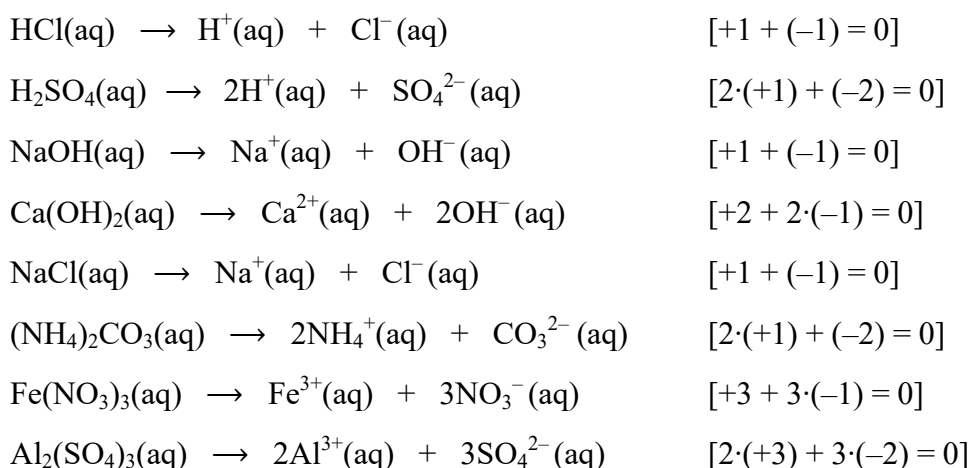


Сличен процес се случува и кога во вода се раствора некое ковалентно соединение, но за да дојде до негово разложување, соединението што се раствора мора да биде изградено од **поларни молекули**. Тогаш двете поларни молекули (на раствореникот и на водата) се ориентираат едни во однос на други со спротивните краеве на своите диполи, па под дејство на електростатските привлечни сили, молекулата на раствореникот се разложува на јони (слика 2.13.). Иако Арениус ја објаснил електролитната дисоцијација само на водни раствори, до дисоцијација на електролити може да дојде и во раствори на други растворувачи, доколку тие се поларни. Според тоа,

*Електролитна дисоцијација е процес на разложување супстанции изградени од јони или од поларни молекули што се случува под дејство на поларните молекули на растворувачот во кој се растворени.*

Од сликите 2.12. и 2.13. може да се забележи дека јоните што се добиле при електролитната дисоцијација се опкружени со молекулите на растворувачот. Овој процес се нарекува **солватација**, а доколку растворувачот е вода, тогаш се нарекува **хидратација**. Значи, јоните во растворот на електролитите се солватирани, т.е. хидратирани.

Кажавме дека раствори од електролити се добиваат со растворање на киселини, бази и соли во вода. Притоа, киселините дисоцираат до водородни катјони и анјони од киселинскиот остаток, базите до метални катјони и хидроксидни јони, а солите до метални (или амониум катјони, во случај на амониум соли) и киселински анјони. Треба да имаме предвид дека збирот од вкупниот полнеж на катјоните и вкупниот полнеж на анјоните мора да биде еднаков на 0. Тоа значи дека бројот на катјони помножен со нивниот релативен полнеж мора да биде еднаков на бројот на анјони помножен со нивниот релативен полнеж. Релативниот полнеж, пак, на јоните соодветствува на валентноста на атомите и атомските групи. На пример:



Во растворот на некои електролити постојат само јони. Такви се растворот на силните електролити, како што се, на пример, оние претставени со горните равенки. Во други раствори на електролити, пак, постојат и јони и недисоцирани молекули. Такви се растворот на слабите електролити. Значи, може да кажеме:

*Силен електролит е раствореник којшто во воден раствор е целосно или речиси целосно дисоциран на јони.*

*Слаб електролит е раствореник којшто во воден раствор е само делумно дисоциран на јони, па во растворот се присутни и јони и недисоцирани молекули.*

Мерка за јачината на еден електролит е т.н. **степен на електролитна дисоцијација**, кој се бележи со  $\alpha$ .

*Степен на електролитна дисоцијација е бројниот удел на дисоцираните молекули на јони во однос на вкупниот број растворени молекули.*

$$\alpha = \frac{N(\text{дисоцирани})}{N(\text{вкупно растворени})}$$

Вообичаено, степенот на електролитна дисоцијација се изразува во проценти. Степенот на електролитна дисоцијација зависи од природата на раствореникот и од неговата концентрација во растворот, како и од температурата. За слабите електролити, степенот на електролитна дисоцијација расте со разредување на растворот и со покачување на температурата.

### **ДОЗНАЈ ПОВЕЌЕ: Антифриз за автомобили и за животни**

Растворите покажуваат мноштво интересни својства, меѓу кои се и т.н. **колигативни својства**. Колигативните својства на растворите зависат од вкупниот број растворени честички од раствореникот (молекули и јони), растворени во определен растворувач, но не и од природата на самиот раствореник. Во колигативни својства на растворите (особено на разредените раствори) спаѓаат снижувањето на температурата на мрзнење и покачувањето на температурата на вриење на растворите во однос на чистиот растворувач. Значи, растворите замрзнуваат на пониска температура, а вријат на повисока, отколку растворувачот. Зиме, кога надворешните температури се многу ниски, на улиците се фрла сол, бидејќи растворот на сол во вода мрзне на температура под 0 °C. За да не замрзне водата во ладилниците во автомобилите, во водата се става „антифриз“. Антифризот претставува воден раствор на една органска супстанца што се нарекува гликол, во кој масениот удел на гликол изнесува 40 %.

Интересно е тоа што некои животински видови имаат способност во своите ткива да концентрираат соединенија од типот на гликол со масени удели што може да изнесуваат и до 19 % од нивната телесна маса. Но, тоа им овозможува да преживеат и на температури пониски дури и од -38 °C. Некои инсекти, пак, содржат т.н. протеински антифриз молекули што имаат способност да се врзат за минијатурно кристалче од мраз, а со тоа спречуваат кристалчето мраз да порасне и да го оштети ткивото.

## ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Каков дисперзен систем очекуваш да се добие при растворање протеини во вода? Образложи го одговорот.
2. Измешани се две супстанции, од кои едната е во цврста агрегатна состојба, а другата е во течна агрегатна состојба. Притоа се добила хомогена смеса во цврста агрегатна состојба. Која од супстанциите е растворувач, а која е раствореник?
3. Во еден презаситен раствор внесено е кристалче од раствореникот, при што започнало негово таложење. Каков ќе биде растворот над талогот кога ќе заврши таложењето (незаситен, заситен или презаситен)? Образложи го одговорот.
4. Растворливоста на кислородот во вода на  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  изнесува  $4,43\text{ mg O}_2/100\text{ g H}_2\text{O}$ . Дали на  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$  во  $100\text{ g H}_2\text{O}$  ќе се растворува поголема или помала маса од  $4,43\text{ mg}$ ?
5. Врз основа на податоците дадени во табела 2.3, нацртај крива на растворливост за  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .
6. Разгледај го графикот со кривите на растворливост на сликата 2.6. и одговори на следниве прашања: а) Колку изнесува растворливоста на калиум дихромат на  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , односно колкава маса калиум дихромат ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) се содржи во заситен раствор на оваа температура? б) На  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  во  $100\text{ g}$  вода се растворени  $30\text{ g}$  калиум хлорид. Каков е растворот: незаситен, заситен или презаситен?
7. Колкава маса литиум хлорид е растворена во  $50\text{ g}$  раствор во кој масениот удел на литиум хлорид е  $0,20$ ?
8. Колку грами калиум бромид и колку грами вода се потребни за приготвување  $80\text{ g}$  раствор во кој масениот удел на калиум бромидот е  $15\%$ ?
9. Колку грами  $\text{KOH}$  се потребни за приготвување  $250\text{ mL}$  раствор со густина  $\rho = 1,2\text{ g/mL}$  во кој масениот удел на  $\text{KOH}$  во растворот е  $20\%$ ?
10. Анализата на примерок од кравјо млеко покажала дека  $100\text{ mL}$  млеко содржат  $4,5\text{ g}$  лактоза (млечен шеќер,  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ). Колку изнесува количествената концентрација на лактозата во  $100\text{ mL}$  кравјо млеко, а колку масената концентрација?
11. Наброј го потребниот прибор и опиши ја постапката со која би приготвил/-а  $250\text{ mL}$  раствор од амониум сулфат со концентрација на амониум сулфатот во растворот од  $0,5\text{ mol/L}$ .
12. Со анализа на примерок од вода за пиење најдено е дека  $250\text{ mL}$  вода содржат  $100\text{ mg}$  магнезиум сулфат. Колку изнесува масената концентрација на магнезиум сулфат во водата за пиење?
13. Колкава маса сребро нитрат се содржи во  $500\text{ mL}$  раствор со  $c(\text{AgNO}_3) = 0,25\text{ mol/L}$ ?

14. Кои од следниве супстанции се електролити: а)  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ , б) бензин, в)  $\text{CaCl}_2$ , г)  $\text{MgO}$ , д)  $\text{P}_4$ , е)  $\text{HBrO}_3$ ?
15. Објасни зошто хидроксидите на алкалните и земноалкалните метали се силни електролити.
16. Напиши ги равенките за дисоцијација на следниве соединенија во воден раствор:  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{K}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{SnCl}_2$ ,  $\text{NaNO}_2$ ,  $\text{LiF}$ ,  $\text{KI}$ .
17. Концентрацијата на една супстанца во воден раствор изнесува  $1 \text{ mol/L}$ , а степенот на електролитна дисоцијација на супстанцата е 15 %. Дали степенот на електролитна дисоцијација ќе се зголеми или ќе се намали ако концентрацијата на растворената супстанца во растворот се намали на  $0,1 \text{ mol/L}$ ?

#### ИСТРАЖУВАЈ:

1. Побарај податоци за значењето на водата како растворувач во индустријата и презентирај ги податоците пред соучениците.
2. Истражување во мали групи: Пригответе три раствори од натриум хлорид што ќе содржат 100 g вода, а масата на натриум хлорид во едниот ќе биде 5 g, во другиот 10 g и во третиот 15 g. Секој од растворите загревајте го до вриење и измерете ја температурата на која секој од нив почнува да врие. Внесете ги добиените резултати во табела, а потоа дискутирајте ги со наставникот.

## РЕЗИМЕ

- **Дисперзни системи** се смеси во кои честичките од една или повеќе супстанции се диспергирани (распределени) низ честичките на друга супстанца.
- Поодделните хомогени делови во смесата се нарекуваат **фази**.
- **Дисперзна средина** е супстанцата во која се диспергираат честички од една или повеќе други супстанции.
- **Диспергирана супстанца** или **дисперзна фаза** е супстанцата што се распределува низ дисперзната средина.
- **Грубо-дисперзни системи** се дисперзни системи кај кои големината на диспергираните честички е над  $1000 \text{ nm}$ ;
- **Колоидно-дисперзни системи** или **колоиди** се дисперзни системи кај кои големината на диспергираните честички се движи од 1 до  $1000 \text{ nm}$ ;
- **Растворите** претставуваат **хомогени смеси** кај кои големините на диспергираните честички во смесата се од редот на големината на граббените единици ( $0,1$  до  $10 \text{ nm}$ ).
- **Квантитативниот состав** на заситен раствор на определена температура се нарекува **растворливост**.

- **Количествената (молска) концентрација** е однос (количник) меѓу количеството на еден раствореник и волуменот на растворот.
- **Масената концентрација** е количник меѓу масата на еден раствореник и волуменот на растворот.
- **Електролити** се супстанции чии водни раствори и растопи спроведуваат електричество.
- **Електролитите** спроведуваат електричество со насочено движење на јони – катјони и анјони. Тие се **спроводници од втор ред**.
- **Електролитна дисоцијација** е процес на разложување супстанции изградени од јони или од поларни молекули што се случува под дејство на поларните молекули на растворувачот во кој се растворени.
- **Силен електролит** е раствореник којшто во воден раствор е целосно или речиси целосно дисоциран на јони.
- **Слаб електролит** е раствореник којшто во воден раствор е само делумно дисоциран на јони, па во растворот се присутни и јони и недисоцирани молекули.
- **Степен на електролитна дисоцијација** е бројниот удел на дисоцираните молекули на јони во однос на вкупниот број растворени молекули.



## Модуларна единица 3

# ХЕМИСКИ ПРОЦЕСИ

Со изучување на содржините од модуларната единица „Хемиски процеси“ се очекува ученикот/ученичката да биде способен/а да:

- ♦ применува класификација на хемиските реакции, препознава вид хемиска реакција од дадена равенка и претставува примери на различни видови хемиски реакции со помош на хемиски равенки;
- ♦ ги објаснува поимите неповратни и повратни реакции и прави разлика меѓу нив;
- ♦ ги поврзува физичките и хемиските промени со промената на енергијата на системот;
- ♦ ги дефинира величините енталпија, промена на моларна енталпија и реакциона енталпија;
- ♦ ја поврзува вредноста на промената на енталпијата со ендотермни и егзотермни процеси;
- ♦ прави разлика меѓу обична (стехиометриска) равенка и термохемиска равенка и пишува термохемиски равенки.

### Содржини:

- ♦ Класификација на хемиските реакции
- ♦ Неповратни и повратни реакции
- ♦ Енергетски промени при физичките и хемиските процеси
- ♦ Енталпија и промени на енталпијата при физичките и хемиските процеси
- ♦ Термохемиски равенки

### Поими:

- |                            |                                             |                                |
|----------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------|
| • Хемиски процес/реакција  | • Елементарен акт на хемиска трансформација | • Ендотермен процес            |
| • Реактанти                | • Слабо растворливо соединение (талог)      | • Егзотермен процес            |
| • Продукти                 | • Слабо дисоцирано соединение               | • Енталпија                    |
| • Реакции на соединување   | • Енергија                                  | • Промена на моларна енталпија |
| • Реакции на разложување   | • Внатрешна енергија                        | • Реакциона енталпија          |
| • Реакции на замена        | • Температура                               | • Досег на реакција            |
| • Реакции на двојна замена | • Ендоенергетски процес                     | • Термохемиска равенка         |
| • Неповратна реакција      | • Егзоенергетски процес                     | • Стехиометриски дел           |
| • Повратна реакција        |                                             | • Величински дел               |
| • Директна реакција        |                                             |                                |
| • Обратна реакција         |                                             |                                |
| •                          |                                             |                                |

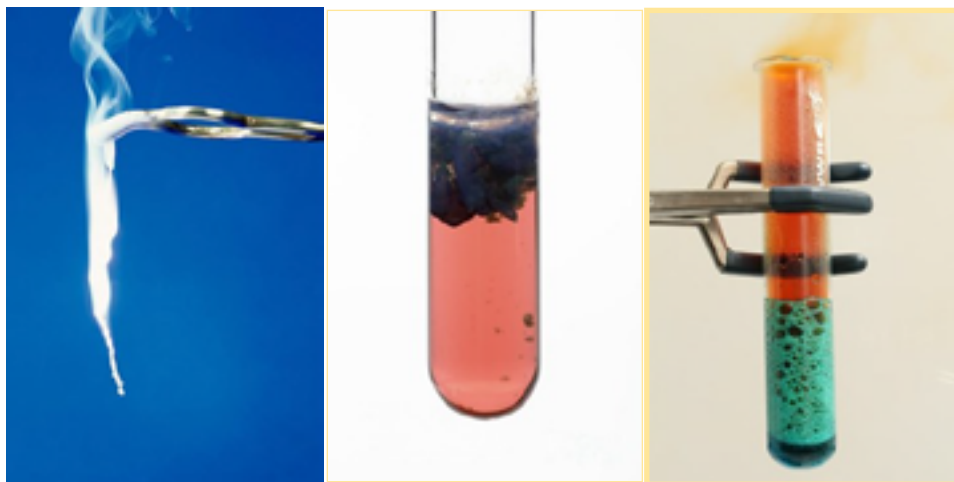


## КЛАСИФИКАЦИЈА НА ХЕМИСКИТЕ РЕАКЦИИ

При изучувањето на хемијата се сретна со голем број различни хемиски реакции. Имаше можност некои да ги видиш при изведувањето на експериментите во училиштето, а голем број од реакциите за кои знаеш или за кои подоцна ќе учиш се одвиваат во природата, во живите организми, при готвењето храна, во индустријата при производството на различни супстанции, материјали, производи, лекови, храна итн.

Да се потсетиме дека при **хемиските процеси**, т.е. **хемиските реакции** доаѓа до изменување на составот на супстанците, односно едни супстанции се претвораат во други. Супстанците што стапуваат во хемиската реакција и чиј состав се менува се нарекуваат **реактанти**. Оние, пак, што притоа се добиваат и имаат различен состав од оној на реактантите се нарекуваат **продукти**. Реактантите и продуктите со заедничко име се нарекуваат **учесници во хемиската реакција**. Важно е да знаеш дека при течењето на хемиската реакција, количеството на реактантите се намалува, а количеството на продуктите се зголемува. Па така, промената на количеството на учесниците (реактантите и продуктите) во реакцијата претставува показател дека се случува хемиска реакција. Тогаш кога ќе престане изменувањето на количествата на учесниците во реакцијата, велиме дека хемиската реакција завршила.

Сите хемиски реакции се придружени со одредени физички промени, но некои од тие физички промени може да ги регистрираме со помош на нашите сетила. Такви физички промени при хемиските реакции се, на пример: ослободување енергија во вид на светлина или топлина, образување цврста нерастворлива супстанца (талог), ослободување гас или меурчиња од гас, промена на бојата на супстанците, образување супстанца со карактеристичен мирис, појава на звук во вид на пукот. Па така, честопати, врз основа на ваквите физички промени може да заклучиме дека се случува хемиска реакција.



Слика 3.1. Некои физички промени што укажуваат дека се случува хемиска реакција.

Но, треба да имаме предвид дека постојат и голем број хемиски реакции што не се проследени со вакви ефекти. Тоа, пак, не значи дека ништо не се случило во реакциониот систем. Затоа, основен критериум дека се случува хемиска реакција е, како што кажавме погоре, промената на количеството на учесниците во реакцијата.

Бројот на различни хемиски реакции е многу голем, па затоа се наметнува потребата за нивно класифицирање. Еден начин за класификација на хемиските реакции е според она што се случува во текот на реакцијата. Така, тие може да се поделат на неколку основни типови/видови:

- ♦ реакции на соединување;
- ♦ реакции на разложување;
- ♦ реакции на замена;
- ♦ реакции на двојна измена;
- ♦ реакции на кондензација;
- ♦ реакции на полимеризација и поликондензација;
- ♦ реакции со размена на протони (протолитички процеси);
- ♦ реакции со размена на електрони (оксидационо-редукциони процеси).

Постојат и други видови хемиски реакции. Со реакциите на кондензација, полимеризација и поликондензација, како и со реакциите со размена на протони и реакциите со размена на електрони ќе се запознаеш во текот на понатамошното изучување на хемијата. Овде ќе се задржиме на првите четири типа хемиски реакции наведени во класификацијата.

### ***Реакции на соединување***

Хемиските реакции при кои од две или повеќе поедноставни супстанции се добива посложена супстанца се нарекуваат **реакции на соединување**. Имено, составот на добиениот продукт ќе биде посложен во однос на составот на секој од реактантите.

Да се потсетиме, реакциите при кои елементарните супстанции се соединуваат со кислородот и притоа образуваат оксиди се само еден пример за реакции на соединување. Да го потврдиме тоа со следниов експеримент:



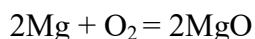
## **Експеримент**

### **Реакции на соединување**

**Потребен прибор и супстанции:** метална машичка, шпиритусна ламба, саатно стакло, капалка, магнезиумова лента, дестилирана вода, црвена лакмусова хартија, заштитни очила и ракавици.

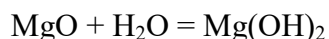
**Постапка:** Со метална машичка земи парче магнезиумова лента и внеси ја во пламен. Што забележуваш? Добиената бела супстанца стави ја во саатно стакло и кон неа со капалка додај дестилирана вода, а потоа внеси едно парче црвена лакмусова хартија. Следи ги промените што настануваат. Напиши ги равенките на хемиските реакции што се случуваат. Извлечи заклучок.

Од изведениот експеримент можеше да заклучиш дека при горење на магнезиумот, тој реагира со кислородот од воздухот и образува бел прав од магнезиум оксид. Реакцијата може да се претстави со следнава равенка:



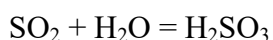
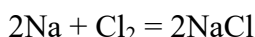
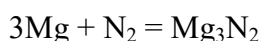
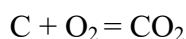
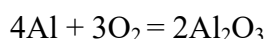
Поради тоа што при реакцијата на магнезиум и кислород се образува супстанца со посложен состав, т.е. од две елементарни супстанции се добива соединение (магнезиум оксид), оваа реакција е реакција на соединување.

Магнезиум оксидот реагира со водата, при што се добива соединението магнезиум хидроксид,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ . Магнезиум хидроксидот има базни својства и затоа црвената лакмусова хартија ја обојува сино. Реакцијата што се одвива ќе ја претставиме со следнава хемиска равенка:



И реакцијата на магнезиум оксид со вода при која се добива посложена супстанца, т.е. магнезиум хидроксид претставува реакција на соединување.

Подолу се дадени хемиски равенки на неколку примери за реакции на соединување:



Може да заклучиме дека

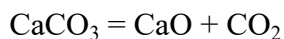
*хемиските реакции при кои од две или повеќе поедноставни супстанции се добива посложена супстанца се нарекуваат реакции на соединување.*

### **Реакции на разложување**

Спротивни реакции на реакциите на соединување се реакциите на разложување. Имено, реакциите при кои од една посложена супстанца се добиваат две или повеќе супстанции со поедноставен состав се нарекуваат **реакции на разложување**.

Во одредени случаи, до разложување на супстанцата доаѓа спонтано (само од себе), но во поголем број од случаите, разложувањето се случува под дејство на одреден фактор: топлина, електрична струја, светлина или јонизирачко зрачење. Доколку разложувањето се случува под дејство на топлина, реакцијата се нарекува **пиролиза**, под дејство на електрична струја – **электролиза**, под дејство на светлина – **фотолиза** и под дејство на јонизирачко зрачење – **радиолиза**.

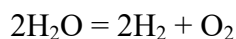
Така, на пример, при пиролиза на варовник, т.е. калциум карбонат, тој се разложува на калциум оксид и јаглерод диоксид:



Реакцијата на разложување на варовникот се одвива под дејство на топлина на температура од околу 1000 °C. Овој процес има големо практично значење бидејќи се

добива калциум оксид, т.е. негасена вар, од која, пак, се добива калциум хидроксид или гасена вар. Гасената вар има огромна примена во градежништвото за добивање малтер (смеса од песок, вода и гасена вар).

Електролизата е, исто така, од големо практично значење. За електролиза ќе учиш многу повеќе понатаму. Овде ќе дадеме пример на електролиза на вода. Имано, доколку во вода се спроведе електрична струја, таа ќе се разложи на елементарен водород и кислород:

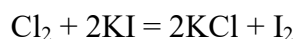
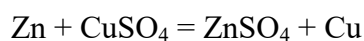
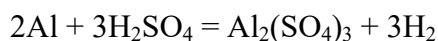
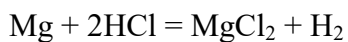


Значи,

*реакции на разложување се оние кај кои од една супстанца се добиваат две или повеќе други супстанции со поедноставен состав.*

### **Реакции на замена**

Со реакции на замена си се запознал/-а при досегашното изучување на хемијата. Ќе претставиме хемиски равенки на неколку примери за реакции на замена и потоа ќе извлечеме заклучок:

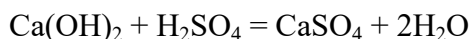
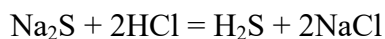
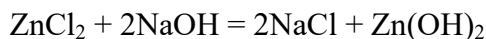
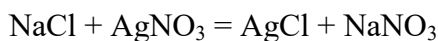


Во првиот случај, магнезиумот го истиснува водородот, а и во вториот случај алуминиумот доаѓа на местото на водород. Цинкот го истиснува бакарот, а хлорот го истиснува јодот. Затоа, може да кажеме дека:

*Реакциите во кои атоми од една супстанца доаѓаат на местото на атомите/јоните што се составен дел на честичките од друга супстанца се нарекуваат реакции на замена.*

### **Реакции на двојна измена**

Реакциите, пак, кај кои доаѓа до меѓусебна размена на атоми или атомски групи помеѓу честичките на реактантите се нарекуваат **реакции на двојна измена**. Со следните хемиски равенки се претставени ваков вид реакции:



Реакциите на двојна измена се, всушност, посебен вид реакции на замена. Значи:

*Посебен вид реакции на замена се реакциите на двојна измена при кои доаѓа до меѓусебна размена на атоми или атомски групи помеѓу честичките на реактантите.*

За подобро да се запознаеш со различните видови хемиски реакции, со помош на наставникот изведи ги експериментите од делот ИСТРАЖУВАЈ, даден на крајот од оваа модулarna единица.

## НЕПОВРАТНИ И ПОВРАТНИ РЕАКЦИИ

Кажавме дека бројот на различните хемиски реакции е многу голем, па затоа се наметнува потребата за нивно класифицирање. Зборувавме за класификацијата на хемиските реакции што е направена според она што се случува во текот на реакцијата. Друга можност за класификација на хемиските реакции е тие да се поделат на **неповратни и повратни реакции**.

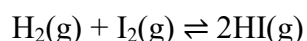
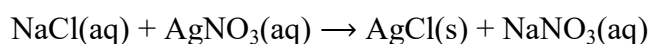
*Неповратни реакции се оние реакции што течат само во една насока, имено, од реактантите кон продукти. Кога ќе заврши реакцијата, во реакциониот систем не може да се детектира присуство на најмалку еден од реактантите.*

Реакциите, пак, кај кои освен што реактантите се претвораат во продукти и продуктите се претвораат во реактанти се нарекуваат **повратни реакции**. При повратните реакции, всушност, се одвиваат истовремено два процеси: едниот во кој реактантите се претвораат во продукти, а другиот во кој продуктите реагираат и образуваат реактанти. Процесот при кој реактантите се претвораат во продукти се нарекува **директна реакција**, а оној при кој продуктите се претвораат во реактанти се нарекува **обратна реакција**. Така, кога повратната реакција ќе заврши и количествата на учесниците повеќе нема да се изменуваат, во реакциониот систем ќе има мерливи количества од сите реактанти и сите продукти. Според тоа,

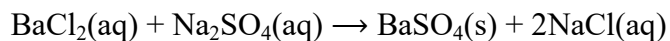
*Повратните реакции се оние реакции кај кои на крајот на реакцијата се присутни мерливи количества од сите реактанти и сите продукти.*

За да може едни супстанции да се претвораат во други, потребно е нивните честички да претрпат трансформација. На корпускуларно (честично) ниво, трансформирањето на едни честички во други се нарекува **елементарен акт на хемиска трансформација**. Може да кажеме дека кај неповратните реакции, честичките од реактантите се трансформираат во честички од продукти. Кај повратните реакции, пак, освен што честичките од реактантите се претвораат во честички од продукти, истовремено се случуваат и елементарни акти на хемиска трансформација при кои честичките од продуктите се претвораат во честички од реактантите.

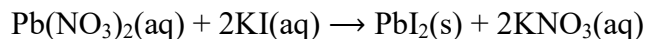
При претставувањето на реакциите со хемиски равенки, доколку сакаме да нагласиме дека станува збор за неповратна, односно повратна реакција, наместо знакот за еднакво се применува еднонасочна стрелка ( $\rightarrow$ ), т.е. двојна стрелка ( $\rightleftharpoons$ ) соодветно. Како што ќе видиме понатаму, при повратните реакции се постигнува рамнотежа за која се применува знакот  $\rightleftharpoons$  којшто ќе го користиме во овој учебник. На пример:



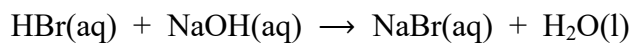
Неповратни реакции се оние при кои се ослободува големо количество топлина. Од реакциите што се случуваат во раствор, неповратни реакции се оние при кои се добива **слабо растворливо соединение (талог)** или **слабо дисоцирано соединение (слаб електролит)** или гас. На пример:



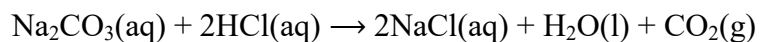
талог



талог

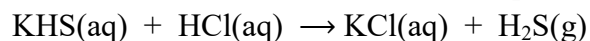


слаб електролит



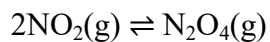
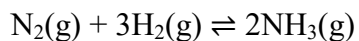
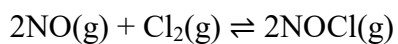
слаб гас

електролит



гас

Примери за повратни реакции:



Да резимираме:

*Кај неповратните реакции, само честичките од реактантите се трансформираат во честички од продукти, а кај повратните, и честичките од продуктите се претвораат во честички од реактантите.*

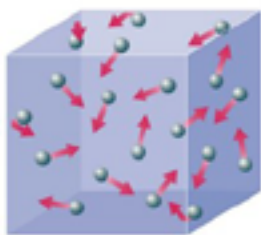
## ЕНЕРГЕТСКИ ПРОМЕНИ ПРИ ФИЗИЧКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ ПРОЦЕСИ

Поимот енергија го користиш во секојдневниот живот, а за оваа величина си учел и по предметот физика. Да се потсетиме, **енергијата** е физичка величина што е во врска со способноста на системот да извршува работа и/или да разменува топлина. Таа се означува со ***E***. Единица за енергија е **џул (J)**, а честопати се користи и илјада пати поголемата **килоџул (kJ)**, но и сите други помали и поголеми единици од џул. Во употреба е и вонсистемската единица позната под името **калорија (cal)**,  $1 \text{ cal} = 4,184 \text{ J}$ .

