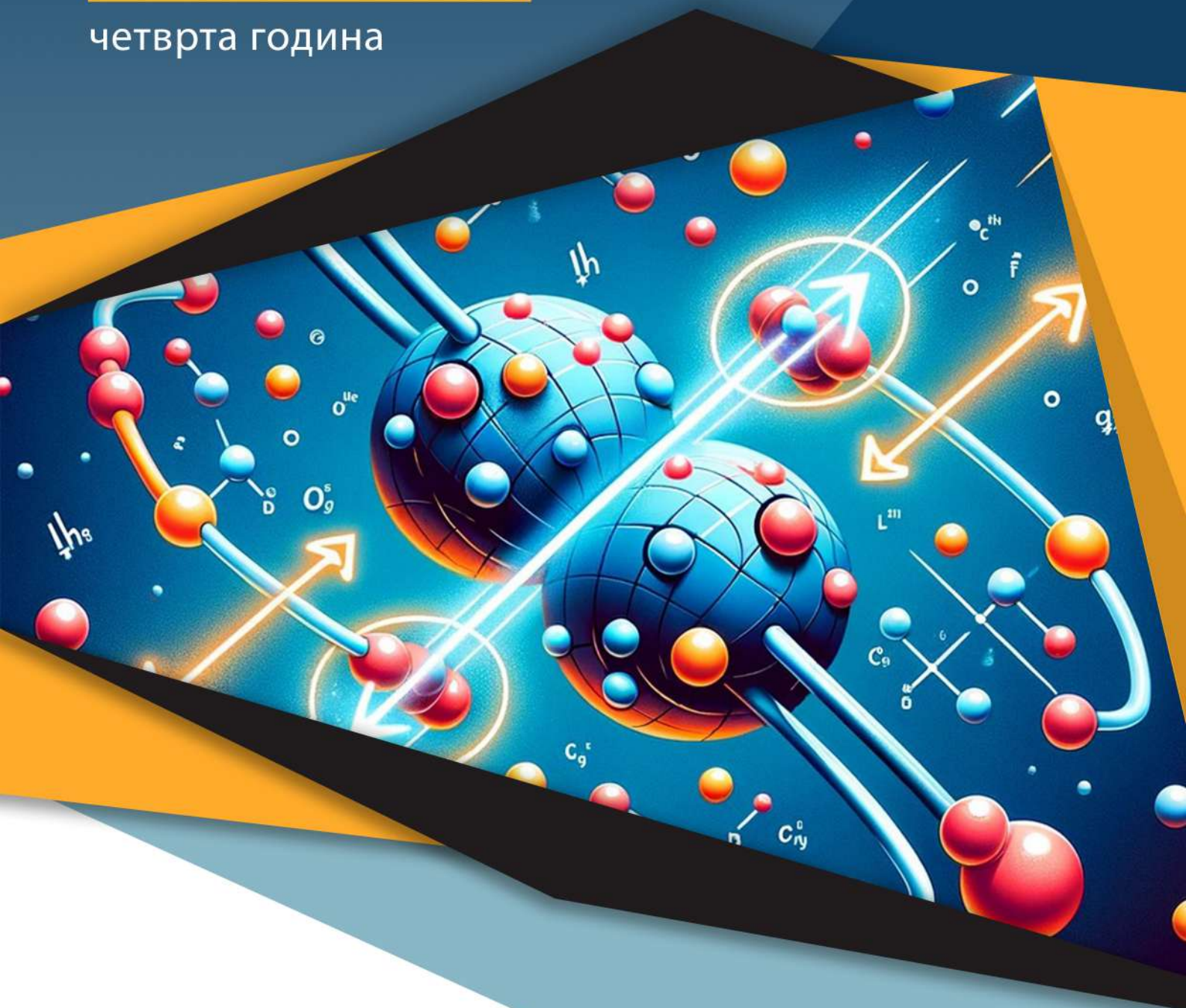


ХЕМИЈА

ИЗБОРНА

четврта година



МИРЈАНА С. ЈАНКУЛОВСКА
МИЛЕНА ЈАНКУЛОВСКА-ПЕТКОВСКА

МИРЈАНА ЈАНКУЛОВСКА
МИЛЕНА ЈАНКУЛОВСКА-ПЕТКОВСКА

ХЕМИЈА (изборна)

ЧЕТВРТА ГОДИНА

**Струка/сектор: Графичка/Графичарство, Хемиско-
технолошка/Хемија и технологија, Лични услуги, Шумарско-
дрвопреработувачка/Шумарство и обработка на дрво,
Здравствена/Здравство и социјална заштита**

Скопје, 2025

ХЕМИЈА (изборна)**ЧЕТВРТА ГОДИНА**

Струка/сектор: Графичка/Графичарство, Хемиско-технолошка/Хемија и технологија, Лични услуги, Шумарско-дрвопреработувачка/Шумарство и обработка на дрво, Здравствена/Здравство и социјална заштита

Автори:

Мирјана Јанкуловска

Милена Јанкуловска-Петковска

Рецензенти:

Весна Димова

Верица Јакимовиќ

Виолета Солакова

Лектор:

Бисерка Токовска-Стевчевска

Стручна редакција:

Неше Салих

Уредник:

Неше Салих

Илустрации:

Мирјана Јанкуловска

Милена Јанкуловска Петковска

Издавач: Министерство за образование и наука на Република Северна Македонија,
ул. „Св. Кирил и Методиј“ бр. 54, 1000 Скопје

Графичко и техничко уредување: Ели Василевска Илиевска – АРС СТУДИО

Место и година на издавање: Скопје, 2025 година

Со одлука за одобрување на учебникот по предметот Хемија (изборен) за IV година средно стручно четиригодишно образование за струка/сектор: Графичка/Графичарство, Хемиско-технолошка/Хемија и технологија, Лични услуги/Лични услуги, Шумарско-дрвопреработувачка/Шумарство и обработка на дрво и Здравствена/Здравство и социјална заштита бр. 26-188/1 од 24.02.2025 година донесена од Националната комисија за учебници.

ПРЕДГОВОР

Учебникот е наменет за ученици од средно стручно образование кои во четврта година го изучуваат предметот **хемија**. Содржините на учебников се во согласност со наставната програма за модулarno дизајнирана хемија (изборна) за голем број различни образовни профили како што се: графички техничар, графички уредник-дизајнер, хемиски лабораториски техничар, техничар за заштита на животната средина, прехранбен техничар, техничар за козметички и хемиски производи, техничар за козметика, нега и убавина, шумарски техничар, техничар за пејзажен дизајн, медицински лабораториско-санитарен техничар, дентален асистент, фармацевтски техничар, физиотерапевтски техничар, гинеколошко-акушерска сестра, медицинска сестра и забен техничар.

Во учебникот се опфатени пет модуларни единици: биосоединенија, структура на атомот и периоден систем на елементите, хемиски врски, рамнотежи во раствори од електролити и електрохемиски процеси.

Во првата модуларна единица се проучуваат биолошки важни органски соединенија, како што се јаглехидрати, липиди, ензими, протеини, витамини и нуклеински киселини. Во овој дел се опишани значењето, улогата, функцијата, структурата и својствата на биосоединенијата, како и поважните претставници од секоја група на соединенија. Структурата на периодниот систем на елементите, периодичноста на својствата на елементите и градбата на атомот се дадени во втората модуларна единица. Во овој дел се опфатени различните модели за градбата на атомот со посебен осврт на квантната механика. Во третата модуларна единица се прикажани различните начини на хемиско сврзување (јонска и ковалентна врска) преку бројни примери. Дефиниран е поимот хибридизација и дадени се примери на соединенија кај кои се сретнуваат различните видови хибридизација. Исто така се објаснети и меѓумолекулските интеракции што влијаат на својствата на соединенијата. Рамнотежите во растворот на електролитите, електролитната дисоцијација, теориите за киселини и бази, начините за определување на киселоста на средината, различните типови на соли и нивната хидролиза, како и начинот на дејство на пуферските системи, се дадени во четвртата модуларна единица. Основите на електрохемијата, електрохемиските процеси кои се одвиваат во галванските елементи и ќелиите за електролиза, како и поимот за корозија се опишани во петтата модуларна единица, во која е исто така дадено и кратко потсетување на оксидационо-редукционите процеси на кои се заснова електрохемијата. Објаснет е начинот на функционирање на практично важните галвански елементи, како и поимите електролитика, електродика, електролити и електроди.

Во учебникот се дадени и голем број на решени задачи и задачи за решавање низ текстот кои ќе им овозможат на учениците полесно да ги усвојат содржините. Исто така учебникот избобилува со голем број структурни формули, слики и табели, кои ја прават обработената содржина појасна и поразбирлива. На крајот од секоја целина се дадени прашања и задачи чија цел е учениците да го утврдат стекнатото знаење и да го применат во нови ситуации. Содржината на учебникот е збогатена со експерименти кои може да се изведуваат во мали групи или како демонстрациони експерименти. За полесно пребарување на содржините во учебников на крајот има азбучник на поими во кој се опфатени сите поими дадени со наставната програма.

Сите сугестии и забелешки поврзани со содржината на учебникот кои може да придонесат за негово подобрување, може да ги пратите на авторите, на следниве адреси:

jankulovska_m@yahoo.com
msjankulovska@gmail.com

Авторите

МОДУЛАРНА ЕДИНИЦА 1

БИОСОЕДИНЕНИЈА

Цели на учењето

Со модуларната единица биосоединенија се очекува да се постигнат следниве цели:

- усвојување на основните поими од биохемијата;
- запознавање со улогата и значењето на следниве класи на биосоединенија: јаглехидрати, липиди, протеини, ензими, витамини и нуклеински киселини;
- изучување на биосоединенијата, нивниот состав, градба, својства (физички и хемиски), наоѓање, биосинтеза, поважните претставници, како и нивната улога и значење за живите организми;

Очекувани исходи со изучување на модуларната единица

По изучување на модуларната единица биосоединенија учениците се очекува да:

- ги дефинираат и да ги класифицираат јаглехидратите, да ја познаваат нивната градба, својства, биолошкото значење и поважните претставници;
- дефинираат поими за липиди, да ги класифицираат, да ја истакнуваат нивната улога и значење, да дефинираат масти и масла, да го познаваат начинот на нивно добивање, нивниот состав и биолошко значење;
- дефинираат аминокиселини, пептиди и протеини, да го претставуваат сврзувањето на аминокиселините и образувањето на пептидната врска, да ги опишуваат и да ги објаснуваат физичките и хемиските својства, како и структурата на протеините;
- дефинираат поими за ензими, да ги класифицираат ензимите според карактерот на реакцијата што ја катализираат и да ги објаснуваат градбата, својствата и дејството на ензимите, како и факторите што влијаат врз брзината на ензимската реакција;
- ги дефинираат витамините, да ги класифицираат поважните претставници и да го истакнуваат нивното наоѓање и значење;
- ја познаваат градбата и да ги опишуваат составот на DNA и RNA, да ги познаваат и објаснуваат структурата, својствата и улогата на DNA и RNA во живите организми;

Поими

биохемија, биомолекули, јаглехидрати, моносахариди, олигосахариди, дисахариди, полисахариди, алдози, кетози, оптичка изомерија (енантиомерија) оптички изомери (енантиомери, оптички антиподи), рацемска смеса, аномери, мутаротација, глукозид, рибоза, деоксирибоза, глукоза (декстроза), глюкопираноза, фруктоза (левулоза), фруктофураноза, малтоза, трехалоза, лактоза, сахароза, скроб, гликоген, целулоза, липиди, масти, масла, фосфолипиди, стероиди, гликолипиди, восоци, глицерол, виши масни киселини, аминокиселини, аминокиселинска секвенца, амидна врска (пептидна врска), пептид, протеин, цвитерјон, липопротеини, гликопротеини, фосфопротеини, металпротеини, хромопротеини, неклеопротеини, сферопротеини (глобуларни протеини), склеропротеини, албумини, глобулини, глутелини, хистони, протамини, колагени, кератини, хемоглобин, хем, глобин, оксигемоглобин, метхемоглобин, ензим (фермент), ензимологија, оксидоредуктази, трансферази, хидролази, изомерази, лигази, холоензим, апоензим, супстрат, ефектори, активатори, инхибитори, витамини, коензим, провитамин, авитаминоза, поливитаминоза, хиповитаминоза, хипервитаминоза, нуклеински киселини, пурин, пиримидин, нуклеозид, нуклеотид, репликација и др.

Содржина на модулрната единица

Вовед во биохемија

Поим, поделба, номенклатура, биосинтеза и значење на јаглехидратите

Оптичка изомерија кај јаглехидратите

Циклични и полуацетални форми на моносахаридите

Хемиски својства на моносахаридите

Поважни претставници на моносахаридите

Дисахариди

Полисахариди

Поим, класификација, улога и значење на липидите

Масти и масла

Аминокиселини и пептиди

Структура и значење на протеините

Физички и хемиски својства на протеините

Поделба на протеините и поважни претставници

Поим, номенклатура, класификација и градба на ензимите

Својства и дејство на ензимите

Поим, значење и класификација на витамините

Витамины растворливи во масла (претставници, наоѓање и значење)

Витамины растворливи во вода (претставници, наоѓање и значење)

Градба на DNA и RNA

Структура, својства и улога на DNA и RNA

1. БИОСОЕДИНЕНИЈА

На прашањето, што е биохемија, дали е хемија или биологија, одговорот е дека биохемијата е наука што е поврзана со биологијата и хемијата. Хемијата ги изучува помалите молекули изградени од атоми, биологијата не изучува индивидуални молекули, туку клетките како целина, а макромолекулите (кои се изградни од мали молекули) кои учествуваат во градбата на клетките ги изучува биохемијата. Поради тоа за подобро да се разберат содржините што се изучуваат во биохемија потребни се предзнаења од хемија и биологија.

Делот од хемијата што се занимава со изучување на биосоединенијата, нивното наоѓање, добивање, структура, својства и улога во живите организми се нарекува биохемија. Органските соединенија кои имаат значење за живите организми се нарекуваат биосоединенија. Некои примери за биосоединенија се јаглехидратите, липидите, ензимите, витамините, нуклеинските киселини и др.

1.1. Вовед во биохемија

Сè до крајот на XVIII век се сметало дека составот на живата материја значително се разликува од составот на неживиот свет. Меѓутоа Лавазје (Antonie – Laurent Lavoasier, 1743 – 1794) забележал дека неживиот свет има прост состав за разлика од составот на живата материја. Подоцна заклучил дека во составот на растителниот и животинскиот свет влегуваат хемиските елементи како што се јаглерод, водород, кислород, азот, фосфор и др.

Терминот биохемија е воведен од Нојберг (Carl Alexander Neuberg, 1877 – 1956), во 1930 година. Нојберг бил пионер во биохемијата и често се нарекува „татко на модерната биохемија“. Неговиот придонес во биохемијата како наука го вклучува откривањето на карбоксилазата и објаснувањето на алкохолната ферментација за која покажал дека е процес на последователни ензимски чекори, што е основа за понатамошното проучување на метаболичките процеси (биохемиски реакции што вклучуваат промена на едни супстанции во други или пак добивање материи што му се потребни на телото) од подоцнежните истражувачи.

Биохемијата ги комбинира биологијата и хемијата за да ја проучува хемиската структура на живите организми од една страна и биолошките процеси што се случуваат во клетките и организмите од друга страна. Всушност биохемичарите ги истражуваат хемиските реакции што се основа на различни биохемиски процеси како што се репродукција, наследни фактори, метаболизам и раст и др.

Воведот во биохемијата ја вклучува молекуларната биологија, како и клеточната биологија, кои се значајни за молекулите што ја сочинуваат структурата на клетките и органите. Значи, коренот на биохемијата е молекуларната биологија која се занимава со проучување на функциите на живите системи и ги објаснува интеракциите помеѓу DNA, протеините и RNA, како и нивната синтеза. Додека пак, клеточната биологија (цитологија) се занимава со структурата и функциите на клетките во живите организми.

Исто така проучувањето на метаболизмот и генетиката се значајни аспекти на биохемијата. Метаболизмот е еден од најважните процеси што се одвива во сите живи организми. Претворањето на храната во енергија во човековото тело е проследено со различни процеси. Исто така, генетиката е дел од биохемијата и се занимава со проучување на гените и карактеристиките на наследноста кај живите организми. Останатите гранки од биохемијата вклучуваат биохемија на животни и растенија, биотехнологија, молекуларна хемија, генетски инженеринг, ендокринологија, исхрана, неврохемија, фармацевтски науки, токсикологија, животна средина и др.

Биохемијата е од суштинско значење и помага:

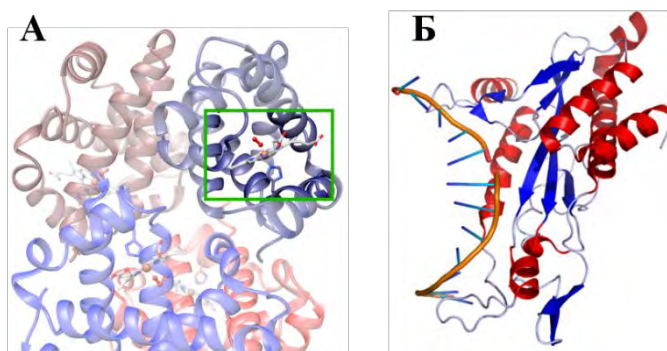
- да се разберат хемиските процеси што ја трансформираат храната во соединенија кои се значајни за определен вид клетки;
- да се проучат каталитичките функции на ензимите;
- искористување на потенцијалната енергија што се добива со оксидацијата на храната, а се троши за различни процеси на клетката за кои е неопходна енергија;
- да се разберат својствата и структурата на супстанциите што ги сочинуваат ткивата и клетките;
- за решавање на основните проблеми во медицината и биологијата.

*Органските соединенија што учествуваат во градбата и функционирањето на живите организми се нарекуваат **биомолекули**.*

Повеќето биомолекули се всушност деривати на јаглеводородите во кои водородните атоми се заменети со функционални групи и притоа се образуваат различни класи на органски соединенија. Најголем број од биомолекулите содржат повеќе различни функционални групи што влијаат врз хемиската природа на соединенијата. Притоа секоја класа соединенија се карактеризира со свои хемиски особини и реакции. Биомолекулите што се дел од живите организми и реакциите во кои учествуваат ги изучува биохемијата. Притоа повеќето од биомолекулите се сложени макромолекули (полимери), составени од повеќе мономерни молекули. Синтезата на макромолекулите е процес во кој се троши најголемо количество енергија во клетките.

Основните типови биомолекули што се проучуваат по предметот биохемија се:

- јаглехидрати;
- липиди;
- протеини;
- ензими;
- витамини;
- нуклеински киселини.



Слика 1.1. Биомолекули: протеин (А) и ензим (Б)

Елементите што учествуваат во градбата на биомолекулите, или го овозможуваат нивното правилно функционирање се нарекуваат **биогени елементи или биоелементи**. Тие се застапени во различно количество во биомолекулите. Биоелементи кои се наоѓаат во поголема количина и кои го сочинуваат најголемиот дел од органските биомолекули (јаглехидрати, липиди, протеини и нуклеински киселини) се јаглерод, водород, кислород, азот, фосфор и сулфур. Јаглеродот е главниот биоелемент кој ги сочинува биомолекулите. Јаглеродните атоми имаат способност да се поврзуваат и да образуваат неразгранети и разгранети јаглеродни низи, како и циклични структури со помош на единечни, двојни или тројни врски. Исто така, јаглеродот се поврзува со другите елементи и образува различни функционални групи (карбонилна, карбоксилна, кето, и др.) што резултира со огромна разновидност на биомолекулите. Јаглеродот е најважен биоелемент, бидејќи сите биомолекули содржат јаглерод. Може да се најдат, на пример, липиди без фосфор или азот (холестерол), но не постојат биомолекули без јаглерод.

Биоген елемент е и водородот, кој е еден од елементите што влегува во составот на молекулата на водата. Тој е од суштинско значење за животот и е дел од јаглеродните низи во органските молекули. Колку повеќе водород има една биомолекула, толку ќе биде помала и полесно ќе се оксидира, создавајќи повеќе енергија. Кислородот заедно со водородот ја образува молекулата на вода. Во една молекула вода, кислородниот атом е поврзан со два водородни атоми со поларни ковалентни врски. Водата како растворувач има многу големо значење. Во неа се раствораат соединенија што се изградени од поларни молекули или јони (слично се раствора во слично).

Азотот е биоген елемент кој е присутен во сите аминокиселини, преку азот, аминокиселините формираат пептидна врска при образувањето на протеините. Овој биоелемент се наоѓа и во азотните бази на нуклеинските киселини, а се елиминира од организмот во форма на уреа. Една од првите биомолекули што се формирала била аденозин трифосфат (АТР), поради изобилството на азот во атмосферата на Земјата. Фосфорот главно се наоѓа како фосфат (PO_4^{3-}), кој е дел од нуклеотидите, а влегува во структурата на DNA, каде што се поврзува со помош на фосфодиестерска врска со нуклеотидите. Сулфурот е биоген елемент кој се наоѓа во $-\text{SH}$ групата како дел од некои аминокиселини како што е цистеинот, во кој дисулфидните врски се од суштинско значење за создавање стабилност во терциерната и кватернерната структура на протеините. Сулфурот се наоѓа и во коензимот А, кој има големо значење за некои метаболички процеси, како што е Кребсовиот циклус.

Други биогени елементи се калциум (Ca), натриум (Na), калиум (K), магнезиум (Mg) и хлор (Cl). Тие не образуваат биомолекули, но се особено значајни за нормална функција на клетките, се користат во процесот на сигнализација на невроните и невротрансмитерите, ги стабилизираат наелектризираните биомолекули како што е АТР, ги има во коскеното ткиво и др. Некои елементи во биомолекулите се наоѓаат во многу мали количества (траги). Такви елементи се бор (B), бром (Br), бакар (Cu), флуор (F), манган (Mn), силициум (Si), железо (Fe), јод (I) и др. Тие се присутни кај некои живи организми и имаат значење за правилно функционирање на ензимите.

1.2. Поим, поделба, номенклатура, биосинтеза и значење на јаглехидратите

Јаглехидратите се меѓу најраспространетите и најважните органски соединенија што имаат големо значење во градбата на живите организми и нивното секојдневно функционирање. Тие се најзастапени соединенија во природата, без кои не може да се замисли и да постои живиот свет. Јаглехидратите заедно со мастите и протеините се хранливи материи кои им даваат енергија на клетките. Помалите молекули од јаглехидратите што се растворливи во вода како извор на енергија, се пренесуваат од една клетка на друга. Најзначајниот моносахарид глукоза се нарекува и крвен шеќер, бидејќи преку крвта се пренесува до сите клетки. Цицачите го користат дисахаридот лактоза кој го има во млекото, за да ги пренесат јаглехидратите од мајката на бебето. Од едноставните јаглехидрати се синтетизираат посложени, кои имаат голема молекулска маса и се нарекуваат полимери. Целулозата е полимер кој учествува во градбата на клетките.

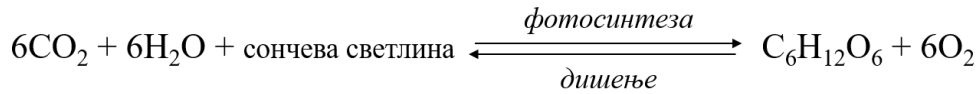
Постојат оргомен број примери за улогата и значењето на јаглехидратите. На пример глукозата, се синтетизира во растенијата при процесот на фотосинтеза од јаглерод диоксид и вода, во присуство на сончева светлина. Голем број молекули од глукоза ги обрзуваат долгите низи од полимерот скроб. Околу 65 % од храната што ја консумираме секојдневно како што се оризот, компирите, тестенините и лебот, се јаглехидрати. Во групата на јаглехидрати спаѓа и обичниот шеќер (сахароза) и шеќерот што се наоѓа во млекото (лактоза).

При варењето на храната, јаглехидратите се претвораат во глукоза, која понатаму се оксидира во клетките и ослободува енергија која ја користи нашето тело, а на клетките им обезбедува атоми на јаглерод што учествуваат во градбата на молекулите на протеините, липидите и нуклеинските киселини. Растенијата се изградени од полимерот на глукоза наречен целулоза. Целулозата наоѓа и друга примена, дрвото од кое се прави мебел, страниците во оваа книга и памучната облека се само неколку примери на предмети направени од целулоза. Земајќи го предвид значењето на јаглехидратите и нивната улога кај живите организми, многу е важно да се знае за нивното добивање, структура и својства.

Јаглехидратите се кислородни органски соединенија во чиј состав влегуваат елементите јаглерод, водород и кислород. Името јаглехидрати на оваа класа на соединенија им е дадено пред многу години, бидејќи се претпоставувало дека нивната молекулска формула е $(\text{CH}_2\text{O})_n$ (каде n е помеѓу 3 и 7), што значи дека тие се хидрати на јаглеродот. Сепак, подоцна било откриено дека составот на некои јаглехидрати не е во согласност со предложената молекулска формула, на пример деоксирибозата ($\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_4$). Тоа значи дека јаглехидратите не се едноставни хидрати на јаглерод, туку сложени соединенија составени од најмалку три до илјадници C атоми.

Јаглехидратите се добиваат во процесот фотосинтеза, каде што сончевата светлина се користи за комбинирање на јаглеродните атоми од јаглерод диоксидот (CO_2) и атомите на водород и кислород од водата (H_2O) во јаглехидратот глукоза. Процесот се изведува

во зелените делови од растенијата, каде хлорофилот кој е растителен пигмент со зелена боја е одговорен за фотохемиските реакции неопходни за фотосинтеза.



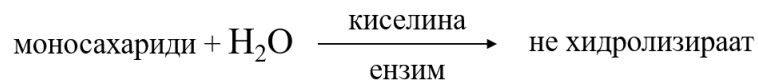
Од равенката може да се види дека за време на фотосинтезата, од CO_2 , H_2O и сончева енергија се синтетизира глюкоза ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), додека при дишење глюкозата се оксидира до CO_2 , H_2O и се ослободува енергија што ја користат живите организми за секојдневно функционирање. Процесите на фотосинтеза и дишење вклучуваат размена на јаглерод помеѓу живите суштества и атмосферата. Всушност преку процесот на фотосинтеза е претставен циклусот на јаглерод. При фотосинтезата, растенијата го трансформираат атмосферскиот јаглерод диоксид (CO_2) во органски соединенија од кои се хранат живите организми или пак се дел од нивното тело. Потоа преку различни процеси (дишење, согорување, распаѓање и др.) јаглеродот се враќа во околината во различни форми.

Според сложеноста, јаглехидратите се делат на:

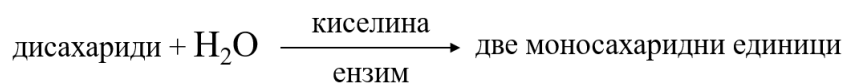
- прости јаглехидрати;
- сложени јаглехидрати.

Прости јаглехидрати се моносахаридите, а сложени јаглехидрати се олигосахаридите и полисахаридите.

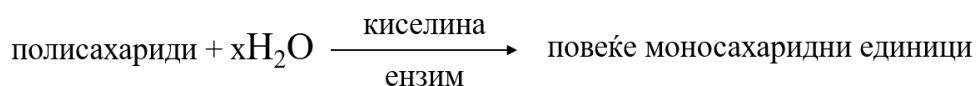
Моносахариди се наједноставни јаглехидрати кои не може да хидролизираат, односно да се разделат на помали молекули. Најзначајни моносахариди се глюкоза, фруктоза, галактоза, рибоза, деоксирибоза и др.



Олигосахариди се јаглехидрати што се состојат од две до десет моносахаридни единици сврзани заедно со кислород гликозидна врска. Најзначајни олигосахариди се дисахаридите. При нивна хидролиза се добиваат две моносахаридни единици. Најпознати дисахариди се сахароза, малтоза, лактоза и др.

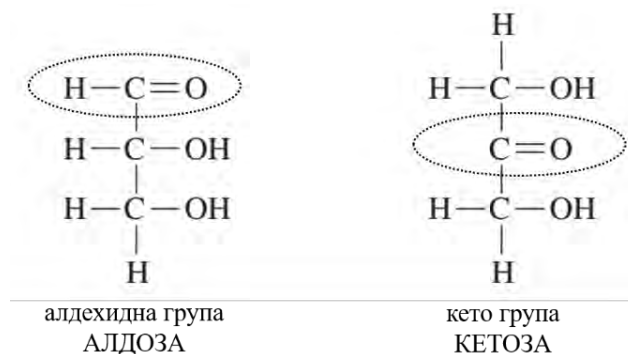


Полисахаридите се јаглехидрати кои се природни полимери што содржат голем број моносахаридни единици. Полисахаридите при хидролиза се разложуваат на поголем број молекули на моносахариди. Во групата на полисахариди спаѓаат скроб, целулоза, гликоген и др.

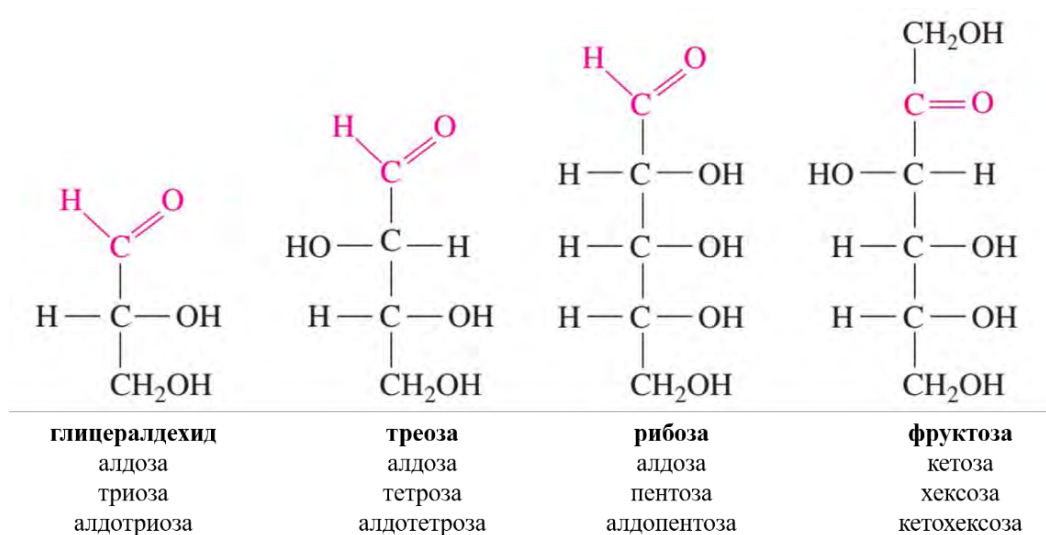


Моносахаридите се составени од јаглеродни низи што содржат од три до осум C атоми, притоа едниот јаглероден атом е дел од карбонилна група, а останатите јаглеродни атоми се поврзани со хидроксилни групи. Според функционалната група моносахаридите се

именуваат како алдози и кетози. **Алдози** се моносахариди со алдехидна функционална група ($-\text{CHO}$) на првиот јаглероден атом. **Кетози** се моносахариди кои имаат кето (карбонилна) група на вториот јаглероден атом.

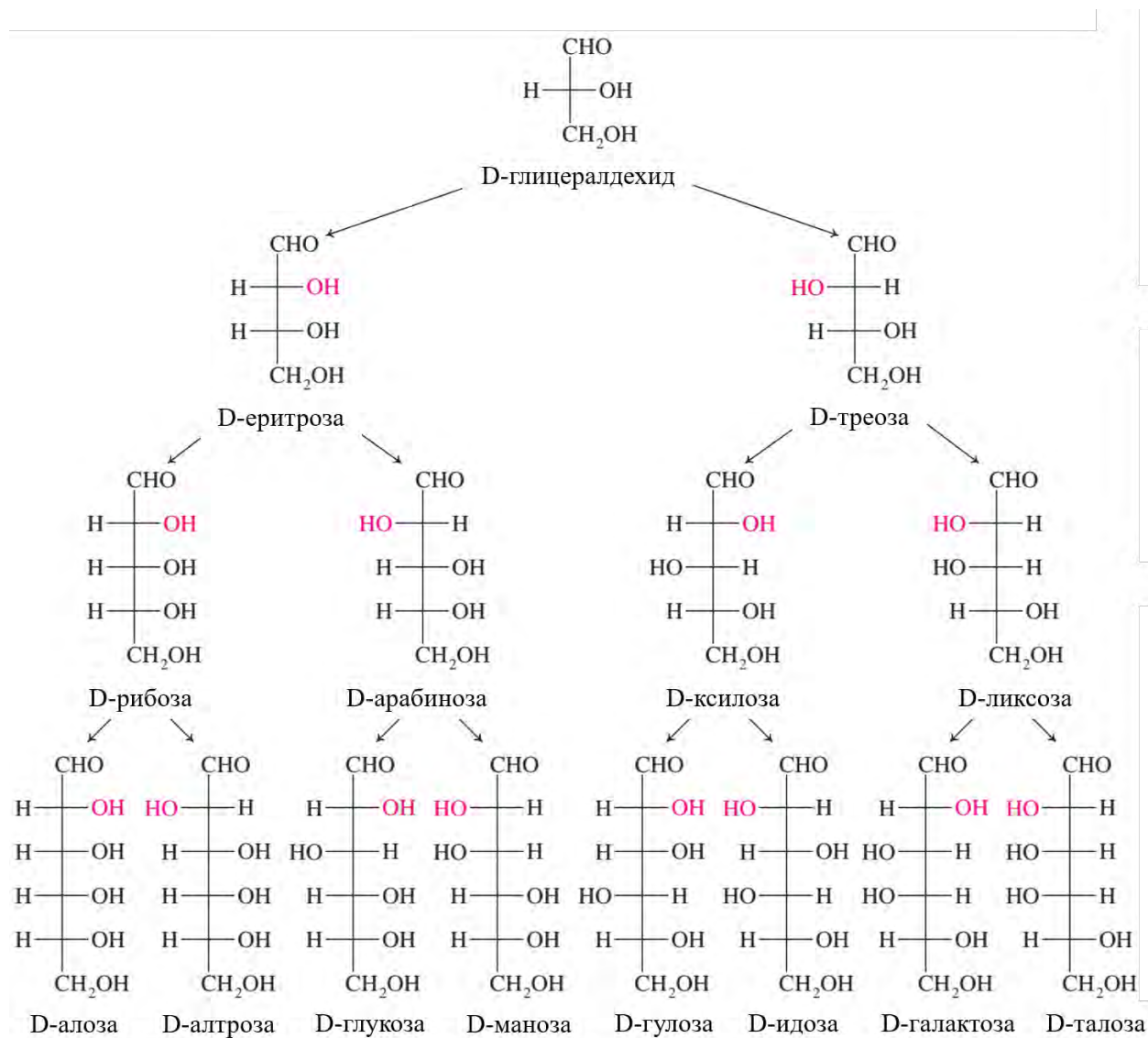


Во зависност од бројот на јаглеродни атоми, моносахаридите се именуваат како *триози* (моносахариди со три јаглеродни атоми), *тетрози* (со четири јаглеродни атоми), *пентози* (имаат пет јаглеродни атоми), *хексози* (содржат шест јаглеродни атоми) и др. Со овој начин на именување се означува вкупниот број на C атоми во јаглеродната низа. Моносахаридите може да се именуваат на двата начини со цел да се означи типот на карбонилната група и бројот на јаглеродни атоми што ги содржат. На тој начин се добиваат повеќе информации за составот и структурата на секој моносахарид. Според тоа, алдотриоза е моносахарид со алдехидна група и три C атоми, кетотетроза е моносахарид со кето група и четири C атоми, алдопентоза е моносахарид со алдехидна група и пет C атоми, кетохексоза е моносахарид со кето група и шест C атоми итн.

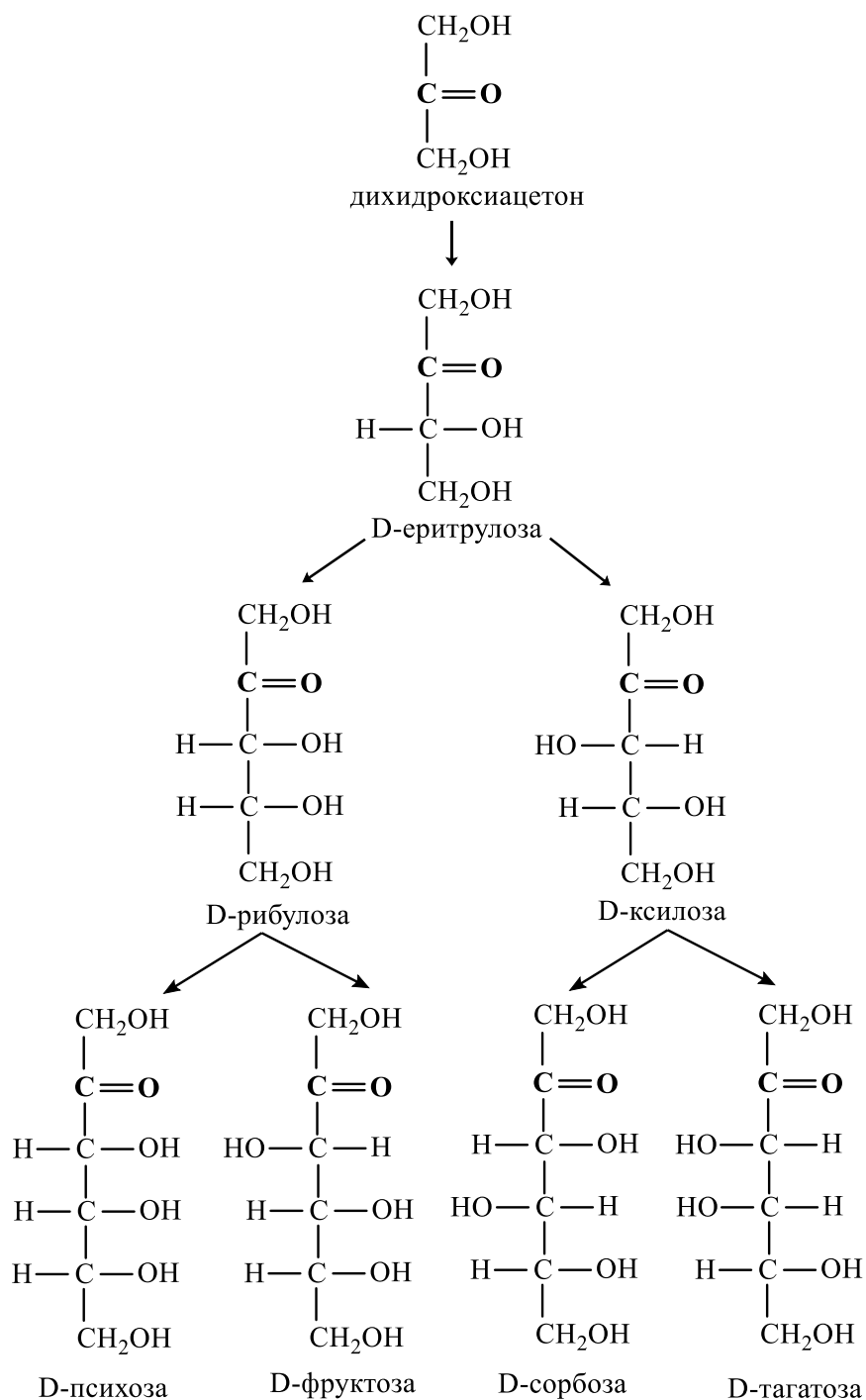


Глицералдехид е наједноставниот моносахарид со три јаглеродни атоми и алдехидна група, што значи дека е алдотриоза. Од формулите може да се види дека треозата е алдотетроза, рибозата е алдопентоза, додека фруктозата е кетохексоза. Исто така од формулите може да се види дека моносахаридите содржат повеќе хидроксилни групи. Поради тоа, моносахаридите што имаат алдехидна група и повеќе хидроксилни групи се нарекуваат полихидроксилни алдехиди, додека моносахаридите со кето група и повеќе

хидроксилни групи се нарекуваат полихидроксилни кетони. Формулите на некои примери на алдози и кетози се дадени на следнаве шеми:



Шема 1.1. Структурни формули и имиња на некои алдози



Шема 1.2. Структурни формули и имиња на некои кетози

ВЕЖБИ

Класифицирање на моносахаридите според функционалната група и според бројот на јаглеродните атоми во молекулата, врз основа на дадена формула.