Секој систем поседува **вкупна енергија** што се состои од три основни видови енергија. Делот од вкупната енергија на системот што е во врска со неговото движење како целина се нарекува **кинетичка енергија**. Друг дел е т.н. **потенцијална енергија** на системот што зависи од релативната положба на системот како целина во однос на други системи. Преостанатиот дел од вкупната енергија на системот се нарекува **внатрешна енергија на системот**. Оваа енергија е во врска со градбените единки, т.е. честичките на системот, па затоа е од исклучителна важност за хемијата. Може да кажеме дека:

*Внатрешната енергија на системот е збир од кинетичката и потенцијалната енергија на сите честички од кои се состои системот. Кинетичката енергија на честичките е во врска со нивното движење, а потенцијална енергија на честичките е резултат на нивните заемни дејства.*

Да нагласиме дека внатрешната енергија на системот не е ниту кинетичката, ниту потенцијалната енергија на системот разгледуван во целина, туку само кинетичката и потенцијалната енергија на честичките од кои се состои. На пример, да замислиме еден сад, ставен на маса, во кој се наоѓа некоја супстанца. Положбата на целиот сад во однос на земјиното тло е потенцијалната енергија на системот во целина. Доколку го придвижиме садот, системот како целина ќе добие кинетичка енергија. Внатрешната енергија, пак, е кинетичката и потенцијалната енергијата на честичките на гасот (слика 3.2.).



Слика 3.2. Движењето на честичките од гасот и нивните заемодејства ја сочинуваат внатрешната енергија на системот.

Внатрешната енергија се бележи со ***U***, а се изразува со единиците за енергија (**J**, **kJ** итн.). Физичката величина внатрешна енергија ќе ја ползуваме подоцна при дефинирање/изразување други физички величини значајни во хемијата.

Во текот на изучувањето на хемијата се сретна со голем број физички и хемиски процеси. На пример, ги изучуваше промените на агрегатната состојба на супстанците, растворувањето на супстанците во вода, горењето различни супстанци, реакцијата на неутрализација, реакциите на замена, пиролизата и многу други. Така, знаеш дека за да се стопи една цврста супстанца или за да испари некоја течност, супстанцата треба да се загрева, т.е. да ѝ се доведе топлина.



При процесите на мрзнење и кондензација, пак, се ослободува топлина. Исто така, при горење на супстанците се ослободува топлина. Затоа, одредени супстанции се користат како горива, бидејќи при ваквиот процес се ослободува големо количество топлина. За фотосинтеза си учел по предметот биологија. Па така, знаеш дека за да се случи процесот фотосинтеза во зелените делови на растенијата, неопходна е енергија во вид на светлина. При готвењето јадење, потребно е прехранбените продукти термички да се обработат. Кај многу индустриски процеси е неопходно реакциониот систем да се загрева итн.

Од сите овие примери може да се заклучи дека физичките и хемиските процеси се проследени со размена на енергија меѓу системот и неговата околина. Имено, при одредени процеси се ослободува енергија, а при други треба да се доведе енергија во системот за да се случи процесот. Доколку при некој процес се ослободува енергија, процесот се нарекува **егзоенергетски**. Додека, пак, процесите за чие случување е потребно да се доведе енергија се нарекуваат **ендоенергетски процеси**. Доколку разменетата енергија е во вид на топлина, процесите ги нарекуваме **егзотермни**, односно **ендотермни процеси**, соодветно.

Треба да се прави разлика меѓу топлина и температура. **Топлината** претставува еден од начините за пренос (размена) на енергија меѓу системот и околината, а **температурата** е величина што го покажува степенот на загреаност на системот.

Показател за тоа дали некој процес е егзотермен или ендотермен е промената на температурата на системот. Имено, при егзотермните процеси, системот ослободува топлина, па затоа температурата на околината се покачува. При ендотермните процеси, пак, кон системот се доведува топлина, па неговата температура се покачува, но на околината се снижува.



Ова ќе го согледаш со изведување на следниот експеримент, преку кој ќе се запознаеш со неколку примери за ендотермните и егзотермните процеси.



## Експеримент

### Ендотермни и егзотермни процеси

**Потребен прибор и супстанции:** Лабораториски чаши, пипети или капалки, лабораториска лажичка, термометар, амониум хлорид, концентрирана сулфурна киселина, хлороводородна киселина, воден раствор од натриум хидроксид, оцетна киселина, натриум карбонат, заштитни очила и ракавици.

**Постапка:** Во лабораториска чаша стави  $100\text{ cm}^3$  вода и измери ја нејзината температура со помош на термометар. Евидентирај ја вредноста на температурата. Потоа, во водата додај една лажичка цврст амониум хлорид, промешај додека да се раствори и потоа измери ја температурата на растворот. Евидентирај ја вредноста на температурата. Извлечи заклучок.

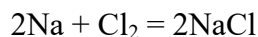
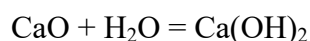
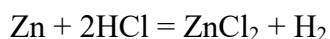
Постапката повтори ја со концентрирана сулфурна киселина, така што во  $100\text{ cm}^3$  вода ќе додадеш  $10\text{ cm}^3$  од киселината. Евидентирај ги вредностите на температурата пред и по растворањето. Извлечи заклучок. При додавањето концентрирана сулфурна киселина во вода биди многу внимателен/-на! Киселината додавај ја во водата капка по капка или во многу мали млазови, а не обратно, бидејќи може да дојде до прскање и до несакани повреди!

Во лабораториска чаша стави  $10\text{ mL}$  хлороводородна киселина, чија концентрација е  $2\text{ mol/dm}^3$ . Измери ја температурата и евидентирај ја. Потоа, додај воден раствор од натриум хидроксид, исто така, со концентрација на натриум хидроксидот од  $2\text{ mol/dm}^3$ , кој има иста температура како и киселината. Измери ја температурата на реакциониот систем и евидентирај ја. Што забележуваш? Напиши ја равенката на хемиската реакција што се случува. Извлечи заклучок.

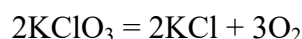
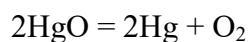
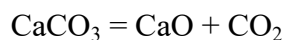
Постапката повтори ја така што во  $20\text{ mL}$  оцетна киселина ќе додадеш една лажичка цврст натриум карбонат. Евидентирај ги вредностите на температурата пред и по додавањето натриум карбонат. Што забележуваш? Напиши ја равенката на хемиската реакција што се случува. Извлечи заклучок.

Од изведениот експеримент можеше да заклучиш дека растворањето амониум хлорид во вода е ендотермен процес, при кој амониумот хлорид црпи енергија од околината (од водата и од чашата), поради што температурата се снижува. При растворањето на концентрирана сулфурна киселина во вода, пак, се ослободува топлина, па според тоа, процесот е егзотермен. Оваа топлина се пренесува на околината, па затоа температурата се покачува. Во другите два експерименти изведовме хемиски реакции. При реакцијата на неутрализација, температурата се покачи, што значи дека се ослободила топлина од реакциониот систем кон околината, односно процесот е егзотермен. Реакцијата, пак, меѓу оцетната киселина и натриум карбонатот е ендотермна. Тоа можеше да го заклучиш врз основа на регистрираното снижување на температурата.

Ќе наведеме неколку примери за егзотермни, односно ендотермни хемиски реакции. Реакцијата на замена при која цинкот реагира со хлороводородна киселина е егзотермна реакција. Егзотермни реакции се и гасењето вар, реакцијата меѓу натриум и хлор и многу други:



Пиролизата, пак, на калциум карбонат, на жива(II) оксид или на калиум хлорат, како и низа други, се примери за ендотермни хемиски реакции:



Да резимираме:

*Процесите при кои се ослободува топлина од системот кон околината се нарекуваат егзотермни процеси, а процесите при кои кон системот се доведува топлина се нарекуваат ендотермни процеси.*

## ДОЗНАЈ ПОВЕЌЕ: Хипотермија и хипертермија

Нормалната температурата на човечкото тело е 36-37 ° C. Но, надворешната температура најчесто е различна од температурата на човечкото тело, па затоа телото постојано разменува топлина со околината. Кога температурата на воздухот е умерена (10 ° C до 25 ° C), организмот не чувствува никаков проблем, иако се ослободува топлина од човечкото тело кон околината. Ова е дури е неопходно, затоа што телото произведува повеќе топлина (добиена од согорувањето на храната) отколку што му е потребна, и добро е дел од неа да изгуби. Но, човечкото тело не може да толерира температури што се премногу ниски. Ако човек се најде надвор на многу студено време (на пример, на – 20 ° C), без да е заштитен со топла облека, може да замрзне и да умре, затоа што телото ја оддава телесната топлина кон надворешноста. Состојбата при која човечкото тело оддава големи количини топлина кон околината и притоа се лади, се нарекува **хипотермија**. Падот на нормалната телесна температура од 1 или 2 ° C, предизвикува тресење на телото. Тоа е, всушност, обид на телото да си ја зголеми телесната температура преку активноста на мускулите. Уште поголем пад на температурата резултира со несвесност и на крајот со смрт.

Спротивна состојба на хипотермијата е состојбата на **хипертермија**. Таа може да биде предизвикана од високи надворешни температури, при што човечкото тело прима топлина од околината. Покрај тоа, хипертермија и покачување на телесната температура може да се случи при некое заболување на човекот. Во овој случај температурата се покачува поради реакциите кои се одвиваат меѓу вирусот или бактеријата и антителата во организмот. Телесна температура од 41,7 ° C е фатална и по кратко време настапува смрт.

## ЕНТАЛПИЈА И ПРОМЕНИ НА ЕНТАЛПИЈАТА ПРИ ФИЗИЧКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ ПРОЦЕСИ

Кога зборувавме за внатрешна енергија, спомнавме дека ќе ја ползуваме при изразувањето друга физичка величина значајна во хемијата. Тоа е т.н. **енталпија**, која се означува со ***H***.

*Енталпијата на еден систем претставува збир на внатрешната енергија на системот и производот на волуменот на системот и притисокот што владее во него:*

$$H = U + P V$$

Енталпијата се изразува во единици за енергија, а најчесто во **џул (J)**, односно илјада пати поголемата единица, **килоџул (kJ)**.

За нас е важно тоа што промената на енталпијата е разменетата топлина меѓу системот и околината при константен притисок.

$$\Delta H = Q_p$$

Имено, честопати, освен што е важно за некој процес да се знае дали е егзотермен или ендотермен, потребно е да се измери, т.е. да се определи и **количеството топлина** што се оддава, односно што се прима при течењето на процесот. Тоа може да се направи со помош на т.н. **калориметар**, кој ја мери разменетата топлина меѓу системот и околината при константен притисок, односно ја мери **промената на енталпијата на системот,  $\Delta H$** .



Слика 3.4. Калориметар

Доведената, односно ослободената топлина ќе ја промени енергијата на системот, а со тоа и енталпијата, бидејќи енталпијата е во директна врска со внатрешната енергија на системот. Имено, при ендотермните процеси се доведува енергија во вид на топлина, па затоа енталпијата се зголемува. Тоа значи дека крајната вредност на енталпијата на системот е поголема во однос на почетната, т.е. на онаа што системот ја имал пред започнувањето на процесот. Промената на енталпијата на системот,  $\Delta H$ , е разлика меѓу крајната и почетната вредност на енталпијата на системот. Па така, **кај ендотермните процеси**, промената на енталпијата на системот има позитивна вредност, т.е.  $\Delta H > 0$ . **Кај егзотермните процеси**, пак, ситуацијата е спротивна. Имено, при нивното течење се ослободува топлина, па енталпијата се намалува. Поради тоа, промената на енталпијата на системот има негативна вредност, т.е.  $\Delta H < 0$ .

Било да станува збор за ендотермен или за егзотермен процес, количеството разменета топлина зависи од количеството супстанца. На пример, поголемо количество топлина ќе се ослободи при согорување 1 килограм јаглен, отколку при согорување 100 грами. За да зоврие еден литар вода потребно е помало количество топлина отколку за 5 литри, итн. Според тоа, **енталпијата е екстензивна величина!**

Меѓутоа, како што знаеме, за да може полесно да ги споредуваме својствата на системите, погодно е тие својства да ги направиме независни од количеството супстанца, односно да ги преведеме во нивните моларни величини. Затоа, за физичките процеси се дефинира величината позната под името **промена на моларната енталпија (моларна енталпија)**,  $\Delta H_m$ , која е интензивна величина.

*Промената на моларната енталпија на системот претставува однос меѓу промената на енталпијата на системот и количеството супстанца во системот.*

$$\Delta H_m = \frac{\Delta H}{n}$$

Најчесто користена единица за промена на моларната енталпија е **J/mol**, односно **kJ/mol**. Објаснивме дека **при ендотермните процеси**,  $\Delta H > 0$ , па затоа и  $\Delta H_m > 0$ . **При егзотермните процеси**, пак,  $\Delta H < 0$ , па, според тоа, и  $\Delta H_m < 0$ . Количеството супстанца е секогаш позитивна величина!

Физички процеси што се од посебна важност за хемијата се:

- ♦ промена на агрегатната состојба;
- ♦ растворување;
- ♦ кристализација;
- ♦ промена на кристалната структура.

Промените на агрегатната состојба од цврста во течна и потоа во гасовита се следени со позитивна промена на енталпијата, што значи дека овие процеси се ендотермни. Спротивните процеси, т.е. преминувањето од гасовита во течна и во цврста агрегатна состојба, се егзотермни. Секогаш кога станува збор за исто количество супстанца, количеството разменета топлина при еден процес е еднакво со количеството разменета топлина при процесот што е обратен на него, но со спротивен знак.



Слика 3.5. Промена на енталпијата при промени на агрегатната состојба.

Во претходната модулarna единица научи дека процесот на растворување може да се одвива со доведување топлина од околината кон системот или со ослободување топлина од системот кон околината. Значи, во првиот случај станува збор за ендотермно, а во вториот за егзотермно растворување. За супстанците за кои процесот на растворување е ендотермен, растворливоста се зголемува со покачување на температурата, а кај супстанците за кои процесот на растворување е егзотермен, растворливоста се намалува со покачување на температурата.

Да резимираме:

*Топлинскиот ефект на физички процес се изразува преку промената на моларната енталпија на системот,  $\Delta H_m$ . При ендотермните физички процеси,  $\Delta H_m > 0$ , а при егзотермните,  $\Delta H_m < 0$ .*

Енталпијата се менува и при хемиските процеси.

*Промената на енталпијата при хемиските процеси се нарекува реакциона енталпија.*

Како и за секоја друга промена, и за реакционата енталпија може да се каже дека таа е разлика меѓу крајната и почетната вредност за енталпијата на системот. Значи, реакционата енталпија е разлика меѓу вредноста на енталпијата на реакциониот систем по завршувањето на хемискиот процес и вредноста на енталпијата на реакциониот систем на почетокот на процесот. На крајот на реакцијата во системот се присутни продуктите, а на почетокот на реакцијата се присутни реактантите, па според тоа, може да напишеме:

$$\Delta_r H = H_{\text{продукти}} - H_{\text{реактанти}}$$

Како што знаеш, некои реакции се одвиваат со доведување топлина во реакциониот систем, додека, пак, при некои во текот на реакцијата се ослободува топлина. Оние што се одвиваат со доведување топлина кон реакциониот систем се ендотермни реакции, а оние при кои се ослободува енергија се егзотермни реакции.



Слика 3.6. Графички приказ на промена на енталпијата при ендотермна реакција и при егзотермна реакција.

Реакционата енталпија се изразува и како однос меѓу промената на енталпијата на системот и промената на досегот на реакцијата:

$$\Delta_r H = \frac{\Delta H}{\Delta \xi}$$

**Досегот на хемиската реакција,  $\xi$  (кси),** е физичка величина што покажува до каде стигнала хемиската реакција. Доколку се направи однос меѓу промената на количеството на некој од учесниците во реакцијата (реактант X, односно продукт X) и неговиот стехиометриски коефициент,  $\nu$  (ни), согласно израмнетата хемиска равенка на реакцијата, може да се изрази **промената на досегот на реакцијата:**

$$\Delta \xi = \frac{\Delta n(X)}{\nu(X)}$$

Промената на досегот на реакцијата е разлика меѓу неговата крајна вредност и почетната вредност, т.е.  $\Delta \xi = \xi - \xi_0$ . Бидејќи крајната вредност е позитивна, а почетната изнесува нула (затоа што во тој момент реакцијата сè уште не почнала), следува дека промената на досегот на реакцијата ќе биде секогаш позитивна величина, т.е.  $\Delta \xi > 0$ .

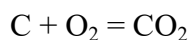
Единица за досег на реакција е mol. Според тоа, единица за реакциона енталпија е J/mol, односно kJ/mol. Очигледно, вака дефинирана, реакционата енталпија е **интензивна величина**. Бидејќи **при ендотермните реакции**,  $\Delta H > 0$ , а секогаш  $\Delta \xi > 0$ , следува дека и  $\Delta_r H > 0$ . **При егзотермните реакции**, пак,  $\Delta H < 0$ , а  $\Delta \xi > 0$ , па, според тоа,  $\Delta_r H < 0$ . Да резимираме:

*Топлинскиот ефект на хемиската реакција се изразува преку реакциона енталпија,  $\Delta_r H$ . При ендотермните реакции,  $\Delta_r H > 0$ , а при егзотермните реакции,  $\Delta_r H < 0$ .*



## ТЕРМОХЕМИСКИ РАВЕНКИ

Знаеш дека за претставување на хемиските реакции се користат хемиски равенки. Така, на пример, доколку сакаме да ја претставиме реакцијата на јаглерод и кислород при која се образува јаглерод диоксид, ќе ја запишеме следната хемиска равенка:



Ваквата хемиска равенка се нарекува **обична или стехиометриска равенка** или, едноставно, хемиска равенка. Од обичните (стехиометриските) хемиски равенки може да се согледа кои се учесниците во реакцијата (реактанти и продукти) и во каков меѓусебен стехиометриски однос се тие. Од примерот може да се заклучи дека јаглерод и кислород се реактанти, а јаглерод диоксид е продукт на реакцијата. Со оглед на тоа што стехиометриските коефициенти на сите учесници се единици, следува дека нивниот стехиометриски однос е 1:1:1, соодветно, кој е, всушност, еднаков со односот на нивните количества со кои учествуваат во реакцијата.

Од обичните хемиски равенки не може да согледаме дали станува збор за егзотермна или за ендотермна реакција, ниту, пак, може да го дознаеме топлинскиот ефект на реакцијата, т.е. вредноста на реакционата енталпија  $\Delta_r H$ . За таа цел се користат т.н. **термохемиски равенки**. Па така, за гореспоменатата реакција, термохемиската равенка е:

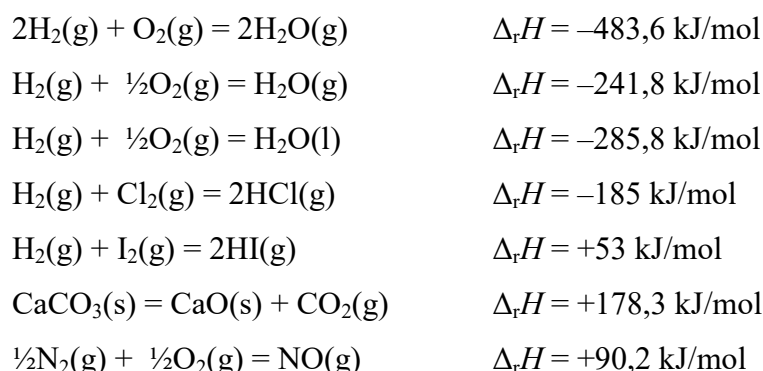


Како што може да се види, термохемиската равенка се состои од еден дел што е сличен на обичната (стехиометриската) равенка со кој е претставена промената на хемискиот состав на реакциониот систем. Тој дел се нарекува **стехиометриски дел** на термохемиската равенка. Исто така, во него се дадени и агрегатните состојби на учесниците во реакцијата. Имено, покрај симболот/формулата на супстанцата, во заграда се додава s, l или g, а со тоа се означува агрегатната состојба, т.е. цврста, течна или гасовита соодветно. Доколку супстанцата се наоѓа во воден раствор, се употребува ознаката aq. Другиот дел од термохемиската равенка го претставува топлинскиот ефект на реакцијата, односно вредноста на реакционата енталпија,  $\Delta_r H$ . Овој дел се нарекува **величински дел** на термохемиската равенка и тој се запишува во продолжение по стехиометрскиот дел. Од величинскиот дел на термохемиската равенка на реакцијата на јаглерод и кислород може да заклучиме дека станува збор за егзотермна реакција, бидејќи вредноста на реакционата енталпија има негативен предзнак, т.е.  $\Delta_r H = -393,5 \text{ kJ/mol}$ . Имено, може да согледаме дека при промена на досегот на реакцијата од 1 mol се ослободуваат 393,5 kJ енергија во вид на топлина.

Да резимираме,

*Термохемиската равенка се состои од стехиометриски дел и величински дел. Со стехиометрскиот дел е претставена промената на хемискиот состав на реакциониот систем, а со величинскиот дел е претставен топлинскиот ефект на хемиската реакција.*

За многу хемиски реакции, топлинскиот ефект може да се определи експериментално. Ќе наведеме неколку примери на термохемиски равенки за одредени хемиски реакции:



Од примерите може да се види дека со првите четири термохемиски равенки се претставени егзотермни реакции. Тоа се заклучува врз основа на негативната вредност на реакционата енталпија. Во преостанатите три термохемиски равенки, вредноста на реакционата енталпија има позитивен предзнак, што значи дека со нив се претставени ендотермни хемиски реакции.

Во термохемиските равенки може да се користат и стехиометриски коефициенти што не се цели броеви. Вака се постапува со цел стехиометрискиот коефициент пред продуктот да биде еднаков на единица. Но, нема да навлегуваме во објаснување за што се ползува ова понатаму.

### ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ:

- Опредиeli каков вид хемиска реакција е претставена со секоја од следните равенки:
  - $\text{H}_2 + \text{I}_2 = 2\text{HI}$
  - $2\text{Al} + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2$
  - $2\text{KClO}_3 = 2\text{KCl} + 3\text{O}_2$
  - $\text{CuCl}_2 + 2\text{NaOH} = 2\text{NaCl} + \text{Cu}(\text{OH})_2$
  - $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2$
  - $\text{Ca} + \text{NiCl}_2 = \text{CaCl}_2 + \text{Ni}$
  - $2\text{AgBr} = 2\text{Ag} + \text{Br}_2$
  - $\text{F}_2 + 2\text{KCl} = 2\text{KF} + \text{Cl}_2$
  - $\text{N}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_2$
  - $2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{HCl}$
  - $2\text{Cu} + \text{O}_2 = 2\text{CuO}$

2. Напиши ја и израмни ја хемиската равенка на реакцијата на дадените реактанти. Определи каков вид хемиска реакција е претставена со секоја од равенките.
- сулфур и кислород
  - пиролиза на жива(II) оксид
  - алуминиум и хлороводородна киселина
  - железо(III) сулфат и натриум хидроксид
  - магнезиум и бакар(II) сулфат
  - натриум карбонат и хлороводородна киселина
  - калциум оксид и вода
  - натриум хидроксид и сулфурна киселина
  - дiazot пентаоксид и вода
  - бариум нитрат и бакар(II) сулфат
  - амонијак и хлороводород
3. Напиши ја и израмни ја хемиската равенка на реакцијата на дадените реактанти. Кои од реакциите сметаш дека се неповратни, а кои се повратни? Објасни зошто мислиш така.
- горење метан
  - водород и пари од јод
  - калциум оксид и вода
  - бариум хлорид и магнезиум сулфат
  - натриум и цинк хлорид
  - калиум карбонат и хлороводородна киселина
4. Графички (како на слика 3.6.) претстави ја промената на енталпијата за следниве реакции:
- добивање вода од водород и кислород
  - разложување жива(II) оксид
  - разложување магнезиум карбонат
  - горење јаглерод
  - неутрализација на сулфурна киселина и калциум хидроксид
5. Хемиската реакција на горење на водородот и нејзиниот топлински ефект е претставена со две различни термохемиски равенки:



Спореди го стехиометрискиот дел на едната равенка со стехиометрискиот дел на другата равенка. Направи споредба и на нивните величински делови. Што забележуваш? Извлечи заклучок!

6. Направи споредба на следните термохемиски равенки:



Што забележуваш? Објасни и извлечи заклучок!

### ИСТРАЖУВАЈ!

Изведи ги експериментите дадени подолу.

Врз основа на она што се случува во реакциониот систем, определи за каков вид реакција станува збор (соединување, разложување, замена или двојна замена).

- ♦ Една стаклена прачка потопи ја во концентрирана хлороводородна киселина, а друга во концентриран амониум хидроксид. Внимателно доближи ги краевите на стаклените прачки што претходно ги натопи во соодветните раствори и внимателно следи што се случува. Објасни и извлечи заклучок! Напиши ја равенката на реакцијата. За каков вид реакција станува збор?
- ♦ Во епрувета стави кристали од калиум перманганат,  $\text{KMnO}_4$ . Со помош на дрвена штипка внеси ја епруветата во пламен од шпиритусна ламба и внимателно загревај ја. По извесно време, кон отворот на епруветата приближи дрвце што тлее. Што забележуваш? Извлечи заклучок. Напиши ја равенката на реакцијата (побарај помош од наставникот за продуктите што се добиваат при оваа реакција). За каков вид реакција станува збор?
- ♦ Во епрувета стави неколку  $\text{cm}^3$  хлороводородна киселина и додај зрнце цинк. Што забележуваш? Напиши ја равенката на реакцијата. Извлечи заклучок. За каков вид реакција станува збор?
- ♦ Во епрувета стави неколку  $\text{cm}^3$  воден раствор од бакар(II) сулфат и потоа кон него внимателно со капалка додавај воден раствор од натриум хидроксид. Што забележуваш? Напиши ја равенката на реакцијата. Извлечи заклучок. За каков вид реакција станува збор?

## РЕЗИМЕ

- Процесите при кои доаѓа до изменување на составот на супстанциите, односно при кои едни супстанции се претвораат во други се нарекуваат **хемиски процеси**, т.е. **хемиски реакции**.
- Учесници во хемиската реакција се реактантите и продуктите. При течењето на хемиската реакција, **количеството на реактантите се намалува, а количеството на продуктите се зголемува**.
- Хемиските реакции при кои од две или повеќе поедноставни супстанции се добива посложена супстанца се нарекуваат **реакции на соединување**.

- **Реакции на разложување** се оние кај кои од една супстанца се добиваат две или повеќе други супстанции со поедноставен состав.
- Реакциите во кои атомите од една супстанца доаѓаат на местото на атомите/јоните што се составен дел на честичките од друга супстанца се нарекуваат **реакции на замена**.
- Реакциите кај кои доаѓа до меѓусебна размена на атоми или атомски групи помеѓу честичките на реактантите се нарекуваат **реакции на двојна измена**.
- **Неповратни реакции** се оние реакции што течат само во една насока, имено, од реактанти кон продукти. Кога ќе заврши реакцијата, во реакциониот систем не може да се детектира присуство на најмалку еден од реактантите.
- **Повратните реакции** се оние реакции кај кои на крајот на реакцијата присутни се мерливи количества од сите реактанти и сите продукти.
- **Внатрешната енергија** на еден систем е збир од кинетичката и потенцијалната енергија на сите честички од кои се состои системот. Внатрешната енергија се бележи со  $U$ , а нејзина единица е џул (J), односно илјада пати поголемата, килоџул (kJ).
- Процесите при кои се ослободува топлина од системот кон околината се нарекуваат **егзотермни процеси**, а процесите при кои се доведува енергија од околината кон системот се нарекуваат **ендотермни процеси**.
- **Енталпијата** на еден систем претставува збир на внатрешната енергија на системот и производот на волуменот на системот и притисокот што владее во него. Енталпијата се бележи со  $H$ , а нејзина единица е џул (J), односно илјада пати поголемата, килоџул (kJ).
- Разменетата топлина меѓу системот и околината при константен притисок е еднакво на **промената на енталпијата на системот,  $\Delta H$** . Кај ендотермните процеси,  $\Delta H > 0$ , а кај егзотермните процеси,  $\Delta H < 0$ .
- Топлинскиот ефект на физичкиот процес се изразува преку **промената на моларната енталпија** на системот,  $\Delta H_m$ . Промената на моларната енталпија на системот претставува однос меѓу промената на енталпијата на системот и количеството супстанца во системот. Единица за промена на моларна енталпија е J/mol, односно kJ/mol. При ендотермните физички процеси,  $\Delta H_m > 0$ , а при егзотермните,  $\Delta H_m < 0$ .
- Топлинскиот ефект на хемиската реакција се изразува преку **реакциона енталпија,  $\Delta_r H$** . Реакционата енталпија претставува однос меѓу промената на енталпијата на системот и промената на досегот на реакцијата. Единица за реакциона енталпија е J/mol, односно kJ/mol. При ендотермните хемиски реакции,  $\Delta_r H > 0$ , а при егзотермните реакции,  $\Delta_r H < 0$ .
- **Термохемиската равенка** се состои од стехиометриски дел и величински дел. Со стехиометрискиот дел е претставена промената на хемискиот состав на реакциониот систем, а со величинскиот дел е претставен топлинскиот ефект на хемиската реакција.