Задача 1

Класифицирај ги моносахаридите глукоза и рибулоза според функционалната група и според бројот на C атоми.

РЕШЕНИЕ:

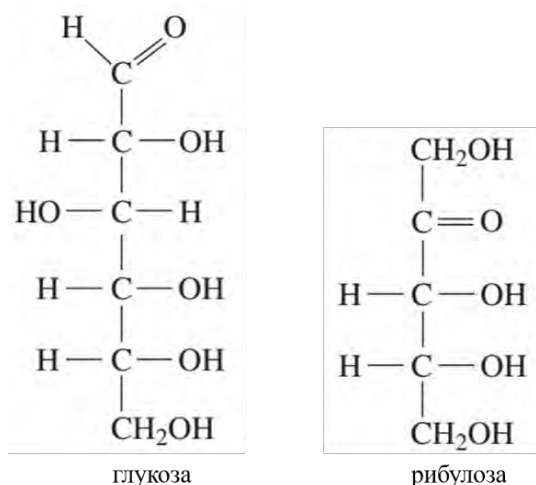
Се бара: Да се класифицираат моносахаридите глукоза и рибулоза според:

– функционалната група;

– бројот на С атоми.

Од формулата на глюкоза може да се види дека таа има алдехидна функционална група, односно глюкозата е алдоза. Според бројот на С атоми, глюкозата е хексоза бидејќи има шест јаглеродни атоми. Тоа значи дека глюкозата е *алдохексоза*.

Од формулата на рибулоза може да се види дека таа има кето функционална група, односно рибулозата е кетоза. Според бројот на С атоми, рибулозата е пентоза бидејќи има пет јаглеродни атоми. Тоа значи дека рибулозата е *кетопентоза*.



Задача 2

Која функционална група ја содржи и колку С атоми има рибозата?
Помош: рибозата е алдопентоза.

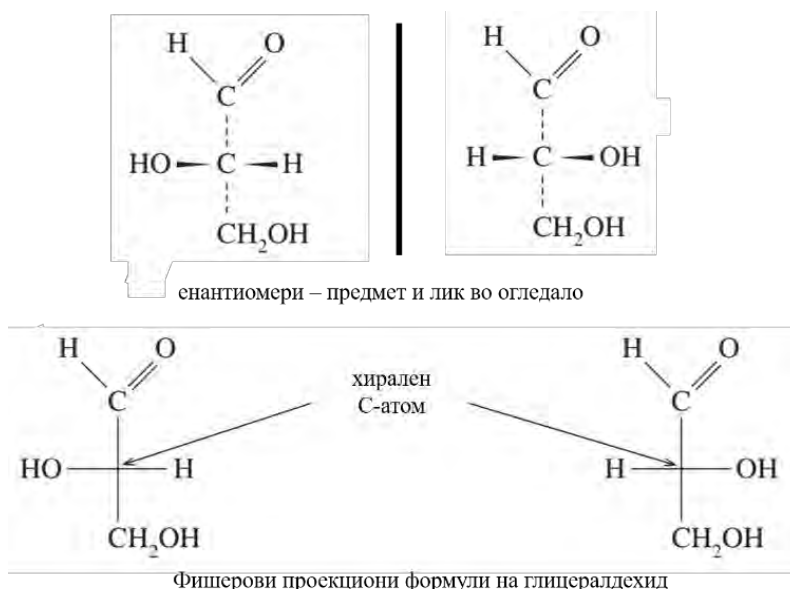
1.3. Оптичка изомерија кај јаглехидратите

Оптичка изомерија е тип стереоизомерија што постои кај органските соединенија што имаат барем еден хирален С атом. **Хирален јаглероден атом** е атомот што е поврзан со четири различни атоми или атомски групи. Хиралниот атом на два различни начини може да се поврзе со четирите атоми или атомски групи. Притоа се добиваат два оптички изомери (стереоизомери), кои се нарекуваат *енантиомери*. **Енантиомерите** се стереоизомери кои еден во однос на друг се однесуваат како предмет и лик во огледало. Оптичката изомерија се нарекува уште и **енантиомерија**. Молекулите што може да постојат како енантиомери се нарекуваат хирални молекули.

Фишер (Emil Fischer, 1852 – 1919) предложил едноставен начин за прикажување на структурата на стереоизомерите, а формулите во негова чест се нарекуваат **Фишерови проекциони формули**. Фишеровата проекција е дводимензионален цртеж на молекулата во кој наместо клинест и испрекинати линии се користат две линии, хоризонтална и вертикална во чиј пресек се распоредени С атомите од моносахаридот. На вертикалната линија во формулите лежат С атомите од низата, а на хоризонталните линии се распоредени водородните атоми и хидроксилните групи. Во пресекот на линиите се наоѓаат хиралните С атоми.

Од формулата на глицералдехид може да се види дека тој има еден хирален С атом поврзан со четири различни атоми и атомски групи. Во формулата, карбонилната група

се пишува над хиралниот С атом, а $-\text{CH}_2\text{OH}$ групата се пишува под хиралниот С атом. Додека, водородниот атом ($-\text{H}$) и хидроксилната група ($-\text{OH}$) се пишуваат лево и десно во однос на хиралниот С атом. Притоа тие може да се распоредат на два начини. Кај едниот стереоизомер $-\text{OH}$ групата се наоѓа лево во однос на хиралниот С атом и тој се означува како L-изомер. Додека кај другиот стереоизомер $-\text{OH}$ групата се наоѓа десно во однос на хиралниот С атом, тој се означува како D-изомер.



Фишеровите проекциони формули може да се напишат и за моносахариди што имаат поголем број на хирални С атоми, како што се моносахаридите со пет или шест јаглородни атоми. Кај нив со цел да се определи за кој тип на стереоизомер станува збор (L-изомер или D-изомер) се користи положбата на хидроксилната група ($-\text{OH}$) кај најоддалечениот хирален С атом во однос на карбонилната група.

ВЕЖБИ Претставување на L-форма и D-форма кај поважни моносахариди.

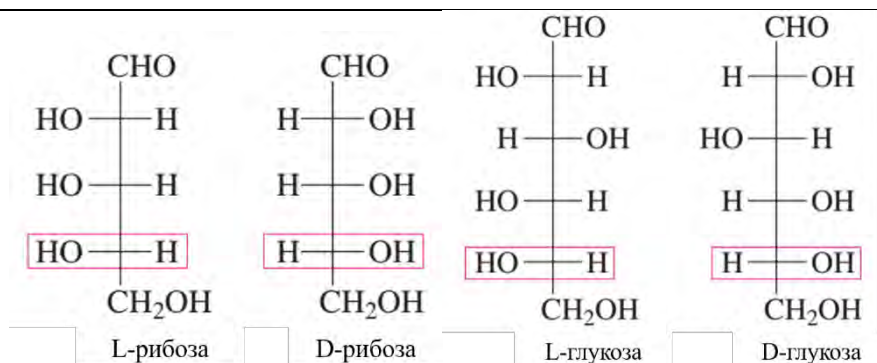
Задача 3

Со помош на Фишеровите проекциони формули претстави ги L-изомерот и D-изомерот на рибоза и глюкоза.

РЕШЕНИЕ:

Се бара: Да се претстават L-изомерот и D-изомерот на рибоза и глюкоза.

Рибозата е алдопентоза која има три хирални јаглородни атоми. L-изомерот и D-изомерот се определуваат во однос на положбата на $-\text{OH}$ групата на најоддалечениот хирален јаглороден атом во однос на алдехидната група. Глюкозата е алдохексоза која има четири хирални С атоми. Исто како кај рибозата, L- и D-изомерот се определуваат во однос на положбата на $-\text{OH}$ групата на најоддалечениот хирален С атом во однос на алдехидната група. Според тоа, Фишеровите проекциони формули за рибоза и глюкоза може да се претстават на следниов начин:


Задача 4

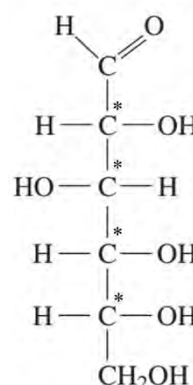
Со помош на Фишеровите проекциони формули претстави ги L-изомерот и D-изомерот кај фруктоза и галактоза.

Хиралниот C атом се означува со ѕвездичка до неговиот симбол. Бројот на хирални C атоми е различен кај различни моносахариди. Така на пример, глюкозата има 4 хирални C атоми означени со ѕвездичка во формулата.

Бројот на оптички изомери (i) зависи од бројот на хирални C атоми (n) и се пресметува на следниов начин:

$$i = 2^n$$

Со примена на формулата може да се пресмета дека глюкоза има 16 оптички изомери ($i = 2^4$).


ВЕЖБИ

Определување на хирални јаглеродни атоми во молекули на јаглехидрати и пресметување на бројот на оптички изомери.

Задача 5

Опреди кои C атоми се хирални во молекулата на глицералдехид, треоза, рибоза и фруктоза, и пресметај го бројот на оптички изомери.

РЕШЕНИЕ:

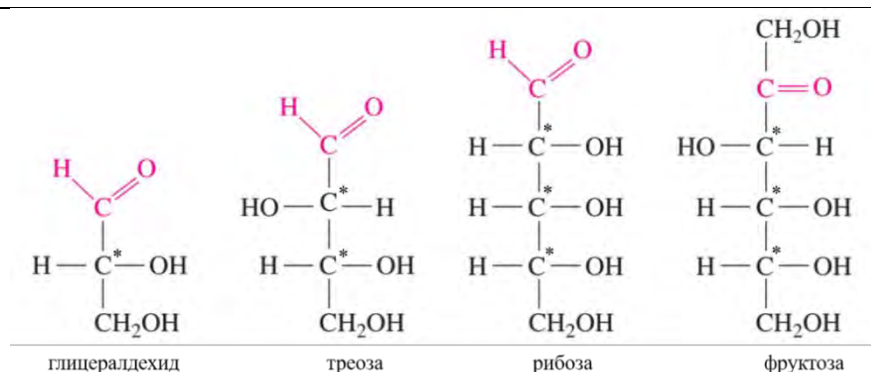
Се бара: Колку хирални C атоми и колку оптички изомери имаат глицералдехид, треоза, рибоза и фруктоза?

Хирални C атоми се јаглеродните атоми што се поврзани со четири различни атоми или атомски групи. Според тоа, од формулите на моносахаридите може да се види дека глицералдехид има еден хирален C атом, треоза има два хирални C атоми, рибоза има три хирални C атоми и фруктоза исто како рибоза има три хирални C атоми. Бројот на оптички изомери се пресметува според формулата

$$i = 2^n$$

Според тоа, бројот на оптички изомери ќе биде

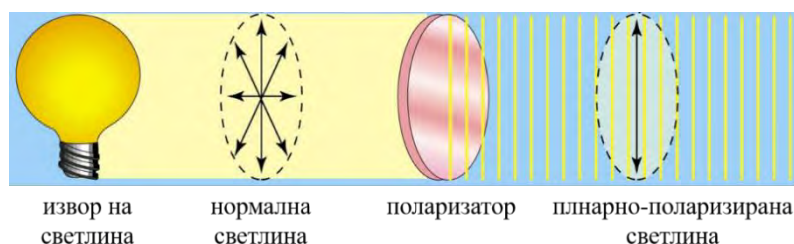
- глицералдехид: $i = 2^n = 2^1 = 2$;
- треоза: $i = 2^n = 2^2 = 4$;
- рибоза: $i = 2^n = 2^3 = 8$;
- фруктоза: $i = 2^n = 2^3 = 8$.



Задача 6

Опреди кои С атоми се хирални во молекулата на еритроза, арабиноза и галактоза и пресметај го бројот на оптички изомери.

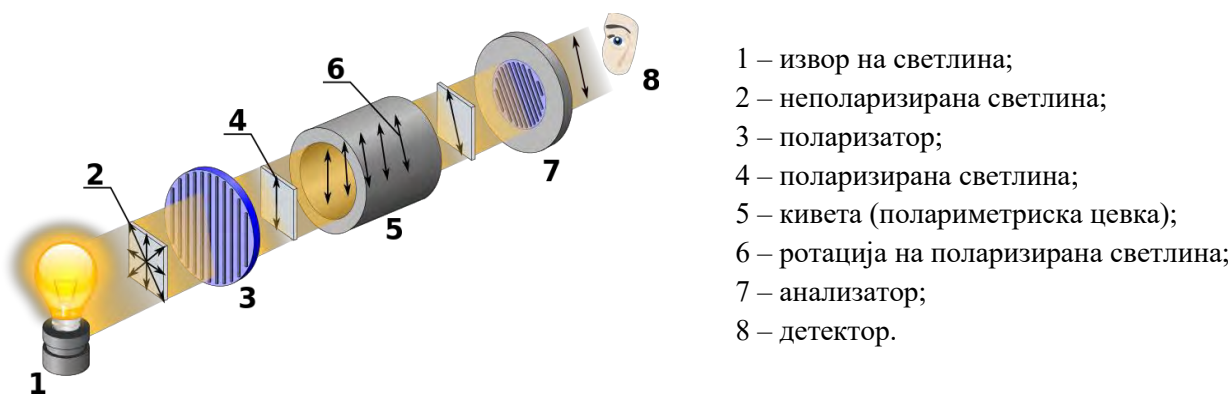
Оптички активните соединенија се разликуваат според нивните оптички својства, на пример нивната интеракција со рамнината на планарно-поларизирана светлина е различна. Електромагнетните бранови на планарно-поларизираната светлина се простираат само во една рамнина, додека обичната (неполаризирана) светлина се состои од електромагнетни бранови што вибрираат во сите правци (рамнини), нормални на насоката во која се движи светлината. Кога обична светлина поминува низ поларизатор се поларизира и поминува во планарно-поларизирана светлина.



Слика 1.2. Добивање на планарно-поларизирана светлина

Оптички активните соединенија ја вртат рамнината на планарно-поларизирана светлина за определен агол во различна насока. Тие се однесуваат меѓу себе како предмет и лик во огледало и се нарекуваат **енантиомери**, од грчкиот збор *енантиос* што значи спротивен. Енантиомерите се нарекуваат уште и **оптички антиподи** бидејќи ја вртат рамнината на планарно-поларизирана светлина за ист агол, но во спротивна насока.

Својството на енантиомерите да ја вртат рамнината на планарно-поларизирана светлина за определен агол се користи за определување на нивната концентрација во раствор, бидејќи аголот на ротација е пропорционален со концентрацијата. Инструментите кои се користат за мерење на аголот на ротација се нарекуваат **полариметри**, а техниката **полариметрија**.



Слика 1.3. Полариметар за мерење на аголот на ротација

Врската меѓу аголот на вртење на планарно-поларизираната светлина и концентрацијата е дадена со следнава формула

$$\alpha = [\alpha]_D \cdot c \cdot l$$

α – агол на ротација

$[\alpha]_D$ – агол на специфична ротација

c – концентрација на оптички активно соединение во испитуваниот раствор

l – должина на патот низ кој поминува светлината (должина на киветата)

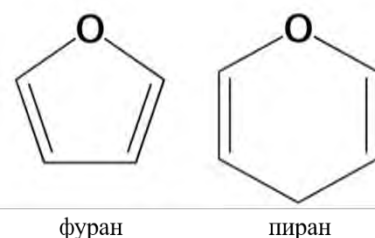
Аголот на специфична ротација е карактеристика на секое оптички активно соединение. Неговата вредност се определува при позната концентрација на соединението и константна температура (20 °C).

Оптичките изомери (енантиомери) што ја вртат рамнината на планарно-поларизирана светлина за определен агол во насока на стрелките на часовникот се нарекуваат **декстрогири** и се означуваат како (+)-изомери. Додека пак, оптичките изомери што ја вртат рамнината на планарно-поларизирана светлина спротивно од насоката на стрелките на часовникот се нарекуваат **левогири** и се означуваат со (-)-изомери. На пример, аголот на специфична ротација на глукоза изнесува +52,7°, што значи дека глукозата ја врти рамнината на планарно-поларизирана светлина на десно и се означува како (+)-глукоза. Аголот на специфична ротација на фруктоза изнесува -92,4°, што значи дека фруктозата ја врти рамнината на планарно-поларизирана светлина на лево и се означува како (-)-фруктоза.

Смесата што содржи еднакво количество од два енантиомера се нарекува **рацемска смеса**. Енантиомерите ја вртат рамнината на планарно-поларизирана светлина за ист агол, но во спротивна насока. Поради тоа рацемската смеса не е оптички активна и се означува со ($\pm$).

1.4. Циклични и полуацетални форми на моносахаридите

Глукозата во форма со отворена низа е присутна во клетките во многу мала концентрација. Во физиолошки услови таа има циклична структура која се формира како резултат на меѓумолекулската врска што се образува помеѓу карбонилната група и хидроксилната групи на хиралниот С атом што е најдалеку од карбонилната група.

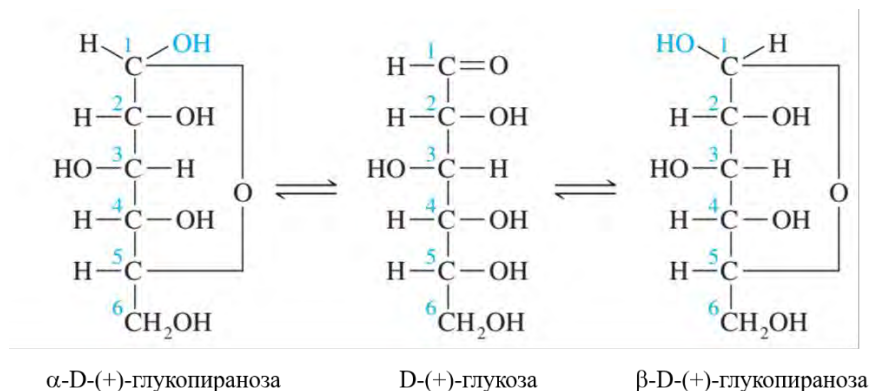


Карбонилната група во ацикличната или отворената низа на моносахаридите е многу реактивна. Поради тоа за кратко време се образуваат нови врски во молекулата на моносахаридите, што резултира со циклична структура. Цикличните структури се стабилни, бидејќи карбонилната група е вклучена во нивното образување. Вообичаено циклични структури образуваат пентозите и хексозите. Во прстенот на овие структури е вклучен еден кислороден атом, притоа шесточлените прстени се како пиран и се нарекуваат **пиранози**, додека петточелните прстени се како фуран и се нарекуваат **фуранози**.

Од органска хемија е познато дека при реакција на алдехидите (или кетоните) со алкохоли се образуваат соединенија кои се нарекуваат полуацетали (хемиацетали), каде еден ист јаглероден атом има етерска врска и врска со хидроксилна група. Цикличните форми на моносахаридите се полуацетални форми кои се образуваат со меѓумолекулска врска помеѓу карбонилниот С атом и –ОН група на хиралниот С атом, кој е најдалеку од карбонилната група.

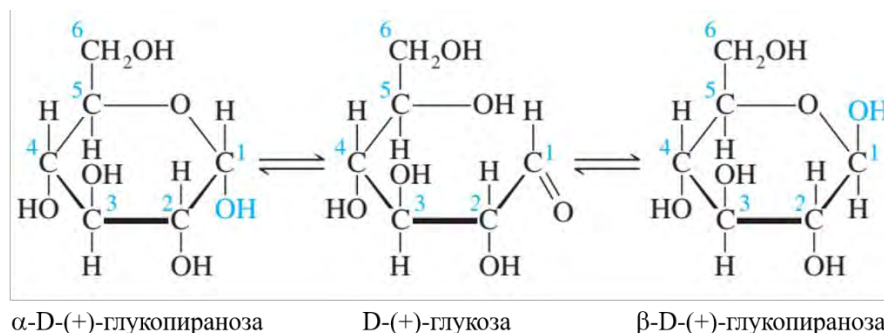


При пишување на цикличните структури се тргнува од формулата на моносахаридот во ациклична форма. Начинот на кој тоа се прави е објаснет на примерот на D-(+)-глукоза.



Како резултат на меѓумолекулска врска помеѓу карбонилниот С атом означен со број еден и хидроксилната група од петтиот С атом, се образува хетероцикличен прстен во

кој влегува кислородот од —OH групата. Во полуацеталната форма се образува нова —OH група на карбонилниот C атом која се нарекува *полуацетална хидроксилна група*, а јаглеродниот атом се нарекува *полуацетален јаглероден атом*. Оваа —OH група може да се најде во две положби кои се означуваат со грчките букви α (алфа) и β (бета). Според тоа, двата изомера на глюкоза се именуваат како $\alpha\text{-D-(+)-}$ глюкопираноза и $\beta\text{-D-(+)-}$ глюкопираноза. Кај α -формата, —OH групата се наоѓа десно во однос на C атомот означен со број 1 (C атомот) од алдехидната група), додека кај β -формата, таа е лево во однос на овој C атом. Цикличните форми на D-(+)-глюкозата може да се прикажат на следниов начин:



Кај цикличните форми, —H -атомот и —OH групата се пишуваат над и под рамнината на шестоаголникот. Кај α -формата, полуацеталната —OH група се пишува под рамнината на прстенот (долу), додека кај β -формата, полуацеталната —OH група се пишува над рамнината на прстенот (горе). —OH групите на вториот, третиот и четвртиот C атом во цикличната форма се пишуваат под рамнината на прстенот ако во ацикличната форма се наоѓаат десно во однос на C атомот. Додека пак, —OH групите што се наоѓаат лево во однос на C атомот во ацикличната форма, во цикличната форма се пишуваат над рамнината на прстенот. Атомот кој е означен со број 6 во ацикличната форма, во цикличната форма се пишува над рамнината на прстенот.

Од цикличните форми на D-глюкоза може да се види дека тие се разликуваат само по распоредот на групите на првиот C атом. Сепак, оваа навидум мала структурна разлика има големо влијание врз својствата на изомерите, бидејќи обликот на молекулата често ја одредува нејзината биолошка примена.

Двете циклични форми на D-глюкозата се диастереоизомери кои се разликуваат во однос на ротоацијата на планарно поларизирана светлина. Така на пример, формата означена со $\alpha\text{-D-(+)-}$ глюкопираноза има агол на специфична ротација од $+112,2^\circ$, додека формата означена како $\beta\text{-D-(+)-}$ глюкопираноза има агол на специфична ротација од $+18,7^\circ$. Овие две форми на глюкоза ако се наоѓаат во одделни раствори извесно време, аголот на специфична ротација кај двете форми се менува на $+52,7^\circ$. Оваа појава е позната како *мутаротација*. Тоа се случува бидејќи во растворот на D-глюкозата во рамнотежа постојат двете циклични форми, како и формата со отворена низа. Двете циклични форми се оптички изомери кои се разликуваат само по ориентацијата на полуацеталната —OH група. Во раствор $\alpha\text{-D-(+)-}$ глюкопиранозата поминува во $\beta\text{-D-(+)-}$ глюкопираноза и обратно, се додека не се постигне рамнотежа. *Стереоизомерите што се разликуваат според просторниот распоред на врските околу полуацеталниот C атом се нарекуваат*

аномери. Всушност аномерите се разликуваат во конфигурацијата на полуацеталната –ОН група. Аномери се α -D-(+)-глюкопиранозата и β -D-(+)-глюкопиранозата. При мутаротација едниот аномер поминува во другиот и обратно.

ВЕЖБИ

Определување на бројот на хирални јаглеродни атоми во молекулата на циклична полуацетална форма на моносахарид (глюкоза, фруктоза) и негова споредба со бројот на хирални јаглеродни атоми во молекулата на ацикличната форма.

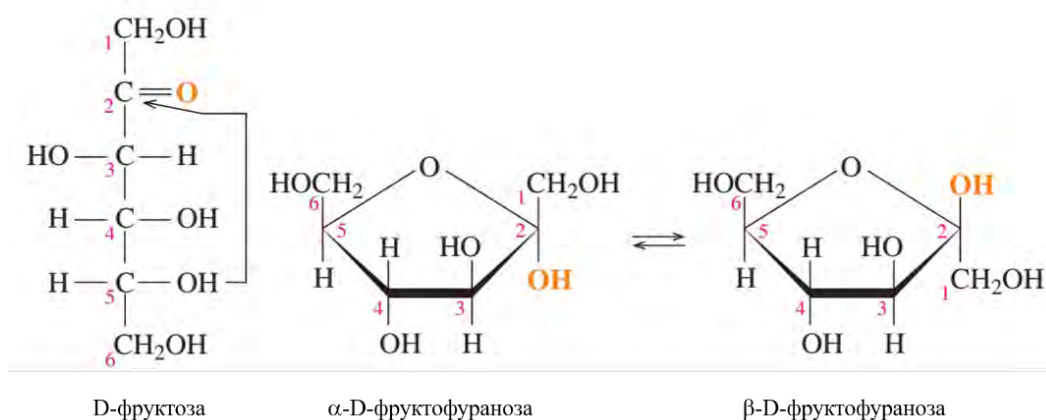
Задача 7

Спореди го бројот на хирални С атоми во цикличната полуацетална форма и ацикличната форма на фруктоза.

РЕШЕНИЕ:

Се бара: Да се спореди бројот на хирални С атоми во цикличната полуацетална форма и ацикличната форма на фруктоза.

Формулите на ацикличната (D-фруктоза) и полуацеталните циклични форми (α -D-фруктофураноза и β -D-фруктофураноза) се дадени подолу. Од формулата може да се види дека хирални С атоми во ацикличната форма се атомите нумерирани со броевите 3, 4 и 5, односно фруктозата има три хирални С атоми. Ситуацијата е различна кај двете циклични полуацетални форми. Кај нив хирални С атоми се атомите нумерирани со броевите 2, 3, 4 и 5. С атомот на кој се наоѓа полуацеталната –ОН група (присутна во оваа форма) е хирален. Тоа значи дека двете циклични полуацетални форми имаат еден хирален С атом повеќе во споредба со ацикличната форма.



Задача 8

Опреди го бројот на хирални С атоми во цикличната полуацетална форма и во ацикличната форма на глюкоза.

1.5. Хемиски својства на моносахаридите

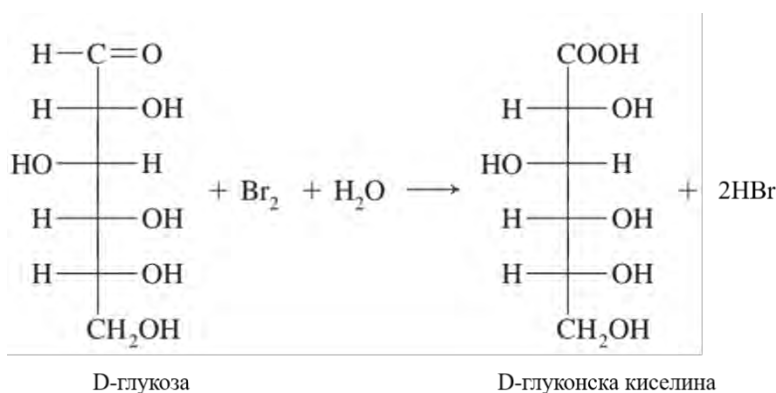
Моносахаридите содржат функционални групи со кои можат да учествуваат во различни хемиски реакции. Така на пример, алдехидната група од алдозите може да се оксидира и да се добие карбоксилна киселина. Карбонилната група од алдозите и кетозите може да се редуира и притоа се добива хидроксилна група. Хидроксилните групи од моносахаридите можат да реагираат со други соединенија и да формираат различни деривати, кои се важни биосоединенија.

Оксидација на моносахаридите

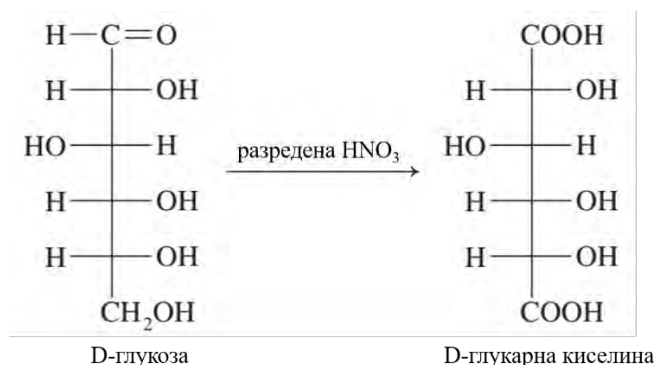
Способноста на јаглехидратите да се оксидираат е фундаментална за животот. Скоро сите клетки добиваат енергија при оксидација на глюкозата. Всушност, некои ткива, како што е мозокот, зависат од оксидацијата на глюкозата за да ги задоволат сите нивни енергетски потреби. При оксидација алдехидната функционална група ($-\text{CHO}$), каде што C атомот образува двојна врска (две врски) со кислородот се претвора во карбоксилна група, во која јаглеродот образува три врски со кислородот ($-\text{COOH}$). Во процесот на оксидација се ослободува енергија. При оксидација на моносахаридите се добиваат различни карбоксилни киселини. Моносахаридите што се оксидираат, а притоа ги редуцираат другите супстанции се нарекуват **редуктивни шеќери**.

Моносахаридите постојат претежно во циклични форми, но сепак во мал процент е секогаш присутна и формата со отворена низа, или ацикличната форма што има алдехидна група. При оксидација на моносахаридите може да се оксидира алдехидната група и притоа се добива **алдонска киселина**, може да се оксидира $-\text{OH}$ групата од шестиот C атомот и да се образува **уронска киселина**, додека пак ако се оксидираат во исто време и алдехидната и $-\text{OH}$ групата од шестиот C атомот се добива **алдарна киселина**.

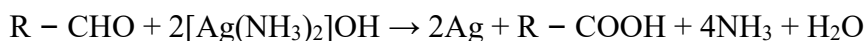
При оксидација на глюкозата со оксидационо средство, како бромна вода (раствор на Br_2 во вода), која не е силен оксиданс, алдехидната група од D-глюкозата се оксидира до карбоксилна група и притоа се добива D-глюконска киселина.



Во случај кога оксидација на D-глюкозата се изведува со разредена азотна киселина, која е силно оксидационо средство, во исто време се оксидираат алдехидната група и $-\text{OH}$ групата од шестиот C атом и притоа се добива дикарбоксилна киселина, D-глюкарна киселина.

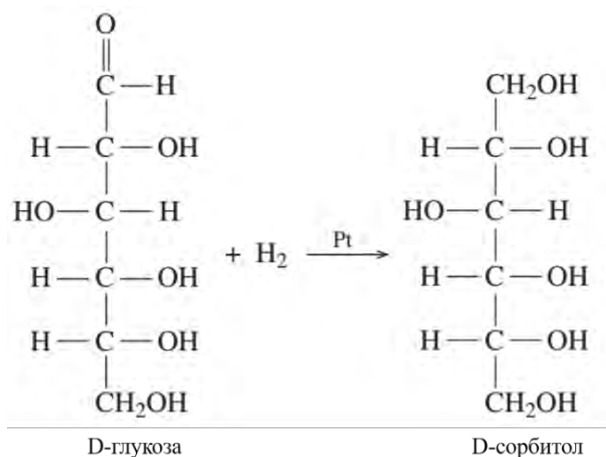


Оксидацијата на моносахаридите може да се изведе и со Толенсов реагенс (диамминсребро(I) хидроксид, $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$). Притоа се добива соодветна алдонска киселина, а сребрените јони (Ag^+) од Толенсовиот реагенс се редуцираат до елементарно сребро (Ag) кое се издвојува на ѕидовите од садот во вид на сребрено огледало. Реакцијата на сребрено огледало се користи за докажување на присуството на алдехидна група.



Редукција на моносахаридите

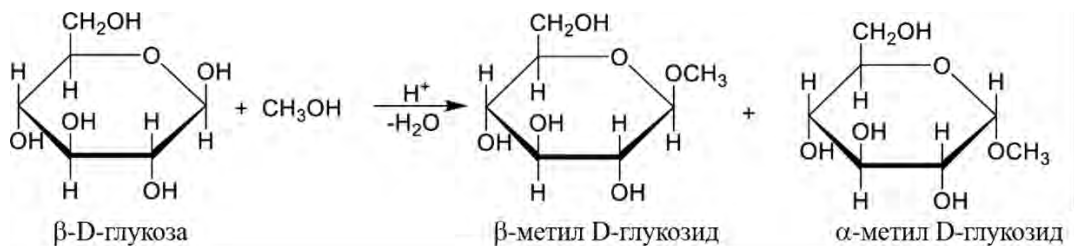
Моносахаридите се редуцираат до полихидроксилни алкохоли со водород во присуство на платина како катализатор (H_2/Pt) или со натриум амалгам ($\text{Na}(\text{Hg})$). При редукција на карбонилната група во моносахаридите се добиваат алкохоли. Така на пример, D-глюкозата се редуцира до алкохол познат како D-сорбитол. Алкохолите што се добиваат со редукција на моносахариди се нарекуваат шеќерни алкохоли и се користат како засладувачи во многу производи наместо шеќер. На тој начин се добиваат диетални производи, како и производи за лица со дијабетес.



Добивање гликозиди

При реакција на моносахаридите со алкохоли се образуваат етери наречени гликозиди. Во кисела средина од полуацеталната $-\text{OH}$ група од моносахаридот (пореактивна во споредба со другите $-\text{OH}$ групи) и $-\text{OH}$ групата од алкохолот се издвојува вода и се

добива соодветен **глюкозид**. Така на пример, при реакција на β -D-глюкоза и метанол се добива смеса од β -метил D-глюкозид и α -метил D-глюкозид.



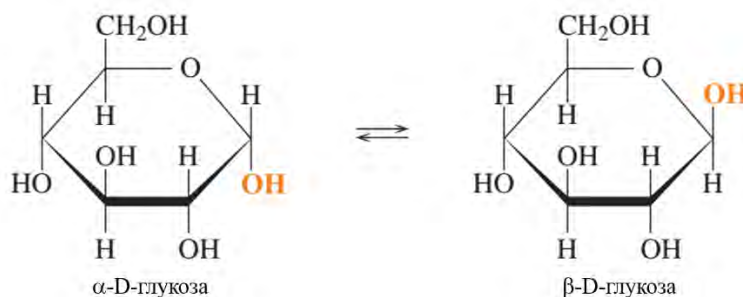
Глюкозидите играат многу важна улога во живите организми. Растенијата ги складираат глюкозидите во неактивна форма, за подоцна да се активираат со ензимска хидролиза, притоа се одвојува шеќерната компонента која станува достапна за употреба.

1.6. Поважни претставници на моносахаридите

Синтетизирани се голем број моносахариди, но само неколку имаат биолошко значење. Пентозите како што се рибозата и деоксирибозата влегуваат во составот на нуклеинските киселини, додека хексозите се значаен извор на енергија за клетките. Најзначајни хексози се глюкозата, галактозата и фруктозата. Во природата најчесто се среќаваат нивните D-изомери, кои влегуваат во состав на клетките.

Глюкоза

Глюкозата е алдохексоза со молекулска формула $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$. Таа е најзначајниот шеќер во човековото тело. Глюкозата во процесот на гликолиза се разложува до јаглерод диоксид и вода и притоа се ослободува големо количество енергија. Глюкозата се нарекува и *декстроза*, бидејќи ја врти рамнината на планарно-поларизирана светлина на десно (D-(+)-глюкозата). D-глюкозата постои во две аномерни форми и тоа α -D-глюкоза (α -D-глюкопираноза) и β -D-глюкоза (β -D-глюкопираноза).

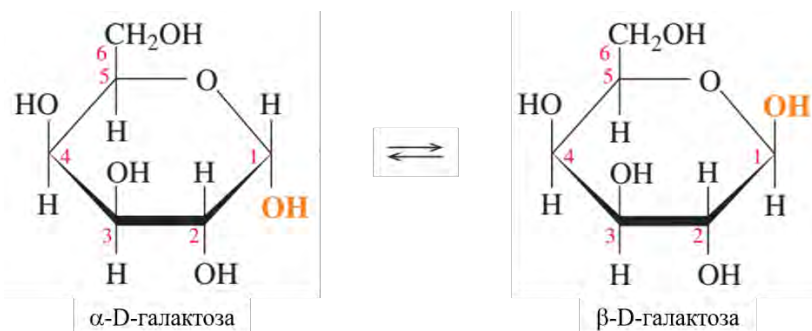


Глюкозата е позната и како *гроздов шеќер*, бидејќи се наоѓа во грозјето, а исто така се наоѓа и во овошјето, зеленчукот, сирупот од пченка, медот и др. Медот е природна смеса на глюкоза и фруктоза, додека сахарозата (обичниот шеќер) е соединение образувано од една молекула глюкоза и една молекула фруктоза. D-глюкозата влегува во составот на дисахаридите сахароза, лактоза и малтоза и на полисахаридите скроб, целулоза и гликоген. Глюкозата се нарекува и *крвен шеќер*, бидејќи преку крвотокот се пренесува

до сите клетки. Таа се наоѓа во урината на луѓето што имаат дијабетес, а состојбата во која глюкозата се излачува во урината се нарекува глюкозурија.

Галактоза

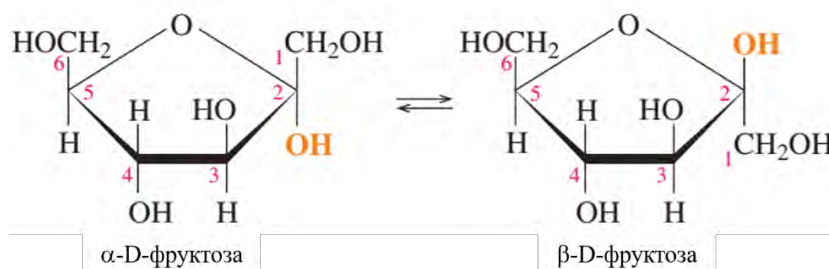
Галактозата е алдохексоза која сврзана со глюкозата се наоѓа во дисахаридот лактоза, како и во некои олигосахарида и полисахарида. Галактозата влегува во составот на клеточните мембрани на мозокот и нервниот систем. Таа е изомер на глюкозата, разликата во структурата на D-глюкозата и D-галактозата е во распоредот на –ОН групата на четвртиот јаглероден атом. Тоа може да се види од цикличните структури на α -D-галактоза (α -D-галактопираноза) и β -D-галактоза (β -D-галактопираноза).



Состојбата во која е нарушена функцијата на ензимот што е неопходен за претворање на галактозата во глюкоза се нарекува галактоземија. Акумулацијата на галактоза во крвта и ткивата може да доведе до катаракта, ментална ретардација и цироза. Третманот за галактоземија е отстранување од исхраната на храната што содржи галактоза, како што се млекото и млечните производи.

Фруктоза

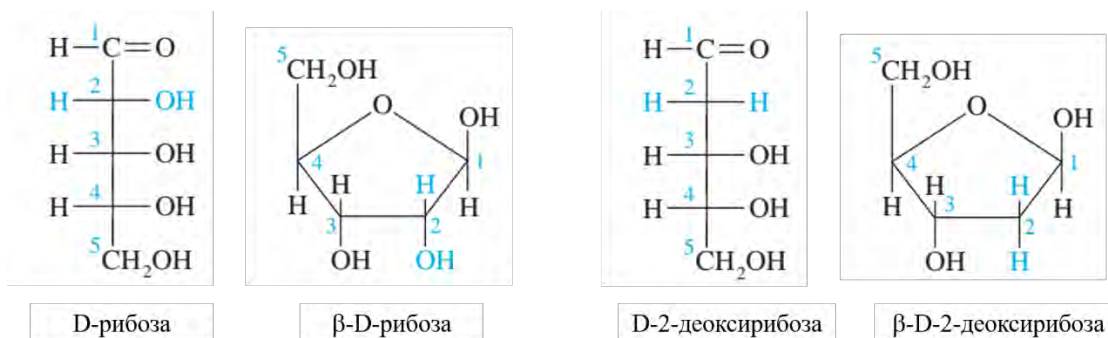
Фруктозата за разлика од глюкозата и галактозата е кетохексоза. Таа се нарекува *левулоза*, бидејќи ја врти рамнината на планарно-поларизирана светлина на лево. Фруктозата се нарекува и *овошен шеќер* кој се наоѓа во овошјето и во овошните сокови. Таа заедно со глюкозата се наоѓа во медот и обичниот шеќер или сахарозата, а застапена е и во полисахаридот инулин. Структурата на фруктозата се разликува од структурата на глюкозата според положбата на карбонилната група, која кај глюкозата е на првиот C атом, додека кај фруктозата карбонилната група се наоѓа на вториот јаглероден атом. D-фруктозата постои во две циклични структури, α -D-фруктоза (α -D-фруктофураноза) и β -D-фруктоза (β -D-фруктофураноза), кои може да се прикажат на следниов начин:



Фруктозата е најслатка од шеќерите, таа е двапати послатка од сахарозата. Поради тоа фруктозата е популарна кај луѓето што се на диета, бидејќи помалку фруктоза и според тоа помалку калории се потребни за да се добие сладок вкус. Сахарозата се разложува до глукоза и фруктоза под дејство на ензимот инвертаза, кој е присутен кај пчелите. Фруктозата може да се метаболизира директно, но исто така таа лесно се претвора во глукоза во црниот дроб.

Рибоза и деоксирибоза

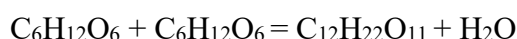
D-рибозата и D-2-деоксирибозата се алдопентози кои се особено значајни пентози, бидејќи учествуваат во градбата на нуклеинските киселини. Во името на деоксирибоза стои D-2-деоксирибоза, каде што со бројот 2 се означува дека на вториот C атом кај деоксирибозата недостасува кислородниот атом. Наместо –ОН групата која е присутна кај рибозата, кај деоксирибозата има атом на водород. Разликата помеѓу нив може да се види од следниве формули со кои е претставена нивната ациклична и циклична структура.



D-рибозата постои во две изомерни форми α-D-рибоза (α-D-рибофураноза) и β-D-рибоза (β-D-рибофураноза). Од ацикличната структура на рибозата може да се види дека таа има три хирални C атоми (означени со 2, 3 и 4), додека деоксирибозата има два хирални C атоми (означени со 3 и 4). Според тоа бројот на оптички изомери во кои се јавуваат овие пентози ќе биде различен.

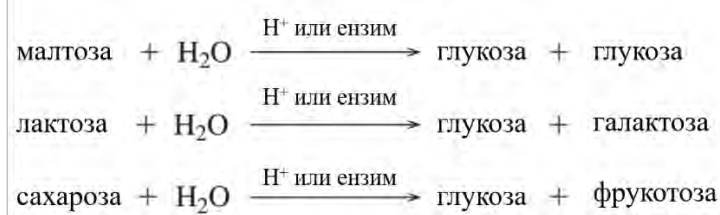
1.7. Дисахариди

Дисахаридите се јаглехидрати што се составени од две моносахаридни единици. Најчесто среќавани дисахариди се **малтоза**, **лактоза** и **сахароза**. Молекулската формула со која може да се претстават дисахаридите е $C_{12}H_{22}O_{11}$. При образување на дисахаридот, молекулите на моносахаридите ($C_6H_{12}O_6$) се сврзуваат помеѓу себе и притоа се добива една молекула вода. Поради тоа реакцијата на добивање на дисахаридите се нарекува реакција на *кондензација*.



Од равенката може да се види дека обратната реакција на кондензација е хидролиза. Дисахаридите може да се разложат во водни раствори во присуство на киселина или ензим, притоа се добиваат две молекули од моносахариди. За разложување на секој од дисахаридите се користи различен ензим. Така на пример, **сахарозата при хидролиза во**

присуство на киселина или ензимот сахараза се разложува на една молекула глюкоза и една молекула фруктоза. **Лактозата** се разложува до глюкоза и галактоза во присуство на ензимот лактаза, додека **малтозата** под дејство на ензимот малтаза се разложува до две молекули на глюкоза.



Малтоза

Малтозата е дисахарид составен од две моносахаридни единици на глюкоза. Таа не се наоѓа во слободна состојба, се добива при хидролиза на полисахаридот скроб, а исто така се наоѓа во зрната што 'ртат. При хидролиза на малтозата, под дејство на ензимите на квасецот во јачменот и другите зрна се добива глюкоза, од која понатаму при ферментација се добива етанол. Малтозата се додава во житарките, бонбоните и при подготовка на пијалаци. Ковалентната врска со која се поврзани двете молекули на глюкоза во малтозата се нарекува гликозидна врска или кислород гликозидна врска (О – гликозидна врска). Таа се образува помеѓу С атомите означени со 1 и 4 од две молекули на D-глюкоза и притоа се издвојува една молекула вода.

ВЕЖБИ

Претставување на малтозен и трехалозен начин на сврзување на моносахаридните единици кај поважни дисахариди (малтоза, лактоза, трехалоза, сахароза), определување и запишување на гликозидната врска.

Задача 9

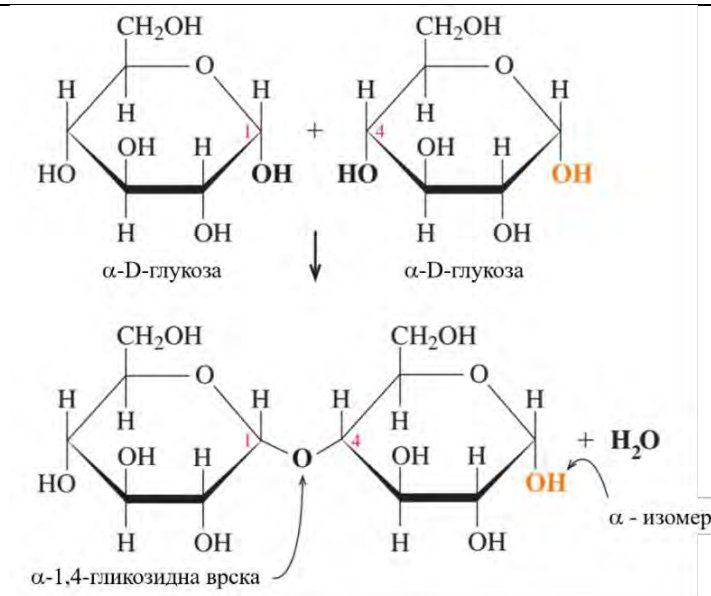
Претстави го малтозниот начин на сврзување кај дисахаридот малтоза.

РЕШЕНИЕ:

Се бара:

Да се претстави малтозниот начин на сврзување кај дисахаридот малтоза.

Во образувањето на гликозидната врска помеѓу двете молекули на α -D-глюкоза во дисахаридот малтоза учествуваат полуацеталната –ОН група (положба 1) од едната молекула, која се наоѓа во α -положба, и –ОН групата, која се наоѓа во положба 4 од втората молекула на глюкоза. Гликозидната врска кај малтозата се означува како α -1,4 гликозидна врска. На тој начин се покажува дека во образувањето на врската учествува –ОН групата, која се наоѓа на α јаглеродниот атом (положба 1) од првата молекула на α -D-глюкозата, со –ОН групата, која се наоѓа во положба 4 на С атомот од втората молекула на α -D-глюкозата. При образување на α -1,4 гликозидната врска се издвојува една молекула вода. Образувањето на гликозидната врска кај малтоза може да се претстави на следниов начин:



Задача 10 Напиши ја формулата на β -изомерот на малтоза.

Начинот на кој се сврзуваат двете молекули од глюкоза кај малтозата се нарекува **малтозен начин на сврзување**. При малтозен начин на сврзување на моносахаридите во образувањето на гликозидната врска учествуваат полуацеталната $-OH$ група од едниот моносахарид и $-OH$ група од другиот моносахарид, која не е полуацетална. Поради тоа се добива дисахарид со полуацетална $-OH$ група, која влијае врз неговите својства. Малтозата бидејќи има полуацетална $-OH$ група, може да образува α - и β -изомери и покажува мутаротација. Во отворената низа кај малтозата постои алдехидна група што може да се оксидира. Поради тоа малтозата се нарекува *редуктивен шеќер*.

Лактоза

Лактоза е дисахарид составена од две моносахаридни единици, од кои едната е α -D-глюкоза, а другата е β -D-галактоза поврзани со гликозидна врска според малтозниот начин на сврзување. Лактозата се нарекува уште и *млечен шеќер*, бидејќи се наоѓа во слободна состојба во млекото на цицачите и во млечните производи. Во тенкото црево на доенчињата е присутен ензимот лактаза поради тоа тие лесно може да ја разложат лактозата што ја внесуваат преку млекото во нивната исхрана. Меѓутоа, со возраста кај луѓето, цревата престануваат да го произведуваат ензимот лактаза и не можат да ја сварат лактозата. Поради тоа, кај нив лактозата се метаболизира од бактериите што живеат во дебелото црево.

ВЕЖБИ

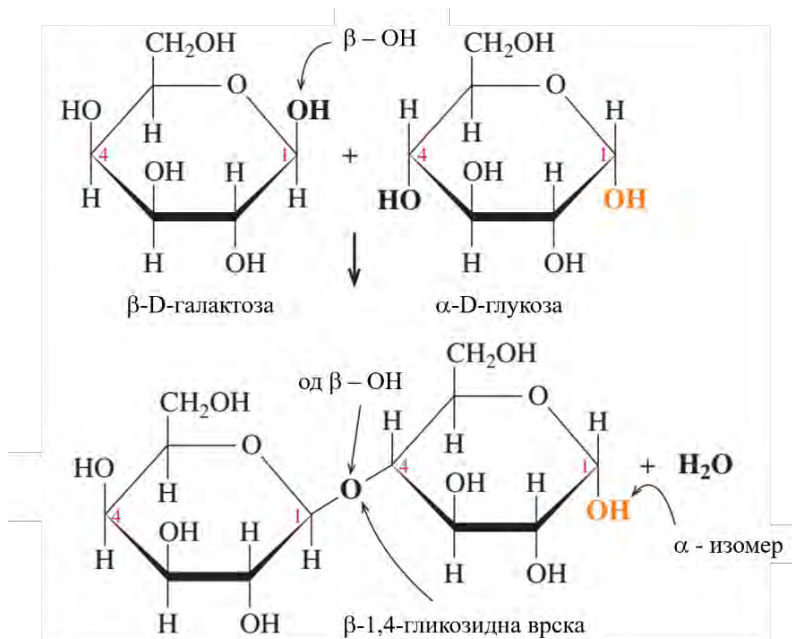
Претставување на малтозен и трехалозен начин на сврзување на моносахаридните единици кај поважни дисахариди (малтоза, лактоза, трехалоza, сахароза), определување и запишување на гликозидната врска.

Задача 11 Претстави го малтозниот начин на сврзување кај дисахаридот лактоза.

РЕШЕНИЕ:

Се бара: Да се претстави малтозниот начин на сврзување кај дисахаридот лактоза.

Моносахаридите галактоза и глюкоза кај лактозата се сврзуваат според малтозниот начин на сврзување. Притоа гликозидната врска што се остварува помеѓу β -D-галактоза и α -D-глюкозата се означува како β -1,4 гликозидна врска. Таа се образува помеѓу полуацеталната $-\text{OH}$ група што се наоѓа на C атомот во положба 1 од β -D-галактозата и $-\text{OH}$ групата на C атомот во положба 4 од α -D-глюкозата. Образувањето на гликозидната врска кај лактоза може да се претстави на следниов начин:



Задача 12 Напиши ја формулата на β -изомерот на лактоза.

Од формулата на лактозата може да се види дека таа има слободна полуацетална $-\text{OH}$ група, што значи дека може да постои во двата изомера, α и β . Исто како кај малтоза во отворената низа на лактозата постои алдехидна група што може да се оксидира. Поради тоа лактозата се нарекува *редуктивен шеќер*.

Трехалоза

Трехалозата е дисахарид составена од две молекули на α -D-глюкоза поврзани со гликозидна врска. Кај дисахаридите, во образувањето на гликозидната врска може да учествуваат двете полуацетални $-\text{OH}$ групи од молекулите на моносахаридите. Ваквото сврзување е познато како *трехалозен начин на сврзување* и се сретнува кај дисахаридите трехалоза и сахароза.

ВЕЖБИ

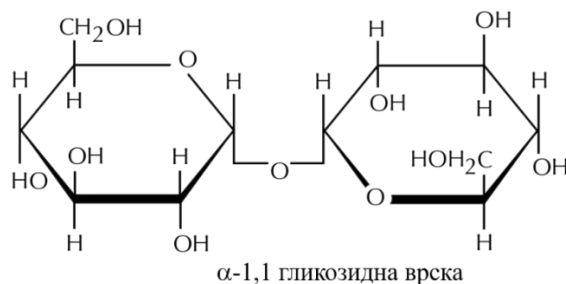
Претставување на малтозен и трехалозен начин на сврзување на моносахаридните единици кај поважни дисахариди (малтоза, лактоза, трехалоза, сахароза), определување и запишување на гликозидната врска.

Задача 13 Претстави го трехалозниот начин на сврзување кај трехалоза.

РЕШЕНИЕ:

Се бара: Да се претстави трехалозниот начин на сврзување кај трехалоза.

Трехалозата е дисахарид составена од две молекули на α -D-глюкоза. Во образувањето на гликозидната врска учествуваат полуацеталните –ОН групи од С атомот означен со 1 од двете молекули на α -D-глюкозата. Гликозидната врска што се остварува со трехалозен начин на сврзување кај дисахаридот трехалоза се означува како α -1,1 гликозидна врска. Нејзиното образување може да се претстави на следниов начин:



Дисахаридот што се добива со трехалозниот начин на сврзување нема слободна полуацетална –ОН група, бидејќи двата моносахарида всушност се поврзуваат со полуацеталната –ОН група.

Задача 14 Дали може трехалозата да постои во α - и β -форма? Објасни.

Од формулата на трехалоза може да се види дека таа нема полуацетална –ОН група. Вообичаено дисахаридите што немаат полуацетална –ОН група се разликуваат според своите својства од дисахаридите што имаат полуацетална –ОН група. Поради тоа трехалозата не е редукивен шеќер, не покажува мутаротација и не може да постои како α - и β -изомер.

Сахароза

Сахарозата е дисахарид составена од една молекула на α -D-глюкоза и една молекула β -D-фруктоза поврзани со гликозидна врска. Гликозидната врска кај сахарозата се се образува со *трехалозен начин на сврзување*. Таа се нарекува обичен шеќер кој се наоѓа во слободна состојба и се користи во секојдневната исхрана. Поголемиот дел од сахароза се добива од шеќерна трска или шеќерна репка, јаворовиот сируп е исто така добар извор на сахароза. Двете форми на шеќер, рафиниран и нерафиниран се сахароза.

ВЕЖБИ

Претставување на малтозен и трехалозен начин на сврзување на моносахаридните единици кај поважни дисахариди (малтоза, лактоза, трехалоза, сахароза), определување и запишување на гликозидната врска.

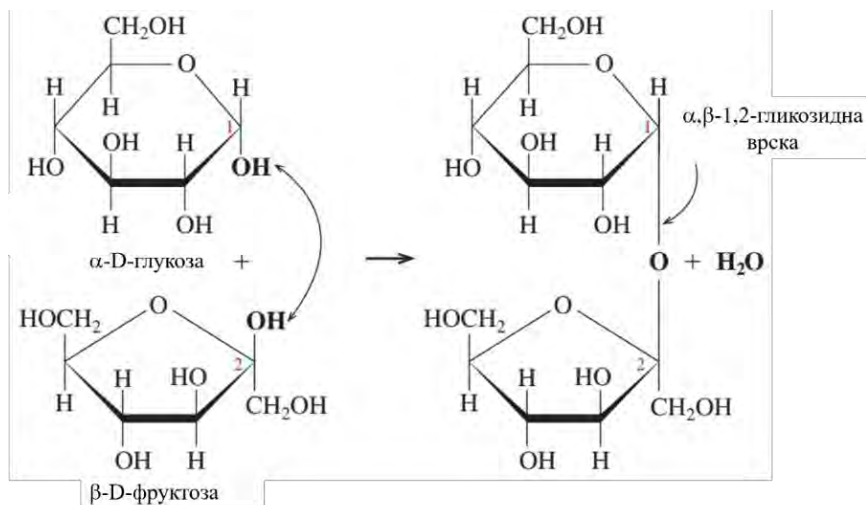
Задача 15 Претстави го трехалозниот начин на сврзување кај дисахаридот сахароза.

РЕШЕНИЕ:

Се бара: Да се претстави трехалозниот начин на сврзување кај дисахаридот сахароза.

Сахарозата е дисахарид составена од α -D-глюкоза и β -D-фруктоза. Во образувањето на гликозидната врска учествува полуацеталната –ОН група од С атомот означен со 1 во молекулата на α -D-глюкоза и полуацеталната –ОН група од С атомот означен со 2 во молекулата на β -D-фруктозата. Гликозидната врска што се остварува кај сахарозата

понеѓу α -D-глюкозата и β -D-фруктозата се означува како α -1,2 гликозидна врска. Нејзиното образување може да се претстави на следниов начин:



Задача 16

Дали сахарозата и продуктите што се добиваат со нејзина хидролиза се редуktivни шеќери? Објасни.

Од молекулата на сахарозата може да се види дека таа нема полуацетална $-\text{OH}$ група, што значи дека не може да се оксидира и според тоа не е редуktivен шеќер.

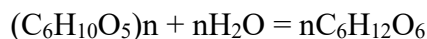
Сахарозата при хидролиза образува една молекула на глюкоза и една молекула на фруктоза. Сахарозата ја врти рамнината на планарно-поларизирана светлина за определен агол на десно ((+)-сахароза), глюкозата исто како сахарозата е (+)-глюкоза, додека фруктозата ја врти рамнината на планарно-поларизирана светлина на лево ((-)-фруктозата). Аголот на ротација кај фруктозата е поголем во споредба со глюкозата и поради тоа смесата од глюкоза и фруктоза (1 : 1) ја врти рамнината на планарно-поларизирана светлина на лево во споредба со сахарозата што ја врти на десно. Поради тоа смесата од глюкоза и фруктоза се нарекува **инвертен шеќер**. Тоа значи дека со хидролиза на сахароза настанала инверзија, односно промена на насоката на вртење на рамнината на планарно-поларизирана светлина.

Физички својства на дисахаридите

Физичките својства на дисахаридите сахароза, лактоза и малтоза се должат на нивните големи и поларни молекули. Тие се наоѓаат во цврста агрегатна состојба и лесно се раствораат во вода. На пример, растворливоста на сахароза е 200 g на 100 g вода на 0 °C. Причина за големата растворливост во вода се водородните врски кои се образуваат помеѓу молекулите на водата и $-\text{OH}$ групите од дисахаридите. Дисахаридите не се топат лесно, всушност само лактозата има дефинирана температура на топење (201,6 °C), сахарозата и малтозата се разложуваат кога ќе се загреат на 186 °C и 103 °C, соодветно. Кога се загрева сахарозата на висока температура, таа потемнува и делумно се разложува. Смесата што се добива се нарекува карамел и се користи како боја и арома во прехранбените производи.

1.8. Полисахариди

Полисахаридите се полимери образувани од голем број моносахариди. Општа формула која се однесува на сите полисахариди е $(C_6H_{10}O_5)_n$. Најзначајните полисахариди скроб, целулоза и гликоген се образувани од D-глюкоза. Тоа значи дека со нивна хидролиза ќе се добие глюкоза. Хидролизата се одвива во кисела средина и при загревање.

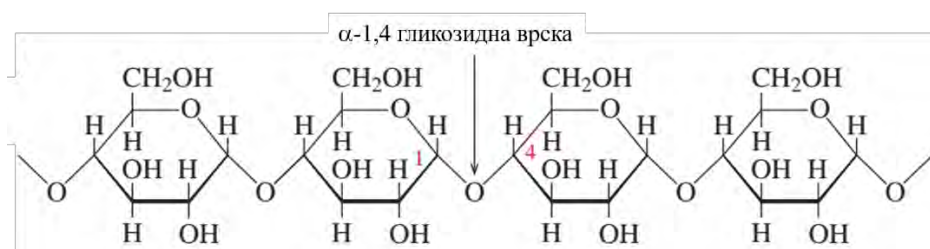
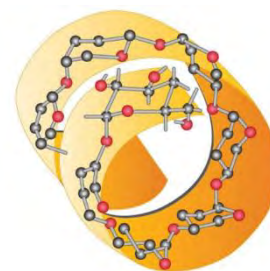


Полисахаридите се разликуваат според типот на гликозидната врска што се образува помеѓу моносахаридите, како и според степенот на разгранување. Растенијата имаат способност да ја користат сончевата светлина и да синтетизираат моносахариди од CO_2 и H_2O , од кои понатаму се добиваат сахароза (најголемата транспортна форма на шеќер кај растенијата) и скроб (полисахарид што го складираат растенијата).

Полисахаридите според хемискиот состав се поделени на хетерополисахариди хомополисахариди. **Хетерополисахаридите се јаглехидрати кои се составени од две или повеќе различни моносахариди.** Всушност, хетерополисахаридите се изградени од различни моносахариди или од нивни оксидациони продукти, какви што се уронските киселини. Во оваа група спаѓаат пектините, хемицелулозата, агар-агар и др. На пример, кај пектините основната низа е изградена од галактуронска киселина, додека страничните низи се изградени од моносахаридите ксилоза, арабиноза, галактоза, глюкоза и др. **Хомополисахариди се јаглехидратите што содржат само еден вид моносахариди.** Примери за хомополисахариди се скробот, целулозата и гликогенот кои се изградени од моносахаридот глюкоза.

Скроб

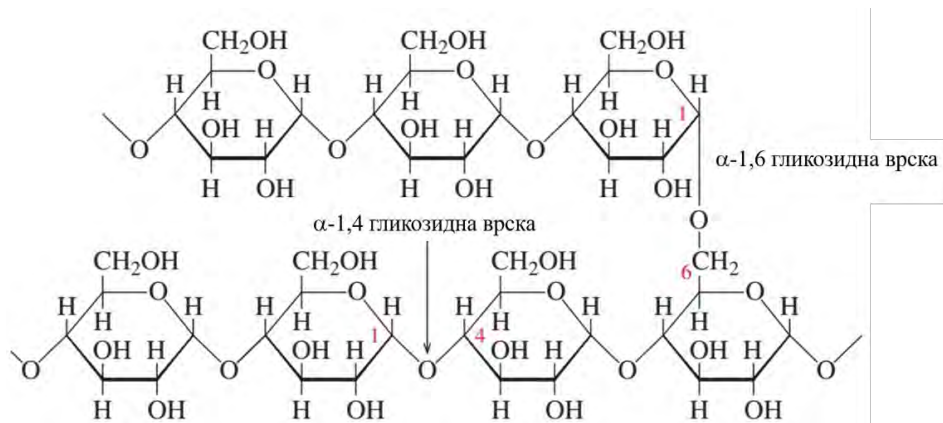
Скробот е полисахарид што се наоѓа во оризот, компирите, гравот, житарките и др. Тој е составен од два полимери, *амилоза* и *амилопектин*. Амилозата, која сочинува околу 20 % од скробот, се состои од 250 до 4 000 моносахаридни единици на D-глюкоза, кои се поврзани со α -1,4 гликозидни врски во неразгранета низа, распоредена во вид на спирала (слика 1.4).



Слика 1.4. Спирална структура на амилоза

Амилопектинот, кој сочинува дури 80 % од скробот, е полимер со разгранета низа. Начинот на кој се поврзани молекулите на D-глюкоза и ист како кај амилоза, со α -1,4-гликозидни врски. Основната низа на амилопектинот се разгранува на секои 25 единици на глюкоза. Притоа во разгранувањето се образува α -1,6-гликозидна врска помеѓу

полуацеталната –ОН група од С атомот (положба 1) од разгранувањето и С атомот во положба 6 од главната низа.

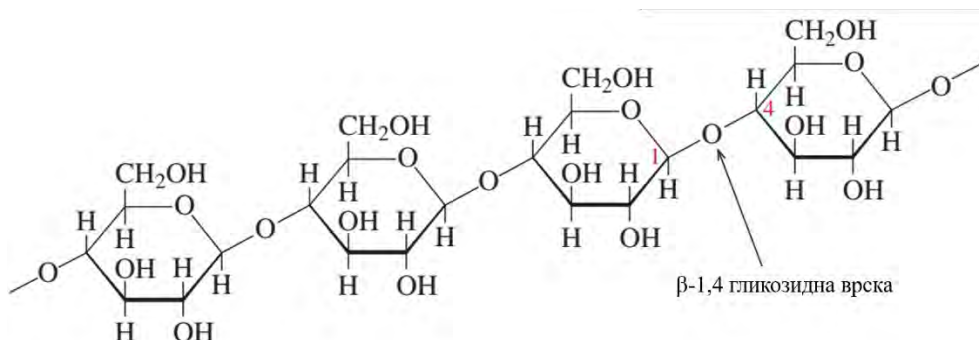


Скробот лесно хидролизира во вода во присуство на киселина и се добиваат декстрини, кои понатаму хидролизираат до малтоза, а како краен производ со хидролиза на малтозата се добива глукоза. Во човековиот организам сложените јаглехидрати се разложуваат под дејство на ензимите амилаза (во плунката) и малтаза (во цревата). Глукозата што се добива со нивно разложување обезбедува околу 50 % од потребните хранливи калории.

И покрај присуството на поларни –ОН групи, молекулите на скроб се нерастворливи во ладна вода, главно поради нивната големина. Скробот лесно формира колоидно дисперзии системи во топла вода. Со додавање јод (I_2) тие се обојуваат со темносина боја, што е доказ за присуство на скроб.

Целулоза

Целулозата е главниот структурен материјал на дрвата и растенијата, а памукот е скоро чиста целулоза. Во целулозата, молекулите на D-глукозата се поврзани со β -1,4-гликозидни врски и образуваат долги неразгранети низи. Помеѓу низите кои се паралелни една на друга се образуваат водородни врски во кои учествуваат –ОН групите, што ја прави целулозата нерастворлива во вода.



Луѓето имаат ензими наречени α -амилаза во плунката и сокови во панкреасот што може да ги хидролизираат α -1,4-гликозидните врски на скробот, но тие ензими не може да ги хидролизираат β -1,4-гликозидните врски кај целулозата. Поради тоа не можат да ја сварат целулозата. За разлика од луѓето, во дигестивниот систем кај некои животни

целулозата се разложува до глукоза под дејство на бактерии што имаат ензим целулаза за хидролизирање на β -1,4-гликозидните врски.

Гликоген

Гликоген или животински скроб е полимер на D-глукозата, кој се складира во црниот дроб и мускулите на човекот и животните. Се хидролизира во клетките со брзина што го одржува нивото на глукоза во крвта и обезбедува енергија помеѓу оброците. Структурата на гликогенот е многу слична на структурата на амилопектинот, кој се наоѓа во растенијата, освен што гликогенот е поразгранет полимер. Во основната низа на гликогенот, глукозните единици се споени со α -1,4-гликозидни врски, а разгранувањата што се појавуваат на секои 10-15 глукозни единици се поврзани со α -1,6-гликозидни врски.

РЕЗИМЕ

Биохемија е делот од хемијата што се занимава со изучување на биосоединенијата, нивното наоѓање, добивање, структура, својства и улога во живите организми.

Биосоединенија се органските соединенија кои имаат значење за живите организми.

Биомолекули се органските соединенија што учествуваат во градбата и функционирањето на живите организми.

Биогени елементи (биоелементи) се елементите што учествуваат во градбата на биомолекулите, или го овозможуваат нивното правилно функционирање.

Јаглехидрати се кислородни органски соединенија во чиј состав влегуваат елементите јаглерод, водород и кислород.

Според сложеноста, јаглехидратите се делат на прости и сложени јаглехидрати.

Моносахариди се наједноставни јаглехидрати кои не може да хидролизираат, односно да се разделат на помали молекули.

Олигосахариди се јаглехидрати што се состојат од две до десет моносахаридни единици сврзани заедно.

Дисахариди се јаглехидрати што се состојат од две моносахаридни единици.

Полисахариди се јаглехидрати кои се природни полимери што содржат голем број моносахаридни единици.

Хомополисахариди се јаглехидратите што содржат само еден вид моносахариди.

Хетерополисахариди се јаглехидрати составени од две или повеќе различни молекули на моносахариди.

Алдози се моносахариди со алдехидна функционална група ($-CHO$) на првиот јаглероден атом.

Кетози се моносахариди кои имаат кето (карбонилна) група на вториот јаглероден атом.

Триози се моносахариди со три јаглеродни атоми, **тетрози** се моносахариди со четири јаглеродни атоми, **пентозите** имаат пет јаглеродни атоми, **хексозите** содржат шест јаглеродни атоми.

Хирален јаглероден атом е атомот што е поврзан со четири различни атоми или атомски групи.

Бројот на оптички изомери (i) зависи од бројот на хирални C атоми (n) и се пресметува по формулата: $i = 2^n$.

Енантиомери се стереоизомери кои еден во однос на друг се однесуваат како предмет и лик во огледало. Оптичката изомерија се нарекува уште и **енантиомерија**.

Енантиомерите се нарекуваат и **оптички антиподи** бидејќи ја вртат рамнината на планарно-поларизирана светлина за определен агол.

Полариметри се инструментите кои се користат за мерење на аголот на ротација, а техниката се нарекува **полариметрија**.

Декстрогири се оптичките изомери што ја вртат рамнината на планарно-поларизирана светлина за определен агол во насока на стрелките на часовникот, $(+)$ изомери.

Левогири се оптичките изомери што ја вртат рамнината на планарно-поларизирана светлина спротивно од насоката на стрелките на часовникот, $(-)$ изомери.

Рацемска смеса е смесата што содржи еднакво количество од два енантиомера.

Пиранози се шесточлените прстени како пиран, **фуранози** се петточелните прстени како фуран.

Полуацетлна хидроксилна група е новата –ОН група која се образува во полуацеталната форма со циклизација на моносахаридите.

Мутаротација е промената во оптичката ротација на растворот што се јавува поради промената на рамнотежата помеѓу α - и β -аномерите.

Редуктивни шеќери се јаглехидратите што се оксидираат, а притоа ги редуцираат другите супстанции.

Алдонска киселина се добива со оксидација на алдехидната група кај моносахаридите.

Уронска киселина се добива со оксидација на –ОН групата од шестиот С атом.

Алдарна киселина се добива ако се оксидираат во исто време и алдехидната и –ОН групата од шестиот С атом.

Глукозиди се етери кои се образуваат при реакција на моносахаридите со алкохоли.

Сахароза (обичен шеќер) е дисахарид кој се образува од глукоза и фруктоза со трехалозен начин на сврзување.

Малтоза (овошен шеќер) е дисахарид кој се образува од две молекули на глукоза со малтозен начин на сврзување.

Лактоза (млечен шеќер) е дисахарид кој се образува од глукоза и галактоза со малтозен начин на сврзување.

Инвертен шеќер е смеса од една молекула на глукоза и една на фруктоза кои се добиваат со хидролиза на сахароза. Смесата се нарекува инвертен шеќер, бидејќи аголот на оптичката ротација го менува правецот во однос на сахароза.

Полисахариди се јаглехидрати образувани од голем број моносахариди. Опишта формула која се однесува на сите полисахариди е $(C_6H_{10}O_5)_n$.

Скроб е полисахарид што е составен од два полимера, амилоза и амилопектин.

Амилоза е полимер кој сочинува околу 20 % од скробот, се состои од 250 до 4 000 моносахаридни единици на D-глукоза, кои се поврзани со α -1,4 гликозидни врски во неразгранета низа, распоредена во вид на спирала.

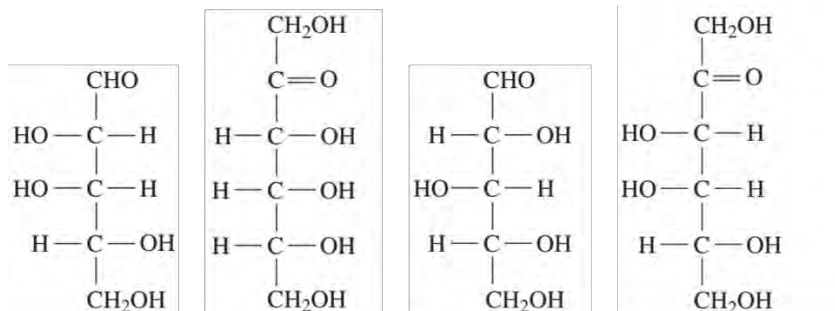
Амилопектин е полимер со разгранета низа кој сочинува 80 % од скробот. Молекулите на D-глукоза во основната низа се поврзани со α -1,4-гликозидни врски, а во разгранувањето се образува α -1,6-гликозидна врска.

Целулоза е полисахарид во кој молекулите на D-глукозата се поврзани со β -1,4-гликозидни врски и образуваат долги неразгранети низи.

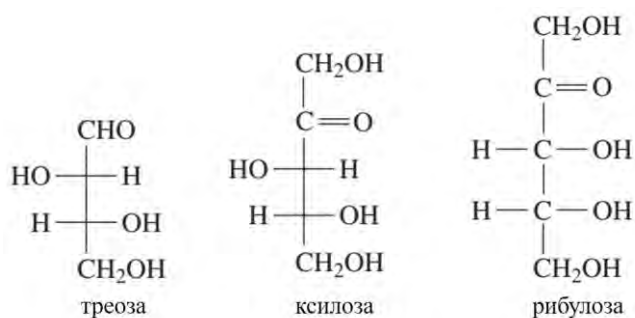
Гликоген или животински скроб е полимер на D-глукозата, кој се складира во црниот дроб и мускулите на животните.

ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

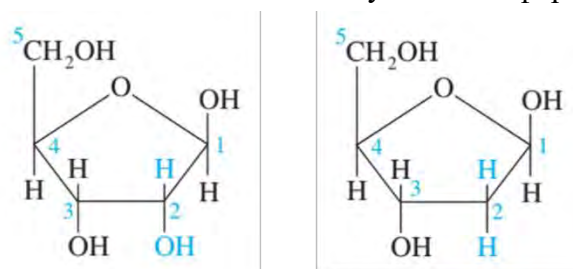
- 1) Кои молекули се потребни за фотосинтеза, а кои за дишење?
- 2) Кои функционални групи ги содржат моносахаридите?
- 3) Која е разликата помеѓу алдоза и кетоза?
- 4) Кои се функционалните групи и колкав е бројот на јаглеродни атоми во кетопентоза?
- 5) Кои се функционалните групи и колкав е бројот на јаглеродни атоми во алдохексоза?
- 6) Класифицирај ги следниве моносахариди според функционалната група и бројот на C атоми



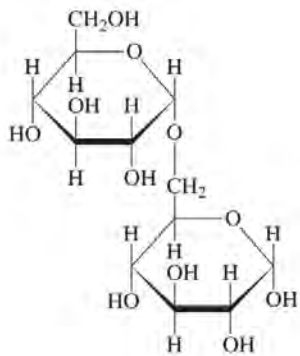
- 7) Зошто глицералдехидот има само еден хирален C атом?
- 8) Определи дали следниве се D-изомери или L-изомери. Објасни.



- 9) Нацртај ги Фишовите проекциони формули за рибоза.
- 10) Која е разликата помеѓу Фишовите проекциони формули на D-глюкоза од D-галактоза?
- 11) Дали постои разлика помеѓу Фишовите проекциони формули на D-глюкоза и D-фруктоза?
- 12) Напиши ги ацикличната форма и двете циклични полуацетални форми на галактоза и рибоза и спореди го бројот на хирални C атоми во цикличната полуацетална форма и ацикличната форма на двата моносахарида. Дали се тие пиранози или фуранози?
- 13) Кои моносахариди се добиваат со хидролиза на лактоза?
- 14) Дадени се две циклични полуацетални форми



- а) Дали се однесуваат на ист моносахарид?
 - б) Дали е претставена α -форма или β -форма?
 - г) Определи го бројот на хирални С атоми кај двете форми.
 - д) Колкав е бројот на оптички изомери за двете форми?
- 15) D-ксилитол е алкохол што се добива со редукција на D-ксилоза (алдопентоза). Напиши ја равенката на реакцијата.
- 16) Напиши ги продуктите на реакцијата на оксидација и на реакцијата на редукција на D-рибоза.
- 17) Зошто гликозидната врска во малтоза е α -1,4-гликозидна врска, а во лактоза е β -1,4-гликозидна врска? Објасни.
- 18) Објасни го начинот на образување на гликозидната врска кај дисахаридот изомалтоза, тргнувајќи од неговата формула.