## Модуларна единица 4

# ХЕМИСКА КИНЕТИКА

Со изучување на содржините од модуларната единица „Хемиска кинетика“ се очекува ученикот/ученичката да биде способен/а да:

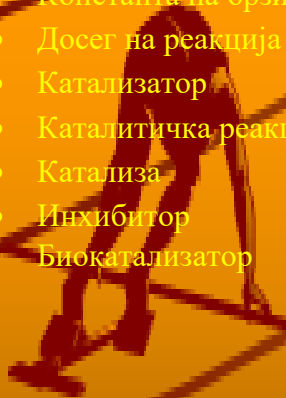
- ♦ дефинира брзина на хемиска реакција;
- ♦ ги познава факторите што влијаат врз брзината на хемиската реакција и го објаснува нивното влијание.

### Содржини:

- ♦ Брзина на хемиска реакција
- ♦ Фактори што влијаат врз брзината на хемиската реакција
- ♦ Катализа

### Поими:

- Брзина на хемиска реакција
- Константа на брзината на хемиската реакција
- Досег на реакција
- Катализатор
- Каталитичка реакција
- Катализа
- Инхибитор
- Биокатализатор



## БРЗИНА НА ХЕМИСКА РЕАКЦИЈА

Како што кажавме и претходно, при хемиските реакции, едни супстанции се претвораат во други. Во одредени случаи, претворањето на супстанциите едни во други трае кратко време, а во други случаи трае подолго време. Со други зборови кажано, некои од хемиските реакции се одвиваат брзо, а други бавно. Имено, времетраењето на одредени реакции е дел од секунда, други траат неколку секунди, минути, часови, денови, години, па и векови. Тоа значи дека брзината со која тие се случуваат е различна. Така, на пример, експлозијата на динамитот, горењето на пропанот, реакциите на образување талози, реакциите на некои метали со киселините итн. се реакции што течат релативно брзо. Готвењето јадење некогаш е брзо, а некогаш трае подолго, слично како и расипувањето на храната. Но, корозијата на металите, разградувањето на спомениците под дејство на киселите дождови, хемиската ерозија на карпите во природата итн. се примери за реакции што се одвиваат бавно.



Слика 4.1. Примери за реакции што се одвиваат со различна брзина.

Голем број хемиски реакции што се одвиваат во секојдневниот живот, како и во индустријата, честопати сакаме да се одвиваат побрзо. Понекогаш, пак, сакаме некои од хемиските процеси да течат побавно. Затоа, познавањето на брзината на хемиските реакции, но и факторите од кои зависи и со кои може да влијаеме врз неа се од голема важност за хемијата. Поради тоа, постои и посебен дел од хемијата што се нарекува **хемиска кинетика**.

Со цел подобро да ја објасниме т.н. кинетика на хемиските реакции, прво ќе се запознаеме со поимот **брзина на хемиската реакција**. Поимот брзина се употребува во секојдневниот живот, а со него си се запознал и при изучувањето на физиката. Во физиката, просечната брзина со која се движи некое тело се дефинира како однос меѓу изминатиот пат и времето што е потребно за да се измине тој пат. Всушност, и брзината на хемиската реакција се дефинира слично како и брзината дефинирана во



физиката, односно како однос меѓу патот што го изминала хемиската реакција и времето што е потребно да се случи хемиската реакција. Да се потсетиме дека претходно дефиниравме физичка величина што покажува до каде стигнала хемиската реакција. Тоа е **досегот на хемиската реакција**. Според тоа, **брзината на хемиската реакција** претставува однос меѓу промената на досегот на реакцијата и времето што е потребно да измине за да дојде до таа промена на досегот на реакцијата:

$$J = \frac{\Delta \xi}{\Delta t}$$

Така,  $J$  е брзината на хемиската реакција,  $\Delta \xi$  е промената на досегот на реакцијата, т.е. досегот на реакцијата, а  $\Delta t$  е временскиот интервал, т.е. времето. Со оглед на тоа што единица за досег на реакција е mol, а единица за време е секунда (s), единица за брзина на хемиска реакција е mol/s. Значи,

*Брзината на хемиската реакција претставува однос меѓу промената на досегот на реакцијата и времето што е потребно да измине за да дојде до таа промена на досегот на реакцијата.*

На пример, за реакцијата, претставена со општи ознаки,  $A \rightarrow B$ , на почетокот на сме имале 5 mol од супстанцата A и 0 mol од супстанцата B. По 10 секунди од се образувале 3 mol од продуктот B. Според тоа, промената на досегот на продуктот изнесува 3 mol, а брзината на хемиската реакција:

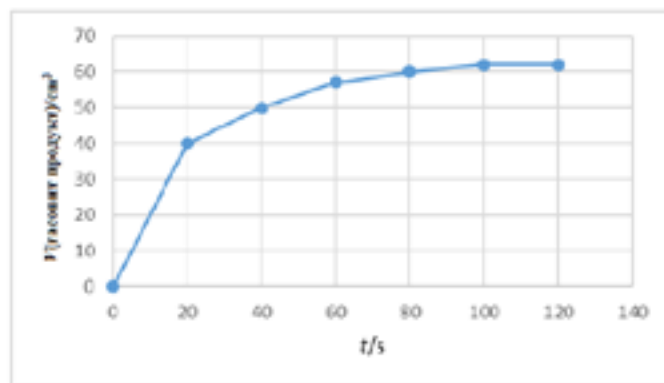
$$J = \frac{3 \text{ mol}}{10 \text{ s}} = 0,3 \text{ mol/s}$$

За да се определи брзината на реакцијата, во лабораториската практика, може да се применат различни постапки. Тоа зависи од природата на реактантите и продуктите, агрегатната состојба, како и од типот на реакцијата. Најдобро е директно да се мери промената на некоја величина поврзана со количеството супстанца на некој од реактантите или продуктите, без да се влијае врз текот на реакцијата. Ова е можно само за некои реакции, на пример, такви кај кои еден од продуктите е гас, потоа реакции со промена на рН на средината, реакции при кои се добива обоено соединение, итн.



Слика 4.2. Мерење на волуменот на издвоениот гасовит продукт со текот на времето.

Експерименталното определување на брзината на хемиската реакција ќе го прикажеме во примерот на реакција кај која еден од продуктите е гас. Волуменот на гасот што се издвојува во текот на реакцијата се отчитува во определени временски интервали. Од добиените резултати може да се нацрта график што го прикажува издвоениот волумен гасовит продукт со текот на времето, при што вредностите за волуменот се нанесуваат на ординатната оска, а оние за времето на апсцисната оска. На пример:



Слика 4.3. Промена на волуменот на гасовит продукт со текот на времето на течење на хемиската реакција.

Од графикот може да се заклучи дека со текот на времето, од почетокот, па сè до моментот кога реакцијата се приближува кон нејзиното завршување, брзината на реакцијата се менува. Имено, на почетокот, за одреден временски интервал се добива поголем волумен гасовит продукт (во тој дел, кривата е најкоса, т.е. најстрмна), потоа за следен ист толкав временски интервал, новообразуваниот волумен од гасот е помал итн. На крајот, кога реакцијата завршува повеќе не се образуваат нови количини од продуктот. Со други зборови, на почетокот реакцијата е најбрза, потоа тече побавно со цел на крајот брзината повеќе да не се менува. Причините за ова ќе ги објасниме понатаму кога ќе зборуваме за факторите што влијаат врз брзината на хемиската реакција.

Според тоа, може да кажеме дека:

*На почетокот реакцијата е најбрза, потоа тече побавно со цел на крајот брзината повеќе да не се менува.*

Брзината на хемиската реакција се карактеризира со т.н. **константа на брзината на реакцијата,  $k$** . Константата на брзината на реакцијата зависи од температурата, па со самото тоа и брзината на реакцијата зависи од температурата. За ова ќе зборуваме подетално понатаму.

## ФАКТОРИ ШТО ВЛИЈААТ ВРЗ БРЗИНАТА НА ХЕМИСКАТА РЕАКЦИЈА

Брзината на хемиската реакција зависи од одредени фактори. Некои од факторите што влијаат врз брзината на хемиската реакција се:

- ♦ природата на реактантите;
- ♦ агрегатната (физичката) состојба на реактантите;
- ♦ концентрацијата на учесниците во реакцијата;
- ♦ допирната површина на цврстите реактанти;
- ♦ температурата;
- ♦ присуството на катализатор.

За секој од овие фактори ќе зборуваме посебно.

### ***Влијание на природата на реактантите***

Брзината на реакцијата зависи од природата на реактантите. Имено, некои супстанции се пореактивни, а некои помалку реактивни. На пример, голем број метали реагираат со хлороводородна киселина, при што се ослободува водород. Реакцијата со хлороводородна киселина и различни метали тече со различна брзина дури и кога сите услови (температура, почетни концентрации, количество, форма на парчето метал) се исти. Тоа може да се докаже со следниот експеримент:



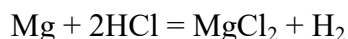
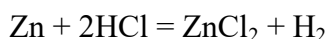
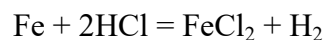
### **Експеримент**

#### **Влијание на природата на супстанциите врз брзината на хемиската реакција**

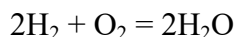
**Потребен прибор и супстанции:** Сталка со три епрувети, пипета или капалка, лабораториска лажичка, пинцета, разредена хлороводородна киселина, парчиња железо, цинк и магнезиум, дрвце, запалка, заштитни очила и ракавици.

**Постапка:** Во три епрувети се става еднаков волумен од разредена хлороводородна киселина. Во првата епрувета се додава половина лажичка железо во прав, во втората исто толкаво количество цинк во прав, а во третата магнезиум во прав. Следи ги промените што настануваат. Во кој случај реакцијата е најбурна, т.е. најбрза? Напиши ги равенките на хемиските реакции што се случуваат. Извлечи заклучок. Онаму каде што реакцијата е најбурна, на отворот од епруветата, приближи запалено дрвце. Што се случува притоа? Напиши ја хемиската равенка на реакцијата.

Од експериментот може да се заклучи дека железото реагира бавно со хлороводородната киселина, додека, пак, реакцијата на хлороводородната киселина со цинкот е побрза, а онаа со магнезиумот е најбрза. Во сите случаи, при реакцијата на металот и киселината се образува соодветна сол и се ослободуваат меурчиња од водород:



Ова може да се констатира доколку се запали водородот што се ослободува при реакцијата на магнезиум и хлороводородна киселина. Притоа се слуша мал пукот. Со горење на водородот се образува вода во вид на водна пара:



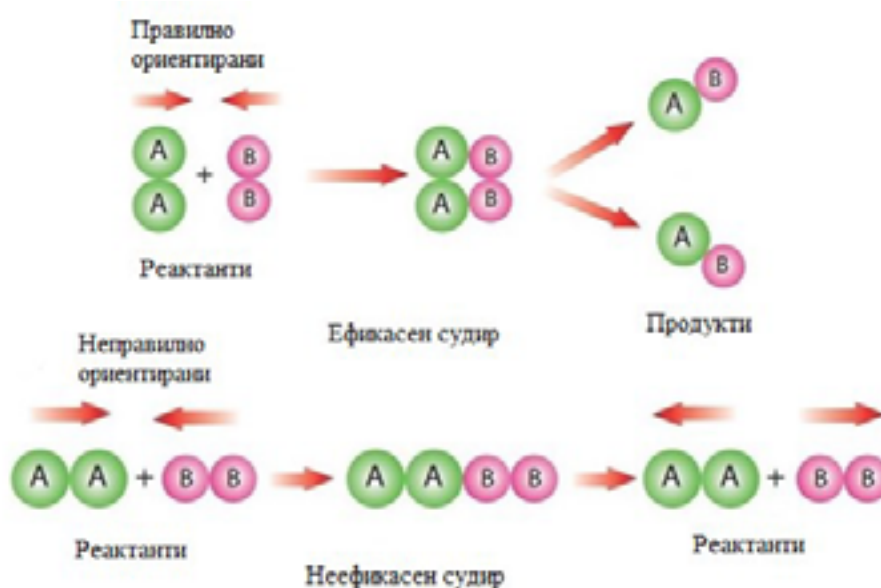
### **Влијание на агрегатната (физичката) состојба на реактантите**

Со цел реактантите да изреагираат меѓу себе, тие треба да дојдат во близок контакт. Тоа полесно се случува кога реактантите образуваат хомогена фаза, на пример, кога сите се во гасовита агрегатна состојба, во течна состојба или во раствор. Така, реакциите во кои учествуваат јони во воден раствор се одвиваат речиси моментално.

### **Влијание на концентрацијата на реактантите**

Брзината на определена хемиска реакција не е константна во текот на целата реакција. Како што ќе покажеме, таа се менува поради промената на концентрацијата на реактантите.

Кажавме дека кога се случува хемиска реакција, едни супстанции се претвораат во други. Притоа, честичките од реактантите се претвораат во честички на продуктите. За да дојде до интеракција меѓу честичките, т.е. за да може едни врски да се раскинат, а други да се образуваат, тие мора да се најдат блиску едни до други или, како што се вели, честичките треба да се судрат меѓу себе. Но, секој судир на честичките не резултира со нивна трансформација. Доколку честичките што се судираат поседуваат доволно енергија и доколку при судирот меѓу себе се соодветно ориентирани, судирот ќе резултира со нивна трансформација или, како што се вели, тој ќе биде **ефикасен судир**. Судирите при кои не се случува трансформација се нарекуваат **неефикасни судири**. На следната слика шематски се претставени ефикасен и неефикасен судир:



Слика 4.4. Пример за ефикасен и неефикасен судир.

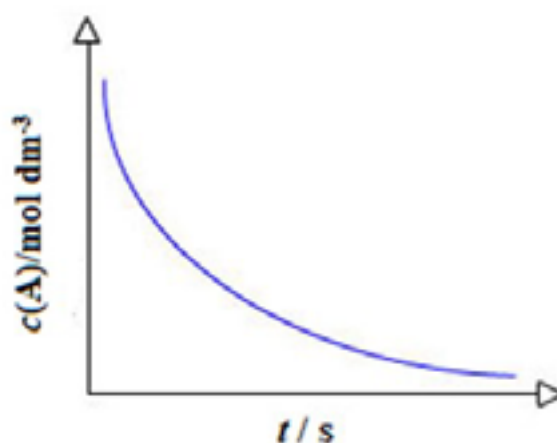
Поголем број честички во определен волумен значи помало растојание меѓу честичките, што, пак, од своја страна, ќе придонесе за поголем број меѓусебни судири, а со тоа и за поголема веројатност за повеќе ефикасни судири. Поголемиот број ефикасни судири во единица време ќе резултира со зголемување на брзината на реакцијата.



Слика 4.5. Реакциони системи со различни концентрации на реактантите.

***Според тоа, колку е поголема концентрацијата на реактантите, толку е поголема брзината на реакцијата.***

Бидејќи со текот на времето концентрацијата на реактантите се намалува, брзината на хемиската реакција ќе биде најголема на почетокот, а потоа таа ќе тече сè побавно и побавно (слика 4.6.).



Слика 4.6. Со намалување на концентрацијата на реактантот А се намалува брзината на хемиската реакција.

### ***Влијание на допирната површина на цврстите реактанти***

Влијанието на допирната површина на цврстите реактанти врз брзината на хемиската реакција може да се согледа од следниот експеримент:



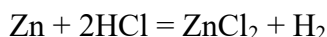
## Експеримент

### Влијание на допирната површина на цврстите реактанти врз брзината на хемиската реакција

**Потребен прибор и супстанции:** Сталка со две епрувети, пипета или капалка, лабораториска лажичка, вага, разредена хлороводородна киселина, цинк во зрна, цинк во прав, заштитни очила и ракавици.

**Постапка:** Во две епрувети се става еднаков волумен од разредена хлороводородна киселина. Во едната епрувета се додаваат неколку зрнца цинк со точно определена маса. Во другата епрувета се додава цинк во прав со еднаква маса како и цинкот во зрна. Следи ги промените што настануваат. Во кој случај е побрза реакцијата? Објасни зошто. Напиши ја равенката на хемиската реакција што се случува и во двете епрувети. Извлечи заклучок.

И во двата случаи се образува цинк хлорид и се ослободува гасовит водород. Хемиската равенка на реакцијата е:



Но, од експериментот може да се заклучи дека цинкот во прав побурно реагира со хлороводородната киселина отколку цинкот во зрна. Имено, допирната површина на цинкот во прав е многу поголема отколку онаа на зрната цинк бидејќи е многу поситен. Тоа значи дека во единица време повеќе атоми на цинк ќе се судираат со молекулите на хлороводородната киселина, т.е. бројот на судири ќе биде поголем, а со тоа и веројатноста за поголем број ефикасни судири. Поголемиот број ефикасни судири ќе придонесе реакцијата да биде побрза. Според тоа,

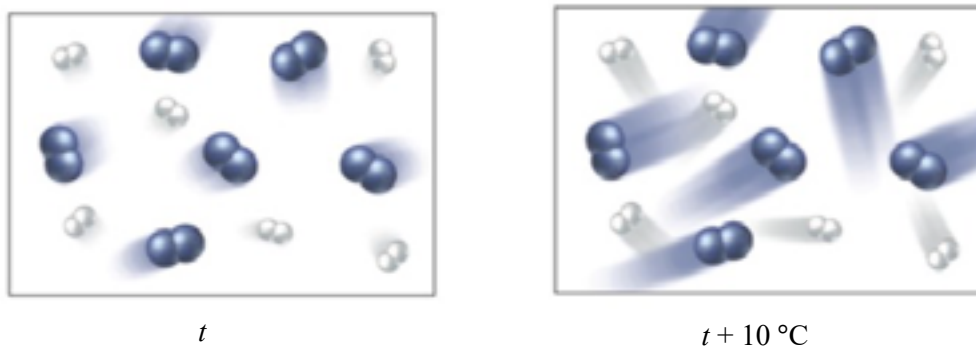
**Зголемувањето на допирната површина на цврстите реактанти ја зголемува брзината на хемиската реакција.**

### Влијание на температурата

Од секојдневниот живот знаеш дека кога се готви јадење, прехранбените продукти се загреваат, а кога треба да се сочуваат подолго време, се ладат или се замрзнуваат во фрижидер. Вака се постапува бидејќи храната бргу се расипува доколку се остави на собна температура, но доколку е изладена, може да остане подолго време погодна за употреба. Имено, и при готвењето и при расипувањето на храната доаѓа до хемиска реакција. Факторот што има влијание врз брзината на овие реакции е температурата. Имено, покачувањето на температурата ги забрзува реакциите, а нејзиното снижување ја намалува брзината на овие реакции.

Да ги објасниме причините. При покачување на температурата, честичките на реактантите добиваат поголема енергија и побрзо се движат. Поради тоа, тие почесто се судираат меѓу себе, а освен тоа, на повисока температура се судираат со поголема енергија. Па така, и бројот на ефикасни судири станува поголем. Поголемиот број ефикасни судири резултира со зголемување на брзината на реакцијата. Може да кажеме дека:

*Кај најголем број хемиски реакции, со покачување на температурата, брзината на реакцијата се зголемува.*



Слика 4.8. Реакциони системи на различни температури.

Низ експерименталната практика е докажано дека кај голем број реакции, со покачување на температурата за  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , брзината на реакцијата се зголемува од двапати до четирипати.



# КАТАЛИЗА

За катализа и катализатори си учел/-а уште во основното образование. Имено, некои хемиски реакции се случуваат побрзо доколку во реакциониот систем се присутни одредени супстанции што се нарекуваат **катализатори**. Реакциите што се одвиваат во присуство на катализатор се нарекуваат **каталитички реакции**, а појавата се нарекува **катализа**. Според тоа,

*Катализатори се супстанции што забрзуваат одредени хемиски реакции, а на крајот од реакцијата остануваат хемиски и количински неизменети.*

Тоа значи дека по завршувањето на хемиската реакција, катализаторот ќе остане со ист хемиски состав како на почетокот, а и неговото количество нема да се промени.

Многу е важно да се има предвид фактот дека катализаторите не предизвикуваат течење на хемиската реакција што е невозможна. Тие може само да ги забрзаат хемиските реакции што се случуваат бавно без нивно присуство.

Во следниот експеримент ќе го покажеме влијанието на катализаторот врз брзината на реакцијата.



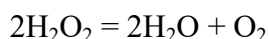
## Експеримент

### Влијание на катализаторот врз брзината на хемиската реакција

**Потребен прибор и супстанции:** Сталка со две епрувети, пипета или капалка, лабораториска лажичка, раствор од водород пероксид, манган(IV) оксид, дрвце, запалка, заштитни очила и ракавици.

**Постапка:** Во две епрувети се става еднаков волумен од раствор на водород пероксид,  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Во едната епрувета се додава малку манган(IV) оксид,  $\text{MnO}_2$ . Набљудувај што се случува во двете епрувети. Кон отворот на епруветата во која нема манган(IV) оксид приближи дрвце што тлее. Истото направи го и со другата епрувета. Што забележуваш? Постои ли разлика? Објасни ги причините за тоа. Кој гас се ослободува? Напиши ја равенката на хемиската реакција што се случува и во двете епрувети (катализаторот не запишувај го во равенката). Спореди ги брзините на двете реакции и извлечи заклучок за дејството на манган(IV) оксидот.

Равенката на реакцијата што се случува и во двете епрувети е следнава:



Разликата е во тоа што едната реакција се одвива бавно, а другата, каде што е присутен манган(IV) оксид, се одвива брзо. Значи, може да заклучиш дека манган(IV) оксидот има улога на катализатор што ја забрзува реакцијата на разложување водород пероксид до вода и кислород. Затоа, дрвцето што тлее многу лесно и брзо се разгорува (кислородот е гас што го поддржува горењето) штом се приближи до

отворот на епруветата во која се случува катализираната реакција. Во таа епрувета се ослободува поголема количина кислород во единица време бидејќи реакцијата е забрзана.

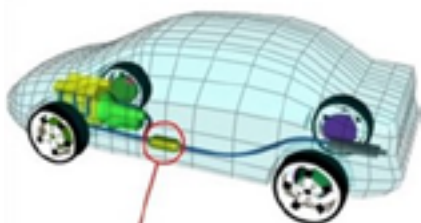
Катализаторите ги забрзуваат хемиските реакции така што го намалуваат минималното количество енергија што треба да го достигнат честичките на реактантите за да стапат во реакција. Тие се земаат во мали количества во однос на количествата на реактантите што учествуваат во реакцијата. Исто така, некои катализатори се одликуваат со т.н. специфичност. Тоа значи дека секој катализатор не може да ја катализира секоја хемиска реакција. Постојат катализатори што катализираат голем број реакции на различни реактанти, но има и катализатори што се целосно специфични, т.е. катализаторот може да катализира само една определена реакција на само едни реактанти (такви се, на пример, ензимите за кои ќе зборуваме подолу).

Важно е да кажеме и дека, во некои случаи, катализаторот е во иста агрегатна состојба со реактантите, односно заедно образуваат хомоген систем. Но, во некои случаи, катализаторот е во цврста агрегатна состојба, а реактантите се во раствор, во гасовита или во течна агрегатна состојба. Во ваквите случаи, катализаторот и реактантите образуваат хетероген систем. Бидејќи ефикасноста на цврстите катализатори се зголемува со зголемувањето на нивната допирна површина, тие се ситнат во прав или се нанесуваат на т.н. носачи, а доколку станува збор за метален катализатор, тој се изработува во вид на мрежа.

Постојат и супстанции што дејствуваат спротивно од катализаторите. Тие се нарекуваат **инхибитори**. Инхибиторите ги успоруваат хемиските реакции.

## ДОЗНАЈ ПОВЕЌЕ: Каталитички конвертори

Катализаторите имаат широка примена во лабораториската практика и особено во индустријата. Голем број индустриски процеси се каталитички. Ова е особено значајно од економска гледна точка. Голема важност имаат т.н. каталитички конвертори што се составен дел на издувниот систем кај моторните возила. Имено, каталитичките конвертори во издувниот систем на моторните возила ја зголемуваат брзината на реакцијата, при што опасните издувни гасови ги претвораат во гасови што се помалку штетни за луѓето и за околината. Така, отровниот јаглерод монооксид го претвораат во помалку штетен јаглерод диоксид, а оксидите на азот (азот монооксид и азот диоксид) во елементарен азот.



Каталитички конвертор



Пресек на каталитички конвертор

Многу од хемиските процеси што се случуваат во живите организми се каталитички. Супстанците што ги забрзуваат хемиските процеси во живите организми се нарекуваат **ензими** или **биокатализатори**. Ензимите имаат протеинска природа. За некои од нив си учел/-а по предметот биологија, како што се, на пример, амилаза или птијалин, пепсин, трипсин и други. Ензимите го пројавуваат своето каталитичко дејство при мали количества во однос на супстанците што учествуваат во катализираната реакција. Притоа, реакциите ги забрзуваат и по стотици илјади пати, а и повеќе. Ензимите се одликуваат со голема специфичност. Имено, одреден ензим катализира само одредена реакција во живиот организам или, пак, катализира само трансформација на еден конкретен реактант. За составот, дејството и за улогата на ензимите повеќе ќе учиш при изучувањето на хемијата во следните години од твоето образование.

## ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Во табелата се дадени податоци за времето и за волуменот на водород што се образува при реакција на некој метал со киселина.

| $t/s$ | $V(H_2)/cm^3$ |
|-------|---------------|
| 0     | 0             |
| 20    | 40            |
| 40    | 55            |
| 60    | 60            |
| 80    | 62            |
| 100   | 62            |

Нацртај график според податоците дадени во табелата, при што времето ќе го нанесеш на апсцисната оска, а волуменот на ординатната оска.

2. Определи го делот на кривата од претходната задача каде што реакцијата е најбрза. Во која секунда завршила реакцијата?
3. Во три лабораториски чаши, означени со 1, 2 и 3, соодветно, се ставаат по  $50\text{ cm}^3$  концентрирана азотна киселина од ист примерок. Потоа:
  - ♦ во чашата бр. 1 се ставаат 2 g бакар во зрна;
  - ♦ во чашата бр. 2 се ставаат 2 g струганици од бакар;
  - ♦ во чашата бр. 3 се ставаат 2 g бакар во прав.

Во кој од наведените случаи времето што е потребно за да заврши реакцијата е најкратко? Објасни зошто!

5. Скицирај криви со кои ќе ги претставиш брзините на одредена хемиска реакција (при која се ослободува гас) на две различни температури (пониска и повисока). На координатниот систем на кој ќе ги скицираш кривите, времето нанеси го на апсцисната оска, а волуменот на гасот на ординатната оска.

5. За некоја хемиска реакција експериментално е определено дека со покачување на температурата за  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , брзината ѝ се зголемува двапати. Доколку температурата се покачи од  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  на  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , за колку пати ќе се зголеми нејзината брзина?
6. Брзината на некоја хемиска реакција се зголемува трипати доколку температурата се покачи за  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Колку пати брзината на реакцијата на температура од  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  ќе биде поголема од брзината на истата реакција на температура од  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?
7. Каталитичките конвертори се перфорирани, т.е. имаат многу отвори. Најди слики на интернет, разгледај ги, а потоа размисли и објасни зошто се изработени така.

### ИСТРАЖУВАЈ!

Во пет различни епрувети со поголем волумен стави  $20\text{ cm}^3$  хлороводородна киселина со соодветна концентрација:  $0,1\text{ mol/dm}^3$ ;  $0,5\text{ mol/dm}^3$ ;  $1,0\text{ mol/dm}^3$ ;  $1,5\text{ mol/dm}^3$  и  $2,0\text{ mol/dm}^3$ . Во секоја од епруветите додај парче магнезиумова лента со должина 2 cm. За секоја реакција одделно мери го времето од моментот на додавање на магнезиумовата лента до моментот кога таа целосно ќе изреагира со хлороводородната киселина. Евидентирај ги резултатите во табела. Потоа, претстави ги графички, при што на апсцисната оска ќе ја нанесеш концентрацијата на хлороводородната киселина, а на ординатната оска ќе го нанесеш времето. Дискутирај ги резултатите, објасни ги и извлечи заклучок за влијанието на зголемувањето на концентрацијата на реактантите врз брзината на хемиската реакција.

### РЕЗИМЕ

- **Брзината на хемиската реакција** претставува однос меѓу промената на досегот на реакцијата и времето што е потребно да измине за да дојде до таа промена на досегот на реакцијата.
- На почетокот реакцијата е најбрза, потоа тече побавно со цел на крајот брзината повеќе да не се менува.
- Брзината на хемиската реакција се карактеризира со т.н. **константа на брзината на реакцијата,  $k$** , која зависи од температурата.
- Колку е поголема концентрацијата на реактантите, толку е поголема брзината на реакцијата.
- Зголемувањето на допирната површина на цврстите реактанти ја зголемува брзината на хемиската реакција.
- Кај најголем број хемиски реакции, со покачување на температурата, брзината на реакцијата се зголемува.
- Кај голем број реакции, со покачување на температурата за  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , брзината на реакцијата се зголемува од двапати до четирипати.

- **Катализатори** се супстанции што забрзуваат одредени хемиски реакции, а на крајот од реакцијата остануваат хемиски и количински неизменети.
- Реакциите што се одвиваат во присуство на катализатор се нарекуваат **каталитички реакции**, а појавата се нарекува **катализа**.
- **Инхибиторите** се супстанции што ги успоруваат хемиските реакции.
- Супстанциите што ги забрзуваат хемиските процеси во живите организми се нарекуваат **ензими** или биокатализатори.

## Модуларна единица 5

# ХЕМИСКА РАМНОТЕЖА

Со изучување на содржините од модуларната единица „Хемиска рамнотежа“ се очекува ученикот/ученичката да биде способен/а да:

- ♦ дефинира хемиска рамнотежа кај повратни реакции;
- ♦ напише величинска равенка за константата на хемиска рамнотежа врз основа на израмнета хемиска равенка и да ја пресмета нејзината вредност преку познати рамнотежни концентрации;
- ♦ ги познава факторите кои влијаат врз константата на хемиска рамнотежа;
- ♦ го дефинира Принципот на Ле Шателје и Браун;
- ♦ предвиди поместување на хемиската рамнотежа доколку се промени некој од факторите од кои зависи константата на хемиска рамнотежа.

Содржини:

- ♦ Хемиска рамнотежа
- ♦ Константа на хемиската рамнотежа и фактори од кои зависи константата на хемиската рамнотежа
- ♦ Поместување на хемиската рамнотежа. Принцип на Ле Шателје и Браун.

Поими:

- Неповратни реакции
- Повратни реакции
- Хемиска рамнотежа
- Константа на хемиска рамнотежа
- Рамнотежни концентрации
- Поместување на хемиска рамнотежа

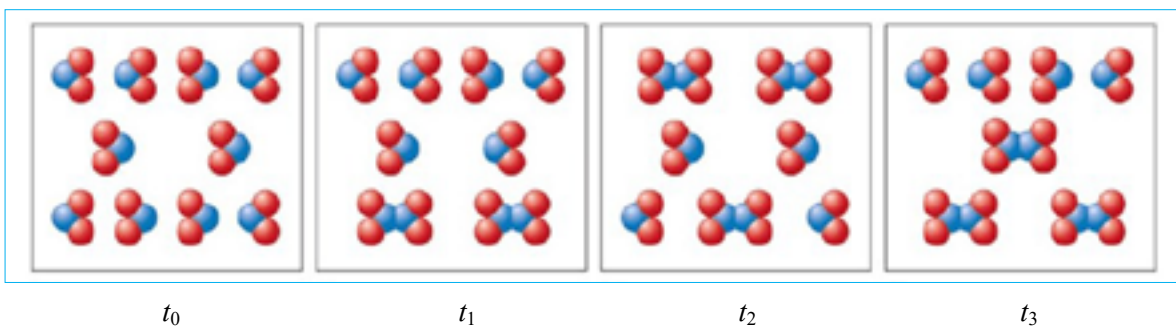
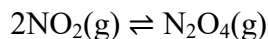


## ХЕМИСКА РАМНОТЕЖА

Кажавме дека при хемиските реакции доаѓа до промена на хемискиот состав на реакциониот систем. При течење на хемиската реакција, количеството на реактантите се намалува, а количеството на продуктите се зголемува. Всушност, промената на количеството на реактантите и продуктите претставува показател дека се случува хемиска реакција. Во еден момент, количествата на реактантите и продуктите повеќе не се менуваат и велиме дека тогаш се воспоставува состојба на т.н. **хемиска рамнотежа**.

Таков е случајот кога станува збор и за неповратни и за повратни хемиски реакции. Да се потсетиме, **неповратни реакции** се оние реакции што се одвиваат само во насока од реактанти кон продукти, сè додека во реакциониот систем не може да детектираме присуство на најмалку еден од реактантите. Тогаш настанува состојба на хемиска рамнотежа и количествата на учесниците во реакцијата повеќе не се менуваат. Реакциите, пак, кај кои освен што реактантите се претвораат во продукти (директна реакција) и продуктите се претвораат во реактанти (обратна реакција) се нарекуваат **повратни реакции**. Така, кога повратната реакција ќе дојде во состојба на хемиска рамнотежа, во реакциониот систем ќе бидат присутни мерливи количества од сите реактанти и сите продукти. Притоа, количествата на учесниците во реакцијата повеќе не се менуваат.

Ќе го илустрираме постигнувањето на состојбата на хемиска рамнотежа кај повратната реакција дадена со следнава равенка:



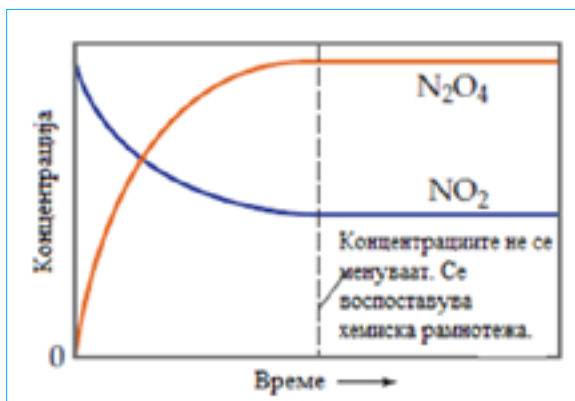
Слика 5.1. Промена на концентрациите на  $\text{NO}_2$  и  $\text{N}_2\text{O}_4$  со текот на времето.

Од сликата може да се констатира дека на почетокот на реакцијата (состојба  $t_0$ ) е присутен само реактантот азот диоксид. Со текот на времето (одејќи од  $t_0$  кон  $t_1$  итн.), како што реакцијата „напредува“, количеството на реактантот азот диоксид се намалува. Притоа се образува диазот тетраоксид чие количество, пак, се зголемува. Од моментот  $t_2$  и натаму, количествата на азот диоксид и диазот тетраоксид повеќе не се менуваат, т.е. остануваат исти, што значи дека настанала состојба на хемиска рамнотежа. Во состојбата на хемиска рамнотежа, во реакциониот систем се присутни мерливи количества и од реактантот азот диоксид и од продуктот диазот тетраоксид.



Значи:

*Хемиска рамнотежа се воспоставува кога количествата на сите учесници во реакцијата повеќе не се менуваат. Кај повратните реакции, при хемиската рамнотежа се присутни мерливи количества од сите реактанти и продукти.*



Слика 5.2. Состојба на хемиска рамнотежа.

Бидејќи при состојба на хемиска рамнотежа, количествата на реактантите и продуктите повеќе не се менуваат, гледано на макроскопско ниво, во реакциониот систем повеќе ништо не се случува. Меѓутоа, гледано на микроскопско (корпускуларно) ниво, и натаму честички од реактантите се претвораат во честички од продуктите и обратно, иако настанала хемиска рамнотежа. Но, претворањето на реактантите во продукти, и обратно, се одвива со иста брзина.

Значи, при хемиска рамнотежа, брзината на директната реакција е еднаква со брзината на обратната реакција. Затоа, гледано на макроскопско ниво, се чини како ништо повеќе да не се случува во реакциониот систем, но на корпускуларно ниво се случуваат промени. Бидејќи при состојба на хемиска рамнотежа сè уште се случуваат трансформации, при кои едни честички се претвораат во други и обратно, велиме дека **хемиската рамнотежа има динамички карактер.**



Слика 5.3. Хемиска рамнотежа се воспоставува кога брзината на директната и на обратната реакција ќе станат еднакви.

Да резимираме:

*Иако количествата на реактантите и продуктите при состојба на хемиска рамнотежа повеќе не се менуваат, гледано на микроскопско ниво и натаму честички од реактантите се претвораат во честички од продуктите и обратно, но притоа брзината на директната реакција е еднаква со брзината на обратната реакција.*

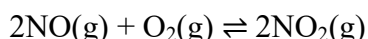
## КОНСТАНТА НА ХЕМИСКАТА РАМНОТЕЖА И ФАКТОРИ ОД КОИ ЗАВИСИ КОНСТАНТАТА НА ХЕМИСКАТА РАМНОТЕЖА

Кажавме дека кога во реакциониот систем количествата на реактантите и продуктите ќе престанат да се менуваат настанува состојба на хемиска рамнотежа. Во состојбата на хемиска рамнотежа, секој од учесниците има одредена концентрација што се нарекува **рамнотежна концентрација** на соодветниот реактант, односно продукт. Со помош на рамнотежните концентрации на учесниците на хемиската реакција, за состојбата на хемиската рамнотежа (при константни вредности за температурата) може да се дефинира т.н. **константа на хемиската рамнотежа,  $K_c$** .

Имено,

*константата на хемиската рамнотежа за одредена хемиска реакција претставува однос (количник) меѓу производот на рамнотежните концентрации на продуктите на реакцијата и производот на рамнотежните концентрации на реактантите. Притоа, секоја од рамнотежните концентрации се степенува на стехиометрискиот коефициент за соодветниот учесник согласно равенката на хемиската реакција.*

Да разгледаме конкретна хемиска реакција, на пример:



Во состојбата на хемиска рамнотежа во реакциониот систем, секој од учесниците ќе има определена концентрација, која, како што рековме, е т.н. рамнотежна концентрација, а константата на хемиската рамнотежа ќе биде:

$$K_c = \frac{[c_e(\text{NO}_2)]^2}{[c_e(\text{NO})]^2 \cdot c_e(\text{O}_2)}$$

Во овој израз, со  $K_c$  е означена константата на хемиска рамнотежа. Индексот „с“ означува дека константата е дефинирана преку рамнотежните концентрации на учесниците во реакцијата.

Учесниците во повратната реакција може да бидат сите во иста агрегатна состојба или сите да бидат во раствор. Меѓутоа, постојат и такви повратни реакции кај кои учесниците се во различна агрегатна состојба. Тогаш велиме дека реакциониот систем е хетероген и во него се воспоставува т.н. хетерогена рамнотежа. На пример, кога калциум карбонатот се загрева во затворен сад, се воспоставува следнава рамнотежа:



Во ваков случај, константата на рамнотежа зависи само од концентрацијата на гасовитата супстанца, бидејќи концентрациите на цврстите супстанции се смета дека се константни. Значи, за константата на рамнотежа за оваа реакција може да напишеме:

$$K_c = c(\text{CO}_2)$$

Вака се постапува и при сите други случаи, односно концентрациите на цврстите супстанции не се запишуваат во изразот за константата на хемиска рамнотежа, а не се запишуваат ни концентрациите на течните супстанции кога останатите учесници се гасови.

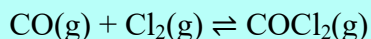
Да разгледаме некои важни карактеристики на константата на хемиска рамнотежа:

- ♦ Константата на хемиска рамнотежа се воспоставува кога ќе се изедначат брзината на директната и на обратната реакција. Бидејќи брзината на хемиската реакција зависи од температурата, сосема јасно следува дека и константата на рамнотежа зависи од температурата, односно  $K_c$  е константа за дадена температура, т.е. има определена вредност за определена температура.
- ♦ Концентрациите во изразот за константата на хемиска рамнотежа се рамнотежни концентрации на учесниците во реакцијата, т.е. концентрациите што ги постигнуваат учесниците во реакцијата во моментот на рамнотежа.
- ♦ Единицата во која се изразува константата  $K_c$  зависи од стехиометријата на реакцијата. Таа може да биде бездимензионална кога вкупното количество реактанти е еднакво на вкупното количество продукти (збирот на стехиометриските коефициенти пред реактантите е еднаков со збирот на стехиометриските коефициенти пред продуктите во равенката), може да има единици на концентрација подигнати на некој степен или реципрочна вредност од единицата за концентрација подигната на некој степен.
- ♦ Вредноста на константата на рамнотежа покажува во која насока повеќе тече реакцијата, т.е. дали во моментот на рамнотежа во реакциониот систем има повеќе реактанти или продукти. Ако вредноста на константата на рамнотежа е висока, тогаш во реакциониот систем се присутни повеќе продукти од реактанти, што значи дека во поголем степен протекувала директната реакција. Малата вредност, пак, покажува обратна ситуација, односно дека во реакциониот систем има повеќе реактанти од продукти, што значи дека во поголем степен протекувала обратната реакција.

Доколку ги знаеме вредностите за рамнотежните концентрации на учесниците во одредена хемиска реакција, може да ја пресметаме и вредноста за константата на хемиската рамнотежа за таа хемиска реакција.

Да разгледаме конкретен пример.

**Пример 5.1.** Карбонил хлорид ( $\text{COCl}_2$ ), наречен фозген, се користел како боен отров во Првата светска војна. Реакцијата на добивање фозген е претставена со следнава хемиска равенка:



Рамнотежните концентрации на јаглерод монооксид, хлор и фозген, на температура од  $74^\circ\text{C}$ , соодветно, изнесуваат:  $0,012 \text{ mol/dm}^3$ ;  $0,054 \text{ mol/dm}^3$  и  $0,14 \text{ mol/dm}^3$ . Пресметај ја константата на хемиска рамнотежа  $K_c$  за реакцијата претставена со равенката погоре.

**Решение:**

**Дадено е:**

$$c(\text{CO}) = 0,012 \text{ mol/dm}^3$$

$$c(\text{Cl}_2) = 0,054 \text{ mol/dm}^3$$

$$c(\text{COCl}_2) = 0,14 \text{ mol/dm}^3$$

**Се бара:**

$$K_c = ?$$

Согласно дадената хемиска равенка, ќе го напишеме изразот за константата на хемиската рамнотежа:

$$K_c = \frac{c(\text{COCl}_2)}{c(\text{CO}) \cdot c(\text{Cl}_2)}$$

Потоа, во изразот за  $K_c$  ќе ги замениме рамнотежните концентрации на учесниците со нивните соодветни бројни вредности и единици и ќе извршиме пресметување:

$$K_c = \frac{0,14 \text{ mol/dm}^3}{0,012 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,054 \text{ mol/dm}^3} = 216,05 \text{ dm}^3/\text{mol}$$

**Одговор:** Константата на хемиската рамнотежа на реакцијата за добивање фозген при  $74^\circ\text{C}$  изнесува  $216,05 \text{ dm}^3/\text{mol}$ . Високата вредност на рамнотежната константа покажува дека во реакционата смеса преовладува продуктот на реакцијата.

Константите на хемиската рамнотежа зависат од температурата. Па така, при промена на температурата, вредностите за константите на хемиската рамнотежа се изменуваат. За тоа, повеќе ќе зборуваме во следната содржина.

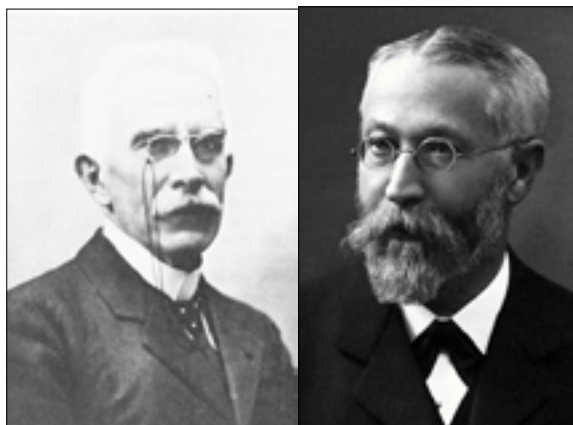
## ПОМЕСТУВАЊЕ НА ХЕМИСКАТА РАМНОТЕЖА ПРИНЦИП НА ЛЕ ШАТЕЛЈЕ И БРАУН

Кажавме дека при состојба на хемиска рамнотежа, количествата на учесниците во реакцијата повеќе не се менуваат и дека за оваа состојба е карактеристична т.н. константа на хемиската рамнотежа. Константата на хемиската рамнотежа, пак, како што кажавме, има постојана вредност само при определена температура.

Се поставува прашањето што ќе се случи со реакциониот систем, кој е во состојба на хемиска рамнотежа, доколку еднадвор се влијае со промена на концентрацијата на учесниците, промена на притисокот или со промена на температурата?

Одговорот на ова прашање се содржи во т.н. **Принцип на Ле Шателје и Браун**:

*Доколку врз систем што е во хемиска рамнотежа се примени надворешно дејство со кое се менуваат условите при кои реакциониот систем е во рамнотежа, во системот почнуваат да се одвиваат процеси што се спротивставуваат на таа промена, во насока што е спротивна на применетото дејство.*



Слика 5.4. Анри Луј Ле Шателје и Карл Фердинанд Браун

Да ги разгледаме одделно сите фактори што влијаат врз поместувањето на хемиската рамнотежа.

Прво ќе го разгледаме влијанието на промената на количеството, односно концентрацијата на учесниците врз состојбата на хемиската рамнотежа. Притоа, ќе сметаме дека температурата не се менува. Имено, **доколку концентрацијата на некој од реактантите се зголеми**, системот ќе тежнее да ја намали оваа концентрација така што реактантот ќе реагира и со тоа рамнотежата ќе ја поместува кон образување нови количества продукти, односно **ќе протече директната реакција**, или како што поинаку се вели, рамнотежата ќе се помести кон десно. Доколку, пак, **се зголеми концентрацијата на некој од продуктите**, тогаш **ќе протече обратната реакција**, односно продуктот ќе реагира и рамнотежата ќе се поместува кон образување реактанти (хемиската рамнотежа ќе се поместува кон лево).

Согласно Принципот на Ле Шателје и Браун, **обратната реакција ќе протече и ако концентрацијата на некој од реактантите се намали**, бидејќи системот ќе тежнее да ја зголеми концентрацијата на реактантот што била намалена. Кога, пак, **се намалува концентрацијата на некој од продуктите**, во реакциониот систем **ќе протече директната реакција** (хемиската рамнотежа ќе се помести кон десно), т.е. рамнотежата ќе се помести кон образување нови количества од продуктите. Со издвојување некој од продуктите во реакциониот систем, повратните реакции се насочуваат кон постојано образување нови количества од продуктите, при што тече директната реакција, па така некои повратни реакции може да бидат претворени во неповратни. На пример, доколку разложувањето калциум карбонат се одвива во отворен сад, при што продуктот  $\text{CO}_2$  го напушта реакциониот систем, постојано ќе протекнува директната реакција и реакцијата, при таквите услови, ќе биде неповратна.

Треба да се нагласи дека рамнотежните концентрации на учесниците во реакцијата ќе се променат, но константата на рамнотежа нема да ја промени својата вредност (таа е константа за дадената температура и не се менува ако не се промени температурата!). Имено, токму поради тоа што константата на рамнотежа не ја менува својата вредност, во системот мора да протече некоја реакција со која рамнотежните концентрации ќе се променат на таков начин што новодобиените вредности, внесени во изразот за константата на хемиска рамнотежа, повторно ќе ја дадат истата вредност на константата на рамнотежа.

Да заклучиме:

*Ако во систем што е во хемиска рамнотежа се зголеми концентрацијата на некој од учесниците во реакцијата (реактант или продукт), во системот ќе протече реакцијата со која ќе се намали количеството на додадениот учесник. Обратно, ако концентрацијата на некој од учесниците се намали, ќе протече реакцијата со која ќе се зголеми количеството на тој учесник.*

Влијанието на промената на притисокот на состојбата на хемиската рамнотежа е евидентно кај реакциите во кои барем еден од учесниците е во гасовита агрегатна состојба. Знаеш дека притисокот и волуменот меѓусебно зависат обратно-пропорционално. Од друга страна, концентрацијата зависи обратно-пропорционално од волуменот ( $c = n/V$ ), па според тоа, таа ќе зависи правопрпорционално од притисокот. Значи, со промена на притисокот се менува волуменот на сите гасовити учесници во реакциониот систем, а со тоа и нивната концентрација. **Доколку вкупното количество гасовити реактанти е еднакво на вкупното количество гасовити продукти, тогаш промената на притисокот еднакво ќе ги промени концентрациите и на гасовитите реактанти и на гасовитите продукти, па затоа нема да протече никаква реакција.** Поинаку кажано, доколку збирот на стехиометриските коефициенти на гасовитите учесници од двете страни на израмнетата хемиска равенка е еднаков, тогаш не протекнува ниту директната, ниту обратната реакција.

Меѓутоа, доколку вкупното количество гасовити реактанти НЕ е еднакво на вкупното количество гасовити продукти, тогаш промената на притисокот нема еднакво да ги промени концентрациите на гасовитите реактанти и на гасовитите продукти, па затоа ќе протече една од реакциите. Значи, во хемиската равенка што ја опишува реакцијата, збирот на стехиометриските коефициенти на гасовитите реактанти треба да биде различен од збирот на стехиометриските коефициенти на гасовитите продукти.

*Опишто, при зголемувањето на притисокот (намалување на волуменот) протекува реакцијата во насока од вкупно поголемо кон вкупно помало количество гасовити учесници, односно кон онаа страна во равенката каде што збирот на стехиометриските коефициенти на гасовитите учесници е помал. При намалувањето, пак, на притисокот протекува реакцијата во насока од вкупно помало кон вкупно поголемо количество гасовити учесници, односно кон онаа страна во равенката каде што збирот на стехиометриските коефициенти на гасовитите учесници е поголем.*

Видовме дека промените на концентрацијата, притисокот или волуменот може да ги променат релативните количества на реактантите и продуктите, но вредноста на константата на рамнотежа не се менува. Меѓутоа, промената на температурата може да ја промени вредноста на константата на рамнотежа. Но, не само што ќе се промени вредноста на константата на хемиската рамнотежа, туку и ќе протече една од реакциите.

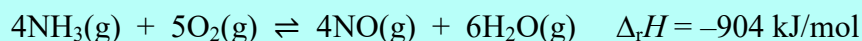
Кога една повратна реакција што е во состојба на рамнотежа ќе се запише со термохемиска равенка, податокот за реакционата енталпија се однесува на директната реакција. Се разбира, реакционата енталпија на обратната реакција ќе биде иста по апсолутна вредност, но со спротивен знак. Значи, ако директната реакција е, на пример, ендотермна, обратната реакција ќе биде егзотермна. Затоа, во моментот на рамнотежа, на дадената температура, нема нето-топлински ефект.

Покачувањето на температурата ќе ја забрза и директната и обратната реакција, но во различен степен. Очекувано е дека поголемо влијание ќе има врз ендотермната реакција. Затоа може да кажеме дека:

*Покачувањето на температурата, освен што ќе ја смени вредноста на константата на хемиската рамнотежа, ќе предизвика и да протече ендотермната реакција, а снижувањето на температурата ќе предизвика протечување на егзотермната реакција.*

Сето досега кажано околу промените што влијаат врз состојбата на хемиската рамнотежа ќе го разгледаме на конкретен пример.

**Пример 5.2.** Определи ја насоката на поместување на хемиската рамнотежа за реакцијата претставена со термохемиската равенка:



доколку:

- а) се намали количеството водна пареа;
- б) се зголеми количеството кислород;
- в) се зголеми количеството азот моноксид;
- г) се покачи температурата;
- д) се покачи притисокот.

**Одговор:**

а) Согласно Принципот на Ле Шателје и Браун, доколку се намали количеството на водната пареа (а со тоа и нејзината концентрација), која е продукт во оваа реакција, ќе протече реакцијата со која нејзиното количество ќе се зголемува, односно ќе протече директната реакција (хемиската рамнотежа ќе се помести кон десно).



б) Со зголемувањето на количеството на кислородот, реакциониот систем ќе се стреми да го намали доведеното количество, а тоа ќе се случи ако протече директната реакција.

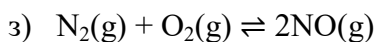
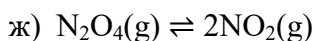
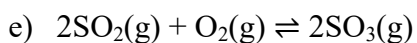
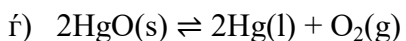
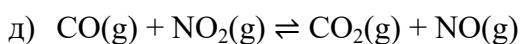
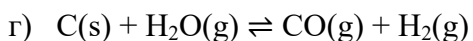
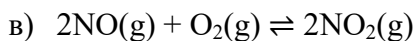
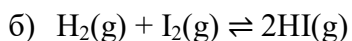
в) Доколку се зголеми количеството на азот монооксидот, системот ќе тежнее истото да го потроши и затоа ќе протече обратната реакција (хемиската рамнотежа ќе се помести кон лево).

г) Од термохемиската равенка на реакцијата може да се констатира дека директната реакција е егзотермна, бидејќи вредноста на реакционата енталпија има негативен предзнак, т.е.  $\Delta_r H < 0$ . Покачувањето на температурата, освен што ќе ја смени вредноста на константата на хемиската рамнотежа, ќе предизвика и да протече ендотермната реакција, односно, во овој случај, обратната реакција.

д) За да одговориме како ќе влијае покачувањето на притисокот врз состојбата на хемиската рамнотежа, прво треба да го определиме збирот на стехиометриските коефициенти на гасовитите реактанти, како и збирот на стехиометриските коефициенти на гасовитите продукти. Во конкретниов случај, стехиометриските коефициенти пред гасовитите реактанти изнесува 9, а пред гасовитите продукти 10. При покачувањето на притисокот ќе протече реакцијата од вкупно поголемо кон вкупно помало количество гасовити учесници, односно во насоката претставена со хемиската равенка, каде што збирот на стехиометриските коефициенти на гасовитите учесници е помал. Значи, ќе протече обратната реакција, односно од вкупен поголем збир (10, пред продуктите) кон вкупен помал збир на стехиометриските коефициенти (9, пред реактантите).

## ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Напиши го изразот за константата на хемиската рамнотежа за секоја од реакциите претставени со равенките подолу. Определи ја единицата за константата на хемиската рамнотежа ако рамнотежните концентрации се изразени во  $\text{mol/dm}^3$ .



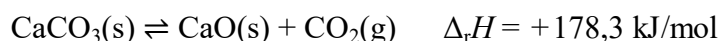
2. На определена температура, при хемиска рамнотежа, еден реакционен сад содржи азот, водород и амонијак. Нивните рамнотежни концентрации, соодветно, изнесуваат:  $0,11 \text{ mol/dm}^3$ ;  $1,91 \text{ mol/dm}^3$  и  $0,25 \text{ mol/dm}^3$ . Пресметај ја константата на хемиската рамнотежа  $K_c$  доколку реакцијата се претстави со следнава хемиска равенка  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ .

3. Определи ја насоката на поместување на хемиската рамнотежа за реакцијата претставена со термохемиската равенка:



доколку:

- а) се зголеми количеството водород;
  - б) се намали количеството јод;
  - в) се зголеми количеството јодоводород;
  - г) се зголеми температурата;
  - д) се намали притисокот.
4. Како треба да се дејствува однадвор врз системот доколку сакаме да добиеме поголемо количество калциум оксид (негасена вар) со пиролиза на калциум карбонат? Објасни зошто! Термохемиската равенка на реакцијата е следнава:



5. Наведи ги сите начини/фактори со кои може да се дејствува однадвор врз системот со цел да се добие поголемо количество продукт/-и за секоја од реакциите дадени со следните термохемиски равенки:

- а)  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$   $\Delta_r H < 0$
- б)  $2\text{SO}_3(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$   $\Delta_r H > 0$
- в)  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$   $\Delta_r H > 0$
- г)  $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$   $\Delta_r H < 0$

ИСТРАЖУВАЈ!

На интернет побарај видеа, анимации и сл. за хемиска рамнотежа.

## РЕЗИМЕ

- Состојбата што се воспоставува во реакциониот систем кога количествата на учесниците (реактантите и продуктите) повеќе не се менуваат се нарекува **состојба на хемиска рамнотежа**.
- Кога повратна реакција е во состојба на хемиска рамнотежа, во реакциониот систем се присутни мерливи количества од сите реактанти и сите продукти.
- Хемиската рамнотежа има **динамички карактер**.