- а) Кои моносахариди влегуваат во составот на изомалтоза?
 - б) Кој тип на гликозидна врска е присутна кај изомалтозата?
 - в) Дали изомалтозата е редуктивен шеќер?
 - г) Што се добива со хидролиза на изомалтоза?
- 19) Напиши ја формулата на целобиоза, дисахарид што се добива со хидролиза на целулоза, составена е од две молекули на D-глюкоза поврзани со β -1,4-гликозидна врска?
- 20) За кој дисахарид станува збор (може да е опишан повеќе од еден)?
- а) обичен шеќер;
 - б) се наоѓа во млекото и млечните производи;
 - в) со хидролиза образува глюкоза и галактоза;
 - г) не е редуктивен шеќер.
- 21) Со растворање на β -галактоза во вода се добива раствор во кој е присутна и α -галактоза. Објасни.
- 22) Зошто инвертниот шеќер има посладок вкус од сахарозата?
- 23) Целулозта и амилозата се неразгранети полимерни низи. Која е разликата помеѓу нив?
- 24) Идентификувај го полисахаридот опишан како:
- а) полисахарид што се складира во црниот дроб и мускулите;
 - б) неразгранет полисахарид што содржи β -1,4 гликозидни врски;
 - в) полимер што содржи α -1,4 и α -1,6 гликозидни врски;
 - г) неразгранет полисахарид што содржи β -1,4 гликозидни врски.
- 25) Кој дисахарид се образува со хидролиза на скроб?

1.9. Поим, класификација, улога и значење на липидите

Липидите се голема група на природни органски соединенија кои се разликуваат по нивниот хемиски состав и структура. Зборот „липид“ потекнува од грчкиот збор *lipos*, што значи „масно“ или „сало“. Липидите се биомолекули што се раствораат во неполарни органски растворувачи (етер, ацетон, хлороформ, бензен и др.), но не се раствораат во вода. Во групата на липиди се вбројуваат голем број соединенија. Една можност за класификација е според нивната растворливост во неполарни органски растворувачи. Тие се делат на:

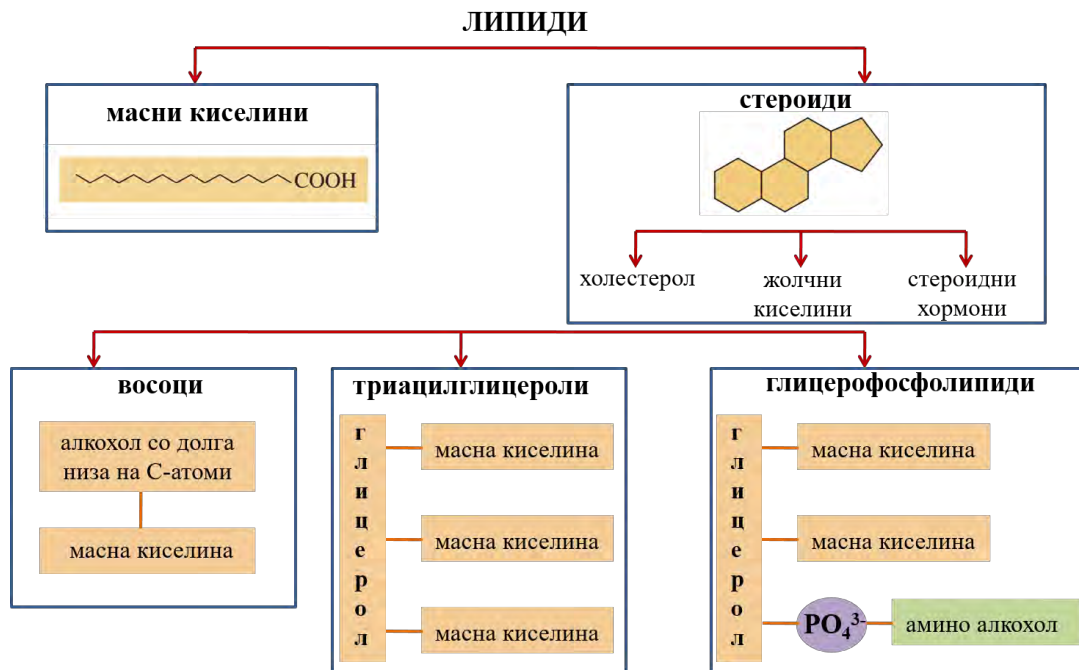
- ① Виши масни киселини (заситени и незаситени);
- ② Глицериди (естери на глицерол и виши масни киселини);
- ③ Неглицеридни липиди (восоци, стероиди, сфинголипиди);
- ④ Сложени липиди (липопротеини).

Липидите се наоѓаат во сите живи организми како што се растенијата, животните и човекот. Тие се многу значајна храна за човекот и животните бидејќи се двапати побогати со енергија од протеините и јаглехидратите. Вишокот од внесена храна во животинските организми и кај човекот се трансформира во масти и се складира во ткивата како резервна материја.

Во живите организми, липидите исполнуваат многу важни функции, некои од нив се:

- *Извор на енергија.* Тие се одличен извор на енергија, на пример со оксидација на 1 g маст се ослободуваат 9 kcal енергија.
- *Складирање енергија.* Липидите се резервни супстанции, енергијата што е складирана во телото е во вид на липиди.
- *Структурни елементи.* Некои од липидите се основна структура на сите клеточни мембрани.
- *Заштитна улога.* Масите се како ублажувачи на удари и ги штитат внатрешните органи.
- *Транспортна улога.* Некои липиди учествуваат во транспортот на други супстанции. Така на пример масите од исхраната се носачи на витамините растворливи во масти.
- *Витамини.* Витамините нерастворливи во вода учествуваат во регулација на некои биолошки процеси.
- *Хормони.* Стероидните хормони ја овозможуваат комуникацијата помеѓу ткивата.

Липидите како восоци, масти, масла и глицеролфосфолипиди се естери што при хидролиза образуваат виши масни киселини и соодветен алкохол. Стероидите се карактеризираат со стероидно јадро од четири кондензирани карбоциклични (јаглородни) прстени. Тие не содржат виши масни киселини и не хидролизираат. Некои од соединенијата што се вбројуваат во липидите се прикажани на следнава шема.



Шема 1.3. Класификација на соединенијата што спаѓаат во групата на липиди

Восоците се соединенија што спаѓаат во групата на липиди. Тие се естери на заситени масни киселини и алкохоли со долга низа од јаглеродни атоми (14 - 30 C атоми).



Восоците се наоѓаат кај многу растенија и животни. Облогата од восокот кај овошјето, лисјата и стеблата на растенијата помага да се спречи губењето на вода и влијанието на штетниците. Додека пак, восоците кои се присутни на кожата, крзното и пердувите кај животните им обезбедуваат водоотпорна обвивка.

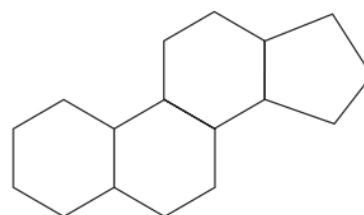
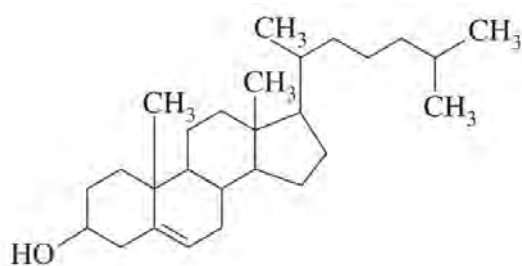
Фосфолипидите се естери на алкохолите глицерол и сфингозин со различни виши масни киселини и фосфорна киселина. Во зависност од алкохолот што влегува во нивниот состав, тие се делат на глицеролфосфолипиди и сфинголипиди. Оваа класификација е направена во зависност од хемискиот состав.



Фосфолипидите се најмногу застапени во мембраните на клетките, но се наоѓаат и во нервното ткиво, семињата на растенијата и во јајцата од птиците. Тие не се раствораат во вода, а на воздух брзо се оксидираат. Фосфолипидите со протеините образуваат комплексни соединенија (липопротеини) што учествуваат во изградбата на мембраните на клетките.

Глицерофосфолипидите се естери на глицеролот со различни виши масни киселини и фосфорна киселина. Притоа фосфорната киселина е естерифицирана со алкохолот глицерол или сфингозин, и со органските бази холин и етаноламин, или пак со аминокиселината серин.

Стероидите се полициклични соединенија изградени од три циклохексански и еден циклопентански прстен. Во групата на стероиди спаѓаат стеролите, жолчните киселини, стероидните хормони, сексуалните хормони, кортикоидните хормони и др.



Холестеролот е стероид што се наоѓа во нервните ткива, сперматозоидите, црниот дроб, жолчката од јајцето, надбубрежните жлезди, обвивките на еритроцитите и во крвта. Тој учествува во регулирањето на

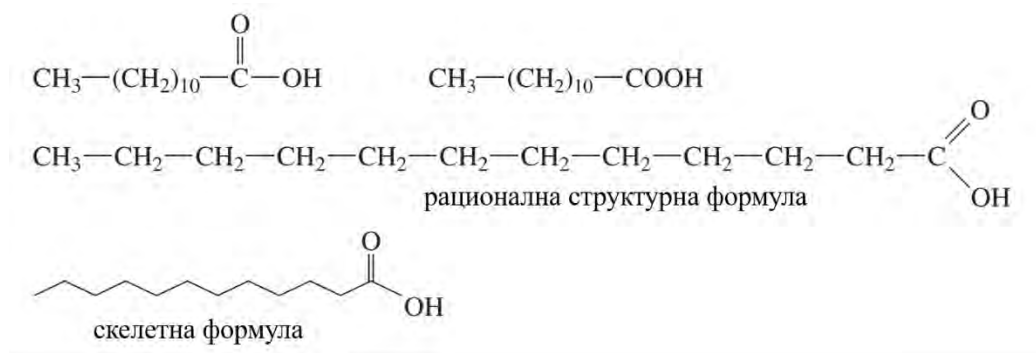
пропустливоста на клеточните мембрани. При зголемена содржина на холестерол во крвта се зголемува ризикот од артериосклероза и инфаркт на срцето.

1.10. Мласти и масла

Мастите и маслата претставуваат сложени природни смеси од повеќе соединенија во кои основните компоненти се различни естери помеѓу глицеролот и вишите масни киселини. Глицеролот е трихидроксилен алкохол со IUPAC име пропан-1,2,3-триол. Вишите масни киселини се органски киселини кои содржат долга неразгранета јаглеродна низа и имаат карбоксилна функционална група ($-\text{COOH}$) на едниот крај од низата. Јаглеродната низа кај вишите масни киселини е неполарен дел во нивната

молекула и таа е хидрофобна, додека карбоксилната група е поларна и хидрофилна. Бидејќи јаглородната низа е подолга во споредба со карбоксилната група, таа е всушност доминантниот дел во молекулата и поради тоа вишите масните киселини се неполарни соединенија и нерастворливи во вода.

Природните масни киселини обично имаат парен број на јаглородни атоми (помеѓу 10 и 20). Пример, лауринската киселина која се наоѓа во кокосовото масло е виша масна киселина која има 12 C атоми, палмитинската киселина има 16 C атоми, стеаринската киселина има 18 C атоми итн. За претставување на вишите масни киселини најчесто се користат скелетни формули во кои на краевите од низата и на свиоците има C атоми. Различните формули со кои може да се прикаже лауринска киселина се следниве:



Вишите масни киселини влегуваат во составот на естерите што се наоѓаат во масните и маслата, притоа најзастапени се палмитинска, олеинска, стеаринска, арахидонска, линолна и линоленска. Во зависност од тоа дали содржат единечни или двојни врски, вишите масни киселини се поделени на:

- ① Заситени виши масни киселини.
- ② Незаситени виши масни киселини.

Општата формула за заситените виши масни киселини е $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}$, каде што n е цел број. Кај незаситените виши масни киселини со ист број на C атоми, бројот на водородни атоми е помал и зависи од бројот на двојни врски.

Табела 1. Номенклатура на виши масни киселини

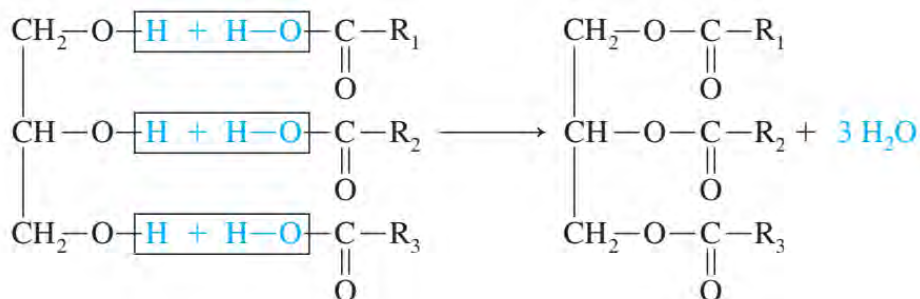
Формула	Тривијално име	IUPAC
заситени виши масни киселини		
$\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{COOH}$	лауринска	додеканска киселина
$\text{C}_{13}\text{H}_{27}\text{COOH}$	миристинска	тетраденканска киселина
$\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$	палмитинска	хексадеканска киселина
$\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$	стеаринска	октадеканска киселина
незаситени виши масни киселини		
$\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$	олеинска	октадека-9-енска киселина
$\text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COOH}$	линоленска	октадека-9,12-диенска киселина
$\text{C}_{17}\text{H}_{29}\text{COOH}$	линолна	октадека-9,12,15-триенска киселина
$\text{C}_{19}\text{H}_{29}\text{COOH}$	арахидонска	октадека-5,8,11,14-тетраенска киселина

Кај заситените виши масни киселини во јаглеродната низа има само единечни врски помеѓу С атомите. Нивните молекули се погусто пакувани бидејќи постојат силни меѓумолекулски интеракции помеѓу нивните јаглеродни низи. Поради тоа заситените виши масни киселини се во цврста агрегатна состојба на собна температура. Со зголемување на бројот на С атоми, интеракциите помеѓу јаглеродните низи кај вишите масни киселини се посилни, и како резултат на тоа се зголемува температурата на топење. Заситени виши масни киселини се лауринска, миристинска, палмитинска и стеаринска киселина. Тие влегуваат во составот на естерите што ги градат мастите.

Незаситените виши масни киселини, во јаглеродната низа имаат една или повеќе двојни врски помеѓу С атомите. Заради геометриската изомерија (*cis-trans* кај двојната врска), молекулите кај незаситените масни киселини имаат неправилна форма и интеракцијата помеѓу нив е послаба. Поради тоа тие се наоѓаат во течна агрегатна состојба и се топат на пониска температура. Незаситените виши масни киселини се олеинска линолна, линоленска, арахидонска киселина и др. Линоленска и арахидонска киселина се нарекуваат омега-6 виши масни киселина, додека линолната киселина е омега-3 виша масна киселина. Незаситени виши масни киселини влегуваат во составот на маслата. Човековото тело е способно да ги синтезира повеќето масни киселини од јаглехидратите, или од другите масни киселини, но не може да синтезира доволни количини на некои незаситени масни киселини, како што се линолна киселина, линоленска киселина и арахидонска киселина. Овие незаситените виши масни киселини се внесуваат преку исхраната и поради тоа тие се познати како **есенцијални виши масни киселини**.

Температурата на топење на незаситените виши масни киселини зависи од бројот на С атоми и од бројот на двојни врски. Притоа температурата на топење се зголемува со зголемување на бројот на јаглеродни атоми, а се намалува со зголемување на степенот на незаситеност (бројот на двојни врски).

Мастите и маслата се добиваат при реакција на **естерификација** помеѓу глицерол (пропан-1,2,3-триол) и вишите масни киселини. Равенката на реакцијата во општ вид може да се напише на следниов начин:



Во формулата R₁, R₂ и R₃ се остатоци од масни киселини. Обратната реакција на естерификација се нарекува **хидролиза**, бидејќи со вода во кисела средина мастите и маслата се разложуваат до глицерол и виши масни киселини. Во случај кога хидролизата се одвива во присуство на силни бази (NaOH, KOH), тогаш се добиваат алкални соли на

виши масни киселини кои се активни компоненти на сапуните. Хидролизата во овој случај се нарекува **сапунификација**.

Полихидроксилните алкохоли за разлика од монохидроксилните, во реакцијата на естерификација може да учествуваат со една или повеќе –ОН групи. Притоа во зависност од тоа колку –ОН групи од глицеролот се естерифицирани со виши масни киселини се добиваат:

- ① Моноацилглицероли;
- ② Диацилглицероли;
- ③ Триацилглицероли.

Моноацилглицеролите (моноглицериди) се естери што се добиваат кога една –ОН група од глицеролот е естерфицирана со виша масна киселина. **Диацилглицеролите** (диглицериди) се естери во кои две –ОН групи од глицеролот се естерфицирани со виши масни киселини. **Триацилглицеролите** (триглицериди) се естери во кои три –ОН групи од глицеролот се естерфицирани со виши масни киселини. Со помош на следниве решени задачи е објаснето образувањето на моноацилглицеролите, диацилглицеролите и триацилглицеролите.

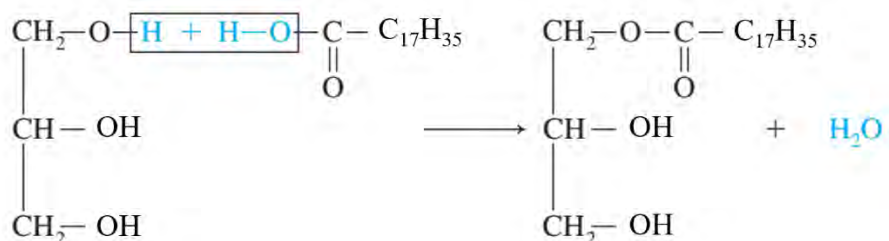
ВЕЖБИ Пишување равенки на реакции за добивање масти и масла.

Задача 17 Напиши ја равенката на реакцијата на естерификација на глицерол со една молекула од стеаринска киселина.

РЕШЕНИЕ:

Се бара: Да се напише равенката на реакцијата на естерификација на глицерол со една молекула од стеаринска киселина.

При естерификација на една –ОН група од глицерол со една молекула од стеаринска киселина се добива моноацилглицерол. Како продукт на реакцијата, освен естер се издвојува и една молекула вода, како што е означено во равенката. Водата се издвојува од –ОН групата која е дел од –COOH групата од карбоксилната киселина и водородниот атом од –ОН групата од алкохолот. Равенката на реакцијата на образување на моноацилглицеролот може да се напише на следниов начин:



Името на продуктот што се добива е 1-стеароилглицерол.

Задача 18 Напиши ја равенката на реакцијата на естерификација помеѓу глицерол и една молекула палмитинска киселина.

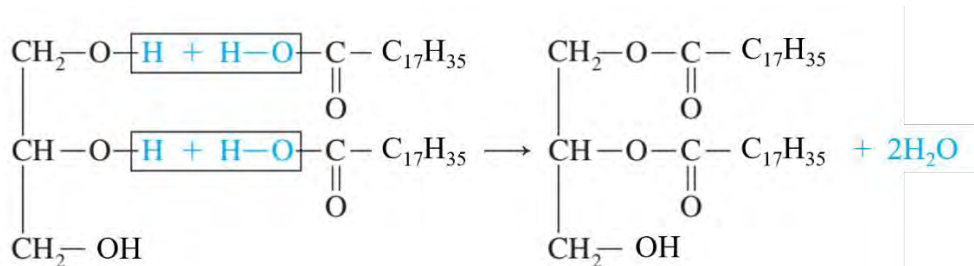
ВЕЖБИ Пишување равенки на реакции за добивање масти и масла.

Задача 19 Напиши ја равенката на реакцијата на естерификација на глицерол со две молекули од стеаринска киселина.

РЕШЕНИЕ:

Се бара: Да се напише равенката на реакцијата на естерификација на глицерол со две молекули од стеаринска киселина.

При естерификација на две $-OH$ групи од глицерол со две молекули од стеаринска киселина се добива диацилглицерол. Како продукт на реакцијата, освен естер се издвојуваат и две молекули вода, како што е означено во равенката. Равенката на реакцијата на образување на диацилглицеролот може да се напише на следниов начин:



Името на продуктот што се добива е 1,2-дистеароилглицерол.

Задача 20

Напиши ја равенката на реакцијата на естерификација помеѓу глицерол и две молекули палмитинска киселина.

ВЕЖБИ

Пишување равенки на реакции за добивање масти и масла.

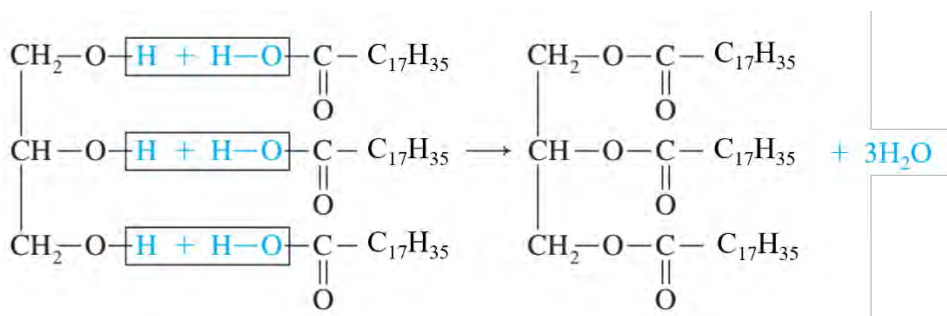
Задача 21

Напиши ја равенката на реакцијата на естерификација на глицерол со три молекули од стеаринска киселина.

РЕШЕНИЕ:

Се бара: Да се напише равенката на реакцијата на естерификација на глицерол со три молекули од стеаринска киселина.

При естерификација на три $-OH$ групи од глицерол со три молекули од стеаринска киселина се добива триацилглицерол. Како продукт на реакцијата, освен естер се издвојуваат и три молекули вода, како што е означено во равенката. Равенката на реакцијата на образување на триацилглицеролот може да се напише на следниов начин:



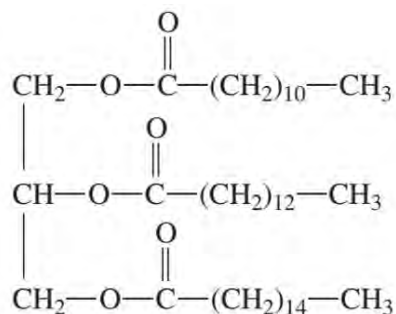
Името на продуктот што се добива е 1,2,3-тристеароилглицерол.

Задача 22

Напиши ја равенката на реакцијата на естерификација помеѓу глицерол и три молекули палмитинска киселина.

Во состав на мастите и маслата најчесто влегуваат трацилглицеролите. Притоа $-OH$ групите од глицеролот може да бидат естерифицирани со иста или со различни виши

масни киселини. Триацилглицеролите што имаат различни виши масни киселини во својот состав се нарекуваат мешани триацилглицероли. Еден пример за мешан триацилглицерол може да се прикаже на следниов начин:



Од формулата на триацилглицеролот може да се определи кои виши масни киселини влегуваат во неговиот состав. Според бројот на С атоми може да се види дека вишите масни киселини се лауринска ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$), миристинска ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$) и палмитинска ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$) киселина. Земајќи предвид дека сите киселини во состав на естерот се заситени, триацилглицеролот влегува во состав на мастите.

Значи, мастите се во цврста агрегатна состојба на собна температура, бидејќи во нивниот состав влегуваат заситени виши масни киселини. Главен извор на масти се месото, млекото, путерот и сирењето. Заситените масти се познати уште и како цврсти масти. Присуството на мастите во рибите и живината е помало, во споредба со животинските масти или црвеното месо. Познато е дека консумирањето на храна богата со масти може да го зголеми нивото на холестерол.

За разлика од маститие, во составот на маслата влегуваат незаситени виши масни киселини, поради тоа тие се во течна агрегатна состојба на собна температура. Главен извор на масла се маслодајните растенија како маслинките, сончогледот, пченката, сусамот, кикириките, кокосот и др.

РЕЗИМЕ

Липиди се голема група на природни органски соединенија кои се разликуваат по нивниот хемиски состав и структура.

Восоци се естери на заситени масни киселини и алкохоли со долга низа од јаглеродни атоми (14 - 30 C атоми).

Фосфолипиди се естери на алкохолите глицерол и сфингозин со различни виши масни киселини и фосфорна киселина.

Глицерофосфолипиди се естери на глицеролот со различни виши масни киселини и фосфорна киселина.

Липопротеини се комплексни соединенија (образувани од фосфолипиди и протеини) кои учествуваат во изградбата на мембраните на клетките.

Стероиди се полициклични соединенија изградени од три циклохексански и еден циклопентански прстен.

Холестерол е стероид што се наоѓа во нервните ткива, сперматозоидите, црниот дроб, жолчката од јајцето, надбубрежните жлезди, обвивките на еритроцитите и во крвта.

Маси и масла претставуваат сложени природни смеси од повеќе соединенија во кои основните компоненти се различни естери помеѓу глицеролот и вишите масни киселини.

Глицерол е трихидроксилан алкохол со IUPAC име пропан-1,2,3-триол.

Виши масни киселини се органски киселини кои содржат долга неразгранета јаглеродна низа и имаат карбоксилна функционална група ($-\text{COOH}$) на едниот крај од низата.

Есенцијални виши масни киселини се незаситените виши масни киселини кои се внесуваат преку исхраната, а во човековото тело не се синтетизираат во доволно количество или воопшто не се синтетизираат.

Естерификација е реакцијата помеѓу глицерол (пропан-1,2,3-триол) и вишите масни киселини при која се добиваат маси и масла.

Хидролиза е обратната реакција на естерификација во која се добиваат глицерол и виши масни киселини.

Сапунификација е хидролиза на маси и масла која се одвива во присуство на силни бази (NaOH , KOH), притоа се добиваат алкални соли на виши масни киселини кои се активни компоненти на сапуните.

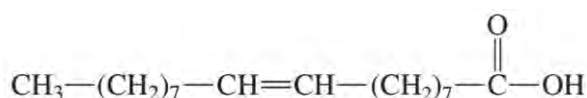
Моноацилглицероли (моноглицериди) се естери што се добиваат кога една $-\text{OH}$ група од глицеролот е естерифицирана со виша масна киселина.

Диацилглицероли (диглицериди) се естери во кои две $-\text{OH}$ групи од глицеролот се естерифицирани со виши масни киселини.

Триацилглицероли (триглицериди) се естери во кои три $-\text{OH}$ групи од глицеролот се естерифицирани со виши масни киселини.

ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

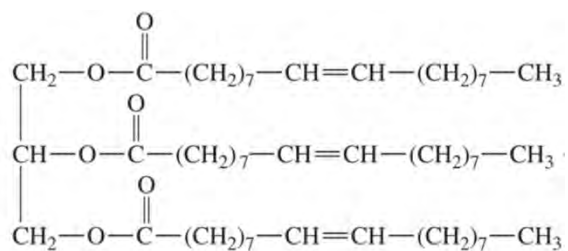
- 1) Липидите не се растворливи во вода. Дали се тие поларни или неполарни молекули?
- 2) Како се класифицирани липидите според нивната структура?
- 3) Кои соединенија припаѓаат во групата на липиди?
- 4) Кои липиди не содржат виши масни киселини?
- 5) Наброј ги биолошките функции на липидите.
- 6) Што се восоци и како се добиваат?
- 7) Идентификувај ги и именувај ги алкохолот и киселината кои се дел од пчелиниот восок?
- 8) Што се стероиди? Кој е најпознат стероид?
- 9) Што се масти, а што масла?
- 10) Објасни ги сличностите и разликите во градбата на заситените виши масни киселини и незаситените виши масни киселини.
- 11) Која од киселините дадени во табела 1 (страна 39) има највисока температура на топење, а која најниска? Дали се разликуваат во растворливоста? Објасни.
- 12) Формулата на една виша масна киселина е следнава:



- а) Објасни зошто е киселина и за која киселина станува збор?
- б) Колку С атоми има киселината?
- в) Дали е заситена или незаситена виша масна киселина?
- г) Каква е нејзната агрегатна состојба на собна температура?
- 13) Стеаринска и линоленска киселина имаат по 18 С атоми. Зошто стеаринска киселина се топи на 69 °C, додека линоленска на -9 °C?
- 14) Какво е влијанието на должината на јаглердоната низа кај вишите масни киселини врз зголемувањето на температурата на топење? Објасни на примерот на лауринска и стеаринска киселина.
- 15) Во следниве парови од виши масни киселини определи која има пониска температура на топење и објасни зошто.
 - а) палмитинска и олеинска;
 - б) линоленска и стеаринска;
 - в) миристинска и линолна;
 - г) лауринска и стеаринска.
- 16) Прикажи ја рационално структурната формула и скелетната формула на киселината C₁₅H₃₁COOH. За која киселина станува збор?
- 17) Напиши ги равенките за следниве реакции на естерификација:
 - а) глицерол со една молекула на линолна киселина;
 - б) глицерол со две молекули на линоленска киселина;
 - в) глицерол со три молекули на олеинска киселина;
- 18) Наброј ги разликите помеѓу масти и масла.

19) Која е разликата помеѓу триацилглицеролите и глицеролфосфолипидите?

20) Според формулата на соединението одговори



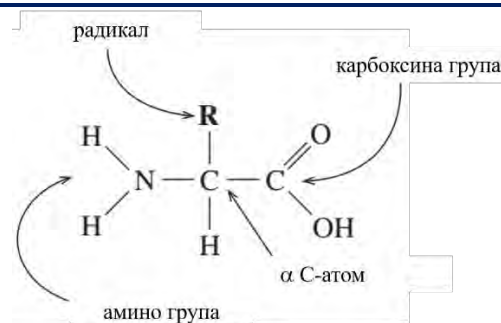
- а) За каков ацилглицерол станува збор?
- б) Од кои виши масни киселини е образуван?
- г) Дали влегува во состав на масти или на масла?
- д) Именувај ги вишите масни киселини и ацилглицеролот.

1.11. Аминокиселини и пептиди

Протеините се органски биомолекули кои се состојат од долги полипептидни низи образувани од аминокиселини. За да се разбере структурата на протеините, претходно треба да се знае за структурата и својствата на аминокиселините и начинот на кој тие се сврзуваат и образуваат пептиди и полипептиди.

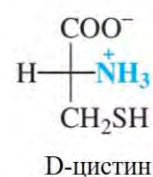
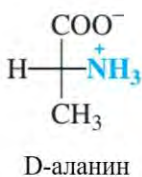
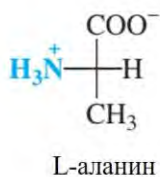
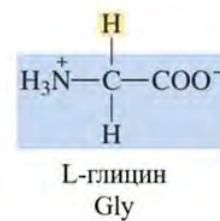
Аминокиселини

Протеините се изградени од дваесет различни аминокиселини. **Аминокиселини** се органски киселини кои имаат јаглероден атом поврзан со две функционални групи: amino ($-\text{NH}_2$) и карбоксилна група ($-\text{COOH}$). Јаглеродниот атом исто така е поврзан со атом на водород ($-\text{H}$) и радикал ($-\text{R}$). Притоа дваесетте аминокиселини кои влегуваат во составот на протеините се разликуваат според природата на радикалот.

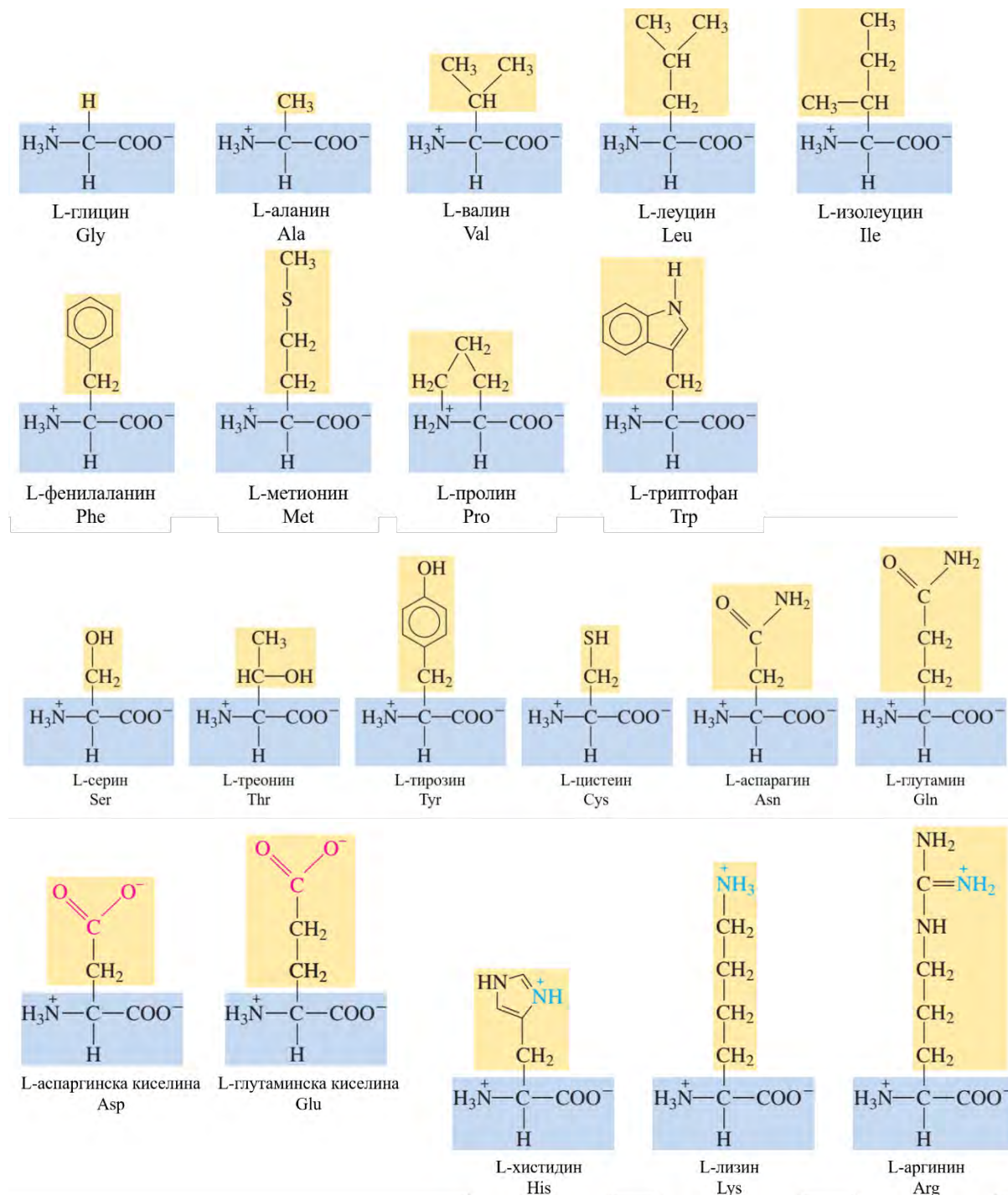


Со општата формула е прикажана аминокиселина со amino група и карбоксилна група во неутрална форма. Меѓутоа, во телесните течности функционалните групи кај аминокиселините се јонизирани. $-\text{NH}_2$ групата прима H^+ јон и поминува во $-\text{NH}_3^+$ група, додека $-\text{COOH}$ губи H^+ јон и поминува во $-\text{COO}^-$ група. Поради тоа аминокиселините постојат во јонизирана форма. *Јонизираната аминокиселина што истовремено има позитивен и негативен полнеж претставува диполарен јон кој се нарекува **цвистерјон**.* Вкупниот полнеж во цвистерјонот е нула. Како цвистерјони аминокиселините имаат слични својства со солите, тоа значи дека имаат високи температури на топење и се растворливи во вода, а не се раствораат во органски растворувачи.

Сите аминокиселини со исклучок на глицин се хирални молекули, бидејќи α C атомот е поврзан со четири различни атоми или атомски групи, односно е хирален. Глицинот е единствена аминокиселина кај која наместо радикал ($-\text{R}$) за C атомот има поврзани два водородни атоми. Поради тоа молекулата на глицин не е хирална, додека останатите аминокиселините постојат како L-изомери и D-изомери. При пишување на Фишевите проекциони формули за аминокиселините карбоксилатниот јон ($-\text{COO}^-$) се пишува на врвот на вертикалната линија, додека радикалот се пишува на дното. Кај L-изомерот, $-\text{NH}_3^+$ групата се пишува на лево, додека кај D-изомерот, $-\text{NH}_3^+$ групата се пишува на десно во однос на хиралниот α C атом.



Протеините се изградени од L-изомерите на α -аминокиселините. **α -аминокиселини** се аминокиселините кај кои amino групата се наоѓа на α јаглеродниот атом (C атомот кој е поврзан со карбоксилната група). Формулите на аминокиселините кои влегуваат во составот на протеините, тривијалните имињата, како и кратенките составени од три букви, се следниве



Една можност за класификација на аминокиселините е во однос на $-R$ групите присутни во молекулата. Овие групи влијаат врз својствата на аминокиселините во водни раствори. Неполарните аминокиселини имаат $-H$ атом и неполарни алкил ($-R$) или ароматични ($-Ar$) групи, поради тоа тие се хидрофобни. Поларните аминокиселини

имаат –R групи што стапуваат во меѓумолекулски интеракции со водата и поради тоа се хидрофилни. Поларни групи се хидроксилна (–OH), тиолна (–SH) или amino (–NH₂) група. Аминокиселините што содржат карбоксилатен јон (–COO[–]) во состав на –R групата имаат кисели својства, додека аминокиселините имаат базни својства ако содржат amino (–NH₂) група која може со примање на H⁺ јон да помине во –NH₃⁺ група.

Од 20 аминокиселини кои учествуваат во градбата на протеините, само 10 можат да се синтетизираат во човековото тело. Останатите 10 аминокиселини кои не се синтетизираат, се внесуваат со консумирање протеини во исхраната и се нарекуваат **есенцијални аминокиселини**. Есенцијалните аминокиселини се дадени во табела 2.

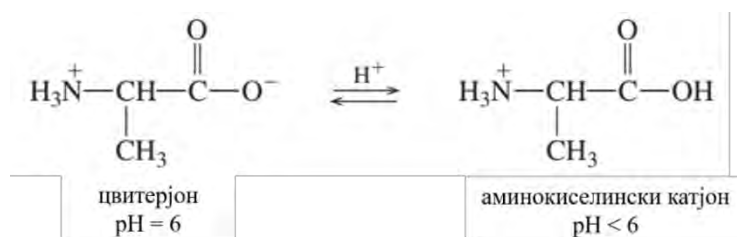
Табела 2. Тривијални имиња и кратенки на есенцијалните аминокиселини

тривијално име	кратенка	тривијално име	кратенка
Аргинин	Arg	Метионин	Met
Хистидин	His	Фенилаланин	Phe
Изолеуцин	Ile	Треонин	Thr
Леуцин	Leu	Триптофан	Trp
Лизин	Lys	Валин	Val

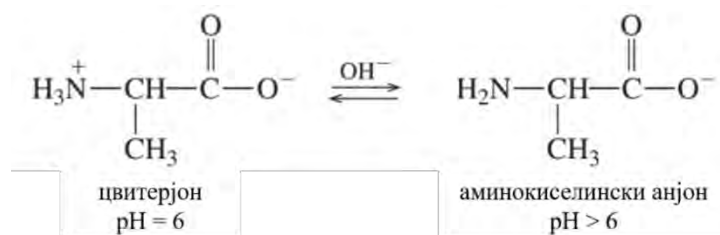
Сите есенцијални аминокиселини ги има во јајцата, млекото, месото, рибата и живината. Додека во брашното, овесот, гравот, пченката, грашокот, лешниците, бадемите и сојата се присутни само некои од есенцијалните аминокиселини. За да се внесат со исхраната сите есенцијални α-аминокиселини, треба се комбинираат различни намирници.