- **Константата на хемиската рамнотежа  $K_c$**  за одредена хемиска реакција претставува однос (количник) меѓу производот на рамнотежните концентрации на продуктите на реакцијата и производот на рамнотежните концентрации на реактантите. Притоа, секоја од рамнотежните концентрации се степенува на стехиометрискиот коефициент за соодветниот учесник согласно равенката на хемиската реакција.
- **Принцип на Ле Шателје и Браун:** Доколку врз систем што е во хемиска рамнотежа се примени надворешно дејство со кое се менуваат условите, при кои реакциониот систем е во рамнотежа, во системот почнуваат да се одвиваат процеси што се спротивстабуваат на таа промена, во насока што е спротивна на применетото дејство.
- Ако во систем што е во хемиска рамнотежа се зголеми концентрацијата на некој од учесниците во реакцијата (реактант или продукт), во системот ќе протече реакцијата со која ќе се намали количеството на додадениот учесник. Обратно, ако се намали концентрацијата на некој од учесниците, ќе протече реакцијата со која ќе се зголеми количеството на тој учесник.
- При зголемувањето на притисокот протекува реакцијата во насока од вкупно поголемо кон вкупно помало количество гасовити учесници, односно кон онаа страна во равенката каде што збирот на стехиометриските коефициенти на гасовитите учесници е помал. При намалувањето, пак, на притисокот протекува реакцијата во насока од вкупно помало кон вкупно поголемо количество гасовити учесници, односно кон онаа страна во равенката каде што збирот на стехиометриските коефициенти на гасовитите учесници е поголем.
- Доколку вкупното количество гасовити реактанти е еднакво на вкупното количество гасовити продукти, односно доколку збирот на стехиометриските коефициенти на гасовитите учесници од двете страни на израмнетата хемиска равенка е еднаков, тогаш промената на притисокот еднакво ќе ги промени концентрациите и на гасовитите реактанти и на гасовитите продукти, па затоа нема да протече никаква реакција.
- Покачувањето на температурата, освен што ќе ја смени вредноста на константата на хемиска рамнотежа, ќе предизвика и да протече ендотермната реакција, а снижувањето на температурата ќе предизвика протечување на егзотермната реакција.



## Модуларна единица 6

# ОКСИДАЦИОНО-РЕДУКЦИОНИ ПРОЦЕСИ

Со изучување на содржините од модуларната единица „Оксидационо-редукциони процеси“ се очекува ученикот/ученичката да биде способен/а да:

- ♦ определува оксидациони броеви на елементи во соединение;
- ♦ дефинира оксидационо-редукциони процеси, оксидација и редукција и прави разлика меѓу оксидационо и редукционо средство;
- ♦ израмнува равенки на редокс реакции со шема за размена на електрони;
- ♦ предвиди, врз основа на електрохемиската низа на металите, дали ќе се ослободи водород при реакција на метал и киселина и да предвиди дали ќе тече и кои би биле продуктите на реакцијата на метал со раствор од сол на друг метал.

Содржини:

- ♦ Оксидациони броеви
- ♦ Оксидационо-редукциони процеси (редокс процеси)
- ♦ Израмнување равенки на редокс реакции
- ♦ Електрохемиска низа на металите

Поими:

- Оксидационен број
- Оксидационо-редукциони процеси (редокс процеси)
- Оксидација
- Редукција
- Оксидационо средство
- Редукционо средство
- Полуреакција на оксидација
- Полуреакција на редукција
- Електронска шема
- Електрохемиска низа на металите
- Реакции на истиснување

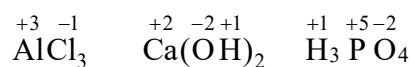
## ОКСИДАЦИОНИ БРОЕВИ

Еден од основните поими во хемијата со кој се запозна уште на почетокот на нејзиното изучување е поимот валентност. Тогаш научи дека валентноста на еден елемент е број што покажува со колку други атоми може тој да се сврзува. Учесе и дека водородот е едновалентен, па затоа валентноста на елементот може да се дефинира и како број што покажува колку водородни атоми сврзува или заменува тој елемент. Овој поим ти помогна да научиш да составуваш едноставни формули на соединенија изградени од два атома, доколку ја знаеш нивната валентност. Понатаму, кога се запозна со ковалентната врска, научи дека, всушност, вистинското физичко значење на поимот валентност е во врска со бројот ковалентни врски што ги образува атомот на еден елемент со други атоми, а не со самиот број атоми. Така, ако атомот на некој елемент образува двојна врска со некој друг атом (од истиот или од друг елемент), тој е двовалентен, иако се сврзал само со еден атом! Од друга страна, освен ковалентни соединенија, постојат и јонски соединенија, кои, како што знаеш, се образувани од јони, а секој јон е опкружен со јони со спротивен полнеж. Според тоа, физичкото значење на поимот валентност, за јонските соединенија, нема никаква улога.

Сето ова покажува дека за составување хемиски формули, особено на соединенија изградени од повеќе елементи, треба да се воведат некој друг поим. Таква потреба се јавува и кога треба да се проучуваат процесите на оксидација и редукција, т.н. оксидационо-редукционни процеси, за кои ќе зборуваме во оваа тема. За полесно изучување на оксидационо-редукционите реакции, воведен е поимот **оксидационен број**, кој уште се нарекува и **оксидациона состојба** или **оксидационен степен**.

*Оксидационен број е број што им се припишува на атомите на елементите во една молекула, јон или формулна единица. Оксидациониот број се запишува со арапска цифра со предзнак + или - над симболот на елементот.*

На пример:



Уште од самата дефиниција за оксидационен број, како и од дадените примери, станува сосема јасно дека овој поим не е ист ниту со поимот валентност, ниту со поимот релативен полнеж на јон. Но, иако оксидационите броеви имаат формално, а не суштинско физичко значење, како што ќе видиме, тие се од исклучително значење за изучување на оксидационо-редукционите процеси. Затоа, најнапред треба да научиме како да ги определуваме оксидационите броеви на елементите во формулите на соединенијата и јоните. Атомите на некои елементи имаат постојани вредности на оксидационите броеви и нив треба да ги знаеме. Атомите, пак, на други елементи имаат различни вредности на оксидациониот број во различни соединенија. Вредностите на оксидационите броеви на атомите на тие елементи се определуваат со примена на едноставни правила и постапки што се дадени подолу:



- ♦ Оксидациониот број на атомите на елементите во елементарните супстанции (на пример: Fe, P<sub>4</sub>, Cl<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, Cu, Na, H<sub>2</sub> и др.) секогаш е нула.
- ♦ Оксидационите броеви на моноатомските јони се еднакви со релативниот полнеж на јонот (на пример, оксидациониот број на Mg<sup>2+</sup> јонот е +2, на O<sup>2-</sup> јонот е -2, итн.).
- ♦ Атомите на елементите од 1 група, т.е. IА група (алкалните метали), во соединенијата, секогаш имаат оксидационен број +1, а оние од 2 група, т.е. IIА, +2.
- ♦ Атомите на флуор, во сите свои соединенија, имаат оксидационен број -1.
- ♦ Оксидациониот број на атомите на кислород во соединенијата е речиси секогаш -2 (исклучок се пероксидите, супероксидите, како и соединението со флуор F<sub>2</sub>O, за кои ќе учиш подоцна).
- ♦ Оксидациониот број на водородните атоми во соединенијата речиси секогаш е +1 (со исклучок во хидридите, т.е. неговите соединенија со алкалните и земноалкалните метали, каде што е -1).
- ♦ Збирот на оксидационите броеви на сите атоми во една молекула или во формулна единка секогаш е нула, а збирот на оксидационите броеви на атомите во полиатомски јон е еднаков на релативниот полнеж на јонот.

Да разгледаме неколку примери за определување на оксидационите броеви на атомите на елементите во молекули и јони.

**Пример 6.1.** Колку изнесува оксидациониот број на секој од атомите на железото во Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>?

**Решение:** Збирот на оксидационите броеви на атомите во неутрална единка, како што е Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, мора да биде еднаков на нула. Според тоа, кај секое соединение изградено од два елемента, производот од индексот и оксидациониот број на атомот на едниот елемент мора да биде еднаков со производот од индексот и оксидациониот број на атомот на другиот елемент, но со спротивен знак. Оксидациониот број на кислородот знаеме дека е -2, а индексите се дадени во формулата (3 за кислород и 2 за железо). Оттука, оксидациониот број на железото ќе го пресметаме како:

$$\begin{aligned}x \cdot 2 + 3 \cdot (-2) &= 0 \\ x &= +3\end{aligned}$$

**Одговор:** Во ова соединение, секој од атомите на железо има оксидационен број +3.

**Пример 6.2.** Колку изнесува оксидациониот број на атомот на сулфурот во  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ?

**Решение:** И во молекулата на сулфурната киселина, збирот на оксидационите броеви мора да биде еднаков на 0. Знаеме дека оксидациониот број на водородот е +1, а на кислородот е -2. Индексот за кислородот во формулата е 4, а на водородот е 2. Значи, може да напишеме:

$$2 \cdot (+1) + 1 \cdot (x) + 4 \cdot (-2) = 0 \quad \Rightarrow \quad x = +6$$

**Одговор:** Оксидациониот број на атомот на сулфурот во сулфурната киселина е +6.

**Пример 6.3.** Колку изнесува оксидациониот број на секој од елементите во  $\text{FeSO}_4$ ?

**Решение:** Во претходниот пример видовме дека оксидациониот број на атомот на сулфурот во сулфурна киселина изнесува +6. Знаејќи го ова, лесно ќе заклучиме дека оксидациониот број на атомот на железото во  $\text{FeSO}_4$  изнесува +2.

$$x + 1 \cdot (+6) + 4 \cdot (-2) = 0 \quad x = +2$$

Значи, за да го определиме оксидациониот број на атомот на металот во солите, мора да ни бидат познати оксидационите броеви на атомите на елементите во киселинскиот остаток. Нив, пак, може да ги определиме од самата киселина.

**Пример 6.4.** Колку изнесува оксидациониот број на секој од атомите на хром во дихроматниот јон?

**Решение:** Најнапред треба да ја напишеме формулата на дихроматниот јон. Таа е  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ . Релативниот полнеж на дихроматниот јон е 2-. Тоа значи дека збирот на оксидационите броеви на хромот и на кислородот помножени со своите индекси во формулата на јонот треба да изнесува -2. Значи,

$$2 \cdot (x) + 7 \cdot (-2) = -2 \quad \Rightarrow \quad x = +6$$

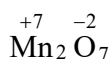
**Одговор:** Оксидациониот број на секој од атомите на хромот во дихроматниот анјон изнесува +6.

Дискусијата за оксидациони броеви ја започнавме со нивното значење во читањето и пишувањето на хемиските формули на соединенијата. Во претходните примери, според позната формула, определувавме оксидациони броеви на атоми на елементи. Ако, пак, ги знаеме оксидационите броеви на атомите на елементите во составот на некоја дефинирана еинка (молекула, формулна еинка, јон), може да ја определиме формулата на соединението.



**Пример 6.5.** Оксидациониот број на атомот на манган во еден негов оксид изнесува +7. Која е емпириската формула на овој оксид?

**Решение:** Како што знаеме, производот од оксидациониот број на атомот на едниот елемент помножен со неговиот индекс треба да биде еднаков со производот од оксидациониот број на атомот на другиот елемент помножен со неговиот индекс. Оксидациониот број на манганот е +7, а на кислородот –2. Според тоа, за да ги најдеме индексите во формулата, треба да најдеме НЗС за 7 и 2 и да видиме колку пати се содржи во него секој од овие броеви. НЗС за 7 и 2 е 14, според тоа, индексот за манган во формулата е 2, а за кислород 7.



**Одговор:** Емпириската формула на оксидот на манганот во кој атомот на манганот има оксидационен број +7 е  $\text{Mn}_2\text{O}_7$ .

Сега може да кажеме дека броевите во имињата на соединенијата, иако напишани со римски цифри, не се валентностите, туку оксидационите броеви на атомите на елементите. Така, името на овој оксид ќе го запишеме како манган(VII) оксид.

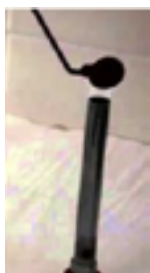
## ОКСИДАЦИОНО-РЕДУКЦИОНИ ПРОЦЕСИ

Познато ти е дека горењето е реакција меѓу некоја супстанца (било да е тоа елементарна супстанца или соединение) и кислород. Да се потсетиме за овој вид реакции преку еден експеримент.



### Експеримент

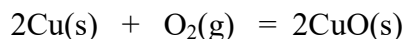
#### Горење бакарни струганици на воздух



**Потребен прибор и супстанции:** Лажичка за согорување, шпиритусна ламба или гасен пламеник, бакарни струганици, заштитни очила, заштитни ракавици.

**Постапка:** Во лажичка за согорување стави неколку парченца бакарни струганици. Забележи ја бојата на бакарните струганици. Потоа, внеси ја лажичката во пламен. Забележи што се случува. Каква е бојата на супстанцата во лажичката?

Кога бакарните струганици, кои се обоени црвено-кафеаво, ќе се запалат на воздух, бакарот се сврзува со кислородот од воздухот и образува бакар(II) оксид, којшто е црн прав. Реакцијата може да ја претставиме со следнава равенка:



Не само при горењето на бакарот, туку и при горењето на која било супстанца, еден од продуктите на горењето е некој оксид. Оттука потекнува и самиот збор „оксидација“, означувајќи сврзување на елементите со кислород (oxxygenium), при што се добиваат оксиди. Но, дали зборот „оксидација“ е ограничен само на реакции на сврзување на супстанците со кислород? На пример, да направиме експеримент во кој ќе изведеме реакција на соединување, но при која бакарот ќе се сврзе со сулфур наместо со кислород.



### Експеримент

#### Реакција на бакар со сулфур

**Потребен прибор и супстанции:** Вага, порцелански сад за жарење, триножник, шпиритусна ламба или гасен пламеник, бакарни струганици, сулфур, заштитни очила, заштитни ракавици.

**Постапка:** Измери на вага 1,5 g бакарни струганици и 700 mg сулфур во прав. Бакарот и сулфурот добро измешај ги и стави ги во порцеланскиот сад, а потоа садот загревај го до црвено усвитување. Забележи ја бојата на добиената супстанца по завршувањето на реакцијата.

Од изведениот експеримент може да заклучиме дека бакарот и сулфурот реагирале меѓу себе и се добил бакар(II) сулфид.



Реакцијата е многу слична со онаа при која се доби бакар(II) оксид, како според типот на реакцијата (соединување), така и според природата на реактантите (метал и неметал), па дури и според условите на реакцијата (силно загревање). Затоа, може да се запрашаме дали можеби и при оваа реакција бакарот се оксидира?

Всушност, и ова е процес на оксидација, како и многу други процеси што се одвиваат во секојдневниот живот, во индустријата и во живите организми, а во голем број од нив воопшто не учествува кислородот. Затоа, многу е важно да разбереме што се случува при овие процеси, имајќи предвид дека при хемиските реакции доаѓа до прегрупирање на атомите и дека хемиските врски се образуваат со размена на електрони. Ова ќе го разгледаме на примерот на реакцијата на горење на бакарот.

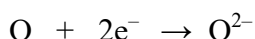
При горењето на бакарот велиме дека тој се оксидира. Бакарот е метал, а кислородот е неметал, а веќе знаеш дека најважното својство на металите е нивната способност да оддаваат електрони. Затоа, во текот на овој процес, атомите на бакарот ги оддаваат своите валентни електрони. Тоа може да го претставиме со следнава равенка:



Оддавање на електрони се случува и при сите други процеси на **оксидација**. Затоа, можеме да кажеме дека:

***Оксидација претставува процес на оддавање електрони.***

Меѓутоа, оддадените електрони од атомите на бакар мора да ги примат честичките на некоја друга супстанца, а тоа, во овој пример, се атомите на кислородот:



Очигледно е дека овој процес е спротивен на процесот на оддавање на електрони т.е. на оксидацијата. Спротивниот процес на оксидација се нарекува **редукција**. При сите процеси на редукција се случува примање електрони, па затоа може да кажеме дека:

***Редукција претставува процес на примање електрони.***

Секој процес на оксидација (оддавање електрони) од честичките (атоми, молекули, јони) на една супстанца се случува истовремено со процес на редукција (примање електрони) од страна на честичките од друга супстанца што учествува во реакцијата. Затоа, ваквите реакции со заедничко име ги нарекуваме **оксидационо-редукциони реакции** или **редокс реакции** (редукција-оксидација). Во текот на овие реакции се пренесуваат електрони од градебни единици на супстанцата што се оксидира на граббените единици на супстанцата што се редуцира. Според тоа:

***оксидационо-редукциони реакции (редокс реакции) се реакции при кои се пренесуваат електрони од граббените единици на една супстанца на граббените единици на друга супстанца.***

Очигледно, овие два процеса се меѓусебно тесно поврзани. До оксидација на една супстанца не може да дојде ако во системот не е присутна друга супстанца чии честички ќе ги примат испуштените електрони од граббените честички на супстанцата што се оксидира, и обратно.

Супстанцата чии честички оддаваат електрони велиме дека се оксидира, а ја редуцира другата супстанца, па затоа се нарекува **редукционно средство (редуктор)**. Супстанцата, пак, чии честички примаат електрони, се редуцира, а ја оксидира другата супстанца и затоа се нарекува **оксидационо средство (оксидант)**. Оттука, може да заклучиме дека:

*Супстанцата што се оксидира претставува редуционно средство (редуктор), а супстанцата што се редуцира претставува оксидационо средство (оксидант).*

Колку полесно оддаваат електрони честичките на една супстанца, толку таа е посилно редуционно средство, а колку полесно примаат електрони, толку е посилно оксидационо средство. Ако една супстанца е силно оксидационо средство, нејзината редуцирана форма ќе биде слабо редуционно средство, и обратно. Металите се редуциони средства бидејќи лесно оддаваат електрони, а неметалите се оксидациони средства бидејќи лесно примаат електрони. Најсилно оксидационо средство од неметалите е флуорот, а веднаш по него следува кислородот.

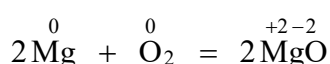
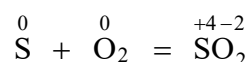
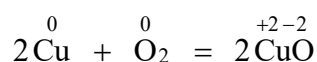


Слика 6.1. Шематски приказ на редокс реакција.

Редокс процесите ги објаснивме во примерот на образување бакар(II) оксид, што претставува реакција меѓу метал и неметал, па лесно можевме да заклучиме која супстанца ќе се оксидира, а која ќе се редуцира. Сличен е во случај и кога станува збор за реакцијата меѓу бакар и сулфур, како и во многу други реакции меѓу метал и неметал. Меѓутоа, не е секогаш едноставно само врз основа на равенката на реакцијата да се заклучи која супстанца се оксидира, а која се редуцира. За решение на овој проблем, од голема помош е концептот за оксидациони броеви, за кој зборувавме претходно.

## ИЗРАМНУВАЊЕ РАВЕНКИ НА РЕДОКС РЕАКЦИИ

Со хемиски равенки запишуваме различни типови хемиски реакции. Од равенката на реакцијата може да заклучиме дали станува збор за реакција на соединување, на разложување, на замена итн., но не може да заклучиме дали станува збор за редокс реакција. Ако сакаме да дознаеме дали со некоја хемиска равенка е претставен редокс процес, потребно е да ги определиме оксидационите броеви на сите учесници во реакцијата и да ги споредиме оксидационите броеви за елементите од ист вид присутни во реактантите, со оние во продуктите на реакцијата. Доколку некои од елементите го промениле оксидациониот број, тогаш тоа е равенка на оксидационо-редукционен процес. Да ја разгледаме промената на оксидационите броеви на атомите на елементите во следниве равенки на реакции на горење:



Ако ги разгледаме оксидационите броеви на атомите во реактантите и продуктите, лесно ќе забележиме дека тие се различни. Оттука, може да заклучиме дека станува збор за редокс реакции. Покрај тоа, очигледно е дека, во сите случаи, оксидациониот број на атомот на елементот што се оксидира се зголемува. На пример, бакарот и магнезиумот го менуваат оксидациониот број од 0 до +2, а сулфурот од 0 до +4. Така е и при сите други случаи на оксидација на некој елемент, па затоа може да кажеме дека:

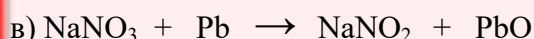
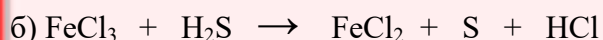
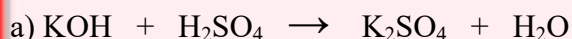
**во редокс реакциите, оксидациониот број на атомот на елементот што оддава електрони се зголемува.**

Од друга страна, оксидациониот број на атомот на кислород, кој е оксидационо средство, а самиот се редуцира, се намалува од 0 кога е реактант до -2 во продуктите на реакцијата. Значи,

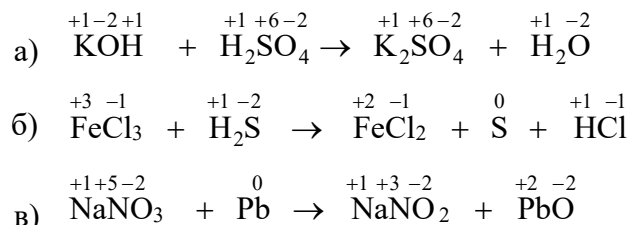
**во редокс реакциите, оксидациониот број на атомот на елементот што прима електрони се намалува.**

Да го разгледаме следниов пример:

**Пример 6.5.** Определи со кои од следниве (неизрамнети) равенки е претставена редокс реакција, а потоа за секоја од нив определи кој елемент се оксидира, а кој се редуцира, односно која супстанца е оксидационо средство, а која е редукионо средство.



**Решение:** За да определиме со која од равенките е претставена редокс реакција, во секоја од равенките на реакциите треба да ги определиме оксидационите броеви на атомите на елементите и да провериме дали оксидациониот број на атомите на некој од елементите (не мора на сите!) во реактантите се променил кога образувал продукт на реакцијата.



Во равенката дадена под а), ниту еден од атомите на елементите не го променил оксидациониот број, па затоа може да заклучиме дека со оваа равенка не е претставена оксидационо-редукциона реакција.

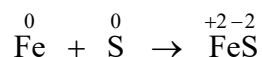
Во равенката дадена под б), железото го менува оксидациониот број од +3 во +2, а сулфурот од -2 во 0. Според тоа, со оваа равенка е претставена редокс реакција. Оксидациониот број на атомите на железото се намалил, што значи дека железото се редуцира, а железо(III) хлоридот претставува оксидационо средство. Оксидациониот број на атомот на сулфурот се зголемил, а тоа значи дека сулфурот се оксидирал, а сулфуроводородот претставува редукционо средство.

Во равенката под в), оксидациониот број на атомот на азотот се менува од +5 до +3, а на оловото од 0 до +2. Според тоа, и со оваа равенка е претставена редокс реакција. Азотот се редуцира, што значи дека натриум нитратот е оксидационо средство. Редукционо средство е оловото, бидејќи оксидациониот број на неговиот атом се зголемува, а тоа значи дека тој се оксидирал.

Оксидационите броеви имаат важна улога и при израмнувањето на оксидационо-редукционите равенки. Секако, како и при израмнувањето на равенките на сите други видови реакции, и за редокс реакциите мора да се води сметка количеството на секој од елементите да биде еднакво на обете страни од равенката на реакцијата, бидејќи во текот на реакцијата атомите ниту се создаваат, ниту се уништуваат. Но, за редокс реакциите има дополнителни барања. Имено, бројот на разменети електрони, исто така, мора да биде израмнет, бидејќи и електроните во текот на хемиските реакции ниту се создаваат, ниту се уништуваат, туку едноставно само се разменуваат. Значи, мора да се има предвид дека вкупниот број оддадени електрони треба да биде еднаков со вкупниот број примени електрони. Затоа, при израмнувањето на равенките на редокс реакциите ползуваме т.н. **електронска шема**. За таа цел, оксидационо-редукционата реакција може да ја разгледуваме преку две т.н. полуреакции: **полуреакција на оксидација** и **полуреакција на редукција**, за кои може да се напишат соодветни равенки. **Равенката на полуреакцијата на оксидација** покажува колку електрони се оддаваат од една честичка што се оксидира, а **равенката на полуреакцијата на редукција** покажува колку електрони прима една честичка што се редуцира. Од равенката на реакцијата не може ништо да заклучиме за бројот на примени и испуштени електрони, но тој, всушност, соодветствува со промената на оксидациониот број за атомот на елементот. Да го разгледаме тоа во следниов пример:

**Пример 6.6.** Напиши ги равенките на полуреакциите на оксидација и на редукација за следнава равенка:  $\text{Fe} + \text{S} \rightarrow \text{FeS}$ .

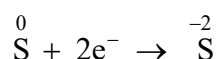
**Решение:** Најнапред треба да ги определиме оксидационите броеви на атомите на елементите на реактантите и на продуктот.



Како што може да се забележи, оксидациониот број на атомот на железото се зголемува од 0 до +2, што значи дека железото испушта електрони, т.е. се оксидира. Оваа полуреакција на оксидација може да ја запишеме со следнава равенка:



Оксидациониот број на атомот на сулфурот се намалува од 0 до -2, што значи дека сулфурот прима електрони, т.е. се редуцира. Полуреакцијата на редукација може да ја запишеме со следнава равенка:



Во овој пример, бројот на оддадени и примени електрони е еднаков, но во најголем број случаи тоа не е така. Ако бројот на оддадени електрони не е ист со бројот на примени електрони, мора да се побара НЗС од бројот на оддадени и примени електрони и да се определи колку пати секој од овие броеви се содржи во НЗС. Ова ќе го разгледаме низ неколку примери, но претходно да ги сумираме чекорите што се потребни за израмнување на редокс реакции.

- ♦ Ги обележуваме оксидационите броеви на атомите на сите елементи.
- ♦ Проверуваме атомите на кои елементи го менуваат оксидациониот број.
- ♦ Ги запишуваме полуреакциите на оксидација и редукација.
- ♦ Бараме НЗС од бројот на примените и оддадените електрони.
- ♦ Наоѓаме погодни коефициенти, кои се добиваат кога НЗС ќе се подели со бројот на примени т.е. оддадени електрони.
- ♦ Овие коефициенти се ставаат соодветно пред формулите и симболите на реактантите што се оксидирале и се редуцирале и на продуктите што се добиле како резултат на нивната оксидација и редукација.
- ♦ Се израмнува останатиот дел од равенката без да се менуваат коефициентите добиени од шемата.

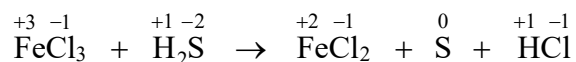
Да разгледаме неколку примери.



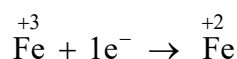
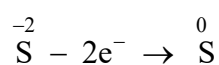
**Пример 6.7.** Да се израмни следнава равенка:



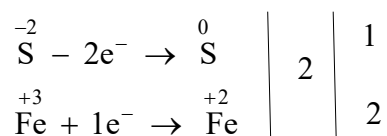
**Решение:** Ги определуваме оксидационите броеви на атомите на сите учесници во реакцијата:



Оксидациониот број на атомот на сулфурот се зголемува, а тоа значи дека се оксидира, т.е. испушта електрони, а оксидациониот број на атомот на железото се намалува, што значи железото се редуцира, т.е. прима електрони. Составуваме електронска шема:



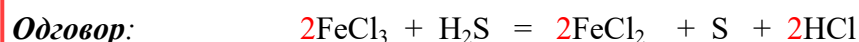
Бидејќи бројот на оддадени и примени електрони не е еднаков, наоѓаме НЗС, кој за 2 и 1 изнесува 2.



Значи, пред  $\text{FeCl}_3$  и пред  $\text{FeCl}_2$  треба да ставиме стехиометриски коефициент 2, а пред  $\text{H}_2\text{S}$  и  $\text{S}$ , коефициент 1 (единицата, вообичаено, не се пишува).

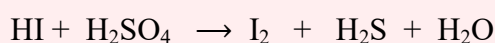


На левата страна од равенката се ставени стехиометриските коефициенти што следуваат од електронската шема и тие не смее да се менуваат. Но, бројот на хлорни атоми на левата страна е 6, а на водородни е 2, а на десната има вкупно 5 хлорни и 1 водороден атом. Стехиометрискиот коефициент пред  $\text{FeCl}_2$  не смее да го менуваме, бидејќи го добивме од електронската шема. Значи, стехиометрискиот коефициент може да го менуваме само пред  $\text{HCl}$ . Лесно може да видиме дека равенката ќе ја израмниме ако ставиме стехиометриски коефициент 2 пред  $\text{HCl}$ .

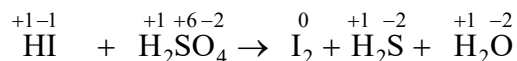


Сега да разгледаме некои поспецифични примери.