Значи, како што спомнавме, аминокиселините обично постојат како цвистерјони поради јонизацијата на карбоксилната (–COOH) и на amino групата (–NH₂). Цвистерјонот има во исто време и негативен и позитивен полнеж, но е неутрален само при одредена pH-вредност наречена **изоелектрична точка (pI)**. Сепак, дадена аминокиселина може да постои како позитивен јон ако растворот е кисел (pH < 7) и има pH-вредност пониска од pI, или како негативен јон во случај кога растворот е базен (pH > 7) и има pH-вредност повисока од pI.

На пример, pI-вредноста на аминокиселината аланин изнесува 6,0. Тоа значи дека при pH = 6, аланин ќе постои како цвистерјон во растворот. Кога постои како цвистерјон аланинот содржи –COO[–] и –NH₃⁺ група, поради тоа вкупниот полнеж на аланин е нула. Во кисела средина кога pH < pI, –COO[–] групата прима H⁺ јон и поминува во –COOH. Поради тоа аланинот во кисела средина постои како катјон што се должи на присуството на –NH₃⁺ групата.



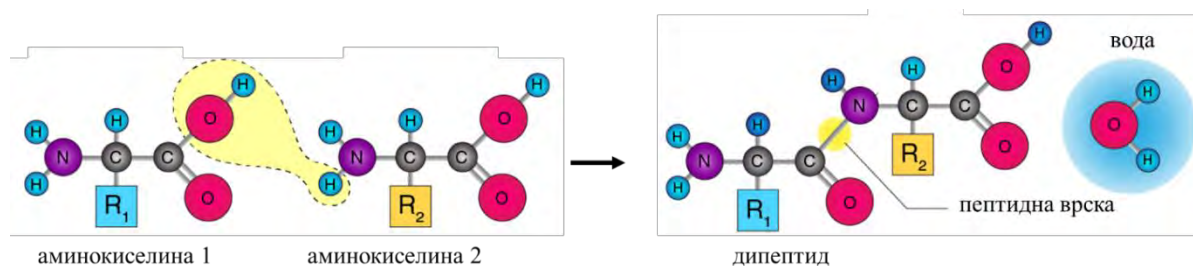
Кога аланинот е во раствор со $\text{pH} > \text{pI}$ ($\text{pH} > 6$), тогаш $-\text{NH}_3^+$ губи H^+ -јон и притоа се образува $-\text{NH}_2$ група. Поради тоа аланинот во базна средина постои како јон со негативен полнеж, наречен аминокиселински анјон.



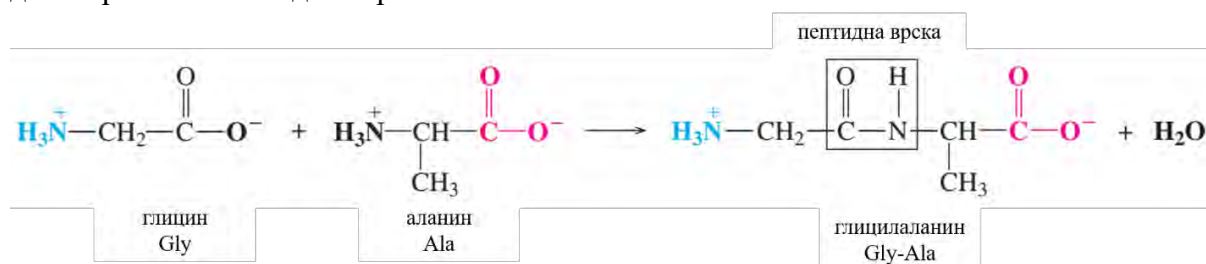
pI -вредностите на поларните аминокиселини со кисели својства (аспаргинска и глутаминска киселина) се околу $\text{pH} = 3$. На оваа pH -вредност тие постојат како цвистерјони и карбоксилната група од радикалот кај овие киселини не е јонизирана. Меѓутоа при повисоки pH -вредности, какви што се во физиолошките раствори, $-\text{COOH}$ оддава H^+ -јон и се образува $-\text{COO}^-$ група, односно аминокиселините постојат како анјони. pI -вредностите на аминокиселините со базни својства (лизин, аргинин и хистидин) се повисоки од pH на физиолошките раствори. Нивните вредности се движат од 7,6 до 10,8. На оваа pH -вредност тие постојат како цвистерјони и аминокиселините што се составен дел од радикалот се неутрални. При пониски pH вредности, какви што се во физиолошките раствори, $-\text{NH}_2$ групата прима H^+ -јон и се образува $-\text{NH}_3^+$ група, односно аминокиселините постојат како катјони.

Пептиди

Пептиди се биомолекули изградени од аминокиселини. Врската со која се поврзуваат аминокиселините помеѓу себе се нарекува пептидна врска. **Пептидната врска** е амидна врска која се образува кога една аминокиселина реагира со друга аминокиселина. Значи, при поврзување на две или повеќе аминокиселини со пептидни врски се формира пептид. Две аминокиселини формираат **дипептид**, три аминокиселини формираат **трипептид**, а со поврзување на четири аминокиселини се образува **тетрапептид**. Пентапептид е низа од пет аминокиселини, а долгите низи од поголем број аминокиселини се **полипептиди**. На пример, да го разгледаме образувањето на амидната врска помеѓу две аминокиселини. Дипептидот се образува кога карбонилната група која влегува во составот на карбоксилната група ($-\text{COOH}$) од едната аминокиселина се поврзува со атомот на азот од amino групата ($-\text{NH}_2$) од другата аминокиселина. Притоа од водородниот атом од $-\text{NH}_2$ групата и хидроксилната група од $-\text{COOH}$ се издвојува една молекула на вода. Поради тоа реакцијата на образување на дипептидот се нарекува реакција на дехидратација. Равенката на реакцијата во општ облик може да се прикаже на следниов начин



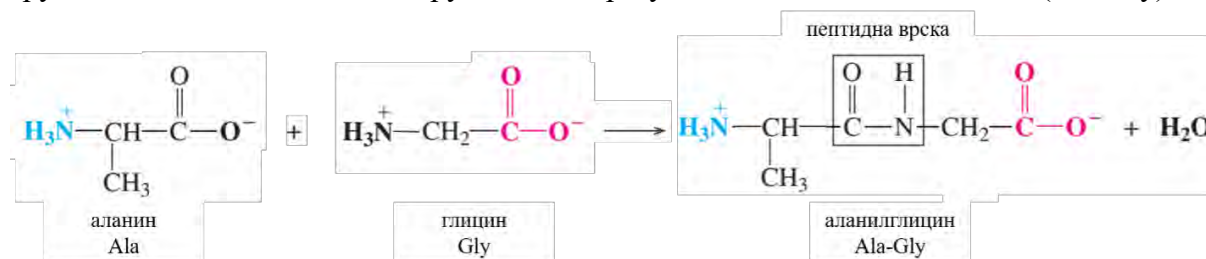
На пример, образувањето на дипептид помеѓу аминокиселините глицин и аланин може да се прикаже со следнава равенка:



За разлика од равенката од општ вид, во овој случај аминокиселините се запишани како цвистерјони. Од равенката може да се види дека карбонилната група од карбоксилатниот јон (COO^-) од глицин се поврзува со атомот на азот од NH_3^+ групата на аланин. Притоа од двата атоми на водород од NH_3^+ групата и атомот кислород од COO^- групата се образува една молекула на вода.

При именување на пептиди, името на аминокиселината која во образувањето на пептидната врска учествува со COO^- групата завршува на наставка *-ил*. Во примерот наставката во името на аминокиселината глицин од *-ин* се менува во *-ил* и во дипептидот наместо глицин се чита глицил. Додека пак името на аминокиселината која во образувањето на пептидната врска учествува со NH_3^+ групата не се менува. Во примерот, името на аминокиселината аланин не се менува, поради тоа дипептидот се именува како глицилаланин (Gly-Ala).

Во случај кога при образување на пептидната врска аланинот учествува со COO^- групата, а глицинот со NH_3^+ групата, се образува дипептид аланилглицин (Ala-Gly).



Од примерот може да се заклучи дека од две аминокиселини може да се образуваат два различни дипептиди (глицилаланил и аланилглицин) кои се разликуваат по редоследот на поврзување на аминокиселините. Овие дипептиди се изомери кои имаат различни својства.

ВЕЖБИ

Номенклатура на пептиди, пишување фрагменти од пептидни низи и нивно именување.

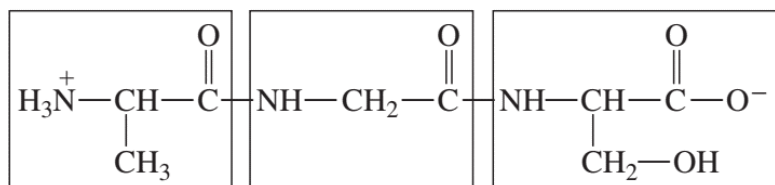
Задача 23

Формулата на еден пептид е прикажана подолу.

а) За каков пептид станува збор?

б) Од кои аминокиселини е образуван пептидот?

в) Именувај го пептидот.



РЕШЕНИЕ:

а) Од формулата на пептидот се гледа дека тој е образуван од три аминокиселини, тоа значи дека станува збор за трипептид.

б) Присутните аминокиселини во трипептидот може да се идентификуваат според нивните формули, кои се дадени погоре. Првата аминокиселина во составот на трипептидот е аланин, втората е глицин, додека третата е серин.

в) Земајќи предвид дека аланинот и глицинот во образувањето на пептидната врска учествуваат со $-\text{COO}^-$ групата, наставката во нивното име се менува од *-ин* во *-ил*, додека името на аминокиселината серин која во образувањето на пептидната врска учествува со $-\text{NH}_3^+$ групата, останува непроменето. Според тоа, името на трипептидот ќе биде аланилглицилсерин, а неговата ознака ќе биде Ala-Gly-Ser.

Задача 24 Напиши ја формулата на пептидот валилпролин. За каков пептид станува збор? Од кои аминокиселини е образуван и како се осначува?

ВЕЖБИ

Номенклатура на пептиди, пишување фрагменти од пептидни низи и нивно именување.

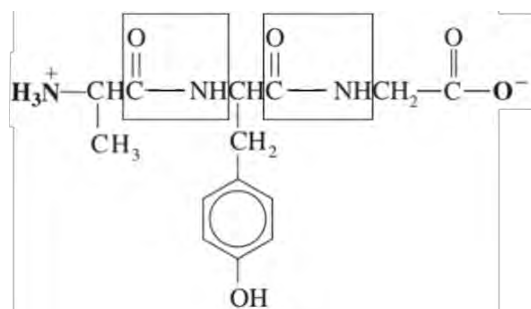
Задача 25 Напиши ја формулата на пептидот означен како: Ala-Tyr-Gly.

РЕШЕНИЕ:

Се бара: Да се напише формулата на пептидот Ala-Tyr-Gly.

Од кратенката со која е претставен пептидот јасно е дека станува збор за трипептид образуван од аминокиселините означени со кратенки: Ala, Tyr и Gly. Кратенката Ala се однесува на аминокиселината аланин, со кратенката Tyr е претставена аминокиселината тирозин, додека кратенката Gly е за аминокиселината глицин. Според тоа, името на трипептидот ќе биде аланилтирозилглицин.

При образување на пептидната врска, аминокиселините аланин и тирозин ќе учествуваат со $-\text{COO}^-$ групата, додека аминокиселината глицин ќе учествува со $-\text{NH}_3^+$ групата. Притоа се образува трипептид во кој аланинот има слободна $-\text{NH}_3^+$ група, а глицинот има слободна $-\text{COO}^-$ група, додека тирозинот при образување на трипептидот учествува со двете функционални групи ($-\text{COO}^-$ и $-\text{NH}_3^+$). Формулата на трипептидот ќе биде:



Задача 26

Напиши формула на тетрапептид образуван од аминокиселини по твој избор. Определи колку различни тетрапептиди ќе може да се образуваат со избраните аминокиселини?

1.12. Структура и значење на протеините

При сврзувањето на аминокиселини со пептидни врски се образуваат полипептидни низи и протеини. Протеините се едни од најзначајните биомолекули присутни во човековото тело. Зборот протеин потекнува од грчкиот збор *proteios* што значи прв. Протеините се голема група биосоединенија кои вршат различни биолошки функции. Така на пример, протеините учествуваат во градбата на мембраните на клетките, го пренесуваат кислородот во крвта и мускулите, ги контролираат метаболитичките процеси (на пример ензимите), а некои протеини се дури и извор на енергија. Постојат протеини што учествуваат во градбата на структурните компоненти како што се 'рскавицата, мускулите, косата и ноктите. Волната, свилата, пердувите и роговите кај животните исто така се изградени од протеини. Протеините кои имаат улога на ензими ги регулираат биолошките реакции како што се варењето на храната и клеточниот метаболизам. Додека пак, протеините, како што се хемоглобинот и миоглобинот го транспортираат кислородот во крвта и мускулите. Овие се само неколку примери за биолошката функција на протеините од кои може да се согледа нивната улога и значење за живите организми.

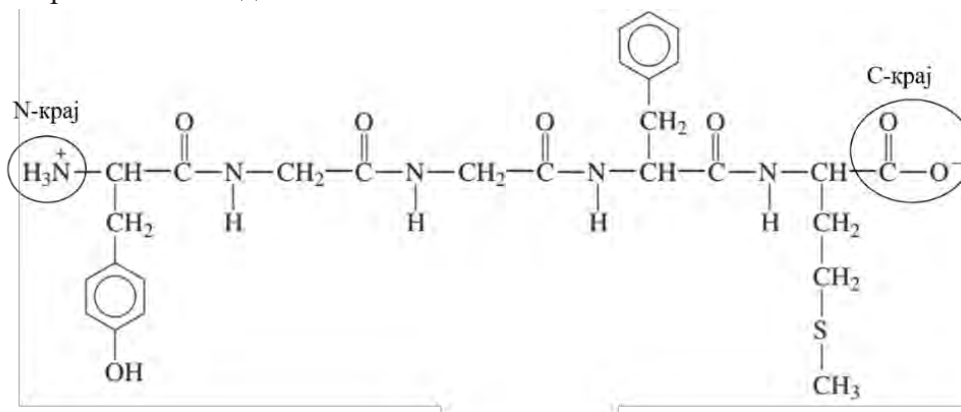
Молекулите на протеините се многу поголеми во споредба со едноставните молекули. Нивните биолошки функции зависат од структурата и хемиското однесување на аминокиселините од кои се изградени. Во состав на протеините влегуваат долги полипептидни низи од најмалку 300 до 1 000 аминокиселини. Всушност протеините се полимери со многу сложена структура и специфичен облик кој влијае врз нивната функција. Аминокиселините од кои се изградени протеините се мономерни кои се поврзани со пептидни врски. Пептидните врски го сочинуваат **скелетот на полипептидната низа**, додека $-R$ групите од аминокиселините се нарекуваат **странични остатоци**. Кај протеините се разликуваат следниве структури:

- ① Примарна структура;
- ② Секундарна структура;
- ③ Терцијарна структура;
- ④ Кватернерна структура.

Редоследот на поврзување на аминокиселините во полипептидните низи се нарекува аминокиселинска секвенца. Аминокиселинската секвенца ја претставува **примарната структура на протеинот**. Секој протеин има различна примарна структура, и во својата молекула содржи различни аминокиселини кои се различно распоредени по должината на полипептидната низа. Во примарната структура аминокиселините во полипептидните низи се поврзани со ковалентна пептидна врска што се образува помеѓу карбоксилната група од една аминокиселина со амино групата од друга аминокиселина. Дел од една полипептидна низа каде аминокиселините се означени со кратенки од три букви може да се прикаже на следниов начин:

-Glu-Gly-Lys-Lys-Tyr-Ala-Asn-Lys-Ile-Ala-Lys-Phe-

Од полипептидната низа може да се определи кои аминокиселини ја градат, а исто така може да се добие и појасна претстава за аминокиселинската секвенца. Дел од една полипептидна низа прикажана со формулите на аминокиселините кои ја сочинуваат, може да се прикаже на следниов начин:



На левиот крај на полипептидната низа, кој се нарекува **N-терминален крај**, се наоѓа NH_3^+ групата, додека на десниот крај од полипептидната низа, кој се нарекува **C-терминален крај**, се наоѓа COO^- групата. Карактеристиките на протеините и нивната биолошка функција зависат од аминокиселинската секвенца. Влијанието на аминокиселинската секвенца врз биолошката активност е покажано со примерот на хормонот што ја стимулира тироидната жлезда да го лачи тироксинот. Тој е всушност трипептид со аминокиселинска секвенца Glu-His-Pro. Од наведените аминокиселини постои можност да се образуваат три различни трипептиди со различна аминокиселинска секвенца His-Pro-Glu or Pro-His-Glu, сепак тие не покажуваат хормонална активност. Овој пример покажува дека аминокиселинската секвенца има влијание врз биолошката активност на пептидите и протеините. Имено, промената во аминокиселинската секвенца кај полипептидните низи може да доведе до промени во терцијарната и кватернерната структура, со што протеинот ќе биде нефункционален.

Прв протеин на кој му била определена примарната структура е инсулин, хормон што го регулира нивото на глукоза во крвта (слика 1.5). Во примарната структура на инсулинот кај човекот има две полипептидни низи, како што е прикажано на шемата десно. Едната полипептидна низа е пократка и е образувана од 21 аминокиселини, додека другата од 30 аминокиселини. Полипептидните низи се држат заедно со **дисулфидни врски** што се образуваат помеѓу тиолните групи (-SH) од цистеин, аминокиселина што влегува во составот на инсулинот.

Секундарната структура на протеинот е резултат на водородното сврзување на водородниот атом од -NH групата од една пептидна врска со кислородниот атом од карбонилната група од друга пептидна врска. Бројот на водородните врски во една полипептидна низа е голем. Притоа различни региони од низата имаат различна секундарна структура, но најчести типови на секундарна структура се:

- **α -хеликс** (спирална структура);
- **β -набрана структура**.

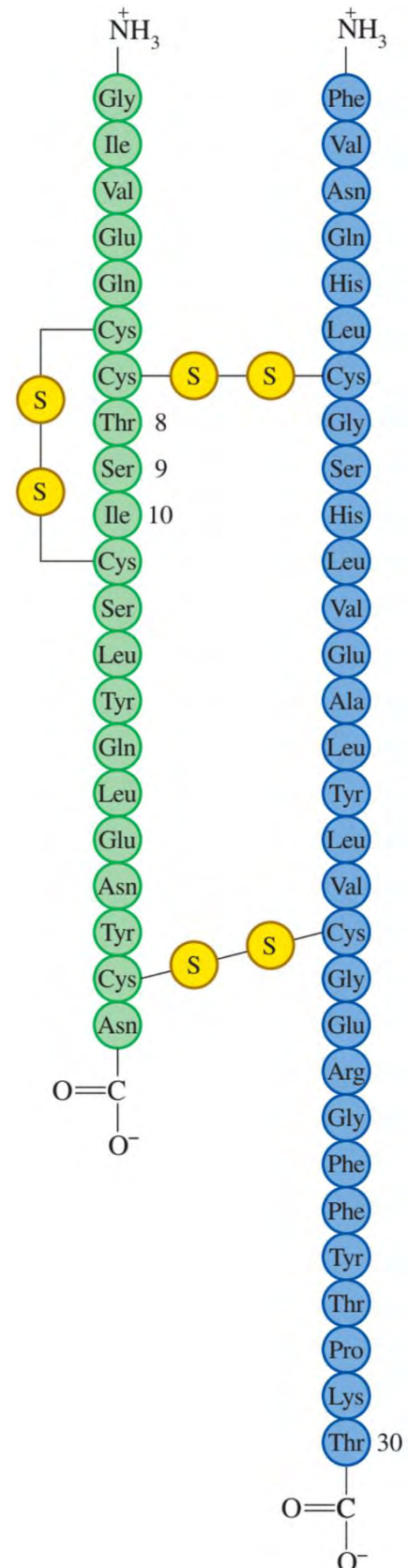
Најчестиот тип на секундарна структура е спиралната структура позната како **α -хеликс**.

Обликот на спирала се должи на големиот број водородни врски по должината на полипептидната низа. Водородните врски се паралелни во однос на долгата низа на α -хеликсот. При извиткување на полипептидната низа во форма на двоен хеликс, водородните врски ја стабилизираат структурата на α -хеликсот. Притоа $-R$ групите од отделните аминокиселини се наоѓаат надвор од α -хеликсот.

Кај **β -набраната структура** атомите на кислород од карбонилната група образуваат водородни врски со атомите на водород од $-NH$ групата. Поради тоа полипептидните низи се издолжуваат и се испреpletуваат една со друга. Оваа секундарна структура се сретнува кај некои фибрилари протеини.

Терцијарната структура се образува кога полипептидната низа со секундарна структура на α -хеликс или β -набрана структура продолжува да се извиткува. Оваа структура е резултат на интеракциите меѓу радикалите ($-R$ групите) на аминокиселините од полипептидната низа. Како резултат на интеракциите помеѓу различните делови на полипептидните низи, низите се извртуваат, со што протеините добиваат тродимензионална форма. Притоа терцијарната структура на протеините е стабилизирана со интеракциите помеѓу $-R$ групите на аминокиселините од еден дел на полипептидната низа и $-R$ групите на аминокиселините од другите делови на низата. Помеѓу полипептидните низи постојат следниве видови интеракции:

- *Хидрофобни интеракции* се јавуваат помеѓу неполарните $-R$ групи на аминокиселините. Притоа тие се оддалечуваат од водната средина и образуваат хидрофобен центар во внатрешноста на протеинската молекула.
- *Хидрофилни интеракции* се јавуваат помеѓу $-R$ групите на поларните аминокиселини и надворешната водна средина, што доведува до поместување на поларните аминокиселини кон надворешната површина на глобуларните протеини, каде што тие формираат водородни врски со водата.



Слика 1.5. Инсулин

- *Јонски врски* се образуваат помеѓу јонизираниите –R групи од аминокиселините кои имаат кисели или базни својства. Притоа –R групите со позитивен полнеж од една аминокиселина образуваат јонски врски со –R групите со негативен полнеж од друга аминокиселина.
- *Водородни врски* се образуваат помеѓу водородните атоми од поларните –R групи со атомите на кислород или азот од друга аминокиселина.
- *Дисулфидни врски* се ковалентни врски што се образуваат помеѓу –SH групите кај аминокиселината цистеин во полипептидните низи.

Терцијарна структура имаат глобуларните протеини, поради тоа тие образуваат компактни структури.

Кај протеините што се состојат од две или повеќе полипептидни низи се образува **кватернерна структура**. Таков пример е протеинот хемоглобин кој е изграден од четири полипептидни низи. Овој протеин е функционален само кога четирите полипептидни низи се поврзани помеѓу себе. Во кватернерната структура, полипептидните низи се држат заедно со истите интеракции што ги стабилизираат терцијарните структури, како што се водородни врски, јонски врски, дисулфидни врски и хидрофобни интеракции помеѓу –R групите. Во одредени случаи во кватернерната структура на еден протеин е вклучена и непротеинска група која се нарекува **простетична група** и од која зависи функцијата и функционалноста на протеинот. Терцијарната и кватернерната структура ја дефинираат крајната функција на протеините. Некои протеини имаат фибриларна структура со голема механичка сила, тие се структурни компоненти на клетките и се одговорни за подвижноста на организмот. Други протеини имаат глобуларни форми и имаат транспортна улога, тие ја овозможуваат комуникацијата меѓу клетките и ја насочуваат нивната активност.

1.13. Физички и хемиски својства на протеините

Протеините се безбојни супстанции, хомогени и кристални, и обично немаат никаков вкус. Значајно физичко својство на протеините е **растворливоста**, која зависи од рН на средината, природата на растворувачот, присуството на соли, температурата и др. Растворливоста е најмала при рН-вредност што одговара на изоелектричната точка, а се зголемува со зголемување на киселоста или базноста на средината. Некои протеини се растворливи во вода, а други пак не се раствораат. Со додавање на органски растворувачи во водата (алкохол или ацетон) се намалува растворливоста на протеините. Исто така растворливоста на протеините во водни раствори се намалува и со зголемување на концентрацијата на солта во водата. Во присуство на органски растворувач или при определена концентрација на некои соли доаѓа до **таложeње** на протеинот. Постапката се нарекува **исолување**, бидејќи се изведува во присуство на соли. Ако во исталожениот протеин се додаде вода, тој повторно ќе се раствори. При исолување на протеините тие не си ги менуваат особините. Растворливоста на протеините се зголемува со покачување на температурата, но треба да се внимава да не е повисока од 40 °C, бидејќи ќе дојде до денатурирање на протеините (нарушување на нивната структура).

Протеините се **оптички активни молекули**, бидејќи се образувани од оптички активни L- α -аминокиселини. Притоа протеинските раствори ја ротираат рамнината на планарно поларизирана светлина налево, односно тие се левогири. Ова својство може да се искористи за квантитативно определување на протеините, бидејќи аголот на вртење е пропорционален со нивната концентрација во растворот. Релативно слабите привлечни сили одговорни за одржување на секундарната, терцијарната и кватернерната структура на протеините лесно се нарушуваат и како резултат на тоа протеините ја губат нивната биолошката функција. Ова нарушување на структурата се нарекува **денатурација**. Протеините што се добиваат со денатурација се нарекуваат **денатурирани протеини**. Денатурирање на протеините се случува кога има промена која ги нарушува интеракциите помеѓу -R групите што ја стабилизираат секундарната, терцијарната или кватернерната структура. При денатурирање, не се засегнати ковалентните пептидни врски на примарната структура. Денатурирањето се случува при загревање на температура повисока од 50 °C, во присуство на киселини или бази (pH-вредност), органски растворувачи, тешки метали (Ag^+ , Hg^{2+} , Pb^{2+} и др.), детергенти, механички стрес и др. Денатурираните протеини се помалку растворливи во вода. Пример за денатурација на протеини на висока температура е варењето на јајцето. Белката (протеин) од јајцето по варење е различна од белката на несвареното јајце и со намалување на температурата не може да се врати во почетната состојба. Меѓутоа ако денатурацијата е повратна, денатурираниот протеин се враќа во својата првобитна состојба по отстранувањето на средството за денатурирање. Процесот се нарекува **ренатурација**, а протеинот се нарекува **ренатуриран протеин**.

Протеините имаат **амфотерни својства** поради присуството на карбоксилна ($-\text{COOH}$) и amino ($-\text{NH}_2$) функционална група, кои имаат кисели и базни својства, соодветно. Во зависност од pH на средината тие може да постојат во форма на катјон, анјон или диполарни цвистерјони. За секој протеин постои определена pH-вредност кога бројот на позитивни полнежи е еднаков со бројот на негативни полнежи. Оваа pH-вредност се нарекува **изоелектрична точка на протеинот**. Својствата на протеините поврзани со нивната амфотерна природа се користат за раздвојување и анализа на протеините. Техниката која се користи за таа цел е позната како електрофореза.

Хидролиза е реакција на разложување на протеините до аминокиселини во кисела средина или во присуство на ензими. Протеините во присуство на концентрирани минерални киселини како што е HCl, хидролизираат и притоа образуваат аминокиселини во форма на соодветни хидрохлориди. При релативно умерена температура и киселост, одредени протеолитички ензими, како што се пепсин и трипсин, ги хидролизираат протеините. Ензимската хидролиза се користи за изолација на аминокиселини, на пример триптофан. Два важни недостатоци на овој тип на хидролиза се потребата од продолжена инкубација и тоа што хидролизата може да биде нецелосна. Друга карактеристика на протеините е нивната **реактивност**. Аминокиселините од кои се образувани протеините имаат функционални групи кои претставуваат реактивни центри, места каде што се одвиваат хемиските реакции. Колку е поголем бројот на аминокиселини, толку е поголема реактивноста на протеините, а со тоа и брзината на хемиските реакции во кои тие учествуваат.

1.14. Поделба на протеините и поважни претставници

Поделба на протеините

Протеините се голема група на разновидни биомолекули кои може да се класифицираат според различни критериуми како што се:

- ① Обликот;
- ② Хемискиот состав;
- ③ Функцијата.

Според обликот протеините се делат на:

- глобуларни протеини;
- фибриларни протеини.

Глобуларните протеини или **сферопротеини** имаат компактна, сферна форма, бидејќи кај нив како резултат на различните интеракции помеѓу $-R$ групите, полипептидните низи се преклопуваат една врз друга. Овие протеини ја извршуваат работата на клетките, функции како што се синтеза, транспорт и метаболизам. Глобуларните протеини се растворливи во вода, разредени раствори на киселини и бази, и соли. Примери за глобуларни протеини се глобулините, албуминот во јајцата, албуминот во среумот, сите ензими, хемоглобинот, хормоните како инсулин, глутелини, хистони, протамини и др.

Фибриларни протеини или **склеропротеини** се протеините што се состојат од долги, тенки форми, слични на влакна. Тие обично се вклучени во структурата на клетките и ткивата. Два типа на фибриларни протеини се α - и β -кератините. α -кератините се протеини што ја сочинуваат косата, волната, кожата, и ноктите. Во косата, три спирали се намотуваат како плетенка и формираат фибрил. Во фибрилот спиралите се држат заедно со дисулфидни врски помеѓу $-SH$ групите на аминокиселината цистеин. β -кератините се тип на протеини што се наоѓаат во пердувите на птиците и кожата на влекачите. Во β -кератините полипептидните низи имаат главно β -набрана структура. Фибриларните протеини не се растворливи во вода. Тие се раствораат во концентрирани раствори на киселини и бази.

Според хемискиот состав протеините се делат на:

- прости протеини;
- сложени протеини.

Простите протеини се изградени само од аминокиселини поврзени помеѓу себе со пептидна врска. При хидролиза на простите протеини со ензими тие ќе образуваат само аминокиселини. Во групата на прости протеини спаѓаат албумините, глобулините, хистоните, колагенот, кератинот, ензимот рибонуклеаза и др.

Сложените протеини се образувани од протеински дел и непротеински дел кој се нарекува **простетична група**. Простетичната група влијае врз функцијата на сложените протеини. Во групата на сложени протеини спаѓаат фосфопротеините, гликопротеините, хромопротеините, нуклеопротеините, липопротеините и металпротеините.

Гликопротеини се протеини кај кои протеинскиот дел е сврзан со непротеински јаглехидратен дел (муцин во плунка), нуклеопротеините содржат нуклеински киселини (хромозоми), фосфопротеините содржат естери на фосфорна киселина (казеин во млекото), липопротеините имаат непротеински дел од липиди (фибрин во крвта), хромопротеините содржат хромофорни групи (хемоглобин, цитохром), додека пак металпротеините содржат метални јони (церулоплазмин) итн.

Според функцијата протеините се делат на:

- структурни протеини (колаген, кератин);
- ензими или каталитички протеини (трипсин);
- хормони (инсулин, хормон на раст);
- заштитни протеини (имуноглобулини);
- регулаторни протеини (инсулин);
- генетски протеини (хистони);
- транспортни протеини (хемоглобин, миоглобин);
- протеини што се скалдираат (казеин, феритин);
- респираторни протеини;
- токсини и др.

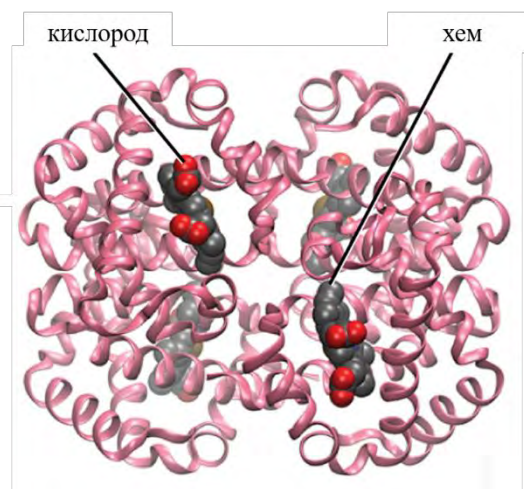
Поважни претставници

Колагенот е најзастапениот протеин во телото, се наоѓа во сврзното ткиво, крвните садови, кожата, лигаментите, тетивите, рожницата на окото и 'рскавицата. Структурата на колагенот е резултат на три полипептидни низи споени заедно како плетенка во форма на спирала (види слика 1.6). Колагенот содржи: глицин, пролин, аланин, хидроксипролин и хидроксизин. Со помош на $-OH$ групите од аминокиселините хидроксипролин и хидроксизин се образуваат водородни врски помеѓу полипептидните низи, притоа се формира троен хеликс кој ја зголемува цврстината на молекулата на колагенот. На ензимите потребни за формирање на аминокиселините хидроксипролин и хидроксизин им е потребен витамин С, поради тоа кога со исхраната не се внесува доволно витамин С, врските помеѓу полипептидните низи се послаби. Исто така колагенот е помалку еластичен со процесот на стареење бидејќи се формираат дополнителни вкрстени врски помеѓу полипептидните низи. Поради тоа коските, 'рскавицата и тетивите стануваат покршливи, а од брчките се гледа дека кожата ја губи еластичноста.



Слика 1.6. β -набраната структура на колаген

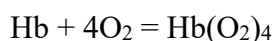
Хемоглобинот (Hb) е глобуларен протеин што се наоѓа во црвените крвни клетки и е одговорен за транспортот на кислородот, поради тоа се нарекува транспортен протеин. Тој се состои од четири полипептидни низи, две α -полипептидни низи и две β -полипептидни низи. Во молекулата на хемоглобинот кај возрасните луѓе, сите четири полипептидни низи мора да се комбинираат за правилно функционирање на хемоглобинот како транспортен протеин. Секоја полипептидна низа на хемоглобинот е составена од протеински дел наречен **глобин** и непротеински дел наречен **хем**.



Слика 1.7. Хемоглобин



Хемот е простетична група што се поврзува реверзибилно со молекулите на кислород кога рН вредноста е висока, а концентрацијата на јаглерод диоксид е ниска. Додека пак, кога ситуацијата е обратна (ниска рН вредност и висока концентрација на јаглерод диоксид), хемоглобинот ослободува кислород во ткивата. Во структурата на хемот има Fe^{2+} јони што образуваат координативно ковалентна врска со молекулите на кислород (O_2). Поради тоа, една кватернерна структура на хемоглобин може да поврзе и да транспортира четири молекули на кислород.

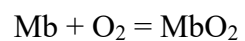


Хемоглобинот што има врзано четири молекули на кислород се нарекува **оксихемоглобин**. Оксихемоглобинот преку крвта се пренесува до клетките каде што се ослободува O_2 .

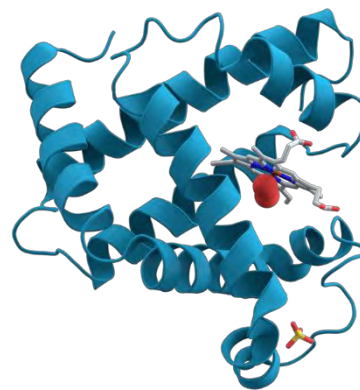
Хемоглобин во кој железото во хем-групата е во оксидациона состојба Fe^{3+} се нарекува **метхемоглобин**. Тој не може да образува реверзибилни врски со молекулите на кислород. Нормално 1 до 2 % од хемоглобинот е метхемоглобин. Причината за повисок процент од метхемоглобинот може да биде генетска или како резултат на изложеност на различни хемикалии. Во зависност од концентрацијата, метхемоглобинот може да предизвика сериозни здравствени проблеми.

Миоглобинот (Mb) има слична биолошка функција како хемоглобинот. Тој е глобуларен транспортен протеин што го транспортира и го складира кислородот во скелетните мускули. Миоглобинот за разлика од хемоглобинот има поголем афинитет кон кислородот и поради тоа овозможува поефикасен трансфер на кислород од крвотокот до клетките на телото. Околу три четвртини од должината полипептидната низа на миоглобинот има секундарната структура во облик на α -хеликс, а нејзината компактна терцијарна структура е резултат на интеракции од различен тип. Терцијарната структура на полипептидната низа на миоглобин е идентична со терцијарната структура на секоја од полипептидните низи на хемоглобин. На крајот од

полипептидната низа на миоглобинот се наоѓа хемот, простетичната група што може реверзибилно да се поврзе со една молекула на кислород.



Во мускулите на морските цицачи, како што се фоките и китовите има висока концентрација на миоглобин што им овозможува да останат долго време под вода.



Слика 1.8. Миоглобин

РЕЗИМЕ

Протеини се органски биомолекули кои се состојат од долги полипептидни низи образувани од аминокиселини.

Аминокиселини се органски киселини кои имаат јаглероден атом поврзан со две функционални групи: amino ($-\text{NH}_2$) и карбоксилна група ($-\text{COOH}$).

Цвитерјон е јонизираната аминокиселина што има позитивен и негативен полнеж и претставува двополарен јон.

α -аминокиселини се аминокиселините кај кои amino групата се наоѓа на α јаглеродниот атом, C атомот кој е поврзан со карбоксилната група.

Изоелектрична точка (pI) е pH-вредноста при која цвитерјонот е неутрален.

Пептиди се биомолекули изградени од аминокиселини.

Пептидната врска е амидна врска со која се поврзани помеѓу себе аминокиселините.

Дипептид е образуван од две аминокиселини, три аминокиселини формираат трипептид, а со поврзување на четири аминокиселини се образува тетрапептид.

Пентапептид е низа од пет аминокиселини, а долгите низи од поголем број аминокиселини се полипептиди.

Аминокиселинска секвенца е редоследот на поврзување на аминокиселините во полипептидните низи.

Примарната структура на протеинот е претставена со аминокиселинската секвенца.

N-терминален крај е левиот крај на полипептидната низа на кој се наоѓа $-\text{NH}_3^+$ групата.

C-терминален крај е десниот крај од полипептидната низа на кој се наоѓа $-\text{COO}^-$ групата.

Дисулфидни врски се ковалентни врски што се образуваат помеѓу тиолните групи ($-\text{SH}$) од аминокиселината цистеин, со нив полипептидните низи се држат заедно.

Секундарна структура на протеинот е резултат на водородното сврзување на водородниот атом од $-\text{NH}$ групата од една пептидна врска со кислородниот атом од карбонилната група од друга пептидна врска.

β -набраната структура е секундарна структура во која атомите на кислород од карбонилната група образуваат водородни врски со атомите на водород од $-\text{NH}$ групата.

α -хеликс е најчестиот тип на секундарна структура со облик на спирала кој се должи на големиот број водородни врски по должината на полипептидната низа.

Терцијарната структура се образува кога полипептидната низа со секундарна структура продолжува да се извиткува. Во оваа структура на протеините се вклучени интеракциите меѓу радикалите ($-\text{R}$ групите) на аминокиселините од полипептидната низа.

Кватернерна структура се образува кај протеините што се состојат од две или повеќе полипептидни низи.

Таложење или исолување на протеинот настанува во присуство на органски растворувач или при определена концентрација на некои соли.

Денатурација е нарушување на структурата на протеините како резултат на што тие ја губат нивната биолошката функција.

Денатурирани протеини се протеините што се добиваат со денатурација.

Ренатурација е процес во кој денатурираниот протеин се враќа во својата првобитна состојба по отстранувањето на средството за денатурирање.

Ренатуриран протеин се нарекува протеинот што се добива со ренатурација.

Изоелектрична точка на протеинот е рН-вредноста кога бројот на позитивни полнежии е еднаков со бројот на негативни полнежии.

Глобуларните протеини или **сферопротеини** имаат компактна, сферна форма, бидејќи кај нив како резултат на различните интеракции помеѓу –R групите, полипептидните низи се преклопуваат една врз друга.

Фибриларни протеини или **склеропротеини** се протеините што се состојат од долги, тенки форми, слични на влакна.

Простетична група се нарекува непротеинскиот дел кој влегува во составот на сложените протеини.

Колагенот е најзастапениот протеин во телото, се наоѓа во сврзното ткиво, крвните садови, кожата, лигаментите, тетивите, рожницата на окото и 'рскавицата.

Хемоглобинот (Hb) е глобуларен протеин што се наоѓа во црвените крвни клетки и е одговорен за транспортот на кислородот, поради тоа се нарекува транспортен протеин.

Глобин е протеинскиот дел од кој се изградени полипептидните низи на хемоглобинот.

Хем е непротеински дел од кој се изградени полипептидните низи на хемоглобинот.

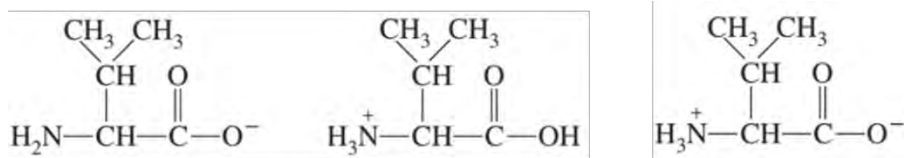
Оксихемоглобин е хемоглобинот што има врзано четири молекули на кислород.

Метмоглобин е хемоглобин во кој железото во хем-групата е во оксидациона состојба Fe^{3+} .

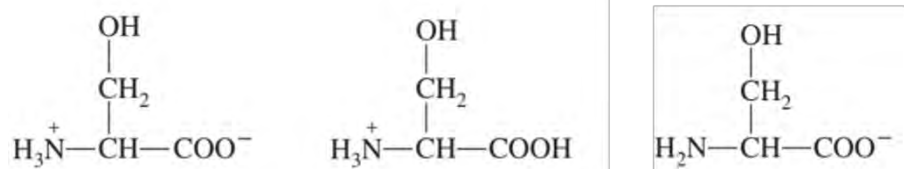
Миоглобинот (Mb) е глобуларен транспортен протеин што го транспортира и го складира кислородот во скелетните мускули.

ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

- 1) Кои функционални групи се присутни кај аминокиселините?
- 2) Определи која од следниве аминокиселини има поларна $-R$ група:
 - а) валин;
 - б) треонин;
 - г) лизин.
- 3) Напиши ги формулите на цвистерјоните за следниве аминокиселини:
 - а) валин;
 - б) серин;
 - в) треонин;
 - г) фенилаланин.
- 4) Класифицирај ги аминокиселините во прашање 3. Кои од нив се неполярни, поларни, кисели или базни?
- 5) Дали постои разлика во поларноста на $-R$ групите кај аминокиселините леуцин и серин? Објасни.
- 6) Кое е името на аминокиселините претставени со кратенка од три букви Ala, Val, Lys, Cys, Trp, Met и Gly?
- 7) За аминокиселината цистеин определи:
 - а) Колку изнесува pI (изоелектричната точка)?
 - б) Во каква форма постои аминокиселината при $pH = 2$?
 - в) Во каква форма постои аминокиселината при $pH = 8$?
- 8) pI на глицин е 6. Во каква форма ќе постои глицин кога на растворот изнесува 2, а во каква при $pH = 8$? Напиши ги формулите на образуваните јони.
- 9) Напиши ги формулите на аминокиселините цистеин и треонин при $pH < 1$. Кои ознаки се користат за имињата на овие аминокиселини?
- 10) Дали следниве јони на аминокиселината валин ќе постојат при pH -вредност поголема, помала или еднаква на изоелектричната точка, pI ?

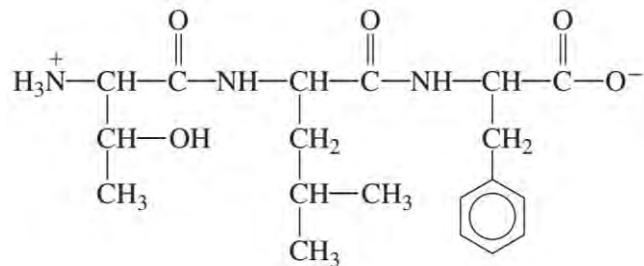


- 11) Дали следниве јони на аминокиселината серин ќе постојат при pH -вредност поголема, помала или еднаква на изоелектричната точка, pI ?



- 12) За дипептидот означен како Val-Pro определи:
 - а) Кое е неговото име?
 - б) Од кои аминокиселини е образуван?
 - в) Објасни го начинот на образување на пептидната врска.
 - г) Која е разликата со дипептидот Pro-Val?
- 13) За следниов пептид одговори:

- а) За каков пептид станува збор?
- б) Од кои аминокиселини е образуван?
- в) Именувај го пептидот и означи го со кратенка.
- г) Објасни го начинот на образување на пептидната врска.



- 14) Напиши ја формулата на следниве пептиди и означи ги со кратенка:
 - а) аланилцистеин;
 - б) серилфенилметионин;
 - в) треонилтриптофан;
 - г) валилизолеуциласпаргинска киселина.
- 15) Името на еден пептид е запишано како хистидинглицилглутаминизолеуцил:
 - а) Дали е правилно именуван пептидот? Ако не е правилно, именувај го правилно, но без да го менуваш редоследот на аминокиселините.
 - б) За каков пептид станува збор?
 - в) Кои аминокиселини влегуваат во состав на пептидот?
 - г) Напиши ја неговата формула и означи го со кратенка.
 - д) Колку различни пептиди може да се образуваат од наведените аминокиселини?
- 16) Кои се кратенките за можните тетрапептиди образувани од две молекули валин, пролин и хистидин на С-терминалниот крај?
- 17) Кој тип интеракции ќе постојат помеѓу –R групите на:
 - а) цистеин и цистеин;
 - б) глутамин и лизин;
 - в) серин и аспаргинска киселина;
 - г) леуцин и леуцин.
- 18) Дали валин и леуцин ќе бидат внатре или надвор од терцијарната структура?
- 19) Кои од следниве врски и интеракции се присутни во примарната, секундарната, терцијарната и кватернерната структура на протеините:
 - а) пептидни врски;
 - б) водородни врски помеѓу соседни пептиди;
 - в) водородни врски во една пептидна група;
 - г) хидрофобни интеракции;
 - д) структура од четири полипептидни низи;
 - ѓ) дисулфидни врски во полипептидната низа.
- 20) Дали е можно два протеини изградени од исти аминокиселини да имаат различна примарна структура? Објасни.
- 21) Која е разликата во секундарната структура помеѓу α-хеликс и β-набрана структура?
- 22) Дел од полипептидната низа на еден протеин може да се прикаже на следниов начин: -Leu-Val-Cys-Asp-
 - а) Која структура се прикажува на овој начин?
 - б) Кои аминокиселини ќе образуваат дисулфидни врски?

- в) Кои амонокиселини ќе бидат внатре во протеинската структура?
- г) Кои амонокиселини ќе бидат надвор од протеинската структура?
- 23) Која е разликата помеѓу прости и сложени протеини? Објасни.
- 24) Како се поделени протеините според функцијата?
- 25) Која е разликата помеѓу глобуларни и фибриларни протеини?
- 26) Кои се најзначајните својства на протеините?
- 27) На што се должат амфотерните својства протеините? Објасни.
- 28) Што е миоглобин? Дали може да има кватернерна структура? Објасни.
- 29) Истражи на интернет што се случува ако дојде до промена на аминокиселинската секвенца кај хемоглобин? Дали тој ја губи својата функција?
- 30) Наведи неколку начини на денатурација на протеини.

1.15. Поим, номенклатура, класификација и градба на ензимите

При одвивање на хемиските реакции од супстанците кои се нарекуваат *реактанти* се добиваат *продукти*. Притоа некои реакции се одвиваат брзо, а има и реакции во кои за да се добијат продукти од реактантите, потребно е долго време. Брзината на бавните реакции се зголемува во присуство на супстанции наречени **катализатори**. Катализаторот ја зголемува брзината на реакцијата, бидејќи го менува начинот на кој таа се одвива, но на крајот од реакцијата останува хемиски и количински непроменет.

Реакциите кои се одвиваат во клетките може да се одвиваат до крај, но не со брзина што е доволна за опстанок. На пример, хидролизата на протеините што се внесуваат во организмот преку исхраната, на крајот би се завршила и без катализатор, но не доволно брзо за да се задоволат потребите на телото за аминокиселини. Исто така важно е хемиските реакции во клетките да се одвиваат во умерени услови, како што се рН-вредност од околу 7,4 и телесна температура од околу 37 °C.

Катализаторите кои ги забрзуваат реакциите што се одвиваат во живите организми се нарекуваат ензими или ферменти. Ензимите се нарекуваат уште и **биокатализатори**, бидејќи ги забрзуваат биолошки важните хемиски реакции. Тие се од суштинско значење за дишењето, варењето на храната, мускулната и нервната функција и др. Секоја клетка во човековото тело содржи илјадници ензими кои овозможуваат да се одвиваат хемиските реакции во неа. Бидејќи ензимите остануваат непроменети за време на процесот на катализа, клетката може постојано да го користи секој ензим. Ензимите помагаат при специфични функции кои се од витално значење за работата и целокупното здравје на телото. Науката што се занимава со изучување на својствата и функцијата на ензимите се нарекува **ензимологија**.

Постојат бројни примери за значењето и улогата на ензимите во процесите што се одвиваат во живите организми. Така на пример, ензимите учествуваат во многу важни процеси во телото, тие му помагаат на телото да ги разложи поголемите и сложени молекули на помали, така што телото може да ја користи енергијата што се ослободува во процесот. Секоја клетка во телото содржи DNA и кога клетката се дели ја копира нејзината DNA. Ензимите го помагаат овој процес. Црниот дроб ги разградува токсините во телото и притоа користи различни ензими што го олеснуваат процесот на нивното разградување.

Номенклатура на ензимите

Имиња на ензимите вообичаено се поврзани со нивната функција. Тие се изведуваат или од името на супстратот што се поврзува со ензимот, или пак од типот на реакцијата што ја катализираат. Во поголемиот број примери името на ензимот се добива со додавање на суфиксот *-аза* на името на супстратот. На пример, дисахаридот сахароза се разложува со ензимот *сахараза*, ензимот *лактаза* ја катализира реакцијата на хидролиза на дисахаридот лактоза, а липидите хидролизират со ензимот *липаза*.

Имињата на некои ензими потекнуваат од реакцијата што ја катализираат. Така на пример ензимот *оксидаза* ја катализира реакцијата на оксидација, *дехидрогеназата* ја

катализира реакцијата на дехидрогенација (одземање на водородот), *декарбоксилаза* е ензимот што ја забрзува реакцијата на отстранување на карбоксилни групи од органските молекули и др.

Има примери во кои имињата на некои ензими не се поврзани ниту со супстратот, ниту пак со реакцијата што ја катализираат. Такви примери се имињата на ензимите каталаза, пепсин, трипсин и хемотрипсин. Во ваков случај треба да се запомнат супстратите на кои дејствуваат или реакциите што ги катализираат овие ензими.

Класификација на ензимите

Ензимите се класифицираат според реакциите што ги забрзуваат или според супстратите (реактантите) на кои дејствуваат. Класификацијата може да се направи на следниов начин:

- оксидоредуктази;
- трансферази;
- хидролази;
- лиази;
- изомерази;
- лигази.

Оксидоредуктази се ензими што ги забрзуваат оксидационо-редукционите (редокс) реакции. Ензимот *оксидаза* ја забрзува реакцијата на оксидација, реакцијата на редукција се забрзува со ензимот *редуктаза*, додека *оксидоредуктазите* влијаат врз редокс-реакциите. Така на пример, ензимот лактат дехидрогеназа го катализира отстранувањето на водород од лактатот.

Трансферази се ензими што ги забрзуваат реакциите во кои доаѓа до пренесување (трансфер) на функционални групи од една молекула на друга. *Трансаминазата* ги забрзува реакциите на трансфер на amino група ($-\text{NH}_2$), додека *киназата* го забрзува трансферот на фосфатните групи.

Хидролазите ги катализираат реакциите на хидролиза, односно реакциите во кои се разложуваат супстанциите во присуство на вода. Во оваа група спаѓаат *протеазите* што ја хидролизираат пептидната врска кај протеините, *липазите* ја хидролизираат естерската врска кај липидите, *карбохидразите* ги хидролизираат гликозидните врски кај јаглехидратите, *нуклеазите* ги хидролизираат нуклеинските киселини итн.

Лиази се ензими што овозможуваат додавање (адисија) или одземање (елиминација) атоми или атомски групи на двојните врски, без да дојде до хидролиза. *Карбоксилаза* се користи во реакции во кои се додава CO_2 , *деаминаза* ги катализира реакциите во кои се одзема NH_3 .

Изомеразите се ензими во чие присуство се одвива процес на изомеризација, односно прераспределба на функционалните групи во внатрешноста на молекулите. *Изомеразата* ги претвора *cis*-изомерите во *trans*-, додека пак ензимот *епимераза* ги претвора D-изомерите во L-изомери и обратно.

Лигази се ензими што ги катализираат реакциите на синтеза на посложени од попусти соединенија. Еден пример е ензимот *синтетаза* кој го катализира сврзувањето на две молекули, притоа овој ензим овозможува образување врски помеѓу молекулите со помош на енергијата што ја дава аденозин трифосфат (АТР).

Градба на ензимите

Ензимите според хемискиот состав се глобуларни протеини составени од голем број аминокиселини освен многу ретки случаи како што се некои RNA. Тие се поврзуваат со супстратите со различни меѓумолекулски интеракции, кои зависат од природата на –R групите во составот на аминокиселините. Секој ензим има единствена тридимензионална структура што има значајна улога во неговото каталитичкото дејство. Ензимите според составот се делат на:

- ① Еднокомпонентни ензими;
- ② Двокомпонентни ензими.

Еднокомпонентни ензими се ензимите што се составени само од протеински дел. Сепак, многу ензими се двокомпонентни, односно за да ја извршуваат правилно својата функција се поврзуваат со непротеински или простетични групи. Полипептидната низа од ензимот се нарекува **апоензим**, додека простетичната група е наречена **кофактор** или **коензим**. Ако на ензимот му е потребен кофактор или коензим, тоа значи дека посебно ниту ензимот, ниту кофакторот или коензимот не покажуваат каталитичка активност. Само во случај кога кофакторот или коензимот ќе биде поврзан со протеинскиот дел од ензимот, тогаш ензимот ќе се поврзе со супстратот и ќе се одвива каталитичката реакција. Кофактори може да бидат некои метални јони, органски соединенија или органометални соединенија, витамини и др. Металните јони се нарекуваат кофактори, бидејќи не се директно врзани со ензимот, додека органските молекули се коензими бидејќи се директно врзани со ензимот. Апоензимот и кофакторот заедно образуваат активен ензим наречен **холоензим**.

1.16. Својства и дејство на ензимите

Ензимите се макрмолекули и начинот на кој дејствуваат е многу различен од дејството на неорганските катализатори. Тие се карактеризираат со голема релативна каталитичка сила, како и со специфичност и селективност. Главна карактеристика на ензимите е големата **релативна каталитичка сила**. Тоа значи дека постои огромна разлика во брзината на некатализираната и ензимски катализираната хемиска реакција. Притоа мала количество на ензим може многукратно да забрза дадена хемиска реакцијата.

Ензимите се **специфични и селективни** биокатализатори, односно можат да се поврзат и да дејствуваат на еден или на мал број молекули, или пак да катализираат само една реакција. Така на пример ензимот малтаза го разложува дисахаридот малтоза, ензимот хидролаза ги катализира само реакциите на хидролиза и др. Притоа ензимите се разликуваат според специфичноста, сите ензими немаат иста специфичност, некои се посспецифични од други.

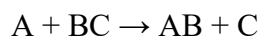
Супстанцата на која дејствува ензимот се нарекува **супстрат**. Во примерот, под дејство на ензимот *малтаза*, дисахаридот малтоза се разложува на две молекули глюкоза, малтазата е ензим, а малтозата е супстрат. Во каталитичката реакција, најпрво ензимот се врзува за супстратот. Ензимот е поголема молекула од супстратот, но во рамките на неговата терцијарна структура има делови кои се нарекуваат активни центри. **Активен центар** е место каде што ензимот врзува една или повеќе молекули од супстратот и ја катализира реакцијата.



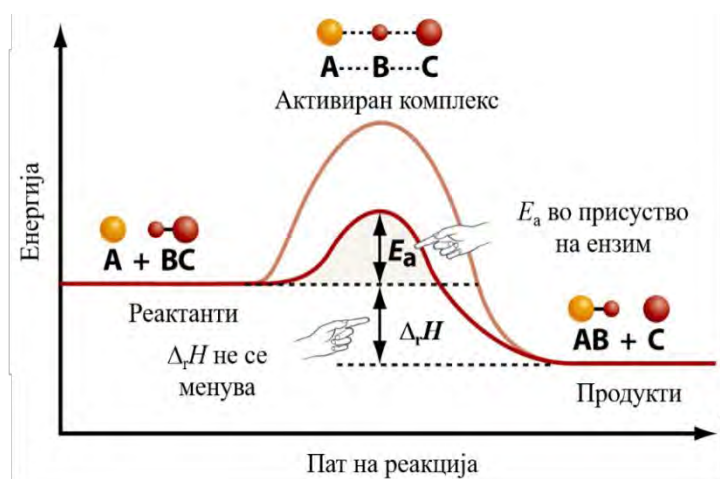
Слика 1.9. Супстрат и активен центар

Дејство на ензимите

Ензимите ги забрзуваат реакциите на тој начин што го менуваат патот на реакцијата, бидејќи ја намалуваат енергијата на активација (E_a). Енергија на активација е енергијата што им е потребна на супстратите (реактантите) за да се трансформираат во продукти. Во присуство на ензими, активираниот комплекс (групација во која се вклучени сите честички од реактантите) се образува побрзо, односно потребна е помала енергија за претворање на супстратот во продукти. Поради тоа значително се зголемува брзината на реакцијата, во споредба со брзината на некатализираната реакција. Патот на реакцијата од општ вид



може да се прикаже со следниов енергетски профил



Слика 1.10. Пат на катализирана и некатализирана реакција

Ензимите ги забрзуваат хемиските реакции и притоа овозможуваат побрзо да се воспостави состојбата на хемиска рамнотежа кај повратните реакции, но тие не влијаат врз вредноста на константата на рамнотежа. Положбата на рамнотежата зависи од вредностите на константите на рамнотежа.

Механизмот на ензимската реакција, според **теоријата на Михаелис-Ментен**, може да се објасни на едноставен начин. Според оваа теорија, ензимски катализираната

реакција се одвива во два чекора. Првиот чекор е врзувањето на супстратот со активните центри на ензимот и образување на **ензим-супстрат комплекс**. Комплексот се образува како резултат на меѓумолекулски интеракции на аминокиселините од ензимот со супстратот. Вториот чекор на реакцијата е ослободување на продуктот и ензимот од ензим-супстрат комплексот. Ослободениот ензим може да катализира друга реакција. Реакцијата помеѓу ензимот (E) и супстратот (S) во која се добива продукт (P) може да се прикаже на едноставен начин.

Прв чекор: $E + S \rightleftharpoons ES$

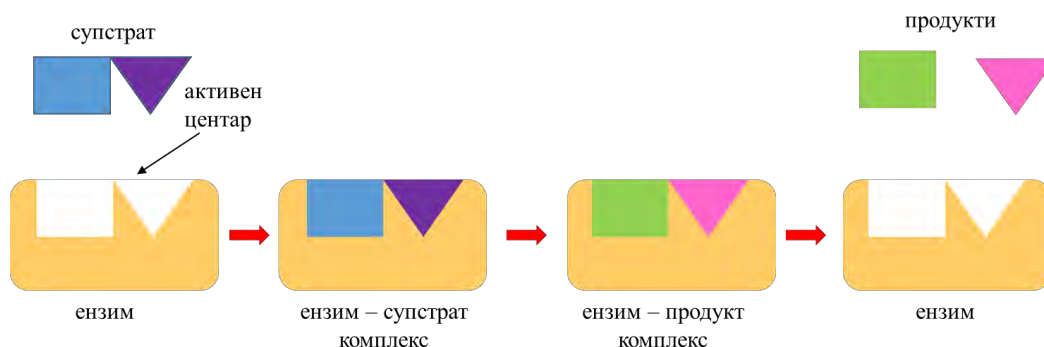
Втор чекор: $ES \rightarrow E + P$

На пример во реакцијата на хидролиза на сахароза (супстрат), таа се сврзува со активните центри на ензимот сахараза и притоа доаѓа до хидролиза на гликозидните врски кај сахарозата во присуство на вода. Како резултат на тоа од сахарозата се добиваат глукоза и фруктоза. Продуктите се ослободуваат од активните центри на ензимот сахараза и потоа тој може да учествува во хидролиза на други молекули од сахароза.

сахароза + сахараза $\rightleftharpoons$ сахароза-сахараза комплекс

сахароза-сахараза комплекс $\rightarrow$ глукоза + фруктоза + сахараза

Во рамките на активниот центар, –R групите на аминокиселините од ензимот стапуваат во меѓумолекулски интеракции со функционалните групи на супстратот. Притоа обликот на активниот центар на ензимот мора да одговара на обликот на супстратот. Всушност ензимот и супстратот функционираат како клуч и брава, притоа еден клуч отвора само една брава. Овој модел на дејство на ензимот се нарекува **модел на клуч-брава** (слика 1.11).

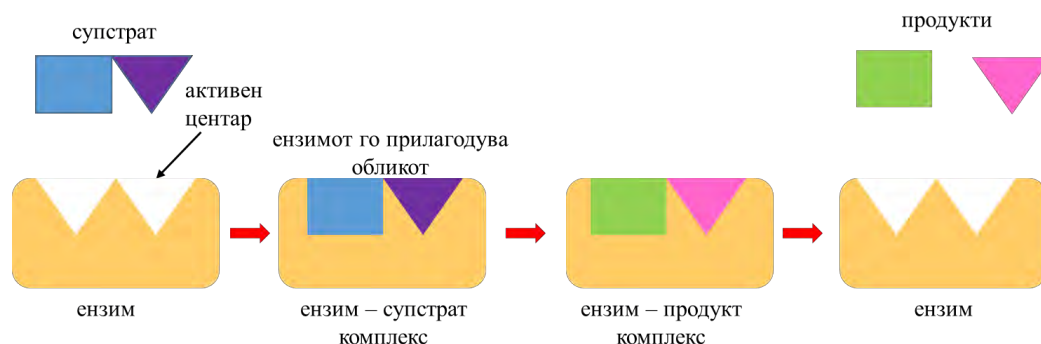


Слика 1.11. Шематски приказ на моделот клуч-брава

Моделот на клуч-брава за првпат е опишан од Фишер (Hermann Emil Louis Fischer, 1852 – 1919) во 1894 година. Овој модел покажува дека ензимите се одликуваат со голема селективност и специфичност.

Дејството на поголем број ензими е опишано со моделот на клуч-брава, но сепак има и ензими со поширок опсег на активности. Станува збор за ензими што се прилагодуваат на обликот на супстратот, или пак може супстратот да се прилагоди на обликот на ензимот. Овој модел се нарекува **модел на индуцирано фитивање (прилагодување)** и

за првпат е воведен во 1958 година од Кошланд (Daniel Edward Koshland, 1920 – 2007). Според овој модел, формата на активните центри на ензимот приближно одговараат на формата на супстратот. На тој начин супстратот совршено се вклопува во молекулата на ензимот и се образува ензим-супстрат комплекс. Образувањето на ензим-супстрат комплекс каде што ензимот се прилагодува на обликот на супстратот може да се прикаже на следниов начин:



Слика 1.12. Шематски приказ на моделот на индуцирано фитовање (прилагодување)

Во двата модела, моделот на клуч-брава и моделот на индуцирано фитовање, со кои е опишана ензимски катализираната реакција, супстратот се врзува со активните центри на ензимот и се образува ензим-супстрат комплекс. Во моделот на клуч-брава, обликот на супстратот мора да одговара на обликот на активниот центар на ензимот. Додека пак во моделот на индуцирано прилагодување, супстратот и ензимот го прилагодуваат обликот со цел да се образува ензим-супстрат комплекс.

Активноста на ензимите зависи од повеќе фактори, меѓу кои најважни се:

- температурата;
- рН на средината;
- концентрацијата на супстратот;
- концентрацијата на ензимот;
- присуството на инхибитори.

Ензимите се многу осетливи на температурата. Притоа на ниска температура, ензимите не покажуваат каталитичка активност, бидејќи нема доволно енергија за да се одвива каталитичката реакција. Додека пак, на повисока температура, ензимската активност се зголемува. Ензимите се најактивни на **оптимална температура**, која кај повеќето ензими изнесува 37 °C или телесна температура. На температура повисока од 50 °C, терцијарната структура на ензимите се нарушува и тие ја губат својата ензимска активност.

Повеќето ензими се активни во многу мал опсег на рН-вредности. рН-вредноста на која ензимите функционираат оптимално се нарекува **оптимална рН-вредност**. Со закиселување на растворот или при додавање база се нарушува терцијарната структура на ензимите, притоа интеракциите на –R групите со супстратот се нарушени. Како резултат на тоа, ензимот повеќе не го врзува супстратот и не се одвива каталитичката реакција. Малите промени во рН се реверзибилни и му овозможуваат на ензимот да ја

врати својата структура и активност, но големите варијации од оптималната pH-вредност трајно ја уништуваат структурата и функцијата на ензимот.

Во секоја ензимски катализирана реакција, супстратот мора прво да се поврзе со ензимот за да се образува ензим-супстрат комплексот. Кога концентрацијата на ензимот се одржува константна, зголемувањето на концентрацијата на супстратот ја зголемува брзината на реакцијата, притоа на почетокот, брзината на реакцијата е најголема. Кога ќе се засити ензимот со супстрат, односно кога активните центри на ензимот ќе се поврзат со супстратот, каталитичката реакција ја достигнува максималната брзина. Со понатамошно зголемување на концентрацијата на супстратот нема да се зголеми брзината на реакцијата. Притоа на крајот од реакцијата кога ќе се образуваат продуктите, ензимот се ослободува и може да се поврзе со други молекули од супстратот.

За одредена концентрација на супстратот, зголемувањето на концентрацијата на ензимот ја зголемува брзината на каталитичката реакција. При повисока концентрација на ензимот достапни се повеќе молекули (повеќе активни центри) што можат да го сврзат супстратот и да ја катализираат реакцијата. Сè додека концентрацијата на супстратот е повисока од концентрацијата на ензимот, постои право пропорционална зависност помеѓу концентрацијата на ензимот и неговата каталитичка активност. Во повеќето ензимски катализирани реакции, концентрацијата на супстратот е многу повисока од концентрацијата на ензимот.

*Супстанците кои имаат влијание врз каталитичката активност на ензимите се нарекуваат **ефектори**.* Притоа ефекторите во зависност од нивното дејство можат да бидат активатори и инхибитори.

Активатори се супстанците што ја зголемуваат активноста на ензимите. Пример киназата е ензим кој е важен за многу клеточни процеси. Активатор што го забрзува дејството на киназата е магнезиумот. Во овој пример магнезиумот е кофактор на ензимот киназа.

Брзината на каталитичките реакции значително се намалува во присуство на супстанции кои се нарекуваат инхибитори. **Инхибитори** се молекулите што го спречуваат врзувањето на супстратот со активните центри на ензимот. Во присуство на инхибитори, ензимите ја губат каталитичката активност. Ензимот кој е поврзан реверзибилно со инхибиторот може да ја врати ензимската активност, но ако ензимот се поврзе иреверзибилно со инхибиторот, тогаш трајно ја губи ензимската активност.

РЕЗИМЕ

Катализатори се наречени супстанциите во чие присуство се зголемува брзината на бавните реакции.

Ензими или **ферменти** се катализаторите кои ги забрзуваат реакциите што се одвиваат во живите организми. Ензимите се нарекуваат уште и **биокатализатори**.

Ензимоголгија е науката што се занимава со изучување на својствата и функцијата на ензимите.

Оксидоредуктази се ензими што ги забрзуваат оксидационо-редукционите (редокс) реакции.

Трансферази се ензими што ги забрзуваат реакциите во кои доаѓа до пренесување (трансфер) на функционални групи од една молекула на друга.

Хидролазите ги катализираат реакциите на хидролиза, односно реакциите во кои се разложуваат супстанциите во присуство на вода.

Лиази се ензими што овозможуваат додавање (адисија) или одземање (елиминација) на атоми или атомски групи на двојните врски, без да дојде до хидролиза.

Изомеразите се ензими во чие присуство се одвива процес на изомеризација, односно прераспределба на функционалните групи во внатрешноста на молекулите.

Лигази се ензими што ги катализираат реакциите на формирање или раскинување на врските: C – C, C – S, C – O и C – N.

Апоензим се нарекува полипептидната низа од ензимот.

Кофактор или **коензим** се нарекува простетичната група.

Холоензим е активен ензим образуван од апоензимот и кофакторот.

Супстрат се нарекува супстанцијата на која дејствува ензимот.

Активен центар е место каде што ензимот врзува една или повеќе молекули од супстратот и ја катализира реакцијата.

Ензим-супстрат комплекс е комплексот се образува како резултат на меѓумолекулски интеракции на аминокиселините од ензимот со супстратот.

Модел на клуч-брава е модел на дејство кога ензимот и супстратот функционираат како клуч и брава, притоа еден клуч отвора само една брава.

Модел на индуцирано фитување (прилагодување) е модел во случај кога ензимот се прилагодува на обликот на супстратот, или пак може супстратот да се прилагоди на обликот на ензимот.

Ефектори се супстанциите кои имаат влијание врз каталитичката активност на ензимите.

Активатори се супстанциите што ја зголемуваат активноста на ензимите.

Инхибитори се молекулите што го спречуваат врзувањето на супстратот со активните центри на ензимот.

ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

- 1) Што се ензими?
- 2) Која е разликата помеѓу неорганските катализатори и ензимите?
- 3) Наведи неколку примери од кои може да се види улогата и значењето на ензимите.
- 4) Како се изведени имињата на ензимите?
- 5) Кои критериуми се користат за класификација на ензимите?
- 6) Што се ензимите според хемискиот состав?
- 7) Која е разликата помеѓу еднокомпонентните и двокомпонентните ензими?
- 8) Дали се синоними апоензим и коензим? Објасни.
- 9) Што се подразбира под релативна каталитичка сила на ензимите?
- 10) Дефинирај активен центар на ензимот и супстрат.
- 11) Дали може ензимот сахараза да се користи за хидролиза на скороб? Објасни.
- 12) Објасни ја теоријата на Михаелис-Ментен за механизмот на ензимското дејство.
- 13) Објасни го моделот на клуч-брава.
- 14) Која е разликата помеѓу моделот на индуцирано прилагодување и моделот на клуч-брава? Објасни.
- 15) Кои фактори влијаат врз ензимската активност?
- 16) Која температура е оптимална за дејство на ензимите?
- 17) Дали има ензими што се активни на повисока температура од телесната? Истражи во литература и објасни.
- 18) Што значи оптимална рН-вредност?
- 19) Каково е влијанието на концентрацијата на супстратот врз брзината на ензимски катализираната реакција?
- 20) Дали концентрацијата на ензимот влијае врз брзината на ензимската реакција? Објасни.
- 21) Дали влијае концентрацијата на ензимот врз брзината на каталитичката реакција при ниска концентрација на супстратот? Дали ќе биде различно влијанието при повисока концентрација на супстратот?
- 22) Како влијаат следниве фактори врз брзината на ензимската реакција?
 - а) помала рН-вредност од оптималната;
 - б) повисока температура од оптималната;
 - в) зголемување на концентрацијата на супстратот на константна температура.
- 23) Трипсин е ензим што ја хидролизира пептидната врска при рН од 7,7 – 8,0. Како влијаат врз неговата активност следниве услови?
 - а) намалување на концентрацијата на трипсинот;
 - б) промена на рН вредноста на 3,0.
 - в) изведување на реакцијата на 75 °C;
 - г) додавање на дополнително количество трипсин.

- 24) Пепсин е ензим што ги хидролизира протеините, неговото дејство е оптимално при рН од 1,5 до 2,0. Како ќе се смени брзината на ензимската реакција при следниве услови?
- а) зголемување на концентрацијата на протеините;
 - б) промена на рН на 5,0;
 - в) изведување на реакцијата на 0 °C;
 - г) намалување на концентрацијата на пепсин.
- 25) Дефинирај, ефектори, активатори и инхибитори.

1.17. Поим, значење и класификација на витамините

Пред да бидат откриени витамините, се знаело дека сокот од лимон ја спречил болеста скорбут кај морнарите и дека маслото од црниот дроб на бакаларот може да спречи рахитис. Во 1912 година, научниците откриле дека, покрај јаглехидратите, мастите и протеините, и витамините мора да се внесуваат со исхраната.

Витамините се есенцијални хранливи материи што не се синтетизираат во организмот, или не се синтетизираат во доволна количина, поради тоа треба да се внесуваат преку исхраната. Исклучок се витаминот В₃ кој може да се синтетизира од триптофан и витаминот D₃ кој се синтетизира во организмот од деривати на холестеролот кога кожата е изложена на сончева светлина. Некои витамини може да се синтетизираат во организмот од одредени супстанции наречени **провитамини** кои се внесуваат преку исхраната. Така на пример, β-каротенот се внесува преку храната, а од него се синтетизира витаминот А во организмот, односно тој е провитамин на витаминот А.

Витамините му се потребни на организмот за голем број функции, но во мали количини (траги), поради тоа се нарекуваат **микронутриенти**. Дневниот внес на јаглехидрати изнесува 250 g (макронутриент), а доволни се 2 mg дневно од витамин В₆ (микронутриент).

Витамините растворливи во вода влегуваат во составот на сложените коензими, но некои од нив и самите функционираат како коензими. **Коензими се простетички групи кои го помагаат или го овозможуваат каталитичкото дејство на ензимите.** Како дел од коензимите делуваат В-витамините како што се рибофлавин, тиамин, ниацин, пантотенска киселина и биотин. Тие се мали молекули кои се комбинираат со ензимите и ги активираат. Ензимите ги катализираат повеќето хемиски реакции во телото, како што се варење храна и синтетизирање на нови соединенија. В-витамините во улога на коензими му помагаат на организмот да ги користи протеините, мастите и јаглехидратите со цел да произведе доволно енергија за клетките.

Само некои од витамините може да се складираат во организмот. *Состојбата предизвикана од подолго време недоволно внесување на доволна количина на витамините е позната како хиповитаминоза. Авитаминоза е состојба предизвикана од недоволен внес на конкретен витамин. Додека пак, ако не се внесува доволна количина од повеќе витамини, состојбата се нарекува полиавитаминоза.* Хиповитаминозата доведува до различни болести како бери-бери, пелагра, анемија, рахитис и скорбут. Во литература може да се најдат податоци што покажуваат дека дури и кога се обезбедуваат дополнителни количини на витамини, нарушениот раст поради недостаток на некој витамин може да биде неповратен. Така на пример, тешко е да се поправат искривените коскени структури кои произлегуваат од детскиот недостаток на витамин D. Поради тоа, особено е важно децата да примаат доволно витамини за правилен раст и развој.

Витамините растворливи во вода се исфрлаат од организмот со урината, овие витамини не се складираат во организмот и треба редовно да се внесуваат преку исхраната. Додека пак вишокот внесен од витамините растворливи во масла се депонира во црниот дроб,

поради тоа кога овие витамини не се внесуваат редовно преку исхраната, организмот ги користи резервите. Сепак, поголема концентрација од овие витамини може да биде токсична и да доведе до хипервитаминоза. **Хипервитаминоза е состојба на прекумерно внесување на некои витамини во организмот.**

Витамините се означуваат со големи букви, како на пример А, К, Е, D, С итн. За нивно именување не се користи системска номенклатура, туку тие имаат тривијални имиња кои им се дадени според некое својство, според местото на наоѓање, според болеста што се манифестира со недостаток на даден витамин (во овој случај се додава префикс –анти) и др. Според нивната растворливост витамините се класифицираат како:

- ① *Витамини растворливи во масла (липосолубилни);*
- ② *Витамини растворливи во вода (хидросолубилни).*

Од оваа класификација на витамините може да се претпостави во кои прехранбени продукти се наоѓаат витамините во повисока концентрација. Витамините растворливи во масла се разликуваат според својата функција од витамините растворливи во вода.

1.18. Витамини растворливи во масла (претставници, наоѓање и значење)

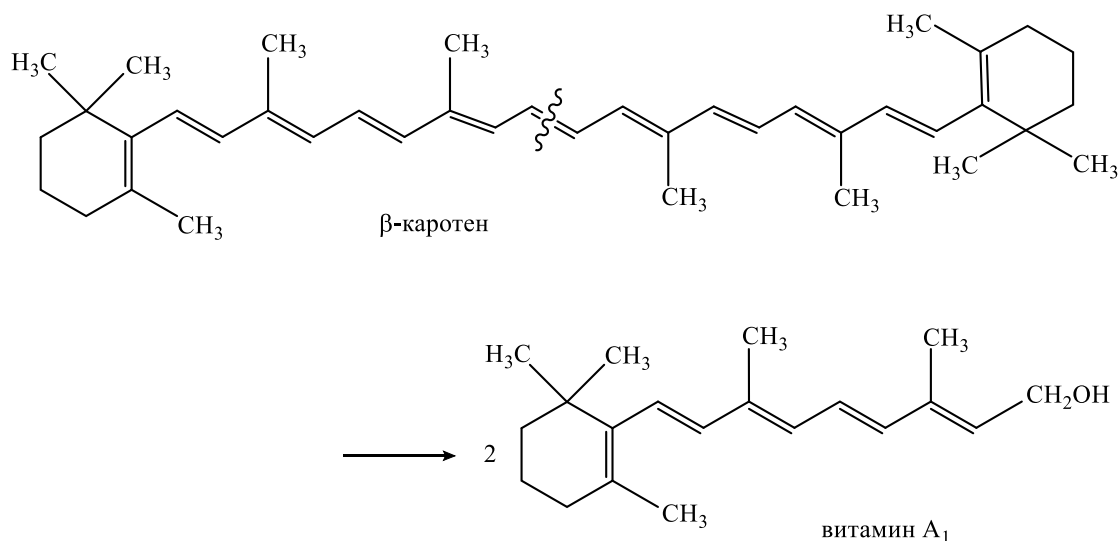
Витамините А, D, Е и К се растворливи во масла, тие може да се складираат во определена количина. Внесувањето на поголемо количество од потребното од овие витамини може да доведе до хипервитаминоза. Вишокот од витамините растворливи во масла се складира во масните наслаги на телото. Клиничките ефекти од недостатоците на овие витамини се добро познати, но механизмите со кои тие дејствуваат не се ни приближно разбрани како оние на витамините растворливи во вода.