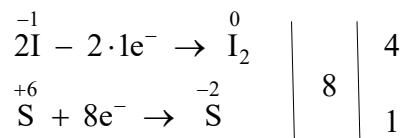
**Пример 6.8.** Израмни ја следнава равенка:



**Решение:** Ги определуваме оксидационите броеви на атомите на учесниците во реакцијата.



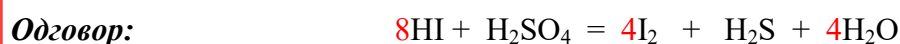
Составуваме електронска шема, но мора да водиме сметка дека јодот, чии атоми го менуваат оксидациониот број, на десната страна е застапен со два атома, а на левата со еден. Затоа, при составувањето на електронската шема мора да напишеме 2 и пред атомот на јод со оксидационен број  $-1$ .



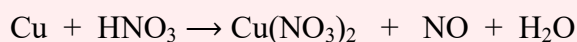
Ги ставаме коефициентите што ги добивме од шемата, но коефициентот пред HI треба да го помножимо со 2.



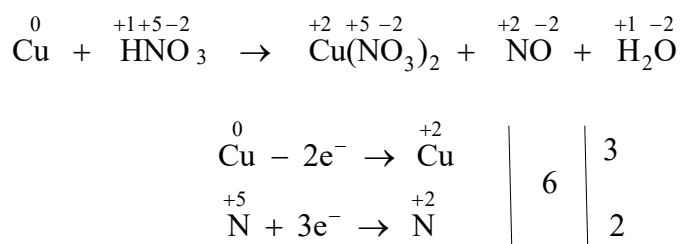
На крајот, ги израмнуваме водородните и кислородните атоми.



**Пример 6.9.** Израмни ја следнава равенка:

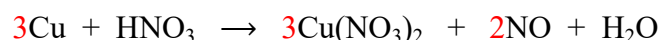


**Решение:** Ги определуваме оксидационите броеви на атомите на сите учесници и составуваме електронска шема.

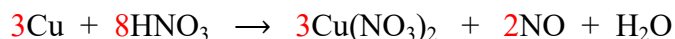


Оваа равенка е специфична затоа што, како што може да забележиме, атомот на азотот од азотната киселина го променил оксидациониот број од  $+5$  во  $+2$  во азот моноксид, но не го променил во бакар(II) нитрат. Значи, дел од нитратните јони од азотната киселина не претрпеле редокс промена, а дел се редуцирале до NO. Но, како што кажавме претходно, стехиометриските коефициенти што се добиваат од шемата се однесуваат само на реактантите што претрпеле целосна оксидација, т.е. редукција и на продуктите што се резултат од тој процес. Затоа, при израмнувањето на овие видови равенки, од двете страни на равенката се пишува добиениот коефициент пред формулата или симболот на елементот што целосно се оксидира, т.е. се редуцира. Во овој случај, тоа е бројот 3 пред Cu и пред Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Се запишува и коефициентот за другиот елемент што се добива од електронската шема, но само пред формулата на соединението каде што оксидациониот број на атомот на елементот е променет

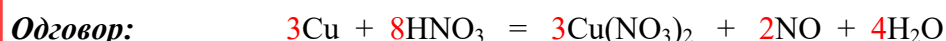
(во конкретниот случај, пред NO), а не и пред тој што не претрпува целосна редокс промена.



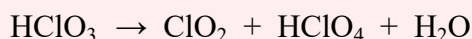
Сега, на десната страна на равенката ставивме коефициенти од шемата што понатаму не смее да се менуваат, така што бројот на азотни атоми изнесува 8. Според тоа, пред азотната киселина на левата страна треба да го ставиме бројот 8.



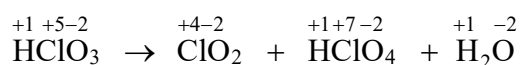
Останува уште да се израмнат водородните и кислородните атоми. На левата страна имаме 8 водородни атоми, па затоа на десната страна треба пред водата да ставиме коефициент 4, со што равенката е целосно израмнета.



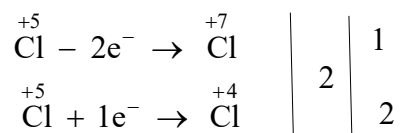
**Пример 6.10.** Израмни ја следнава равенка:



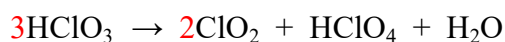
**Решение:** Најнапред ќе ги определиме оксидационите броеви на атомите на елементите на учесниците во реакцијата:



Иако на левата страна од равенката на реакцијата има само еден реактант, и во овој случај станува збор за редокс реакција, бидејќи хлорот со оксидационен број (+5) делумно преминува во хлор со оксидационен број (+7), а делумно во хлор со оксидационен број (+4). Значи, тој истовремено и се оксидира и се редуцира, т.е. хлорната киселина истовремено е и оксидант и редуктор. Овие реакции се нарекуваат **реакции на диспропорционирање**. Да видиме како треба да постапиме при израмнување на равенките на реакциите на диспропорционирање. Ќе ја составиме електронската шема:



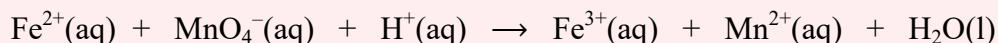
Кај равенките на реакциите на диспропорционирање, стехиометриските коефициенти што ќе се добијат од шемата се ставаат пред продуктите добиени како резултат на редокс процесот (во овој случај, 1 пред HClO<sub>4</sub> и 2 пред ClO<sub>2</sub>). Пред реактантот, пак, што се диспропорционира се става коефициент којшто е збир од двата добиени коефициенти (во овој случај, 3), бидејќи, како што кажавме, тој и се оксидира и се редуцира. Значи,



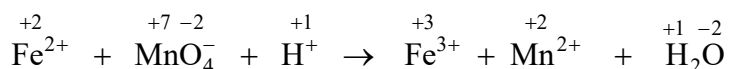
Со проверка на другите атоми (водород и кислород) може да заклучиме дека оваа равенка е израмнета.



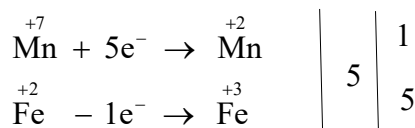
**Пример 6.11.** Израмни ја следнава равенка:



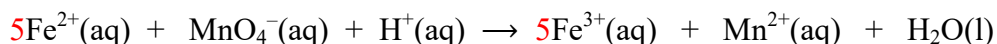
Ги определуваме оксидационите броеви на атомите на сите учесници во реакцијата.



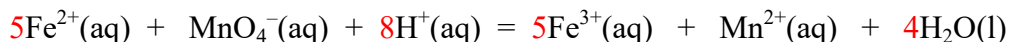
Потоа составуваме електронска шема:



Иако, навидум, железните јони од двете страни на равенката се израмнети, добиениот коефициент од шемата мора да се стави од двете страни на равенката.



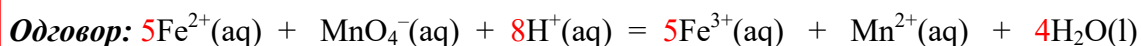
Сега може да се израмнат кислородните и водородните атоми. Лево имаме 4 кислородни атоми (во  $\text{MnO}_4^{-}$ ), па затоа десно пред водата ќе ставиме 4, а според тоа, пред  $\text{H}^{+}$  мора да ставиме 8.



Тоа што е неопходно да се знае кога се израмнуваат јонски редокс реакции е дека вкупниот полнеж на реактантите мора да биде еднаков со вкупниот полнеж на продуктите на реакцијата, бидејќи во равенката се претставени само јоните што учествуваат во реакцијата, а не и нивните спротивно наелектризирани јони. Доколку би биле напишани и спротивно наелектризираните јони, збирот на полнежите би изнесувал 0. Да го провериме вкупниот полнеж на левата и на десната страна од равенката на реакцијата.

$$\text{Лево: } 5 \cdot (+2) + (-1) + 8 \cdot (+1) = +17 \quad \text{Десно: } 5 \cdot (+3) + (+2) = +17$$

Ова е сигурен показател дека равенката е точно израмнета. Провери дали би било така ако не ставевме 5 пред железните јони, лево и десно во равенката на реакцијата!



## ЕЛЕКТРОХЕМИСКА НИЗА НА МЕТАЛИТЕ

Едно од својствата на киселините е реакцијата со металите. Меѓутоа, како што знаеш, киселините различно се однесуваат со металите. Со некои реагираат многу бурно, со други реагираат бавно и притоа се ослободува водород. Други метали, пак, не стапуваат во реакција со киселините или, пак, реагираат, но притоа не се ослободува водород. За да го потврдиме ова, да изведеме еден експеримент.



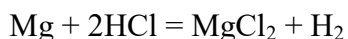
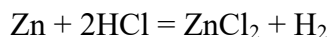
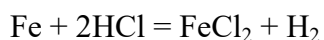
### Експеримент

#### Реакции на некои метали со киселини

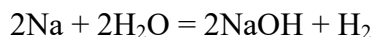
**Потребен прибор и супстанции:** Сталка со четири епрувети, пипета или капалка, лабораториска лажичка, пинцета, разредена хлороводородна киселина, парчиња бакар, железо, цинк и магнезиум, дрвце, запалка, заштитни очила и ракавици.

**Постапка:** Во четири епрувети стави еднаков волумен од разредена хлороводородна киселина. Во првата епрувета додај парче бакар, во втората железно клинче, во третата зрнца цинк и во четвртата парче магнезиумова лента. Следи ги промените што настануваат. Во кои епрувети се одвива реакција? Кој метал реагира најбурно со киселината? Онаму каде што реакцијата е најбурна, на отворот од епруветата приближи запалено дрвце и забележи што се случува притоа.

Од изведениот експеримент може да се заклучи дека во епруветата со бакар нема реакција бидејќи бакарот не реагира со хлороводородна киселина. Железното клинче реагира бавно со хлороводородната киселина, додека, пак, реакцијата на хлороводородната киселина со цинкот е побрза, а онаа со магнезиумот најбрза. Во сите случаи каде што има реакција меѓу металот и киселината се образува соодветна сол и се ослободуваат меурчиња од водород, кој гори кога на отворот од епруветата ќе се приближи запалено дрвце.



Заедничко за сите реакции меѓу металите и киселините е тоа што тие се оксидационо-редукциони реакции. Металите се редукциони средства бидејќи лесно оддаваат електрони и притоа се оксидираат. Очигледно, во реакциите на хлороводородна киселина со железо, цинк и магнезиум, кои ги изведе во овој експеримент, металите го редуцираат водородот од киселината до елементарен водород. Но, ваква реакција не се случува меѓу бакарот и хлороводородната киселина. Од друга страна, некои метали, како што се, на пример, натриум калиум и др., енергично реагираат дури и со водата, при што ослободуваат водород:



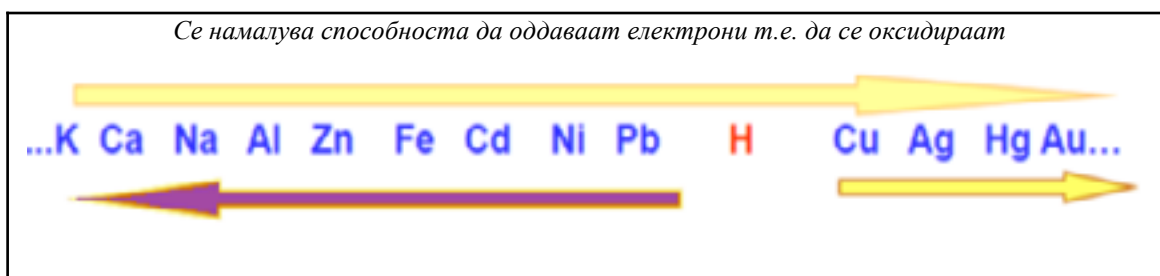


Слика 6.2. Реакцијата меѓу натриум и вода е многу бурна.

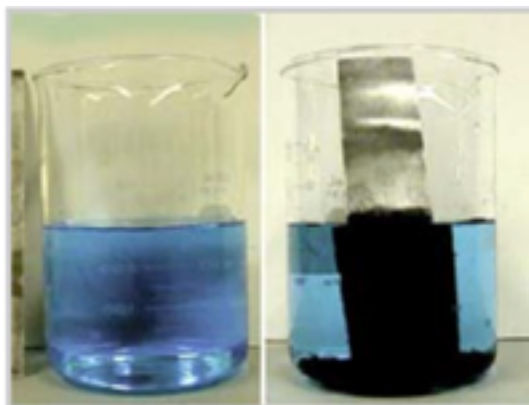
Очигледно, некои метали полесно оддаваат електрони од елементарниот водород, а други потешко. Металите што полесно оддаваат електрони од водородот (оние што се посилни редуковни средства од него) реагираат со киселините и го ослободуваат/истиснуваат водородот од нив. Спротивно на тоа, металите што потешко се оксидираат од водородот (послаби редуковни средства од него) не го ослободуваат/истиснуваат водородот од киселините. Такви се бакарот, среброто, златото, платината и други.

Врз основа на тоа колку лесно може металите да оддаваат електрони (да се оксидираат), односно според нивната моќ да дејствуваат како редуковни, тие се подредени во една низа што се нарекува **електрохемиска низа на металите**. Во неа, како референтна супстанца, е сместен и водородот. Може да кажеме дека:

**електрохемиска низа на металите е низа во која металите се подредени според својата способност да се оксидираат, односно да дејствуваат како редуковни.**



Слика 6.3. Дел од електрохемиската низа на металите.



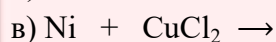
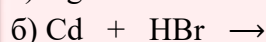
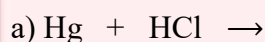
Слика 6.4. Цинкот реагира со воден раствор од бакар(II) сулфат, растворот се обезбојува, а на цинковата плочка се издвојува елементарен бакар.

На сликата 6.3. е претставен мал дел од електрохемиската низа на металите, а во додатоците е дадена проширена верзија. На почеток на низата (лево) се наоѓаат најсилните редуковни, односно металите што најлесно се оксидираат. Тоа се алкалните и земноалкалните метали. Оваа способност опаѓа одејќи кон десно во правец на стрелката. Сите метали што се наоѓаат пред водородот во електрохемиската низа на металите се посилни редуковни од него и затоа може да го ослободуваат/истиснуваат водородот од киселините, а оние што се наоѓаат по него немаат таква способност. Тоа се полублагородните и благородните метали.

Покрај тоа, секој метал што е пред другите метали во електрохемиската низа може да ги редуцира металните јони од раствори на соли на металите што се наоѓаат по него во низата. Затоа, некои метали реагираат и со водни раствори од соли на други метали. На пример, елементарниот цинк може да издвои железо од раствори на соли на железото, бидејќи тој е посилен редуктор од железото, но не може да издвои алуминиум (да ги редуцира алуминиумовите јони) од раствори на соли на алуминиум, бидејќи е послаб редуктор од него. Ова ќе го разгледаме низ следниве примери.

**Пример 6.12.** Определи дали е можна реакција меѓу дадените реактанти, и онаму каде што е можна, напиши израмнета равенка на реакцијата.

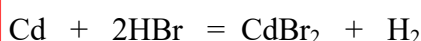
Дадени се следниве реактанти:



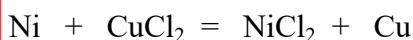
**Решение:**

а) Живата се наоѓа по водородот во електрохемиската низа на металите, па според тоа, не може да го редуцира и да го ослободува од киселините. Значи, реакција не се случува.

б) Реакцијата претставена со оваа равенка може да се одвива бидејќи кадмиумот се наоѓа пред водородот во електрохемиската низа на металите и претставува посилен редуктор од него. Затоа, кадмиумот ќе може да го истисне водородот од растворите на киселините според следнава равенка на реакција:



в) Никелот се наоѓа пред бакарот во електрохемиската низа на металите, а тоа значи дека е посилен редуктор од него. Затоа може да го редуцира, односно да го издвојува од растворите на неговите соли. Реакцијата може да тече и да се изрази со следнава равенка:



г) Среброто е по калиумот во електрохемиската низа на металите, а тоа значи дека е послаб редуктор од него и затоа не може да го редуцира, т.е. да го истисне од неговата сол. Затоа, не се одвива реакција меѓу сребро и раствори на калиумови соли.



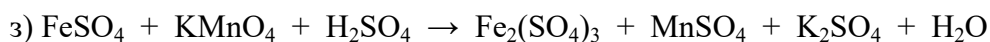
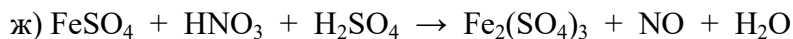
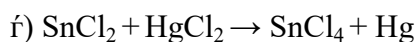
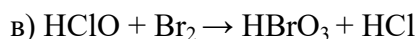
## ДОЗНАЈ ПОВЕЌЕ: Техничко значење на редокс процесите

При редокс процесите се пренесуваат електрони, па затоа тие може да се доведат во врска со електричната струја, која претставува насочено движење на електроните. Затоа, овие реакции наоѓаат огромна практична примена. Ако при еден редокс процес, металите меѓу кои се пренесуваат електрони се поврзат со метална жица и истите се потопат во раствори од свои соли, се добиваат уреди за добивање еднонасочна струја. Такви се батериите и акумулаторите, кои ти се познати од секојдневниот живот. Значи, редокс реакциите може да ги користиме за добивање еднонасочна струја. Покрај тоа, со оксидационо-редукциони процеси се добиваат голем број метали во елементарна состојба. Овој процес е спротивен од претходниот, а се нарекува електролиза, бидејќи под дејство на електрична струја се случува разложување на супстанцата. Станува збор за редокс процес, бидејќи јоните на некој растворен или стопен електролит се оксидираат и се редуцираат на електродите.

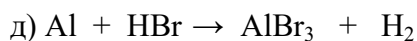
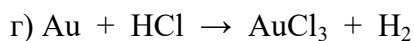
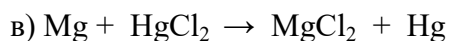
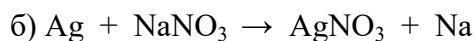
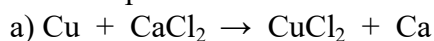
За жал, оксидационо-редукциони реакции се случуваат и при некои процеси што се штетни. Таков процес е корозијата на металите, при кој под дејство на влагата и кислородот од воздухот, металите се оксидираат и ги губат металните својства.

## ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Определи ги оксидационите броеви на атомите на елементите во:  $\text{HBr}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_3$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{LiI}$ ,  $\text{Ni(OH)}_2$ ,  $\text{HBrO}_3$ ,  $\text{PbO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Sn(OH)}_4$ ,  $\text{FeF}_3$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ,  $\text{CaS}$ ,  $\text{CrO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{Zn(NO}_3)_2$ ,  $\text{NiCl}_2$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ .
2. При некоја реакција, оксидациониот број на хлорот се променил од +5 во -1. Одговори на следниве прашања:
  - а) Дали атомот на хлорот примил или испуштил електрони?
  - б) Колку електрони примил, односно испуштил?
  - в) Дали тој се оксидирал или се редуцирал?
3. Која од наведените промени на оксидационите броеви укажува на оксидација, а која на редукција?
  - а) од -3 во -5
  - б) од -2 во +4
  - в) од 0 во -4
  - г) од +2 во -4
4. Која супстанца е оксидационо, а која редукционо средство во реакциите претставени со следниве неизрамнети равенки?
  - а)  $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2$
  - б)  $\text{HNO}_3 + \text{S} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
  - в)  $\text{CdS} + \text{I}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{CdCl}_2 + \text{HI} + \text{S}$
5. Израмни ги следниве равенки на редокс реакции со помош на електронска шема и определи која супстанца е оксидационо, а која е редукционо средство:
  - а)  $\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$



6. Определи со кои равенки се претставени реакции што може да се одвиваат, а потоа израмни ги.



## РЕЗИМЕ

- **Оксидационен број** е број што се припишува на атомите на елементите во една молекула, јон или формулна единка. Оксидациониот број се означува со арапска цифра со предзнак + или - над симболот на елементот.
- **Оксидација** претставува процес на **оддавање електрони**.
- **Редуција** претставува процес на **примање електрони**.
- **Оксидационо-редукциони (редокс) реакции** се оние што се одвиваат со пренос на електрони од една супстанца на друга.
- **Редукично средство (редуктор)** е супстанцата што се оксидира.
- **Оксидационо средство (оксидант)** е супстанцата што се редуцира.
- Во редокс реакциите, **оксидациониот број на атомот на елементот што оддава електрони се зголемува**.
- Во редокс реакциите, **оксидациониот број на атомот на елементот што прима електрони се намалува**.
- Во редокс реакциите, **вкупниот број оддадени електрони е еднаков со вкупниот број примени електрони**.
- **Електрохемиска низа на металите** е низа во која металите се подредени според својата способност да се оксидираат, односно да дејствуваат како редуктори.



## Модуларна единица 7

# ОСНОВИ НА ОРГАНСКАТА ХЕМИЈА

Со изучување на содржините од модуларната единица „Основи на органската хемија“ се очекува ученикот/ученичката да биде способен/-а да:

- ♦ дефинира поим органска хемија и органски соединенија и ги претставува органските соединенија со различни видови формули и модели;
- ♦ класифицира органски соединенија според составот, според структурата на јаглеродната низа и според функционалната група;
- ♦ дефинира поим за изомери и изомерија и набројува и препознава видови структурна изомерија;
- ♦ дефинира и препознава видови јаглеводороди, хомологија и хомолошки низи на различни јаглеводороди.

Содржини:

- ♦ Вовед во органската хемија
- ♦ Претставување на органските соединенија
- ♦ Класификација на органските соединенија
- ♦ Структурна изомерија кај органските соединенија
- ♦ Јаглеводороди
- ♦ Хомологија и хомолошки низи на различни јаглеводороди

Поими:

- |                                       |                                          |                                     |
|---------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------|
| • Органска хемија                     | • Единечна врска                         | • Изомерија на функционалните групи |
| • Органски соединенија                | • Двојна врска                           | • Ациклични јаглеводороди           |
| • Емпириска формула                   | • Тројна врска                           | • Циклични јаглеводороди            |
| • Молекулска формула                  | • Хидроксилна група                      | • Алкани                            |
| • Структурна формула                  | • Алдехидна група                        | • Алкени                            |
| • Рационална структурна формула       | • Кето група                             | • Алкини                            |
| • Јаглеводороди                       | • Карбоксилна група                      | • Циклоалкани                       |
| • Кислородни органски соединенија     | • Амино група                            | • Циклоалкени                       |
| • Азотни органски соединенија         | • Нитро група                            | • Заситени јаглеводороди            |
| • Сулфурни органски соединенија       | • Изомер                                 | • Незаситени јаглеводороди          |
| • Ациклични органски соединенија      | • Изомерија                              | • Хомологија                        |
| • Циклични органски соединенија       | • Структурна изомерија                   | • Хомолошка низа                    |
| • Карбоциклични органски соединенија  | • Изомерија на низа (скелетна изомерија) |                                     |
| • Хетероциклични органски соединенија | • Положбена изомерија                    |                                     |

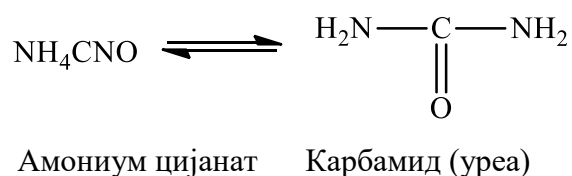


## ВОВЕД ВО ОРГАНСКАТА ХЕМИЈА

Во денешно време, во медиумите и на социјалните мрежи сè почесто се зборува за органска храна, органски лекови, органски материјали итн. Терминот „органски/-а“ се употребува со цел да се нагласи дека овие материјали се произведени од природни сировини, по природен пат, без да се додаваат вештачки добиени хемикалии. Можеби ќе ви звучи чудно, но овој термин почнал да се употребува уште пред три века, речиси со исто значење.

На почетокот на 19-тиот век, шведскиот хемичар Јан Јакоб Берцелиус (Jöns Jacobs Berzelius) во хемијата го вовел поимот „животна сила“ (*vis vitalis*), која постои во живите организми. Овој поим бил поврзан со т.н. *виталистичка теорија*, според која соединенијата во живите организми настануваат *единствено* под дејство на животната сила и не може да се добијат надвор од нив. Затоа, соединенијата што постојат во живите организми тогашните хемичари ги нарекле **органски соединенија**, а оние што постојат надвор од нив ги нарекле **неоргански соединенија**. Во прилог на оваа поделба зборувал и фактот што неорганските од органските соединенија се разликувале во голем број својства.

Меѓутоа, во 1828 година, германскиот научник Фридрих Велер (Friedrich Wöhler), загревајќи го неорганското соединение амониум цијанат, добил карбамид (уреа). Оваа супстанца претставува еден од продуктите на разложување на белковините, а се исфрла со урината. Самата реакција е многу едноставна и може да се претстави со следнава равенка:



Сл. 7.1. Фридрих Велер (Friedrich Wöhler)

Иако Велеровата синтеза на карбамид е многу едноставна, таа направила вистинска револуција во хемијата. Нејзиното значење е огромно затоа што покажала дека органските соединенија може да се синтетизираат и надвор од живите организми, како и дека може да се добијат од неоргански супстанции. Велеровата синтеза на карбамид значела крај на виталистичката теорија, но истовремено претставувала поттик да се синтетизираат и други познати органски супстанции, како и сосема нови соединенија, од кои голем број со специфични својства. Поделбата на соединенијата на органски и неоргански се задржала до денес, но значењето на поимот *органски соединенија* битно се изменил. Така, денес:

*Органските соединенија претставуваат соединенија на јаглеродот, со исклучок на неговите оксиди, јаглеродната киселина и нејзините соли, цијанидите и мал број други соединенија.*

Денес се познати над десет милиони органски соединенија, а нивниот број секојдневно расте. Значењето на органските соединенија за современиот живот на човекот е непроценливо. Современиот свет и животот на човекот не може да се замислат без пластични материјали, синтетички текстилни влакна, бои, лакови, растворувачи, лекови итн. Поради огромниот број органски соединенија, како и поради нивното значење, се развил посебен дел од хемијата што се нарекува органска хемија.

*Делот од хемијата што ги изучува својствата, структурата, синтезата и примената на органските соединенија се нарекува органска хемија.*

Значи, органските соединенија се соединенија на јаглеродот. Освен јаглерод, во органските соединенија најчесто се содржат водород, кислород, азот, сулфур, фосфор и халогените елементи. Да докажеме некои од овие елементи со следниов експеримент:



### Експеримент

#### Докажување на јаглерод, водород, кислород и азот во органските соединенија

**Прибор и супстанции:** Шпиритусна ламба, аванче со толчник, епрувета, тапа со еднаш свиткана стаклена цевка, ерленмаер, триножник со азбестна мрежа, црвена лакмусова хартија, шеќер, белка од јајце, бакар(II) оксид, безводен бакар(II) сулфат, раствор од калциум хидроксид, 10 % раствор од натриум хидроксид, заштитни очила, заштитни ракавици.

**Постапка:** Во аванче со толчник измешај шеќер и малку бакар(II) оксид. Смесата пренеси ја во сува епрувета. Во долниот дел од смесата додај малку безводен бакар(II) сулфат. Епруветата со смесата затвори ја со тапа низ која минува еднаш свиткана стаклена цевка внесена во бистар раствор од варова вода (раствор на калциум хидроксид). Епруветата со смесата благо загревај ја. Забележи ги сите промени и евидентирај ги.

Во ерленмаер стави белка од јајце и неколку милилитри 10 % раствор од натриум хидроксид. На отворот од ерленмаерот стави навлажнета црвена лакмусова хартија. Ерленмаерот постави го на триножник и благо загревај го. Забележи што се случува со црвената лакмусова хартија.

При загревањето на органското соединение, во присуство на кислород, тоа се разложува на вода и јаглерод диоксид. Јаглерод диоксидот реагира со варовата вода, при што се добива бел талог од калциум карбонат. Ослободената вода, пак, се сврзува со безводниот бакар(II) сулфат, кој притоа преминува во кристалохидрат со сина боја. На крајот од реакцијата, несогорениот јаглерод го редуцира бакар(II) оксидот, при што се добива бакар(I) оксид, соединение со црвено-кафеава боја.

Во протеините (органски соединенија), од белката од јајцето е присутен и азот. При загревање на азотните органски соединенија во присуство на некоја неорганска база, покрај јаглерод диоксид и вода, се ослободува и амонијак. Затоа, црвената лакмусова хартија се обојува сино.

За разлика од неорганските соединенија, во чиј состав влегуваат речиси сите елементи, очигледно е дека во градбата на органските соединенија учествуваат ограничен број елементи. Но, тоа не е единствената разлика меѓу органските и неорганските соединенија. Во табелата 7.1. се дадени некои основни разлики меѓу органските и неорганските соединенија.