Витамините растворливи во масла се неполарни соединенија што се растворливи во масла (липиди) и нивната ресорпција во тенкото црево зависи од метаболизмот на липидите. Во крвта се транспортираат со помош на липопротеинските комплекси. Овие витамини имаат различни функции во организмот. Витаминот D делува како регулатор на метаболизмот на калциумот, една од функциите на витаминот А е да го обезбеди пигментот кој го овозможува видот, додека витаминот К овозможува нормално згрутчување на крвта.

Витамин А

Витаминот А за првпат бил синтетизиран од швајцарскиот хемичар Карер (Paul Karrer, 1889 – 1971) во 1925 година. Тој се наоѓа во животинското ткиво, пред сè во маслото од црн дроб од риба, во црниот дроб на цицачите, жолчката од јајцето, млечните масти, путерот, кашкавалот и др. Две третини од потребната количина на витамин А организмот го добива од провитаминот β -каротен кој се наоѓа во растенијата. Зеленчуците што имаат темнозелена и жолта боја како што се морковите и броколите се одличен извор на прекурсори (појдовни соединенија од кои се добиваат други соединенија) за витаминот А. Значи, витаминот А се внесува во организмот преку исхраната, но може да се синтетизира и од β -каротенот, кој исто така се внесува преку исхраната. Најраспространета структура на витаминот А е ретинолот (витамин А₁) и

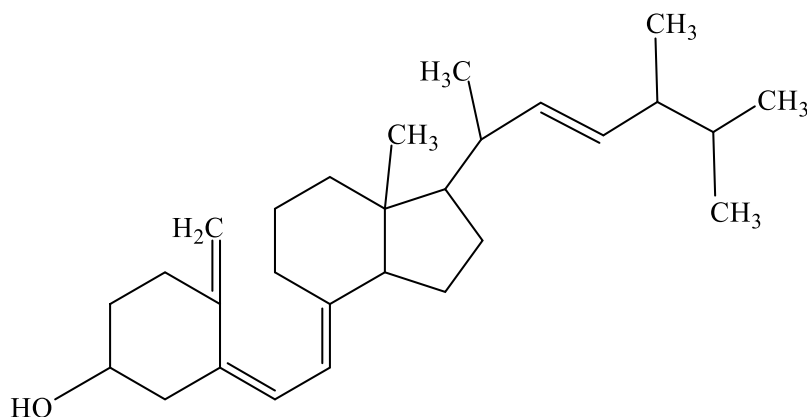
неговиот алдехид познат како ретинал (витамин А₂). Во структурата на витаминот А има четири изопренски единици, како што може да се види од неговата формула. Со равенката е прикажана реакцијата на добивање ретинол (витамин А₁) од β-каротен.



Витаминот А има две значајни функции, тој во форма на ретинал влегува во составот на фотосензитивната компонента на родопсонот на очите, а во форма на ретинска киселина е заштитен фактор на епителот и витаминот за раст. Исто така витаминот А го одржува епителот, потребен е за синтеза на пигменти, има улога на антиоксиданс, неопходен е за растењето на коските и забите, како и за нормална функција на половиот систем и др. Недостатокот на витамин А доведува до забавен раст, ноќно слепило или кокошкино слепило, нарушување на епителните мембрани и др. Додека вишокот на овој витамин доведува до оштетување на црниот дроб, лупење на кожата, а влијае и врз централен нервен систем (гадење, анорексија).

Витамин D

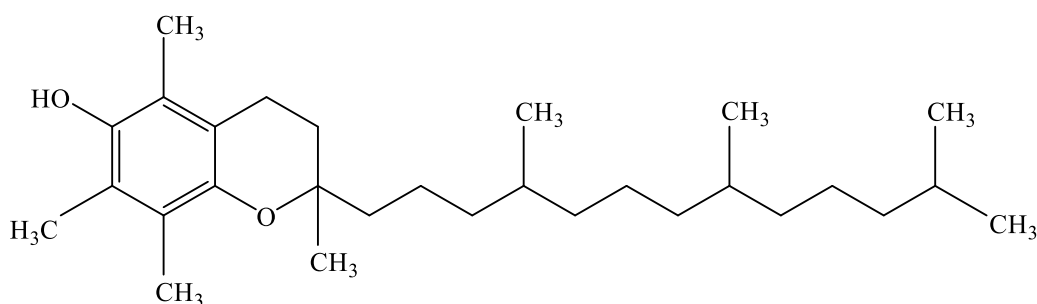
Витаминот D е стероиден хормон кој се сретнува во две форми, како холекалциферол (D₃) и ергокалциферол (D₂). Со формулата е прикажан холекалциферол кој е биолошки активната форма на витаминот D. Тој според структурата е сличен со холестеролот, поради тоа се синтезира од дериват на холестеролот во кожата при процес на фотолиза под дејство на ултравиолетовата светлина од сонцето.



Природната храна има ниска содржина на витамин D₃, додека витаминот D₂ се наоѓа во маслото во црниот дроб. Овој витамин е потребен за нормален раст на коските, апсорпција на калциум и фосфор во цревата и др. Недостатокот на витамин D доведува до рахитис, влошување на скелетот и друго, а вишокот придонесува за депонирање на калциум во многу ткива, нарушување на одредени функции и др. Недостатокот на витамин D најчесто се појавува кај неисхранети лица или лица што живеат во региони каде што има малку сончева светлина. Генерално само 15 минути сонце дневно без крема за сончање е доволно за одржување на нивото на витамин D.

Витамин Е

Витаминот Е е смеса од група структурно слични соединенија наречени токофероли, од кои најактивен е α -токоферолот со следнава структурна формула:



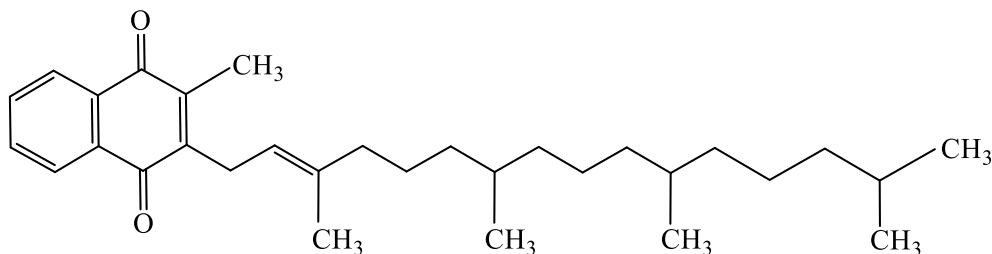
Витаминот Е е значаен поради неговата антиоксидансна активност со што ја забавува или ја спречува оксидацијата на незаситените масти и витаминот А. На тој начин придонесува за стабилизирање на мембраните на клетките, витаминот А, хормоните, ензимите и др.

Витаминот Е не се синтетизира во животинските организми, туку во зелените растенија. Најмногу го има во јуркулците на пченицата од каде што е изолиран за првпат. Главни извори на витамин Е се растителните масла, особено маслото од житни култури. Исто така се наоѓа во зеленчукот, месото и млекото. Недостатокот на витамин Е предизвикува хронични нарушување и анемија, а механизмот на неговото дејство не е целосно познат. Од внесување на вишок од витамин Е нема регистрирано негативни ефекти. Витаминот Е не е токсичен при предозирање како што се другите витамини растворливи во масла, сепак најдобро е да се избегнуваат преголеми дози.

Витамин К

Витаминот К е витамин растворлив во масла кој постои во три форми, K₁, K₂ и K₃. Од сите форми витаминот K₁ е најзастапен во храната и главно се наоѓа во растенијата. Тој се наоѓа во темнозелениот лиснат зеленчук (спанаќ, зелена салата, зелка, кел, броколи, карфиол и др.), го има во некои семиња и растителни масла (масло од соја, семе од репка и маслиново масло), растителни масти и др. Витаминот K₂ се синтетизира од бактерии и главно се наоѓа во производи од животинско потекло, како што се месо и преработки од месо, сирење и други млечни производи, јајца и др. Витаминот K₃ е синтетичка форма на витаминот К и може да се најде само во суплементите. Преку исхраната може да се

добие потребната количина на витамин К, со јадење разновидна храна. Притоа витаминот К подобро се апсорбира кога се комбинира со храна што содржи масти. Комбинација на варен зеленчук со здрави масти може да му помогне на нашиот организам да апсорбира до трипати повеќе витамин К. Структурната формула на витаминот К₁ може да се прикаже на следниов начин:



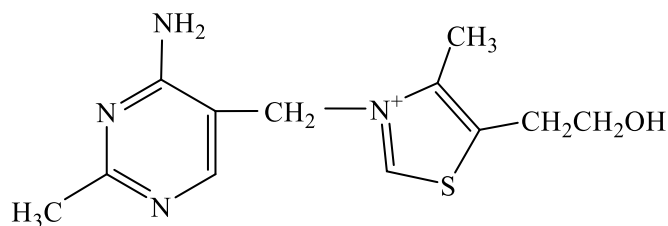
Витаминот К е вклучен во многу телесни функции, човековиот организам го користи за синтеза на протеини што ја одржуваат нормалната коагулација, како и за формирање и одржување на структурата на коските. Витаминот К заедно со витаминот Д придонесуваат за одржување на нивото на калциум во коските. Од друга страна пак, прекумерното внесување на витаминот Е може да го намали нивото на витаминот К, бидејќи го стимулира неговото разградување во организмот. Ова е особено штетно за луѓето што веќе имаат ниско ниво на витамин К, бидејќи може да го наруши нормалното згрутчување на крвта и да го зголеми ризикот од крварење. Недостатокот на витамин К не е вообичаен кај здрави возрасни лица кои имаат балансирана исхрана, но може да се случи кај луѓе со нарушена здравствена состојба. Кај луѓето што користат антикоагуланти може да се наруши апсорпцијата на храна и хранливи материи, а со тоа и да се блокира метаболизмот на витаминот К. Недостатокот на витамин К може да предизвика и лесни модринки и крварење. Од друга страна пак, вишокот на витамин К (од исхраната или додатоците) може да ги блокира антикоагулантните ефекти од лековите и да дојде згуснување на крвта, предизвикува нарушување на функцијата на црниот дроб, жолтица и др.

1.19. Витамини растворливи во вода (претставници, наоѓање и зачење)

Витамините растворливи во вода имаат $-\text{COOH}$, $-\text{OH}$ и други поларни групи, поради тоа тие се раствораат во вода. Во оваа група спаѓаат различни витамини, од витамин С кој е изграден од помали молекули, до витаминот В₁₂ кој има сложена структура. Витамините растворливи во вода се вклучени во клеточниот метаболизам на хранливите материи кои обезбедуваат енергија. Секој витамин од оваа група има барем една специфична функција. Така на пример В₁ е потребен за да се постигне максимален енергетски принос од јаглехидратите, В₆ има големо значење за метаболизмот на протеините, додека В₂ е важна компоненти во речиси сите клеточни редокс реакции.

Витамин В₁ (тиамин)

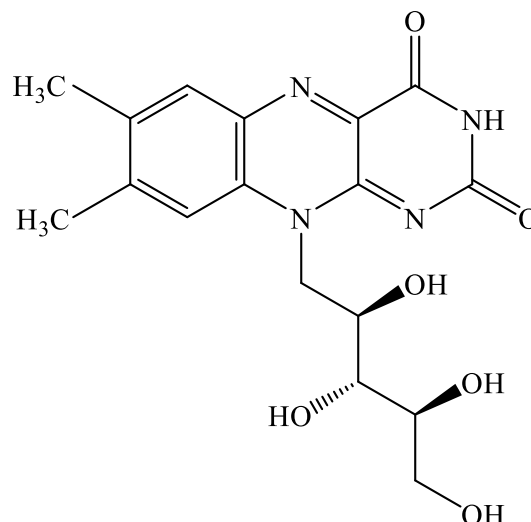
Витаминот В₁ се нарекува уште и тиамин. Неговата молекула е изградена од пиримидински и тиазолен прстен, како што може да се види од формулата



Витаминот В₁ се наоѓа во многу растенија како што се: никулците од житата, квасецот, зеленчукот (особено компир), овошјето, во изобилство го има во свинското и говедското месо, рибата, јајцата и животинските органи (црн дроб, бубрези, мозок и срце). Тој е коензим во реакциите на декарбоксилација, а исто така е важна супстанца вклучена во метаболизмот на јаглехидратите. Поради тоа потребата за тиамин се зголемува при исхрана збогатена со јаглехидрати. Болеста позната како бери-бери која има невролошки и срцеви симптоми настанува како резултат на недостаток на витамин В₁ во исхраната.

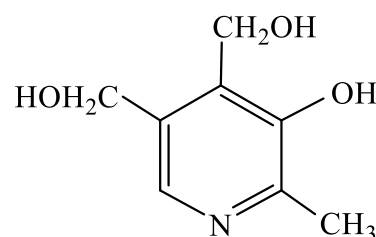
Витамин В₂ (рибофлавин)

Витаминот В₂ се нарекува уште и рибофлавин, тој е простетична група, односно коензим кој влегува во составот на ензимите што учествуваат во метаболизмот на протеините. Најважни извори на рибофлавин се млекото и млечните производи каде што тој се наоѓа слободен, потоа го има во јајцата, зеленчукот, квасецот, производите од месо, различни органи, како на пример во срцето, црниот дроб, бубрезите и др. Недостатокот на витамин В₂ се манифестира со дерматитис и воспаленија на устата, а кај животните овој витамин е неопходен за нормален развој на фетусот.



Витамин В₆ (пиридоксин)

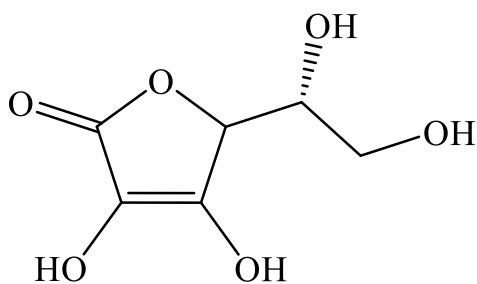
Витаминот В₆ постои во следниве хемиски слични соединенија: пиридоксол, пиридоксал и пиридоксин. Метаболички активната форма на витаминот В₆ се нарекува пиридоксал фосфат. Оваа форма е коензим на голем број различни ензими. Витаминот В₆ се наоѓа во одредени видови храна, а исто така се синтетизира и во лабораторија. Се наоѓа во житарките, мешунките и јајцата, а често се користи заедно со другите витамини од групата В во суплементите. Тој е неопходен за правилна функција на шеќерите, мастите и протеините во телото. Исто така е значаен и за развојот на мозокот, нервите, кожата и многу други делови од телото. Витаминот В₆ се користи и за лекување на срцеви заболувања, предменструален



синдром, депресија, утринска мачнина, Алцхајмерова болест, менструални грчеви, дијабетес и многу други состојби.

Витамин С

Витаминот С или L-аскорбинска киселина е микронутриент кој не се синтетизира во нашето тело, поради тоа мора да се внесува преку исхраната или преку различни суплементи. Се наоѓа во многу намирници, како што се портокалите, пиперките, шипките, јаболката, рибизлите, зелката, киви и др. Тој е биолошки активен витамин во иста форма во која се наоѓа во намирниците, без промени во неговата структура.



Поради присуството на двојна врска помеѓу два С атоми на кои има –ОН група, витаминот С е нестабилен и лесно се оксидира и притоа поминува во дехидроаскорбинска киселина. Витаминот С е антиоксиданс, односно супстанца што ја спречува реакцијата на оксидација, бидејќи реагира со оксидационите средства. Антиоксидансите се

особено значајни бидејќи ги врзуваат оксидансите што се образуваат како споредни продукти во метаболизмот. Значајна функција на витаминот С е неговата способност да дава протони во реакцијата на хидроксилација при синтеза на колаген и стероидни хормони, а исто така ја олеснува апсорпцијата на железо. Недостатокот на витамин С ја предизвикува болеста скорбут која се манифестира со оштетување на капилари, воспаление на непцата и др.

РЕЗИМЕ

Провитамини се супстанции од кои некои витамини може да се синтетизираат во организмот.

Микронутриенти се витамините му се потребни на организмот за голем број функции, но во мали количини (траги).

Коензими се простетички групи кои го помагаат или го овозможуваат каталитичкото дејство на ензимите.

Хиповитаминоза е состојбата предизвикана од подолго време недоволно внесување на доволна количина на витамините.

Авитаминоза е состојба предизвикана од недоволен внес на конкретен витамин.

Полиавитаминоза е состојбата предизвикана од недоволен внес од повеќе витамини.

Хипервитаминоза е состојба на прекумерно внесување на некои витамини во организмот.

Липосолубилни витамини се витамините растворливи во масла.

Хидросолубилни витамини се витамини растворливи во вода.

Витаминот А е витамин растворлив во масла, се внесува во организмот преку исхраната, но може да се синтетизира и од β -каротенот, кој исто така се внесува преку исхраната.

Витамин D е стероиден хормон кој постои во две форми, како холекалциферол (D_3) и ергокалциферол (D_2).

Витамин Е е смеса од група структурно слични соединенија наречени токоферол, од кои најактивен е α -токоферолот.

Витаминот К е витамин растворлив во масла кој постои во три форми, K_1 , K_2 и K_3 . Од сите форми витаминот K_1 е најзастапен во храната и главно се наоѓа во растенијата.

Витаминот В₁ или тиамин е коензим во реакциите на декарбоксилација, а исто така е важна супстанца вклучена во метаболизмот на јаглехидратите.

Витаминот В₂ или рибофлавин е простетична група, односно коензим кој влегува во составот на ензимите што учествуваат во метаболизмот на протеините.

Витаминот В₆ е витамин растворлив во вода кој постои во следниве хемиски слични соединенија: пиридоксол, пиридоксал и пиридоксин.

Витаминот С или L-аскорбинска киселина е микронутриент кој не се синтетизира во нашето тело, поради тоа мора да се внесува преку исхраната или преку различни суплементи.

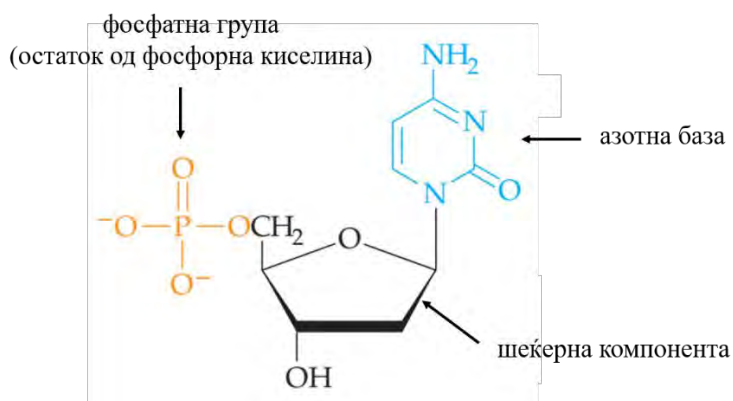
ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

- 1) Зошто витамините се нарекуваат микронутриенти? Дали тие се синтетизираат во лабораторија, во растенијата или во човековиот организам? Објасни.
- 2) Што се провитамини? Дали за сите витамини има провитамини?
- 3) Дали сите витамини имаат улога на коензими?
- 4) Како се делат витамините според растворливоста?
- 5) Кои витамини спаѓаат во групата на витамини растворливи во масла?
- 6) За кои витамини станува збор?
 - а) тиамин;
 - б) аскорбинска киселина;
 - в) ергокалциферол;
 - г) пиридоксин;
 - д) α -токоферол.
- 7) Кој витамин кога не се внесува доволно предизвикува ноќно или кокошкино слепило?
- 8) На што се должи антиоксидансната активност на витаминот С?
- 9) Како се манифестира недостатокот на витамин С?
- 10) Кој витамин е одговорен за правилна апсорпција на калциум во организмот?
- 11) Во кои форми постои и која е функцијата на витаминот К?
- 12) Што може да биде причина за недостаток на витамин D?

1.20. Градба на DNA и RNA

Како семето знае какво растение да стане? Како оплодената јајце-клетка знае да прерасне во човечко суштество? И додека таа оплодена јајце-клетка расте во ембрион во развој, како знае која клетка да стане дел од прстот, црниот дроб или срцето? Одговорите на овие и на многу други основни прашања за сите живи организми се наоѓаат во биолошките молекули познати како нуклеински киселини. Нуклеинските киселини се големи молекули кои се наоѓаат во јадрото на клетките во нашиот организам, кои складираат информации и ги насочуваат активностите за раст и репродукција. Всушност нуклеинските киселини се носители на генетските информации на организмот што ја одредуваат неговата природа. Кога клетката не се дели активно, нејзиното јадро е исполнето со хроматин, што е всушност деоксирибонуклеинска киселина, а за време на клеточната делба, хроматинот станува уште покомпактен и се организира во хромозоми. Деоксирибонуклеинската киселина ги содржи во себе генетските кодови со кои во клетката се синтетизираат протеини што се задолжени за експресија на гените.

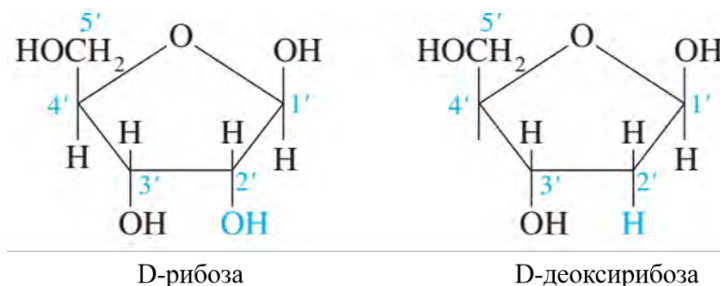
Слично како другите биосоединенија (протеини и јаглехидрати), нуклеинските киселини се полимери. Протеините се полипептиди, јаглехидратите се полисахариди, а нуклеинските киселини се полинуклеотиди. Секој нуклеотид е составен од три дела: петточен цикличен моносахарид кој се нарекува **шеќерна компонента**, циклично соединение што содржи азот познато како **азотна база** и **фосфатна група** ($-\text{OPO}_3^{2-}$), остаток од фосфорна киселина.



Во зависност од шеќерната компонента која влегува во состав на нуклеотидот постојат две нуклеински киселини:

- ① Деоксирибонуклеински киселини (DNA);
- ② Рибонуклеински киселини (RNA).

DNA е изградена од моносахаридот D-деоксирибоза, додека RNA е полимер образуван од голем број молекули од моносахаридот D-рибоза. Ознаките за нуклеинските киселини DNA и RNA се во согласност со правилата за меѓународната номенклатура. Цикличните полуацетални форми на моносахаридите D-рибоза и D-деоксирибоза се прикажани со следниве формули:

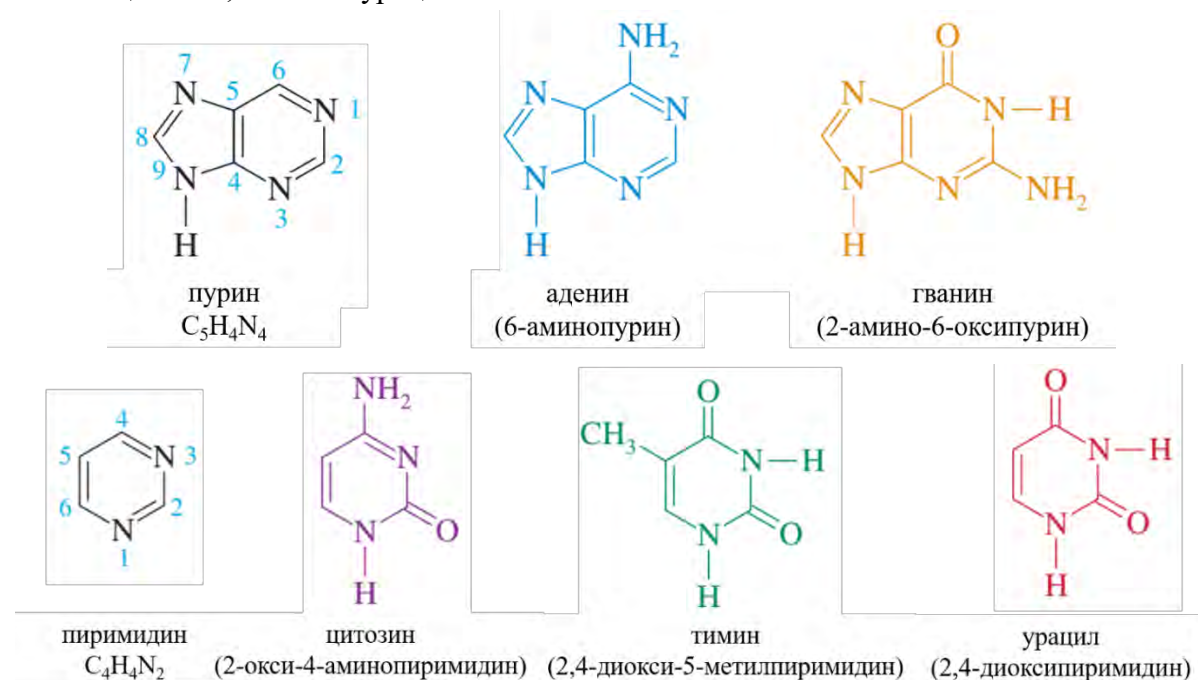


Рибозата и деоксирибозата постојат во циклична фуранозна форма, а единствена разлика помеѓу нив е во вториот С атом на кој рибозата содржи –ОН група, додека деоксирибозата содржи водороден атом. Префиксот –*деокси* што се користи кај деоксирибоза значи „без кислород“. Јаглеродните атоми кај моносахаридите се означуваат со број и со знакот прим (1', 2', 3', 4' и 5') за да се направи разлика со С атомите од азотната база, кои се означуваат само со број.

Нуклеинските киселини освен по шеќерната компонента се разликуваат и по органските азотни бази што ги содржат. Азотните бази се хетероциклични амини, односно циклични соединенија кои во својот состав содржат најмалку еден атом на азот. Постојат два типа азотни бази пронајдени во DNA и RNA полимерите:

- ① Пурински бази;
- ② Пиримидински бази.

Азотните бази кои се деривати на пурин содржат два споени хетероциклични прстени што содржат азот. Пурински бази се аденин и гванин. Базите кои се деривати на пиримидинот имаат само еден хетероцикличен прстен што содржи азот. Пиримидински бази се цитозин, тимин и урацил.

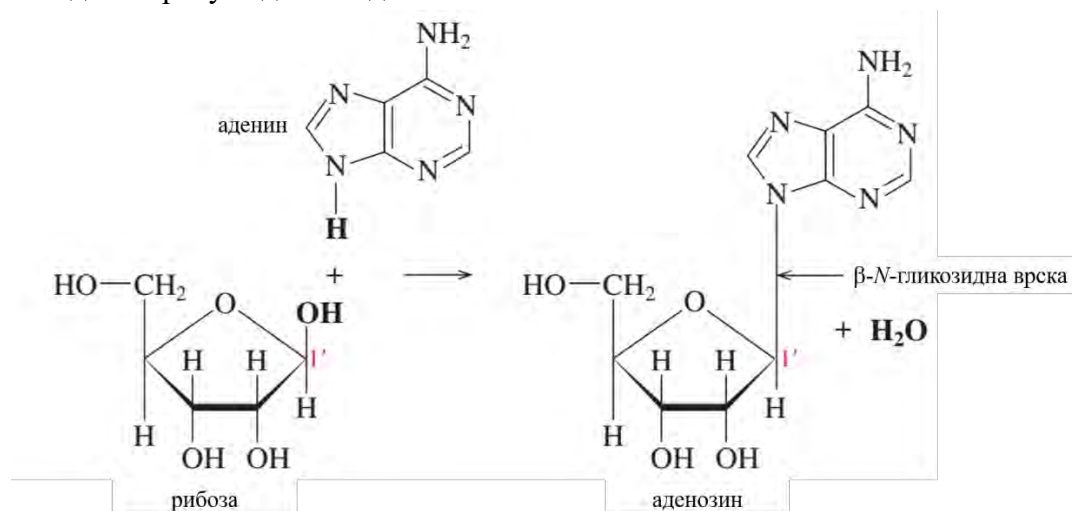


Базата тимин е присутна само кај DNA-молекулите, урацил влегува во составот на RNA молекулите, додека аденин, гванин и цитозин се присутни кај двете нуклеински киселини, DNA и RNA.

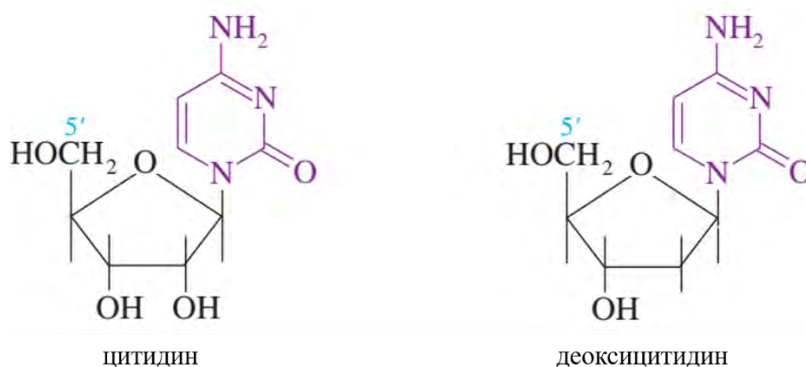
Молекулата што е составена од шеќерната компонента (рибоза или деоксирибоза) и една од азотните органски азотни бази се нарекува **нуклеозид**.

ШЕЌЕРНА КОМПОНЕНТА + БАЗА = НУКЛЕОЗИД

Нуклеозидот познат како аденозин се образува од моносахаридот D-рибоза и базата аденин, додека во составот на деоксиаденозин влегува D-деоксирибоза, а образуваниот нуклеозид се нарекува деоксиаденозин.



Врската помеѓу азотната база и моносахаридот се остварува помеѓу еден од азотните атоми од органската база и C атомот од моносахаридот. Оваа врска се нарекува **β-N-гликозидна врска** и се остварува помеѓу C атомот означен со број 1 од шеќерната компонента и азотниот атом означен со број 9 во пиримидинската база или со број 1 кај пуринската база. Молекулите на нуклеозидите цитидин и деоксцитидин може да се прикажат на следниов начин:



Нуклеозидите се именуваат така што на основата на името на пуринските бази од кои се образуваат се додава суфиксот **-озин**, додека на основата на името на пиримидинските бази се додава суфиксот **-идин**. На пример од базата **аденин** се образува нуклеозидот **аденозин**. Кога во составот на нуклеозидите влегува моносахаридот рибоза, при нивното именување не се користи префикс, а кога се составени од деоксирибоза, се користи префиксот **-деокси**.

Нуклеозидите што ја градат RNA се именуваат како аденозин, гванозин, цитидин и уридин, додека нуклеозидите во состав на DNA се именуваат како деоксиаденозин, деоксигванозин, деоксицитидин, деокситимидин и деоксиуридин.

При поврзување на нуклеозидите со фосфатна група од фосфорна киселина, се образуваат поголеми молекули наречени **нуклеотиди**.

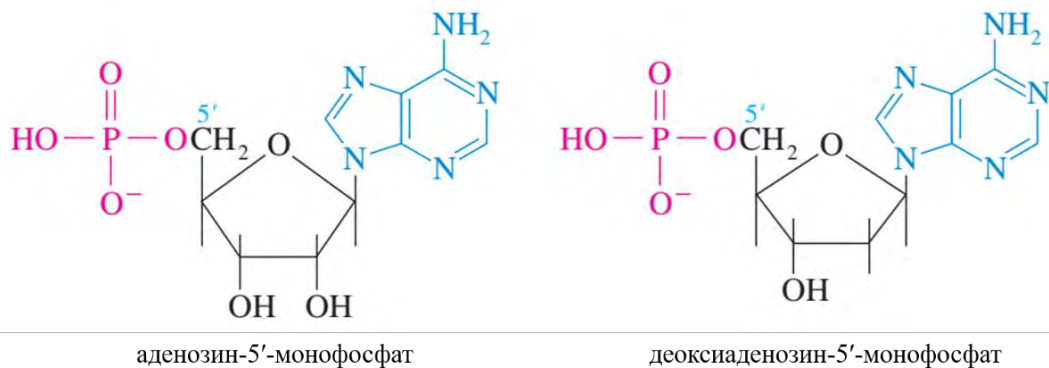
НУКЛЕОЗИД + ФОСФОРНА КИСЕЛИНА = НУКЛЕОТИД

Нуклеотидите се фосфатни естери кои во зависност од шеќерната компонента се делат на:

- ① Рибонуклеотиди;
- ② Деоксирибонуклеотиди.

Шеќерна компонента во рибонуклеотидите е моносахаридот рибоза, додека нуклеотидите што го содржат моносахаридот деоксирибоза, се нарекуваат деоксирибонуклеотиди.

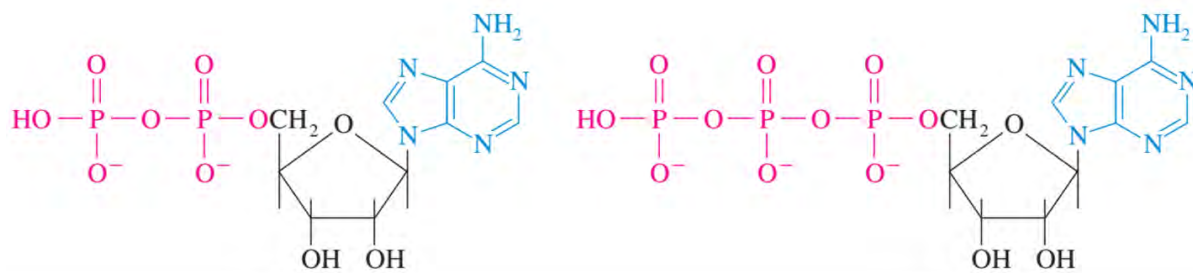
Ковалентната врска што се образува помеѓу шеќерната компонента и фосфатната група претставува **фосфодиестерска врска** која се формира при реакција на кондензација помеѓу —OH групата означена со 5' од шеќерната компонента и една —OH група од фосфорната киселина. Секој нуклеотид е 5'-монофосфатен естер на нуклеозидот. Моносахаридите со другите —OH групи може да образуваат естери, но 5'-фосфатните естери се најдени кај DNA и RNA. Поради тоа, при именување на нуклеотидот се додава 5'-монофосфат на името на нуклеозидот.



Нуклеотидите во зависност од бројот на фосфатни групи може да бидат:

- монофосфати;
- дифосфати;
- трифосфати.

Со додавање на фосфатна група на кој било од нуклеотидите се формираат дифосфатни естери или трифосфатни естери. Од аденозин монофосфат (AMP) може да се образува аденозин дифосфат (ADP) кој содржи две фосфатни групи и аденозин трифосфат (ATP) кој содржи три фосфатни групи.



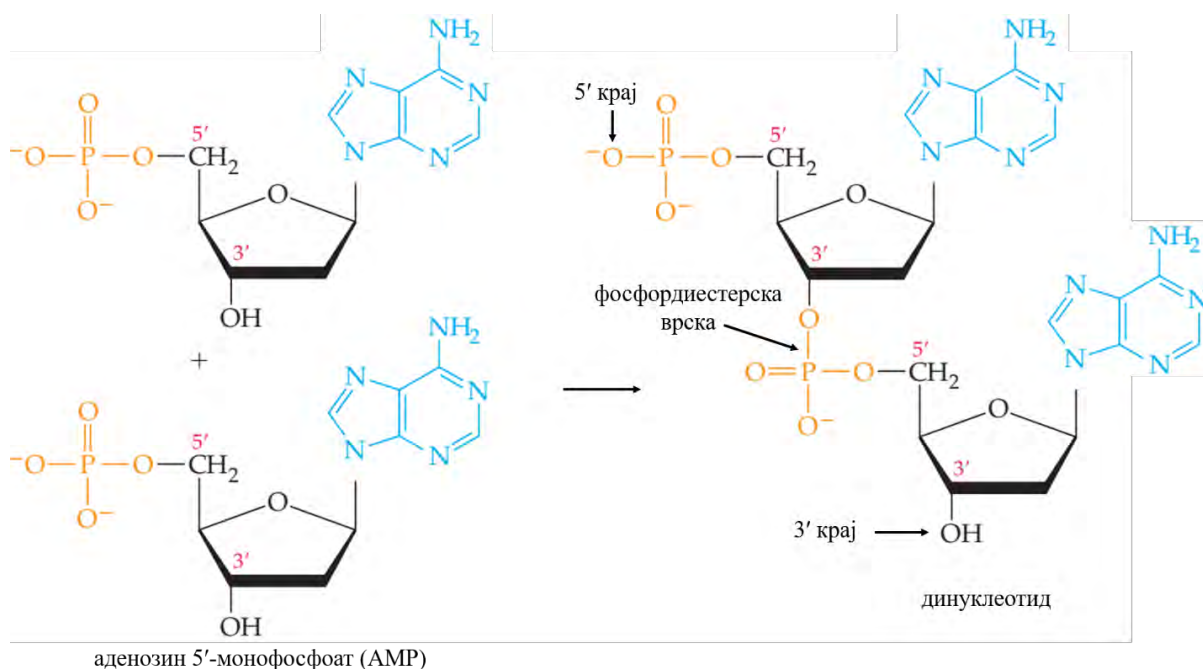
аденозин-5'-дифосфат, ADP

аденозин-5'-трифосфат, ATP

Табела 3. Номенклатура и означување на базите, нуклеозидите и нуклеотидите кои ги градат DNA и RNA

база	нуклеозид	нуклеотид
DNA		
Аденин (A)	деоксиаденозин	деоксиаденозин-5'-монофосфат (dAMP)
Гванин (G)	деоксигванозин	деоксигванозин-5'-монофосфат (dGMP)
Цитозин (C)	деоксицитидин	деоксицитидин-5'-монофосфат (dCMP)
Тимин (T)	деокситимидин	деокситимидин-5'-монофосфат (dTMP)
RNA		
Аденин (A)	аденозин	аденозин-5'-монофосфат (AMP)
Гванин (G)	гванозин	гванозин-5'-монофосфат (GMP)
Цитозин (C)	цитидин	цитидин-5'-монофосфат (CMP)
Урацил (U)	уридин	уридин-5'-монофосфат (UMP)

Нуклеотидите се поврзуваат помеѓу себе на следниов начин:



Нуклеотидите се мономерии кои ги образуваат полимерите DNA и RNA, тие можат да бидат:

- ① Мононуклеотиди (составени од еден нуклеотид);
- ② Динуклеотиди (составени од два нуклеотиди);
- ③ Тринуклеотиди (составени од три нуклеотиди);
- ④ Полинуклеотиди (составени од повеќе нуклеотиди);

Нуклеотидите се поврзани со фосфодиестерска врска помеѓу –ОН групата на С3' атомот од шеќерната компонента од едниот нуклеотид и фосфатната група на С5' атомот од другиот нуклеотид. Нуклеотидната низа има слободна фосфатна група на С5' атомот на едниот крај (5' крај) и слободна –ОН група на другиот крај (3' крај).