Табела 7.1. Разлики во својствата меѓу органските и неорганските соединенија

| Органски соединенија                                                                                            | Неоргански соединенија                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Речиси сите се ковалентно градени.                                                                              | Повеќето се јонски градени.                                    |
| Голем број од нив се гасови, течности или цврсти супстанции со ниски температури на топење (обично под 360 °C). | Повеќето се цврсти супстанции со високи температури на топење. |
| Повеќето се нерастворливи во вода.                                                                              | Повеќето се растворливи во вода.                               |
| Повеќето се растворливи во органски растворувачи (циклохексан, толуен, етер, бензен и др.).                     | Речиси сите се нерастворливи во органски растворувачи.         |
| Водните раствори не спроведуваат електричество.                                                                 | Водните раствори спроведуваат електричество.                   |
| Речиси сите горат, при што се разложуваат.                                                                      | Само мал број согоруваат.                                      |
| Реакциите во кои учествуваат се бавни.                                                                          | Реакциите во кои учествуваат најчесто се брзи.                 |

Разликите во својствата меѓу органските и неорганските соединенија се должат на разликите во составот, типот на хемиски врски што е застапен во нивните соединенија и во структурата. Органските соединенија речиси во сите случаи се изградени од неметали, па затоа во органските соединенија доминира ковалентната врска, која ги диктира својствата на органските соединенија. Но, мора да нагласиме дека, иако постојат разлики меѓу својствата на неорганските и органските соединенија, и едните и другите се покоруваат на истите универзални закони што важат во хемијата.

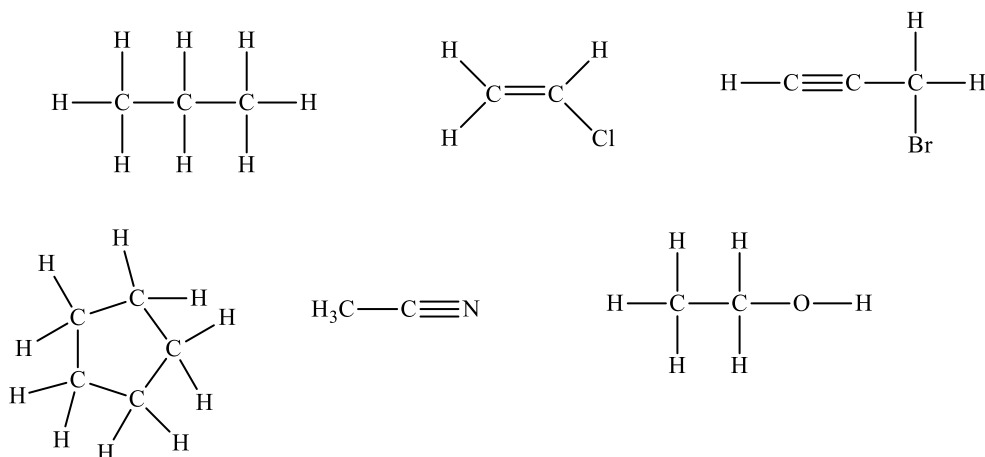
## ПРЕТСТАВУВАЊЕ НА ОРГАНСКИТЕ СОЕДИНЕНИЈА

Кога зборуваме за пресметување по хемиска формула, кажавме дека неорганските соединенија најчесто се претставуваат со **емпириски (наједноставни) формули**, т.е. формули во кои индексите претставуваат најмал целоброен однос на количествата на елементите. Меѓутоа, органските соединенија се претставуваат со повеќе различни видови формули, а емпиriskите формули речиси и не се користат. Кај органските соединенија, употребата на ваквите формули не е погодна, бидејќи една иста емпириска формула може да имаат голем број соединенија. Затоа, наместо емпириски формули, во органската хемија се користат **молекулски формули**. Овие формули, како што знаеш, го даваат точниот број атоми од секој елемент што влегува во состав на молекулата на соединението.

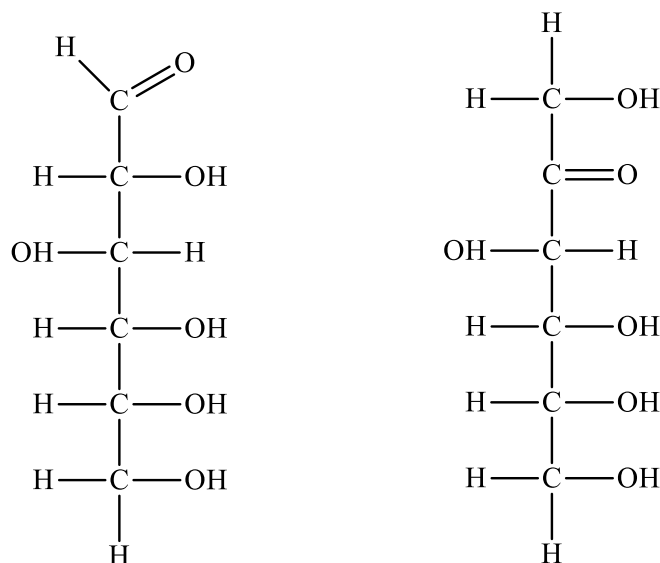
На пример, со емпиriskата формула  $\text{CH}_2\text{O}$  се опфатени сите соединенија од класата на т.н. моносахариди. Тие се многубројни, а нивните молекулски формули се:  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ ,  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_4$ ,  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$ ,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ,  $\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_7$ . Со емпиriskата формула  $\text{CH}$  може да се претстави соединението етин, но и соединението бензен. Молекулската формула, пак, на етинот е  $\text{C}_2\text{H}_2$ , а на бензенот  $\text{C}_6\text{H}_6$ .

Всушност, ни молекулските формули не ги задоволуваат потребите за добивање на потребните информации, бидејќи и со нив, честопати, може да се претстават две или повеќе соединенија. На пример, молекулската формула  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  може да биде формула на соединенијата глюкоза, фруктоза, галактоза, маноза итн. Затоа, во органската хемија најчесто се користат **структурни формули** што ги покажуваат распоредот и начинот на поврзување на атомите во молекулата.

Пред да разгледаме неколку примери на структурни формули, да се потсетиме на некои факти што ги учеше во основното образование. Како што знаеш, **јаглеродниот атом во сите органски соединенија е четиривалентен**, односно образува четири ковалентни врски, било со други јаглеродни атоми или со атоми од друг вид. Притоа, со нив **тој може да образува еднечни, двојни или тројни врски**. Покрај тоа, **јаглеродните атоми може да се сврзуваат во отворени и во затворени низи**. Подолу се дадени примери на различни структурни формули.



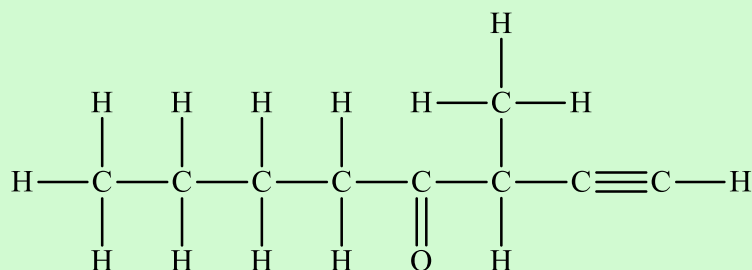




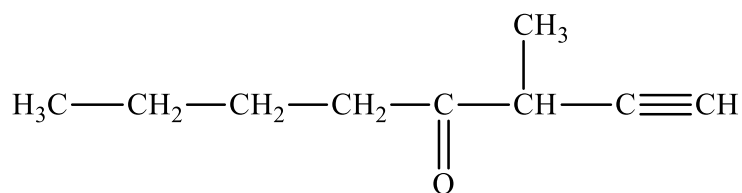
Структурните формули на органските соединенија честопати се многу гломазни и непогодни за претставување. Со цел да се избегне ова, наместо структурни формули се користат **рационални структурни формули**, кои понекогаш се нарекуваат и кондензирани формули. Во рационалните формули, врските меѓу јаглеродните и водородните атоми не се прикажуваат со валентни цртички, бидејќи се знае дека водородот може да образува само единечна врска. Рационалните формули може уште повеќе да се поедностават, така што не се пишуваат ниту единечните врски меѓу C-атомите што образуваат низа. Во некои случаи, доколку се повторува групата  $-\text{CH}_2-$ , таа може да се стави во заграда и со број во индекс да се означи колку пати се повторува.

Во рационалните формули се цртаат двојната и тројната врска, а се означуваат и врските со другите видови атоми. Да го разгледаме тоа во следниов пример:

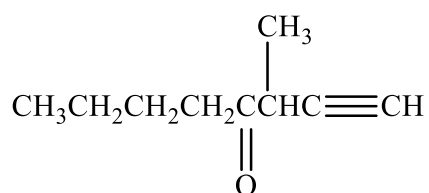
**Пример 7.1.** Напиши три вида рационални формули за следнава структурна формула.



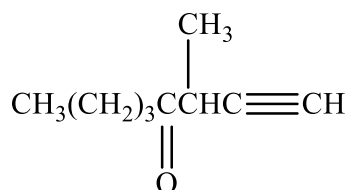
**Решение:** Најнапред, оваа формула може да се поедностави така што нема да се напишат валентните цртички меѓу јаглеродните и водородните атоми.



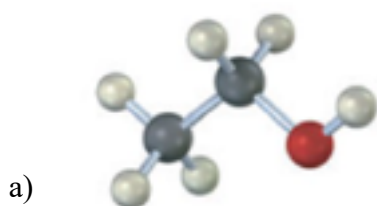
Потоа, може да не ги напишеме единечните врски меѓу јаглеродните атоми што се сврзани во низа.



Најпосле, групата  $-\text{CH}_2-$ , која во оваа формула се повторува трипати, ќе ја запишеме како  $(\text{CH}_2)_3$ , па рационалната формула ќе ја напишеме на следниов начин:



Постојат и други видови формули што се уште поедноставни, а и такви со кои се претставува тридимензионалниот распоред на атомите во просторот. Овде уште ќе спомнеме дека во органската хемија многу често се користат различни молекулски модели, за кои си учел уште во основното образование. Најчесто користените модели во органската хемија се моделите со топчиња и стапчиња. Да се потсетиме, кај овие модели, атомите на различните елементи се претставуваат со топчиња со различна големина и боја, а врските се претставуваат со стапчиња со различна должина во зависност од тоа дали станува збор за единечни, двојни или тројни врски. Овие модели се особено погодни за претставување на аглиите во молекулата. Освен овие модели, во органската хемија се користат и т.н. модели со калоти (калотата е пресечена топка!). Овие модели се особено важни кога сакаме да го прикажеме препокривањето на електронските облаци во молекулата. На сликата 7.2. се дадени модел со топчиња и стапчиња и модел со калоти за молекулата на етанолот,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ .



Слика 7.2. Молекулски модел на етанол претставен со: а) топчиња и стапчиња и б) калоти.

# КЛАСИФИКАЦИЈА НА ОРГАНСКИТЕ СОЕДИНЕНИЈА

Кажавме дека бројот на органски соединенија надминува десет милиони, а нивниот број секојдневно расте. Токму затоа, при изучувањето на органските соединенија, научниците се соочуваат со проблемот на нивна класификација и систематизација. Со цел органските соединенија полесно да се изучуваат, тие се поделени на различни класи. Класификацијата може да се направи на различни начини, па затоа едно исто соединение може да припаѓа на повеќе различни класи. Најчесто, класификацијата на органските соединенија се базира на составот, структурата и хемиското однесување. Да ги разгледаме различните начини на класификација на органските соединенија.

## 1. Класификација *според составот*

Според елементите што влегуваат во составот на органските соединенија, тие се поделени во следниве неколку класи:

- ♦ **Јаглеводороди** – органски соединенија што содржат само јаглерод и водород. На пример:  $C_5H_{12}$ ,  $C_7H_{14}$ ,  $C_3H_4$  итн.
- ♦ **Кислородни** органски соединенија – соединенија, кои освен јаглерод и водород, содржат и кислород. На пример:  $C_2H_6O$ ,  $CH_2O$ ,  $C_4H_4O$  итн.
- ♦ **Азотни** органски соединенија – соединенија, кои освен јаглерод и водород, содржат и азот, вклучително и оние што содржат и кислород. На пример:  $C_6H_7N$ ,  $C_2H_6N_2$ ,  $C_6H_5NO_2$  итн.
- ♦ **Сулфурни** органски соединенија – соединенија, кои освен јаглерод и водород, содржат и сулфур, а може да содржат и кислород. На пример:  $C_2H_6S$ ,  $C_4H_4S$ ,  $C_6H_5SO_3$  итн.

## 2. Класификација *според структурата на јаглеродната низа*

Органските соединенија може да се класифицираат и според тоа дали јаглеродните атоми се сврзани во отворени или во затворени низи. Врз основа на ова, тие може да се поделат во две големи класи:

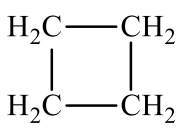
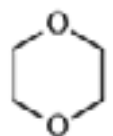
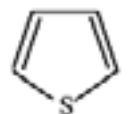
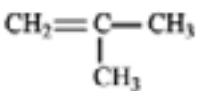
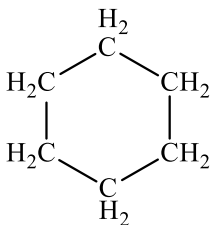
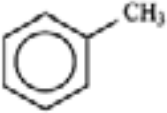
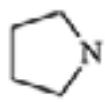
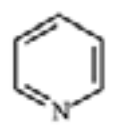
- ♦ **Ациклични соединенија** – органски соединенија во кои јаглеродните атоми се поврзани во отворена низа.
- ♦ **Циклични соединенија** – органски соединенија во кои јаглеродните атоми се поврзани во затворена низа – прстен.

Понатаму, цикличните соединенија може да се поделат според тоа дали прстенот е изграден само од јаглеродни атоми или, пак, содржи и некој друг вид (видови) атоми. Според ова, цикличните соединенија се делат на:

- ♦ **Карбоциклични** – циклични соединенија кај кои прстенот се состои само од јаглеродни атоми.
- ♦ **Хетероциклични** – циклични соединенија кај кои, освен јаглеродни атоми, во образувањето на прстенот учествуваат и друг вид (видови) атоми.

Освен според составот, цикличните соединенија може да се поделат и според некои структурни карактеристики што влијаат врз нивното хемиско однесување. Врз основа на ова својство (за него ќе стане збор подоцна), цикличните соединенија се делат на **алициклични** и **ароматични**.

Табела 7.2. Класификација на органските соединенија според структурата на јаглеродната низа.

| АЦИКЛИЧНИ                                                                          | ЦИКЛИЧНИ                                                                           |                                                                                    |                                                                                      |                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                    | Карбоциклични                                                                      |                                                                                    | Хетероциклични                                                                       |                                                                                      |
|                                                                                    | Алициклични                                                                        | Ароматични                                                                         | Неароматични                                                                         | Ароматични                                                                           |
| $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$                                              |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                      |                                                                                      |
| $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$                                                |   |   |   |   |
| $\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$                                  |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                      |                                                                                      |
|  |  |  |  |  |

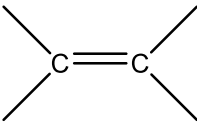
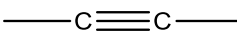
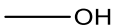
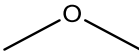
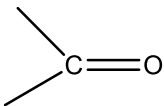
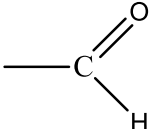
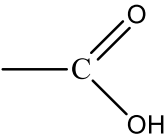
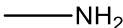
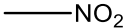
### 3. Класификација според функционалната група

Оваа поделба на органските соединенија најчесто се применува при нивното изучување, затоа што токму функционалната група е таа што ги определува својствата на соединенијата. Имено,

**Функционална група претставува атом или атомска група во составот на едно органско соединение од која зависат хемиските својства на соединението и голем дел од физичките својства на соединението.**

Поделбата на органските соединенија според функционалните групи е дадена во следнава табела.

Табела 7.3. Класификација на органските соединенија според функционалната група

| Функционална група                                                                  | Име на функционалната група | Класа на соединенија што ја содржат |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
|    | Двојна врска                | Алкени, диени, циклоалкени          |
|    | Тројна врска                | Алкини, циклоалкини                 |
|    | Хидроксилна група           | Алкохоли, феноли                    |
|    | Етерска група               | Етери, гликозиди                    |
|   | Карбонилна (кето) група     | Кетони                              |
|  | Алдехидна група             | Алдехиди                            |
|  | Карбоксилна група           | Карбоксилни киселини                |
|  | Амино група                 | Амини, аминокиселини, амиди         |
|  | Нитро група                 | Нитро соединенија                   |

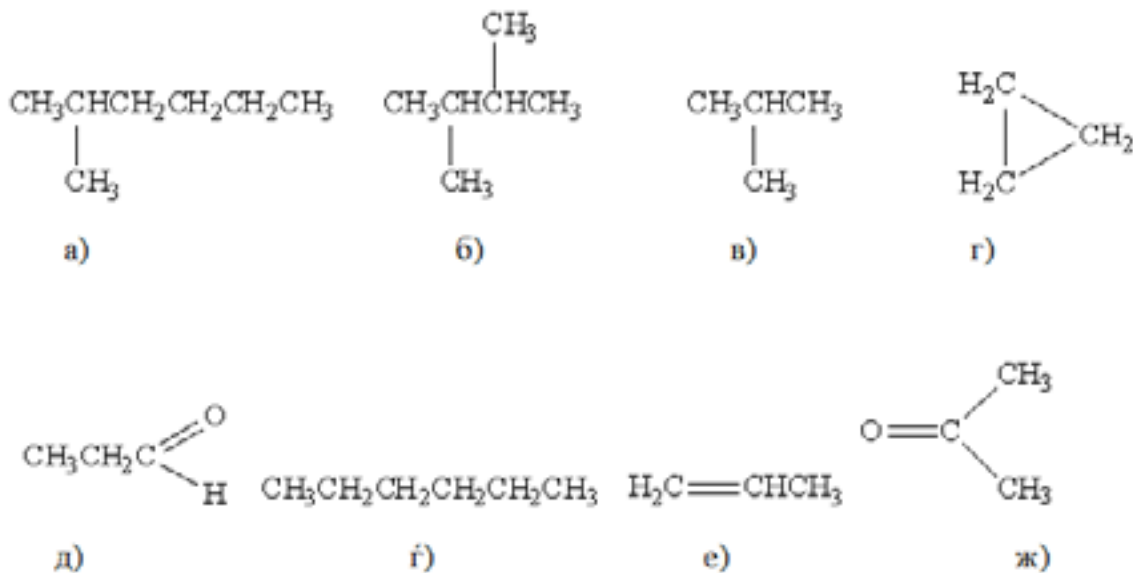
## СТРУКТУРНА ИЗОМЕРИЈА КАЈ ОРГАНСКИТЕ СОЕДИНЕНИЈА

Огромниот број органски соединенија се должи и на една многу важна појава меѓу органските соединенија што се нарекува **изомерија**. Како што видовме, во голем број случаи, две или повеќе органски соединенија може да имаат иста молекулска формула. Но, бидејќи станува збор за различни соединенија, тие ќе покажуваат различни физички и/или хемиски својства. Тоа се должи на различната структура на нивните молекули или на различниот просторен распоред на атомите во молекулите. Значи, може да кажеме дека

*Појавата две или повеќе соединенија да имаат иста молекулска формула, а различни својства, што се должи на различната структура или различниот просторен распоред на атомите и атомските групи, се нарекува изомерија, а ваквите соединенија се нарекуваат изомери.*

Следниов пример ќе ти покаже како, врз основа на дадени структурни или рационални формули, да определиш дали некои соединенија се изомери.

**Пример 7.2.** Определи кои од соединенијата, претставени со следниве формули, се изомери.



**Решение:** Изомерните соединенија мора да имаат иста молекулска формула. Според тоа, за секое од соединенијата претставени со рационални формули треба да ја определиме молекулската формула и да ја споредиме со молекулските формули на другите соединенија. Така, лесно може да заклучиме дека изомери се соединенијата:

- б) и г) бидејќи имаат иста молекулска формула, C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>;
- г) и е) бидејќи имаат иста молекулска формула, C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>;
- д) и ж) бидејќи имаат иста молекулска формула, C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O.

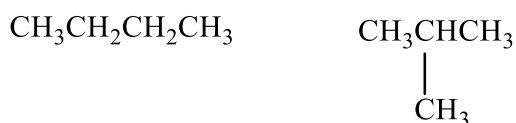
Изомеријата може, главно, да ја поделиме на две големи групи: структурна изомерија и стереоизомерија. Овде ќе стане збор само за првиот вид изомерија, за која ќе кажеме дека:

*Структурна изомерија е таков тип изомерија што се должи на различниот распоред на атомите во молекулите на изомерите.*

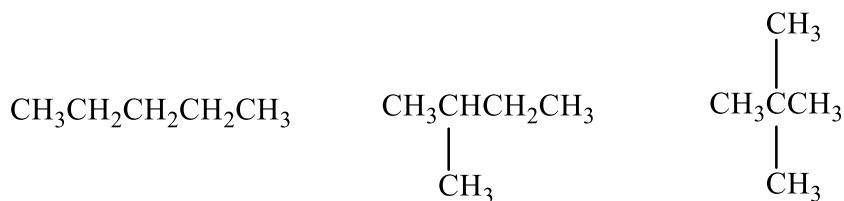
Во неа спаѓаат: изомерија на низата (скелетна изомерија), положбена изомерија и изомерија на функционалните групи. Ќе ги разгледаме поодделно сите овие видови изомерија.

- ♦ **Изомерија на низата (скелетна изомерија)** е таков вид структурна изомерија што се јавува поради различниот распоред на C-атомите во јаглеродната низа. Примери:

а) Постојат два скелетни изомери со молекулска формула  $C_4H_{10}$ .

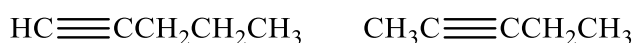


б) Постојат три скелетни изомери со молекулска формула  $C_5H_{12}$ .

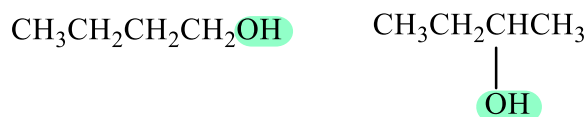


- ♦ **Положбена изомерија** е вид структурна изомерија што се јавува поради различната положба на функционалната група во молекулата на соединението. Примери:

а) Молекулската формула на двете соединенија подолу е  $C_5H_8$ . Тие се положбени изомери, бидејќи се разликуваат според местоположбата на тројната врска во нивните молекули.



б) Молекулската формула на двете соединенија подолу е  $C_4H_{10}O$ . Тие се положбени изомери, бидејќи се разликуваат според местоположбата на хидроксилната група во нивните молекули.

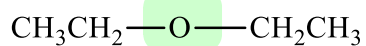


- ♦ **Изомерија на функционалните групи** е вид структурна изомерија што ја покажуваат соединенија што имаат исти молекулски формули, но во својот состав содржат различни функционални групи, односно припаѓаат на различни класи органски соединенија. Кај ваквите изомери, разликите во физичките и во хемиските својства се најизразени.



Примери:

а) Молекулската формула на соединенијата претставени со двете формули подолу е  $C_4H_{10}O$ , што значи дека се изомери. Соединението означено со I содржи етерска функционална група ( $-O-$ ), што значи дека припаѓа на класата етери, а другото (II), хидроксилна група ( $-OH$ ), што значи дека припаѓа на класата алкохоли. Затоа, тие меѓу себе се функционални изомери.

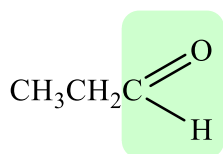


I

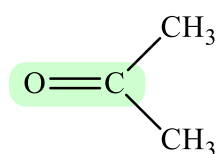


II

б) И следните две соединенија се функционални изомери, а нивната молекулска формула е  $C_3H_6O$ . Меѓутоа, соединението I припаѓа на класата алдехиди, бидејќи содржи алдехидна функционална група, а соединението II припаѓа на класата кетони, бидејќи содржи карбонилна (кето) група.



I



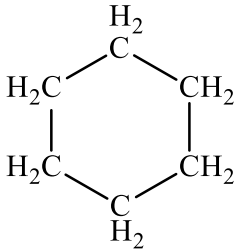
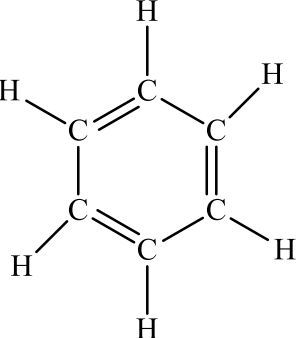
II

# ЈАГЛЕВОДОРОДИ

Кога зборувавме за класификација на органските соединенија според составот, кажавме дека **јаглеводороди** се органски соединенија **изградени само од два елемента: јаглерод и водород**. Изучувањето на класите органски соединенија, вообичаено, започнува со јаглеводородите, бидејќи тие се наједноставните соединенија според составот. Од нив може да се изведат сите останати класи органски соединенија.

Но, иако според составот се многу едноставни, бројот на јаглеводороди е огромен, бидејќи постојат голем број можности за варијации во структурата, кои се должат на можноста за меѓусебно сврзување на јаглеродните атоми со единечна, двојна и тројна врска, како и во отворени и затворени низи. Затоа, во големата класа јаглеводороди припаѓаат повеќе други класи органски соединенија што се разликуваат според структурата на низата и според функционалната група, односно според присуството на единечна, двојна или тројна врска. Поделбата на јаглеводородите е дадена во табелата 7.4.

Табела 7.4. Поделба на јаглеводородите.

| ЈАГЛЕВОДОРОДИ                                                       |                                                                    |                                                                                      |                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Ациклични                                                           |                                                                    | Циклични                                                                             |                                                                                       |
| Заситени                                                            | Незаситени                                                         | Алициклични                                                                          | Ароматични                                                                            |
| <b>Алкани</b><br><br>$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ | <b>Алкени</b><br><br>$\text{H}_2\text{C}=\text{CHCH}_2\text{CH}_3$ |  |  |
|                                                                     | <b>Алкини</b><br><br>$\text{HC}\equiv\text{CCH}_2\text{CH}_3$      |                                                                                      |                                                                                       |

За ароматичните соединенија нема да зборуваме, но за останатите класи јаглеводородни соединенија што се дадени во табелата 7.4. ќе кажеме некои основни податоци. Освен овие јаглеводороди, постојат и други класи јаглеводороди, како што се диени, полиени и други, но и за нив нема да зборуваме овде.

## ХОМОЛОГИЈА И ХОМОЛОШКИ НИЗИ НА РАЗЛИЧНИ ЈАГЛЕВОДОРОДИ

Видовме дека јаглеводородите со отворени низи се поделени на заситени јаглеводороди и незаситени јаглеводороди. **Заситени јаглеводороди** се оние јаглеводороди што содржат максимален број водородни атоми за определен број јаглеродни атоми. Тоа значи дека сите јаглеродни атоми меѓу себе мора да бидат сврзани со единечна врска. Единствени такви јаглеводороди со отворена низа се т.н. **алкани**. Значи:

*Алканите се ациклични јаглеводороди во чии молекули се содржат само единечни ковалентни врски, како меѓу јаглеродните и водородните атоми, така и меѓу самите јаглеродни атоми.*

Молекулските и рационалните формули на првите десет алкани се дадени во табелата 7.5.

Табела 7.5. Молекулски, рационални формули и имиња на првите десет алкани.

| Број на С-атоми | Молекулска формула              | Рационална формула                                                                                                                                              | Име    |
|-----------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1               | CH <sub>4</sub>                 | CH <sub>4</sub>                                                                                                                                                 | Метан  |
| 2               | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>   | CH <sub>3</sub> CH <sub>3</sub>                                                                                                                                 | Етан   |
| 3               | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>   | CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>                                                                                                                 | Пропан |
| 4               | C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>  | CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>                                                                                                 | Бутан  |
| 5               | C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>  | CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>                                                                                 | Пентан |
| 6               | C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>  | CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>                                                                 | Хексан |
| 7               | C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>  | CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>                                                 | Хептан |
| 8               | C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>  | CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>                                 | Октан  |
| 9               | C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>  | CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>                 | Нонан  |
| 10              | C <sub>10</sub> H <sub>22</sub> | CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> | Декан  |

Доколку внимателно се разгледаат формулите на соединенијата дадени во табелата, лесно може да се заклучи дека секое следно соединение се разликува од претходното за една –CH<sub>2</sub>–група, која се нарекува **метиленска група**. Ваквата појава се нарекува **хомологија**.

*Хомологија е појава при која соединенијата од иста класа се разликуваат во својот состав за една или повеќе метиленски групи.*

Доколку соединенијата што се хомологни се наредат во низа според растење на бројот на С-атоми се добива т.н. **хомолошка низа**.

Од рационалните формули во табелата 7.4. се гледа дека почнувајќи од алканот со три С-атома, за секој С-атом се сврзуваат два водородни атома, а на крајните два С-атома се сврзани по три водородни атома. Оттука може да заклучиме дека, за алкан што содржи определен број С-атоми (n) во молекулата, **општата формула на хомолошката низа на алканите е:**



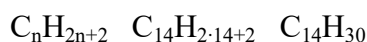
Знаејќи ја општата формула на хомолошката низа на алканите, лесно може да се определи молекулската формула на секој од членовите во низата. Да го разгледаме тоа низ следниов пример.

### Пример 7.2.

- а) Која е молекулската формула на алканот што во својата молекула содржи 14 јаглеродни атоми?
- б) Колкав е бројот на јаглеродните атоми во молекулата на алканот што содржи 24 водородни атоми?

### Решение:

а) Во општата формула на хомолошката низа на алканите, за n ќе ја внесеме вредноста за бројот на С-атоми, т.е. 14.



**Одговор:** Молекулската формула на алканот, кој во својата молекула содржи 14 јаглеродни атоми, е  $\text{C}_{14}\text{H}_{30}$ .

б) Бројот на водородните атоми во општата формула на хомолошката низа на алканите се пресметува според изразот  $2n + 2$ , каде што со n е означен бројот на јаглеродните атоми. Значи:

$$2n + 2 = 24 \quad \text{оттука, } n = (24 - 2)/2 = 11$$

**Одговор:** Бројот на јаглеродните атоми во молекулата на алканот, која содржи 24 водородни атоми, изнесува 11.

Овде ќе кажеме уште неколку збора во врска со именувањето на алканите. Притоа, нема да навлегуваме во правилата за номенклатура на органските соединенија, само ќе кажеме дека во имињата на сите алкани се содржи наставката **-ан**. Првите четири члена од хомолошката низа на алканите имаат тривијални имиња, но и тие ја содржат наставката -ан. Имињата на повисоките членови се образуваат така што наставката -ан се додава кон коренот на грчкиот збор што го означува бројот на јаглеродните атоми во молекулата на алканот (види табела 7.5.).

Другите две класи јаглеводороди со отворени низи се **алкените** и **алкините**. Тие спаѓаат во т.н. незаситени јаглеводороди бидејќи не содржат максимален можен број водородни атоми во однос на јаглеродните. Тоа се должи на постоењето повеќекратни врски меѓу два јаглеродни атома во составот на нивните молекули. Да ги дефинираме алкените и алкините:

*Алкени се ациклични јаглеводороди во чии молекули постои една двојна врска меѓу два јаглеродни атома. Алкини, пак, се ациклични јаглеводороди во чии молекули постои една тројна врска меѓу два јаглеродни атома.*

Откако од примерот на алканите научивме што е хомолошка низа, лесно може да изведеме заклучоци за општите формули на алкените и алкините. Така, ако тргнеме од молекулата на некој алкан (со исклучок на метан, бидејќи содржи само еден С-атом), за да се образува една двојна врска меѓу два С-атома, треба да се отстранат два водородни атома, бидејќи јаглеродот е секогаш четиривалентен! Според тоа, алкените содржат два водородни атома помалку од алканите, па општата формула на нивната хомолошка низа ќе биде  $C_nH_{2n}$ . Кај, алкините, пак, бројот на водородните атоми е помал за два во однос на алкените, т.е. за четири во однос на алканите, бидејќи кај нив постои тројна врска меѓу два јаглеродни атома. Значи, за општите формули на овие две хомолошки низи може да напишеме:

Општа формула на хомолошката низа на алкените:  $C_nH_{2n} \quad n \geq 2$

Општа формула на хомолошката низа на алкините:  $C_nH_{2n-2} \quad n \geq 2$

Во табелата 7.6. се дадени молекулските и рационалните формули, како и имињата на алкените и алкините со број на С-атоми во молекулата од 2 до 10. Може да се забележи дека имињата на алкените и алкините се образуваат според истиот принцип како кај алканите, но наместо наставка -ан, **алкените** добиваат наставка **-ен**, а **алкините** ја добиваат наставката **-ин**.

Табела 7.6. Молекулски и рационални формули и имиња на алкените и алкините што содржат до десет С-атоми.

| АЛКЕНИ             |                       |           | АЛКИНИ             |                          |           |
|--------------------|-----------------------|-----------|--------------------|--------------------------|-----------|
| Молекулска формула | Рационална формула    | Име       | Молекулска формула | Рационална формула       | Име       |
| $C_2H_4$           | $H_2C=CH_2$           | етен      | $C_2H_2$           | $HC\equiv CH$            | етин      |
| $C_3H_6$           | $H_2C=CHCH_3$         | проп-1-ен | $C_3H_4$           | $HC\equiv CCH_3$         | проп-1-ин |
| $C_4H_8$           | $H_2C=CHCH_2CH_3$     | бут-1-ен  | $C_4H_6$           | $HC\equiv CCH_2CH_3$     | бут-1-ин  |
| $C_5H_{10}$        | $H_2C=CH(CH_2)_2CH_3$ | пент-1-ен | $C_5H_8$           | $HC\equiv C(CH_2)_2CH_3$ | пент-1-ин |
| $C_6H_{12}$        | $H_2C=CH(CH_2)_3CH_3$ | хекс-1-ен | $C_6H_{10}$        | $HC\equiv C(CH_2)_3CH_3$ | хекс-1-ин |
| $C_7H_{14}$        | $H_2C=CH(CH_2)_4CH_3$ | хепт-1-ен | $C_7H_{12}$        | $HC\equiv C(CH_2)_4CH_3$ | хепт-1-ин |
| $C_8H_{16}$        | $H_2C=CH(CH_2)_5CH_3$ | окт-1-ен  | $C_8H_{14}$        | $HC\equiv C(CH_2)_5CH_3$ | окт-1-ин  |
| $C_9H_{18}$        | $H_2C=CH(CH_2)_6CH_3$ | нон-1-ен  | $C_9H_{16}$        | $HC\equiv C(CH_2)_6CH_3$ | нон-1-ин  |
| $C_{10}H_{20}$     | $H_2C=CH(CH_2)_7CH_3$ | дек-1-ен  | $C_{10}H_{18}$     | $HC\equiv C(CH_2)_7CH_3$ | дек-1-ин  |

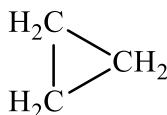
Претходно кажавме дека во големата класа јаглеводороди спаѓаат и соединија во чии молекули, јаглеродните атоми меѓу себе се сврзани во затворени низи. Доколку јаглеродните атоми се сврзани само со единечни врски, тогаш станува збор за т.н. **циклоалкани**. Значи,

*Циклоалкани се алициклични јаглеводороди во чии молекули, јаглеродните атоми што го образуваат прстенот се сврзани само со единечни врски.*

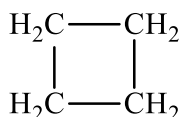
И тие, исто како и другите јаглеродороди, образуваат хомолошка низа. За да ја изведеме општата формула на хомолошката низа на циклоалканите, може да сметаме дека крајните C-атоми од еден алкан се сврзуваат меѓу себе. Но, тоа значи дека мора да се отстранат два водородни атома. Според тоа,

*Општата формула на хомолошката низа на циклоалканите е  $C_nH_{2n}$   $n \geq 3$ .*

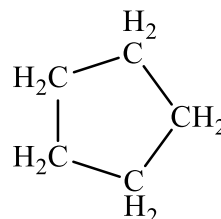
Подолу се дадени формули на неколку циклоалкани.



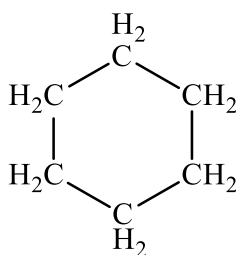
Циклопропан



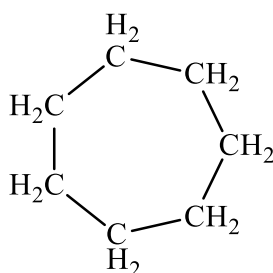
Циклобутан



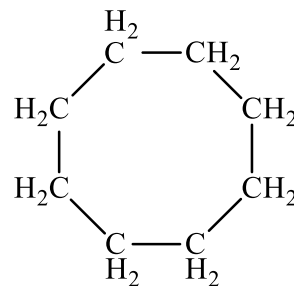
Циклопентан



Циклохексан



Циклохептан



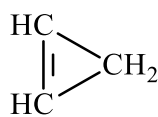
Циклооктан

Може да забележиме дека општата формула на хомолошката низа на циклоалканите е иста со онаа на алкените, со таа разлика што кај циклоалканите  $n \geq 3$ , бидејќи се потребни најмалку 3 јаглеродни атома за да може да се образува прстен. Значи, може да заклучиме дека циклоалканите и алкените меѓусебно се **функционални изомери**.

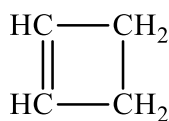
Освен циклоалкани, постојат и циклични јаглеродороди во чии молекули, два од јаглеродните атоми што го образуваат прстенот се сврзани со двојна врска. Овие соединенија се нарекуваат **циклоалкени**.

*Циклоалкени се алициклични јаглеродороди во чии молекули, два од јаглеродните атоми што го образуваат прстенот се сврзани со двојна врска.*

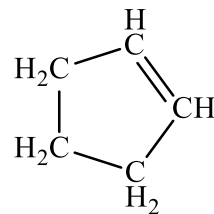
Лесно може да заклучиме дека општата формула на хомолошката низа на циклоалкените е  $C_nH_{2n-2}$  за  $n \geq 3$ , што значи дека циклоалкените се функционални изомери со алкините. Подолу се дадени формули на неколку циклоалкени.



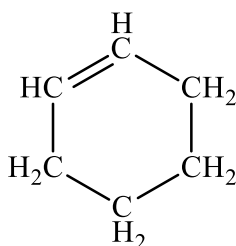
Циклопропен



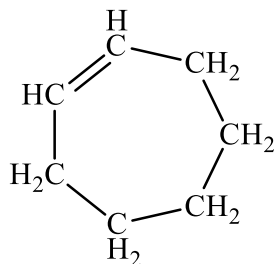
Циклобутен



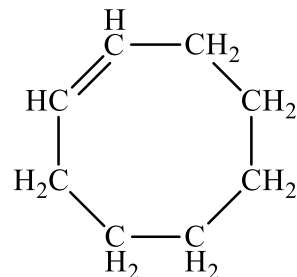
Циклопентен



Циклохексен



Циклохептен



Циклооктен

## ДОЗНАЈ ПОВЕЌЕ: *Октански број*

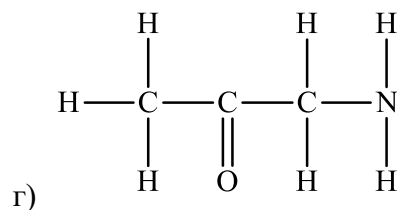
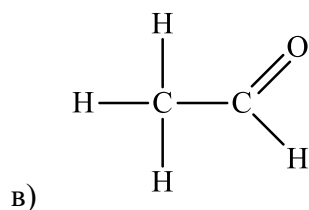
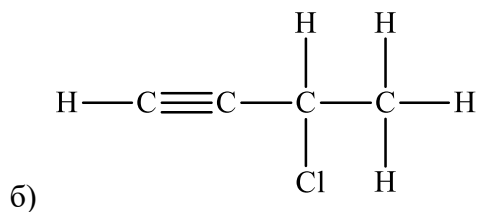
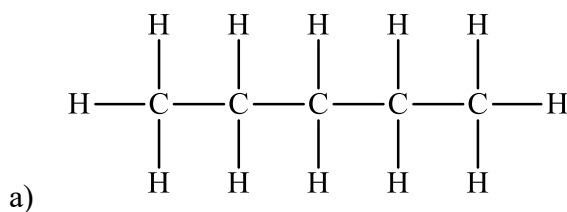
Бензинот е сложена смеса од јаглеводороди што содржат од шест до дванаесет јаглеродни атоми. Квалитетот на бензинот како гориво во моторите со внатрешно согорување се изразуваат со т.н. **октански број**. Октанскиот број е показател за тоа како согорува бензинот, односно дали при неговото согорување се појавува детонација, или, како што се нарекува, тресење на моторот. Ако поради висок степен на компресија и загревање, во цилиндерот на моторот дојде до самозапалување на горивото и детонација, ударниот бран од детонацијата го заочува движењето на клипот. Тоа доведува до загревање на моторот, нагло зголемување на притисокот и до негово оштетување. Ова, пак, многу зависи од самиот бензин, односно од јаглеводородите во неговиот состав.

За оценување на квалитетот на бензините избрани се две соединенија како референтни горива. Едно од нив е изооктан (точното име е 2,2,4-триметилпентан), кој кога согорува, покажува најмало тропане на моторот. Затоа, неговиот октански број е 100. Другиот јаглеводород е хептан кој при согорување покажува најголемо тропане на моторот. Неговиот октански број е 0. Ако некој бензин има октански број 95, тоа значи дека тој согорува исто како смеса од 95 % изооктан и 5 % хептан.



## ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Кои од следниве соединенија се органски:  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO}$ ,  $\text{HCN}$ ,  $\text{CCl}_4$ ,  $\text{Fe}(\text{CO})_5$ ,  $\text{CHBr}_3$ ,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ?
2. Нацртај ги јаглеродните скелети на молекули што се изградени од 5 C-атома сврзани во отворена и во затворена низа, во кои: а) јаглеродните атоми се сврзани само со единечни врски; б) два јаглеродни атоми образуваат двојна врска; в) два јаглеродни атоми образуваат тројна врска.
3. Дадени се молекулските формули на неколку органски соединенија: а)  $\text{C}_{14}\text{H}_{28}$ ; б)  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ ; в)  $\text{C}_4\text{H}_5\text{N}$ ; г)  $\text{C}_{10}\text{H}_{18}$ ; д)  $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ . Определи ги нивните емпирички формули.
4. За секоја од следниве рационални формули, нацртај соодветна структурна формула: а)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ ; б)  $\text{HC}\equiv\text{C}(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$ ; в)  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}=\text{CHCH}_3$ ; г)  $(\text{CH}_2)_5$  во затворена низа; д)  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{C}\equiv\text{CH}$ .
5. За следниве структурни формули, напиши соодветни рационални формули.



6. Која е молекулската формула на алканот што во својата молекула содржи 30 водородни атоми?
7. Кои од следниве формули се формули на алкани: а)  $\text{C}_3\text{H}_6$ ; б)  $\text{C}_{14}\text{H}_{26}$ ; в)  $\text{C}_9\text{H}_{20}$ ; г)  $\text{C}_{11}\text{H}_{20}$ ; д)  $\text{C}_{17}\text{H}_{34}$ ; ё)  $\text{C}_{37}\text{H}_{76}$ ; е)  $\text{C}_{15}\text{H}_{28}$ ?
8. Напиши ги молекулските и рационалните формули и нацртај ги структурните формули на алкенот и на алкинет со седум C-атома.
9. Нацртај ја структурната формула и напиши ја рационалната формула на функционалниот изомер на циклохексан.
10. Нацртај ја структурната формула на цикличниот функционален изомер на пентин.

## РЕЗИМЕ

- **Органските соединенија** претставуваат соединенија на јаглеродот, со исклучок на неговите оксиди, јаглеродната киселина и нејзините соли, цијанидите и мал број други соединенија.
- Делот од хемијата што ги изучува својствата, структурата, синтезата и примената на органските соединенија се нарекува **органска хемија**.
- **Функционална група** претставува атом или атомска група во составот на едно органско соединение од која зависат хемиските својства на соединението и голем дел од физичките својства на соединението.
- Појавата две или повеќе соединенија да имаат иста молекулска формула, а различни својства, што се должи на различната структура или различниот просторен распоред на атомите и атомските групи, се нарекува **изомерија**, а ваквите соединенија се нарекуваат **изомери**.
- **Структурна изомерија** е таков тип изомерија што се должи на различниот распоред на атомите во молекулите на изомерите.
- **Изомерија на низата (скелетна изомерија)** е вид структурна изомерија што се јавува поради различниот распоред на C-атомите во јаглеродната низа.
- **Положбена изомерија** е вид структурна изомерија што се јавува поради различната положба на функционалната група во молекулата на соединението.
- **Изомерија на функционалните групи** е вид структурна изомерија што ја покажуваат соединенија што имаат исти молекулски формули, но во својот состав содржат различни функционални групи, односно припаѓаат на различни класи органски соединенија.
- **Хомологија** е појава при која соединенијата од иста класа се разликуваат во својот состав за една или повеќе метиленски групи.
- **Јаглеводороди** се класа органски соединенија изградени само од јаглерод и водород.
- **Алканите** се ациклични јаглеводороди во чии молекули се содржат само единечни ковалентни врски, како меѓу јаглеродните и водородните атоми, така и меѓу самите јаглеродни атоми.
- **Алкени** се ациклични јаглеводороди во чии молекули постои една двојна врска меѓу два јаглеродни атоми.
- **Алкини** се ациклични јаглеводороди во чии молекули постои една тројна врска меѓу два јаглеродни атоми.

- **Циклоалкани** се алициклични јаглеводороди во чии молекули, јаглеродните атоми што го образуваат прстенот се сврзани само со единечни врски.
- **Циклоалкени** се алициклични јаглеводороди во чии молекули, два од јаглеродните атоми што го образуваат прстенот се сврзани со двојна врска.

**ПРИЛОЗИ**



## Основни SI величини и единици

| Физичка величина            |        | Единица  |        |
|-----------------------------|--------|----------|--------|
| Назив                       | Ознака | Назив    | Ознака |
| Должина                     | $l$    | метар    | m      |
| Маса                        | $m$    | килограм | kg     |
| Време                       | $t$    | секунда  | s      |
| Термодинамичка температура  | $T$    | келвин   | K      |
| Количество супстанца        | $n$    | мол      | mol    |
| Јачина на електрична струја | $I$    | ампер    | A      |
| Интензитет на светлина      | $I_v$  | кандела  | cd     |

## Умножувачки претставки и фактори за помалите и поголемите единици во SI

| Помали единици од основната |            |        | Поголеми единици од основната |           |        |
|-----------------------------|------------|--------|-------------------------------|-----------|--------|
| префикс                     | фактор     | симбол | префикс                       | фактор    | симбол |
| деци                        | $10^{-1}$  | d      | дека                          | 10        | da     |
| центи                       | $10^{-2}$  | c      | хекто                         | $10^2$    | h      |
| мили                        | $10^{-3}$  | m      | кило                          | $10^3$    | k      |
| микро                       | $10^{-6}$  | $\mu$  | мега                          | $10^6$    | M      |
| нано                        | $10^{-9}$  | n      | гига                          | $10^9$    | G      |
| пико                        | $10^{-12}$ | p      | тера                          | $10^{12}$ | T      |
| фемто                       | $10^{-15}$ | f      | пета                          | $10^{15}$ | P      |
| ато                         | $10^{-18}$ | a      | екса                          | $10^{18}$ | E      |
| зепто                       | $10^{-21}$ | z      | зета                          | $10^{21}$ | Z      |
| јокто                       | $10^{-24}$ | y      | јота                          | $10^{24}$ | Y      |





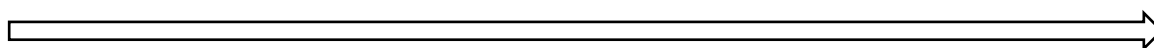
### Некои дозволени единици надвор од SI

| Величина    | Име на единицата      | Симбол  | Врска со основната SI-единица                 |
|-------------|-----------------------|---------|-----------------------------------------------|
| Температура | степен целзиусов      | °C      | $0\text{ }^{\circ}\text{C} = 273,16\text{ K}$ |
| Волумен     | литар                 | L или l | $1\text{ L} = 1\text{ dm}^3$                  |
| Притисок    | физичка атмосфера     | atm     | $1\text{ atm} = 101325\text{ Pa}$             |
| Притисок    | милиметри живин столб | mm Hg   | $760\text{ mm Hg} = 101325\text{ Pa}$         |
| Маса        | тон                   | t       | $1\text{ t} = 10^3\text{ kg}$                 |

### ЕЛЕКТРОХЕМИСКА НИЗА НА МЕТАЛИТЕ

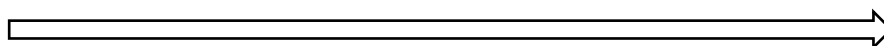
Најсилни  
редукциони средства

Li Rb K Cs Ba Sr Ca Na Mg Al Ti V Mn Zn Cr Fe



Во насока на стрелката се намалува способноста за оксидација,  
односно се намалува јачината на металот како редукционо средство

Cd Co Ni Sn Pb H<sub>2</sub> Cu Ag Hg Pt Au



Најслаби  
Редукциони средства  
Од металите



# ПЕРИОДЕН СИСТЕМ НА ЕЛЕМЕНТИТЕ

|                           |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                            |                           |                            |                           |                           |                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1                         | 2                         | 3                         | 4                         | 5                         | 6                         | 7                         | 8                         | 9                         | 10                        | 11                        | 12                         | 13                        | 14                         | 15                        | 16                        | 17                        | 18                        |
| 1<br><b>H</b><br>1.01     | 2<br><b>He</b><br>4.00    |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                            |                           |                            |                           |                           |                           |                           |
| 3<br><b>Li</b><br>6.94    | 4<br><b>Be</b><br>9.01    |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                            |                           |                            |                           |                           |                           |                           |
| 11<br><b>Na</b><br>22.99  | 12<br><b>Mg</b><br>24.31  |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                            |                           |                            |                           |                           |                           |                           |
| 19<br><b>K</b><br>39.10   | 20<br><b>Ca</b><br>40.08  | 21<br><b>Sc</b><br>44.96  | 22<br><b>Ti</b><br>47.87  | 23<br><b>V</b><br>50.94   | 24<br><b>Cr</b><br>51.99  | 25<br><b>Mn</b><br>54.94  | 26<br><b>Fe</b><br>55.85  | 27<br><b>Co</b><br>58.93  | 28<br><b>Ni</b><br>58.69  | 29<br><b>Cu</b><br>63.55  | 30<br><b>Zn</b><br>65.38   | 31<br><b>Ga</b><br>69.72  | 32<br><b>Ge</b><br>72.63   | 33<br><b>As</b><br>74.92  | 34<br><b>Se</b><br>78.97  | 35<br><b>Br</b><br>79.90  | 36<br><b>Kr</b><br>83.80  |
| 37<br><b>Rb</b><br>85.47  | 38<br><b>Sr</b><br>87.62  | 39<br><b>Y</b><br>88.91   | 40<br><b>Zr</b><br>91.22  | 41<br><b>Nb</b><br>92.91  | 42<br><b>Mo</b><br>95.95  | 43<br><b>Tc</b><br>98.91  | 44<br><b>Ru</b><br>101.07 | 45<br><b>Rh</b><br>102.91 | 46<br><b>Pd</b><br>106.42 | 47<br><b>Ag</b><br>107.87 | 48<br><b>Cd</b><br>112.41  | 49<br><b>In</b><br>114.82 | 50<br><b>Sn</b><br>118.71  | 51<br><b>Sb</b><br>121.76 | 52<br><b>Te</b><br>127.6  | 53<br><b>I</b><br>126.90  | 54<br><b>Xe</b><br>131.29 |
| 55<br><b>Cs</b><br>132.91 | 56<br><b>Ba</b><br>137.33 | 57-71<br>[261]            | 72<br><b>Hf</b><br>178.49 | 73<br><b>Ta</b><br>180.95 | 74<br><b>W</b><br>183.84  | 75<br><b>Re</b><br>186.21 | 76<br><b>Os</b><br>190.23 | 77<br><b>Ir</b><br>192.22 | 78<br><b>Pt</b><br>195.08 | 79<br><b>Au</b><br>196.97 | 80<br><b>Hg</b><br>200.59  | 81<br><b>Tl</b><br>204.38 | 82<br><b>Pb</b><br>207.2   | 83<br><b>Bi</b><br>208.98 | 84<br><b>Po</b><br>[209]  | 85<br><b>At</b><br>[210]  | 86<br><b>Rn</b><br>[222]  |
| 87<br><b>Fr</b><br>223.02 | 88<br><b>Ra</b><br>226.03 | 89-103<br>[261]           | 104<br><b>Rf</b><br>[261] | 105<br><b>Db</b><br>[262] | 106<br><b>Sg</b><br>[266] | 107<br><b>Bh</b><br>[264] | 108<br><b>Hs</b><br>[269] | 109<br><b>Mt</b><br>[278] | 110<br><b>Ds</b><br>[281] | 111<br><b>Rg</b><br>[280] | 112<br><b>Cn</b><br>[285]  | 113<br><b>Nh</b><br>[286] | 114<br><b>Fl</b><br>[289]  | 115<br><b>Mc</b><br>[289] | 116<br><b>Lv</b><br>[293] | 117<br><b>Ts</b><br>[294] | 118<br><b>Og</b><br>[294] |
| 57<br><b>La</b><br>138.91 | 58<br><b>Ce</b><br>140.12 | 59<br><b>Pr</b><br>140.91 | 60<br><b>Nd</b><br>144.24 | 61<br><b>Pm</b><br>144.91 | 62<br><b>Sm</b><br>150.36 | 63<br><b>Eu</b><br>151.96 | 64<br><b>Gd</b><br>157.25 | 65<br><b>Tb</b><br>158.93 | 66<br><b>Dy</b><br>162.50 | 67<br><b>Ho</b><br>164.93 | 68<br><b>Er</b><br>167.26  | 69<br><b>Tm</b><br>168.93 | 70<br><b>Yb</b><br>173.06  | 71<br><b>Lu</b><br>174.97 |                           |                           |                           |
| 89<br><b>Ac</b><br>227.03 | 90<br><b>Th</b><br>232.04 | 91<br><b>Pa</b><br>231.04 | 92<br><b>U</b><br>238.03  | 93<br><b>Np</b><br>237.05 | 94<br><b>Pu</b><br>244.06 | 95<br><b>Am</b><br>243.06 | 96<br><b>Cm</b><br>247.07 | 97<br><b>Bk</b><br>247.07 | 98<br><b>Cf</b><br>251.08 | 99<br><b>Es</b><br>[254]  | 100<br><b>Fm</b><br>257.10 | 101<br><b>Md</b><br>258.1 | 102<br><b>No</b><br>259.10 | 103<br><b>Lr</b><br>[262] |                           |                           |                           |



# СОДРЖИНА

|                                                                                                       |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. ХЕМИСКО СМЕТАЊЕ .....</b>                                                                       | <b>5</b>  |
| • Начини за изразување на составот. Односи и удели .....                                              | 6         |
| • Пресметување на квантитативниот состав на соединение<br>врз основа на позната хемиска формула ..... | 11        |
| • Пресметување врз основа на хемиска равенка .....                                                    | 18        |
| <b>2. ДИСПЕРЗНИ СИСТЕМИ .....</b>                                                                     | <b>27</b> |
| • Видови дисперзни системи .....                                                                      | 28        |
| • Поим за раствор и видови раствори .....                                                             | 31        |
| • Изразување на квантитативниот состав на растворите .....                                            | 37        |
| • Пресметување на квантитативниот состав на растворите .....                                          | 40        |
| • Електролити .....                                                                                   | 45        |
| • Електролитна дисоцијација .....                                                                     | 48        |
| <b>3. ХЕМИСКИ ПРОЦЕСИ .....</b>                                                                       | <b>55</b> |
| • Класификација на хемиските реакции .....                                                            | 56        |
| • Неповратни и повратни реакции .....                                                                 | 60        |
| • Енергетски промени при физичките и хемиските процеси .....                                          | 62        |
| • Енталпија и промени на енталпијата при физичките<br>и хемиските процеси .....                       | 66        |
| • Термохемиски равенки .....                                                                          | 70        |
| <b>4. ХЕМИСКА КИНЕТИКА .....</b>                                                                      | <b>75</b> |
| • Брзина на хемиска реакција .....                                                                    | 76        |
| • Фактори што влијаат врз брзината на хемиската реакција .....                                        | 79        |
| • Катализа .....                                                                                      | 84        |

## **5. ХЕМИСКА РАМНОТЕЖА ..... 89**

- Хемиска рамнотежа ..... 90
- Константа на хемиска рамнотежа и фактори  
од кои зависи константата на хемиската рамнотежа ..... 92
- Поместување на хемиската рамнотежа.  
Принцип на Ле Шателје и Браун ..... 95

## **6. ОКСИДАЦИОНО-РЕДУКЦИОНИ ПРОЦЕСИ ..... 101**

- Оксидациони броеви ..... 102
- Оксидационо-редукциони процеси ..... 106
- Израмнување равенки на редокс реакции ..... 109
- Електрохемиска низа на металите ..... 116

## **7. ОСНОВИ НА ОРГАНСКАТА ХЕМИЈА ..... 121**

- Вовед во органската хемија ..... 122
- Претставување на органските соединенија ..... 125
- Класификација на органските соединенија ..... 128
- Структурна изомерија кај органските соединенија ..... 131
- Јаглеводороди ..... 134
- Хомологија и хомолошки низи на различни јаглеводороди ..... 135

## **ПРИЛОЗИ**