Полинуклеотидите што се образувани од повеќе нуклеотиди поврзани помеѓу себе со фосфодиестерска врска се нарекуваат **нуклеински киселини**.

Структурата и функцијата на нуклеинските киселини зависи од секвенцата на низата во која се поврзани нуклеотидите на ист начин како што структурата и функцијата на протеините зависат од аминокиселинската секвенца.



Кај полинуклеотидите на едниот крај означен како 5' крај се наоѓа фосфатната група, додека на другиот крај има –ОН група на С атомот означен со број 3 кај моносахаридот, овој крај на низата се означува како 3' крај. Нуклеотидите се поврзани со 3',5'-фосфодиестерска врска, а секвенцата на нуклеотидите во полинуклеотидната низа се определува почнувајќи од 5' крајот. За азотните бази во полипептидната низа се користат кратенки со кои се означени нивните имиња, најчесто се користи кратенка од една буква. А за аденин, G за гванин, C за цитозин, T за тимин и U за урацил.

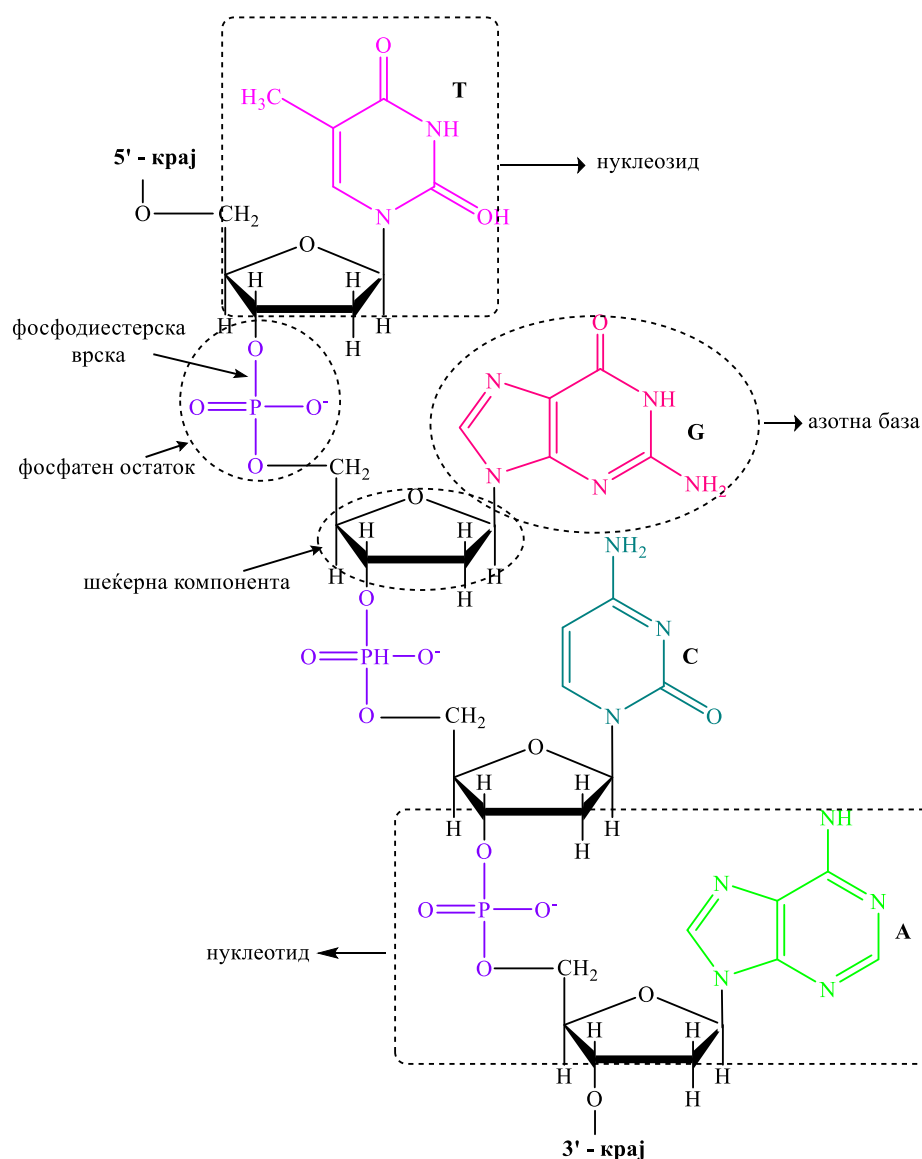
ВЕЖБИ	Илустрација на фрагмент од молекула на DNA и означување на нуклеозидот, нуклеотидот, шеќерната компонента, органските бази, фосфатните остатоци и фосфодиестерските врски.
Задача 27	Означи ги нуклеозидот, нуклеотидот, шеќерната компонента, органските бази, фосфатните остатоци и фосфодиестерските врски во фрагментот од полинуклеотидната низа со која е прикажана молекулата на DNA.

РЕШЕНИЕ:

Фрагмент од полинуклеотидната низа на DNA е прикажан подолу. Од формулата може да се види дека фрагментот од полинуклеотидната низа има четири мононуклеотидни единици. Во секоја од мононуклеотидните единици азотните бази се означени со голема буква. Од ознаките и формулите на базите може да се заклучи дека станува збор за урацил (U), гванин (G), цитозин (C) и аденин (A).

На фрагментот е означен нуклеозидот кој се состои од шеќерна компонента и азотна база, нуклеотидот кој е фосфатен естер составен од фосфатна група, азотна база и шеќерна компонента, како и шеќерната компонента (деоксирибоза) која влегува во структурата на DNA. Исто така се означени и фосфатните остатоци кои влегуваат во

составот на нуклеотидите и фосфодиестерски врски со кои се поврзуваат помеѓу себе мононуклеотидите.



Задача 28

Дали ќе постои разлика во нуклеозидот и нуклеотидот, фосфатната група и фосфодиестерската врска кај RNA во споредба со DNA?

1.21. Структура, својства и улога на DNA и RNA

Нуклеинските киселини DNA и RNA се неразгранети полимери со многу голема релативна молекулска маса. Тие се образувани од полинуклеотидни низи во кои мономерите наречени нуклеотиди помеѓу себе се поврзани со 3',5'-фосфодиестерски врски. Притоа во основната низа се наоѓаат шеќерната компонента и фосфатната група, додека базите се надвор од низата. Во градбата на DNA учествуваат базите аденин (A), гванин (G), цитозин (C) и тимин (T), додека RNA ги содржи истите бази како DNA, но наместо тимин во структурата на RNA влегува базата урацил (U). DNA молекулата содржи неколку милиони нуклеотиди, додека молекулата на RNA е помала и содржи до неколку илјади нуклеотиди.

Табела 4. Компоненти на DNA и RNA

компонента	DNA	RNA
азотна бази	A, G, C и T	A, G, C и U
шеќерна компонента	деоксирибоза	рибоза
нуклеозид	база + деоксирибоза	база + рибоза
нуклеотид	база + деоксирибоза + фосфатна група	база + рибоза + фосфатна група
нуклеинска киселина	полимер од нуклеотиди на деоксирибоза	полимер од нуклеотиди на рибоза

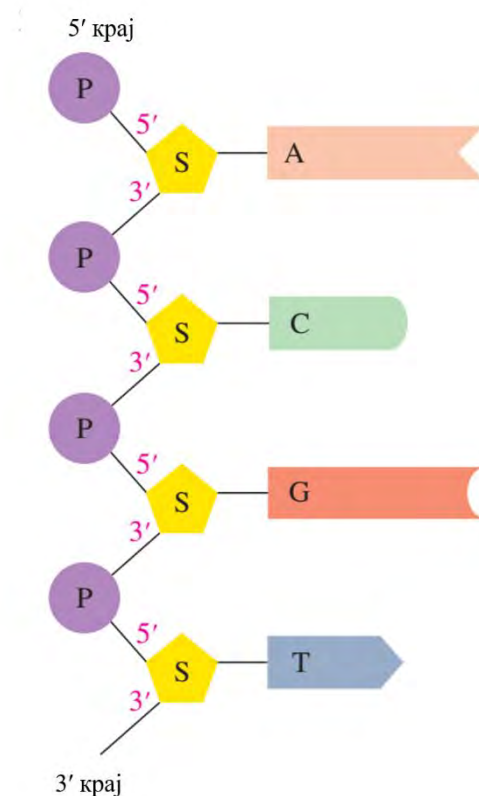
Секоја нуклеинска киселина има своја секвенца на бази, која е позната како **примарна структура** на нуклеинската киселина. Токму оваа секвенца на бази ги носи генетските информации од една клетка до друга. По должината на низата на DNA или RNA, базите се поврзани со шеќерната компонента и се надвор од основната низа на нуклеинската киселина. Кај двете нуклеински киселини, шеќерната компонента на едниот крај има слободна фосфатна група (5' крај), а на другиот има слободна хидроксилна група (3' крај). За да се определи секвенцата на полинуклеотидната низа се почнува од 5' крајот, а се завршува со 3' крајот. Редоследот на нуклеотидите вообичаено се означува со помош на базите што влегуваат во нивниот состав.

На пример, 5' крај – A – C – G – T – 3' крај.

Примарната структура на RNA шематски може да се прикаже на сличен начин како на DNA со тоа што наместо базата тимин ќе стои базата урацил.

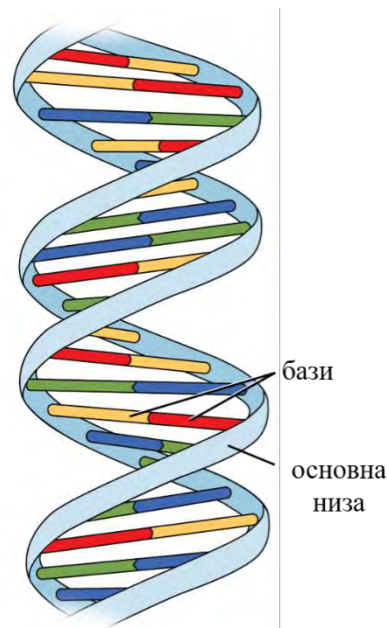
Научниците што ја истражувале структурата на DNA забележале дека количеството на аденин (A) е еднакво со количеството на тимин (T), додека количеството на гванин (G) е еднакво со количеството на цитозин (C). Притоа забележале дека аденин е секогаш во пар со тимин (1 : 1), а гванин со цитозин (1 : 1).

Во структурата на DNA бројот на молекули од пуринските бази е еднаков со бројот на молекули од пиримидинските бази. Молекулата на DNA има структура на двојна спирала (α -хеликс) составена од две полидеоксирибонуклеотидни низи како на слика 1.14. Оваа структура на DNA се нарекува **секундарна структура**.

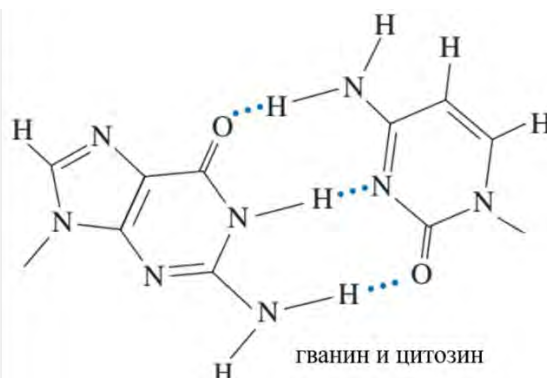
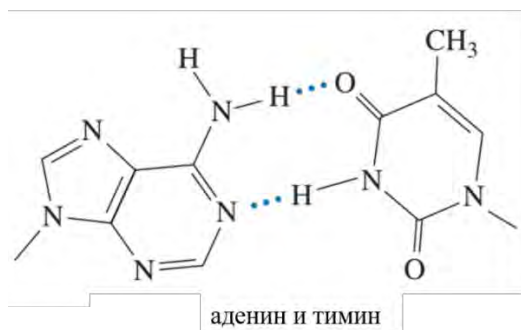

Слика 1.13. Примарна структура на DNA

Терцијарна структура на DNA е тродимензионалната структура што ја зафаќа во просторот. Двојната спирала на DNA може да биде распоредена во просторот така што двете низи се завиткани една со друга.

Шеќерните компоненти со фосфатните групи личат на надворешни столбови, а во внатрешноста се распоредени азотните бази како скали. Двете полинуклеотидни низи се распоредени со спротивните краеве (антипаралелни низи), едната почнува од 5' крај, а се завршува со 3' крајот, додека другата почнува од 3' крај, а се завршува со 5' крајот. Секоја од базите од едната полинуклеотидна низа образува водородни врски со базите од другата полинуклеотидна низа. Водородните врски помеѓу базите ја стабилизираат структурата на DNA. Притоа пуринските бази образуваат водородни врски со пиримидинските бази. Аденин образува водородни врски со тимин, а гванин со цитозин. Паровите А – Т и Г – С се нарекуваат парови на **комплементарни база**. Ваквото поврзување е резултат на тоа што аденин и тимин образуваат две водородни врски, додека гванин и цитозин образуваат три водородни врски. Поради тоа DNA има еднакво количество аденин со тимин, а гванин со цитозин.



Слика 1.14. DNA – двоен хеликс



Низите од DNA што се поврзани на ваков начин се нарекуваат **комплементарни низи**.

Значајна карактеристика на комплементарните низи е способноста за **репликација**. Имено функцијата на DNA во клетките на животните и растенијата, како и во бактериите е да се зачуваат генетски информации. Како што се делат клетките, се создаваат копии од DNA кои пренесуваат генетски информации до новите клетки. При репликација на DNA, низите во матичната DNA се одвојуваат и на тој начин може да се синтетизираат комплементарни DNA-низи.

*Збирот од генетските информации во клетката се нарекува **геном**. Кога клетката се дели, информациите во геномот се копираат и се пренесуваат на новите клетки. Овој процес на репликација точно ги копира генетските информации. Информациите што ги содржи DNA се нарекуваат **гени**, притоа во една DNA може да има повеќе гени. Гените се составени од голем број нуклеотиди. Кога на клетката и е потребен протеин, RNA ги*

толкува генетските информации од DNA и ги носи информациите до рибозомите, каде што се врши синтеза на протеините. Грешките во пренесувањето на информациите понекогаш доведуваат до мутации кои влијаат врз синтезата на одреден протеини.

ВЕЖБИ	Определување на редоследот на нуклеотиди во фрагментот на една низа од DNA, врз основа на даден редослед на нуклеотиди во соодветен фрагмент од комплементарната низа од DNA.
Задача 29	Напиши ја комплементарната секвенца на бази за следниов DNA-сегмент –A – C – G – A –T –C – G –

РЕШЕНИЕ:

Ако се земе предвид дека паровите A – T и G – C се комплементарни бази. Тоа значи дека наместо аденин во комплементарната низа од DNA ќе биде базата тимин, и обратно. Додека пак наместо гванин во комплементарната низа ќе биде базата цитозин и обратно.

Според тоа на дадената низа од DNA, комплементарна низа ќе биде
–T – G – C – T –A –G – C –

Основна низа: –A – C – G – A –T –C – G –

Комплементарна низа: –T – G – C – T –A –G – C –

Задача 30	Напиши ја комплементарната секвенца на бази за следниов DNA -сегмент –G – G – T – T –A –A – C – C –
-----------	--

DNA е полимер и поради тоа има својства што се карактеристични за високомолекуларните соединенија. Таа се раствора во водни раствори од киселини и бази и образува **вискозни раствори**. Бидејќи моносахаридите кои се составен дел на нуклеинските киселини имаат хирални C атоми и се оптички активни, тоа значи дека растворите од DNA ја вртат рамнината на планарно поларизирана светлина за определен агол.

Под дејство на различни надворешни услови, како што се температура повисока од 70 °C, голема промена на pH, доаѓа до **денатурација на DNA**, односно полинуклеотидните низи ги губат своите карактеристики. Доколку надворешните услови се поумерени се раскинуваат само водородните врски помеѓу базите, но не се раскинуваат ковалентните врски во низата. Во таков случај може да дојде до **ренатруација на DNA**.

Во случај ако се отворат полинуклеотидните низи на две нуклеински киселини што имаат комплементарна секвенца на базите може да дојде до поврзување на низите од различните нуклеински киселини и образување на нова нуклеинска киселина. Овој процес се нарекува **хбридизација** во кој се образува **хбридна нуклеинска киселина**.

DNA што се наоѓа во јадрото на клетките се нарекува **јадрена DNA**. Во јадрото таа се наоѓа сврзана со протеините (хистони), а е сместена во хромозомите. DNA што се наоѓа во цитоплазмата се нарекува **цитоплазматска DNA**, додека во митохондриите се наоѓа DNA која се нарекува **митохондријална DNA**.

Рибонуклеинската киселина RNA го сочинува најголемиот дел од нуклеинските киселини во клетката. Таа е вклучена во пренесувањето на генетските информации

потребни за функционирање на клетката. Слично на молекулите на DNA, RNA-молекулите се полимери образувани од нуклеотиди.

Постојат три главни типа на RNA во клетките: **информациона RNA (mRNA)**, **рибозомна RNA (rRNA)** и **транспортна RNA (tRNA)**. Рибозомната RNA е најзастапениот тип на RNA, таа е комбинирана со протеините во рибозомите. Информационата RNA носи генетски информации од DNA, која се наоѓа во јадрото на клетката, до рибозомите во цитоплазмата. Секој генетски сегмент на DNA произведува посебна mRNA за одреден протеин кој е потребен во клетката. Големината на mRNA зависи од бројот на нуклеотиди во даден ген. Транспортната tRNA е најмала молекула во споредба со молекулите на другите RNA. Таа ги интерпретира генетските информации во mRNA и носи специфични аминокиселини до рибозомите за синтеза на протеини. Притоа може да има повеќе од една tRNA за секоја од дваесетте аминокиселини што ги градат протеините. Структурата на различните tRNA-молекули е слична, тие се состојат од 70 до 90 нуклеотиди.

ВЕЖБИ Споредба на структурата на DNA со онаа на RNA.

Задача 31 Која е разликата во структурата на DNA и RNA?

РЕШЕНИЕ:

RNA и DNA се полимерни молекули што спаѓаат во групата на нуклеински киселини.

Најзначајни разлики кои постојат во нивната структура се:

1. Шеќерната компонента во RNA е рибоза наместо деоксирибозата како во DNA.
2. RNA ја содржи базата урацил (U) наместо тимин (T).
3. Молекулите на RNA се образувани од една полинуклеотидна низа, не од две полинуклеотидни низи како во случајот на DNA.
4. Молекулите на RNA се многу помали од молекулите на DNA. Тие се образувани од неколку илјади нуклеотиди, а не од неколку милиони како во случајот на DNA.

Задача 2

Дали разликите во структурата придонесуваат за разлика во својствата на DNA и RNA? Објасни.

РЕЗИМЕ

Нуклеинските киселини се полимери наречени полинуклеотиди.

Секој нуклеотид е составен од три дела: петточлен цикличен моносахарид кој се нарекува **шеќерна компонента**, циклично соединение што содржи азот познато како **азотна база** и **фосфатна група** ($-\text{OPO}_3^{2-}$), остаток од фосфорна киселина.

DNA е нуклеинска киселина изградена од моносахаридот D-деоксирибоза.

RNA е нуклеинска киселина образувана од моносахаридот D-рибоза.

Азотни бази се хетероциклични амини, односно циклични соединенија кои во својот состав содржат најмалку еден атом на азот.

Пурински бази се азотните бази кои се деривати на пурин содржат два споени хетероциклични прстени што содржат азот. Пурински бази се аденин и гванин.

Пиримидински бази се базите кои се деривати на пиримидинот, тие имаат само еден хетероцикличен прстен што содржи азот. Пиримидински бази се цитозин, тимин и урацил.

Нуклеозид е молекулата што е составена од шеќерната компонента (рибоза или деоксирибоза) и една од азотните органски азотни бази.

β -N-гликозидна врска е врската помеѓу азотната база и моносахаридот која се остварува помеѓу еден од азотните атоми од органската база и C атомот од моносахаридот.

Нуклеотиди се фосфатни естери кои се образуваат при поврзување на нуклеозидите со фосфатна група од фосфорна киселина.

Рибонуклеотиди се нуклеотиди кои во својот состав како шеќерна компонента го содржат моносахаридот рибоза.

Деоксирибонуклеотиди се нуклеотиди кои во својот состав како шеќерна компонента го содржат моносахаридот деоксирибоза.

Фосфодиестерска врска е ковалентната врска што се образува помеѓу шеќерната компонента и фосфатната група.

Мононуклеотидите се составени од еден нуклеотид.

Динуклеотидите се составени од два нуклеотиди.

Тринуклеотидите се составени од три нуклеотиди.

Полинуклеотидите се составени од повеќе нуклеотиди.

Нуклеински киселини се полинуклеотидите што се образувани од повеќе нуклеотиди поврзани помеѓу себе со фосфодиестерска врска.

Примарна структура на нуклеинската киселина е всушност секвенцата на бази.

Секундарната структура на молекулата на DNA има структура на двојна спирала (α -хеликс) составена од две полидеоксирибонуклеотидни.

Терцијарна структура на DNA е тродимензионалната структура што ја зафаќа во просторот.

Комплементарни бази се пуринските бази кои образуваат водородни врски со пиримидинските бази.

Репликација на DNA е процес во кој низите во матичната DNA се одвојуваат и на тој начин може да се синтетизираат комплементарни DNA-низи.

Геном е збирот од генетските информации во клетката.

Гени се информациите што ги содржи DNA.

Денатурација на DNA настанува под дејство на различни надворешни услови, како што се температура повисока од 70 °C или голема промена на pH, притоа полинуклеотидните низи ги губат своите карактеристики.

Ренатурација на DNA настанува доколку надворешните услови се поумерени, притоа се раскинуваат само водородните врски помеѓу базите, но не се раскинуваат ковалентните врски во низата.

Јадрена DNA е DNA што се наоѓа во јадрото на клетките. Во јадрото таа се наоѓа сврзана со протеините (хистони), а е сместена во хромозомите.

Цитоплазматска DNA е DNA што се наоѓа во цитоплазмата.

Митохондријална DNA е DNA која се наоѓа во митохондриите.

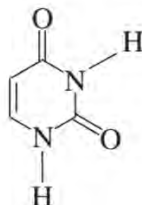
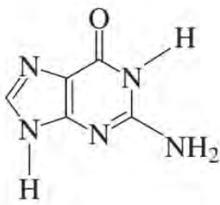
Рибозомната RNA (rRNA) е најзастапениот тип на RNA, таа е комбинирана со протеините во рибозомите.

Информационата RNA (mRNA) носи генетски информации од DNA, која се наоѓа во јадрото на клетката, до рибозомите во цитоплазмата.

Транспортната RNA (tRNA) е најмала молекула во споредба со молекулите на другите RNA. Таа ги интерпретира генетските информации во mRNA и носи специфични аминокиселини до рибозомите за синтеза на протеини.

ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

- 1) Кои бази се нарекуваат пурински бази и од каде потекнува нивното име?
- 2) Кои бази се нарекуваат пиримидински бази и по што се разликуваат од пуринските бази?
- 3) Од кои компоненти е составен еден нуклеозид, а од кои еден нуклеотид?
- 4) Кои групи се поврзани со шеќерната компонента кај еден нуклеотид?
- 5) Како се класифицирани нуклеотидите според бројот на фосфатни групи?
- 6) Како се остварува β -*N*-гликозидната врска, а како фосфодиестерската врска?
- 7) Која шеќерна компонента ја содржи DNA, а која RNA? Која е разликата помеѓу нив?
- 8) Кои азотни бази ги содржи DNA, а кои ги содржи RNA?
- 9) Напиши ја формулата на гванозин и деоксицитидин? Од кои бази се образувани?
- 10) Именувај ги следниве бази? Дали влегуваат во составот на DNA или на RNA?



- 11) Напиши ја формулата и објасни ја структурата на:
 - а) деоксиаденозин-5'-монофосфат (dAMP)
 - б) гванозин-5'-монофосфат (GMP)
 - в) уридин-5'-монофосфат (UMP)
 - г) деокситимин-5'-монофосфат (dTMP)
- 12) Која е разликата помеѓу нуклеотидите на DNA и RNA?
- 13) Напиши ги формулите на нуклеотидите образувани од:
 - а) рибоза, аденин и две фосфатни групи;
 - б) деоксирибоза, гванин и три фосфатни групи;
 - в) деоксирибоза, цитозин и една фосфатна група.
- 14) Именувај ги нуклеотидите од претходното прашање.
- 15) Идентификувај ги следниве соединенија како шеќерна компонента, база, нуклеозид, нуклеотид. Во која нуклеинска киселина се присутни?
 - а) гванин;
 - б) деоксиаденозин-5'-монофосфат;
 - в) рибоза;
 - г) цитидин.
- 16) Идентификувај ги компонентите во следниве нуклеотиди и определи дали тие се дел од низата на DNA или RNA.
 - а) деоксигванозин-5'-монофосфат;
 - б) аденозин-5'-монофосфат;
- 17) Кои се имињата и кратенките на четирите нуклеотиди кои влегуваат во составот на полинуклеотидната низа на DNA?

- 18) Кои се имињата и кратенките на четирите нуклеотиди кои влегуваат во составот на полинуклеотидната низа на RNA?
- 19) Определи кои од следниве соединенија се нуклеотиди, а кои се нуклеозиди
 - а) цитидин-5'-монофосфат;
 - б) деоксицитидин;
 - в) уридин;
 - г) деоксиаденозин-5'-монофосфат
- 20) Напиши ги формулите на
 - а) деоксиаденозин-5'-монофосфат
 - б) уридин-5'-монофосфат
- 21) Дали двата краја од полинуклеотидната низа кај DNA се исти помеѓу себе? Дали се исти со краевите на низата кај RNA? Објасни.
- 22) Нацртај ја структурата на RNA-динуклеотидот кој е составен од два нуклеотида на цитидин-5'-монофосфат. Кај динуклеотидот определи ја слободната 3'-фосфатна група и 5'-хидроксилна група.
- 23) Објасни ја примарната, секундарната и терцијарната структура на DNA.
- 24) Како се означени краевите од полинуклеотидната низа на DNA и по што се разликуваат?
- 25) Што значи поимот комплементарна база? Зошто базата аденин е комплементарна со тимин? Објасни.
- 26) Сегментот од една основна низа на DNA е со следнава секвенца – G – C – A – A – T – C. Која е секвенцата на комплементарната низа?
- 27) Какви видови на DNA постојат и која е нивната функција?
- 28) Дали растворите од DNA покажуваат оптичка активност? Објасни.
- 29) Дали постои разлика во структурата на DNA и RNA? Објасни.
- 30) Која е функцијата на различните видови на RNA: tRNA, mRNA и rRNA?

МОДУЛАРНА ЕДИНИЦА 2**СТРУКТУРА НА АТОМОТ И ПЕРИОДЕН СИСТЕМ НА ЕЛЕМЕНТИТЕ****Цели на учењето**

Со модуларната единица структура на атомот и периоден систем на елементите се очекува да се постигнат следниве цели:

- усвојување на основните поими од структура на атомот и периодниот систем на елементите;
- запознавање со структурата на атомот, квантните броеви, периодниот систем на елементите и периодичноста на некои својства на елементите;
- пишување на електронската структура (конфигурација) на елементите и изведување заклучоци за нивните својства;

Очекувани исходи со изучување на модуларната единица

По изучување на модуларната единица структура на атомот и периоден систем на елементите учениците се очекува да:

- ја претставуваат електронската структура на елементите на различни начини;
- ги дефинираат квантните броеви;
- ја опишуваат електронската состојба на електронот во даден атом преку задавање на соодветните вредности за квантните броеви;
- дефинираат и означуваат соодветна атомска орбитала;

Поими

главен вантен број, орбитален квантен број, магнетен квантен број, спински квантен број, атомска орбитала, *s*-орбитала, *p*-орбитала, *d*-орбитала, *f*-орбитала, дегенерирани орбитали, спарени електрони, Паулиев принцип, Хундово правило, електронска конфигурација, валентни електрони, атомски радиус, енергија на јонизација, електронегативност, афинитет кон електронот;

Содржина на модулната единица

Квантни броеви и атомски орбитали

Градба на електронската обвивка

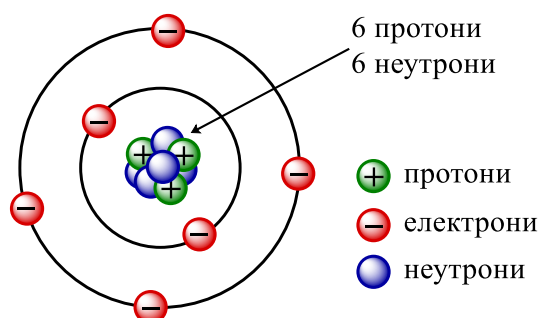
Електронска конфигурација

Електронска конфигурација и структура на таблицата на периодниот систем на елементите

Периодично изменување на својствата на елементите

2. СТРУКТУРА НА АТОМОТ И ПЕРИОДЕН СИСТЕМ НА ЕЛЕМЕНТИТЕ

Атомот е основна градбена единка на хемиските елементи и од него зависат нивните својства. Секој атом е составен од атомско јадро и електронска обвивка. **Фундаментални честички** од кои е изграден атомот се протоните, неутроните и електроните. Во јадрото на атомот се наоѓаат протоните и неутроните, поради тоа се нарекуваат нуклеони од латинското име на јадрото (*nucleus*), додека електроните се движат во електронската обвивка околу јадрото. **Протоните** се *позитивно наелектризирани честички* кои се означуваат со p^+ . Тие имаат единечен позитивен полнеж (+1), а нивната маса е приближно еднаква со масата на неутроните. **Неутроните** се *електронеутрални елементарни честички* што немаат полнеж. Поради тоа тие се означуваат со n^0 и имаат маса незначително поголема од масата на протоните. **Електроните** се *негативно наелектризирани елементарни честички* кои се означуваат со e^- . Тие имаат негативен единечен полнеж (-1) и маса за околу 1 840 пати помала од масата на протоните и неутроните. Атомот е електронеутрална честичка, што значи дека бројот на протони е еднаков на бројот на електрони, односно атомот има еднаков број на позитивни (+1) и негативни полнежи (-1), додека бројот на неутроните може да биде различен од бројот на протоните.



Слика 2.1. Структура на атомот на јаглерод

Значајна карактеристика на еден атом се **атомскиот број кој се означува со Z** , и **масениот број кој се означува со A** . Атомскиот број е бројот на протони во јадрото на атомот. Тој уште се нарекува и реден број бидејќи според него се подредени елементите во периодниот систем. Редниот број се пишува како лев индекс до симболот на елементот. Масениот број е збир од бројот на протони и неутрони во јадрото. Тој се пишува како степен од левата страна до симболот на елементот.

${}_Z^A E$ Примери: ${}_{20}^{40}\text{Ca}$, ${}_6^{12}\text{C}$, ${}_{18}^{40}\text{Ar}$, ${}_8^{16}\text{O}$ и др.

Електроните се движат околу јадрото со голема брзина и притоа не е можно точно да се одреди нивната положба во дадено време. Според принципот на **Хајзенберг** (Werner Heisenberg, 1901 – 1976), или како што уште се нарекува **принцип на неопределеност**, не е можно во исто време да се определи положбата и брзината со која се движат

електроните околу јадрото. Овој принцип на неопределеност е основа на **квантната механика**. Квантната механика го дефинира подрачјето со определена веројатност каде што во дадено време може да се најде електронот. За да се опише распределбата на електроните во даден атом се користи концептот на квантни броеви и атомски орбитали. Електроните се движат околу атомското јадро со голема брзина и притоа образуваат **електронски облак**. Електронските облаци образуваат **електронски слоеви** кои се наоѓаат на определени енергетски нивоа. Притоа делот од просторот во кој веројатноста за наоѓање на електронот е најголема се нарекува **атомска орбитала**.

2.1. Квантни броеви и атомски орбитали

Како што веќе спомнавме електроните се негативно наелектризирани честички што се наоѓаат во електронската обвивка. За да се опише положбата и енергијата на електроните во даден атом се користат четири квантни броеви.

- ① Главен квантен број;
- ② Орбитален квантен број;
- ③ Магнетен квантен број;
- ④ Спински квантен број.

Главен квантен број (n)

Главниот квантен број се обележува со n , неговите вредности се 1, 2, 3... итн. Во зависност од вредноста на главниот квантен број се определува растојанието на определен електронски слој од јадрото (односно го определува енергетското ниво). Пониска вредност на главниот квантен број значи дека електронот се наоѓа во електронски слој што е поблиску до јадрото и има пониска енергија. Додека пак повисока вредност на главниот квантен број значи дека електронот се наоѓа во електронски слој што е подалеку од јадрото и има повисока енергија. Нумерирањето на електронските слоеви започнува од јадрото на атомот кон периферијата. Електронските слоеви, освен со вредноста на главниот квантен број, се означуваат и со големи букви на латиница: K, L, M, N, O, P и Q.

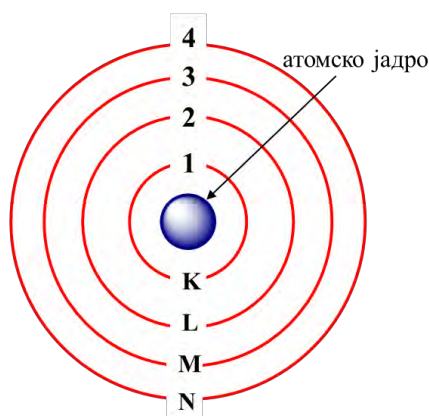
Табела 5. Главен квантен број и електронски слоеви

електронски слој	K	L	M	N	O	P	Q
главен квантен број (n)	1	2	3	4	5	6	7

Всушност, главниот квантен број го покажува растојанието на електронот од јадрото. Со зголемување на вредноста на главниот квантен број се зголемува оддалеченоста на електронот од јадрото.

Така на пример, ако вредноста на главниот квантен број е еден ($n = 1$), станува збор за првиот електронски слој (K), кој е најблиску до јадрото. Додека пак, ако вредноста на

главниот квантен број е седум ($n = 7$), станува збор за електронскиот слој (Q), кој е најдалеку од јадрото.



Слика 2.2. Главен квантен број и електронски слоеви

Орбитален квантен број (l)

Орбиталниот квантен број се обележува со l и ја определува енергијата на потслоевите во рамките на едно енергетско ниво и има вредности од $0, 1, 2, \dots$ до $n-1$, каде n е главен квантен број. Така на пример, ако вредноста на n е 2, l ќе ги има вредностите 0 и 1, бидејќи $1 = n-1$. Во зависност од вредноста на орбиталниот квантен број се определува во кој потслој (орбитала) се наоѓа електронот. Имено во рамките на енергетските нивоа има потслоеви кои се нарекуваат орбитали. Орбиталите се означуваат со мали букви на латиница, s, p, d и f.

Табела 6. Орбитален квантен број и ознака на орбиталите

орбитален квантен број (l)	0	1	2	3
ознака на орбиталата	s	p	d	f

Бројот на орбитали (потслоеви) во еден електронски слој е еднаков со бројот на слојот. На пример, ако $n = 3$, тогаш l ќе има вредности 0, 1 и 2. Трите вредности за орбиталниот квантен број покажуваат дека во третиот слој ($n = 3$) со електрони се пополнуваат три потслоеви (s, p и d).

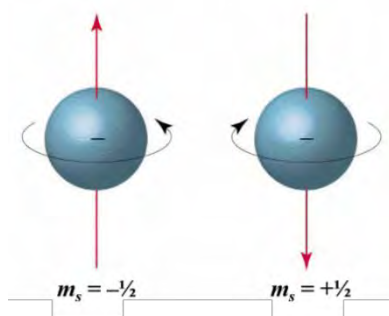
Магнетен квантен број (m_l)

Како резултат на движењето на електроните околу атомското јадро се создава магнетно поле. Електроните може да имаат повеќе ориентации во однос на магнетното поле. Просторните ориентации на секој електрон во атомот се одредени со вредноста на магнетниот квантен број. Магнетниот квантен број се означува со m_l , а неговите вредности се движат од $-l$ до $+l$, вклучувајќи ја и нулата. Во ознаката на магнетниот квантен број стои буквата l , бидејќи вредностите на магнетниот квантен број се определуваат тргнувајќи од орбиталниот квантен број. Така на пример, ако $l = 1$ магнетниот квантен број има вредност $-1, 0, +1$. Од вредноста на магнетниот квантен

број може да се види колку изнесува бројот на орбитали од определен тип за даден електронски слој. Кога $l = 0$, $m_l = 0$ и поради тоа има само една орбитала (s-орбитала) во електронскиот слој. Кога $l = 1$, m_l има три вредности $-1, 0, 1$, и поради тоа има три p-орбитали во даден електронски слој. Ако $l = 2$, тогаш $m_l = -2, -1, 0, +1, +2$. Тоа значи дека има пет d-орбитали во даден електронски слој.

Спински квантен број (m_s)

Електронот во исто време се движи околу јадрото и околу сопствената оска. Движењето на електронот околу сопствената оска е познато како **спин**. За да се опише насоката на движење на електронот околу сопствената оска се користи **спинскиот квантен број** кој се обележува со m_s и има вредности $+\frac{1}{2}$ и $-\frac{1}{2}$. Кога вредноста на m_s е $+\frac{1}{2}$, тогаш електронот се движи во насока на стрелките на часовникот, додека ако вредноста на m_s е $-\frac{1}{2}$, тогаш електронот се движи во спротивна насока од насоката на движење на стрелките на часовникот.



Слика 2.3. Спин на електронот

ВЕЖБИ

Определување на вредностите на орбиталниот, магнетниот и спинскиот квантен број ако е дадена вредноста на главниот квантен број

Задача 1

Опреди ги вредностите на орбиталниот (l), магнетниот (m_l) и спинскиот (m_s) квантен број ако вредноста на главниот квантен број (n) е 3.

РЕШЕНИЕ

Дадено:

$$n = 3$$

Се бара:

$$l = ?$$

$$m_l = ?$$

$$m_s = ?$$

За дадена вредност на n , може да се определи l . Вредностите на l се движат од 0, 1, 2... до $n - 1$. Тоа значи дека ако $n = 3$, $l = 0, 1$ и 2, бидејќи 2 е $n - 1$ ($3 - 1$).

За дадена вредност на l може да се определи m_l . Вредностите на m_l се движат од $-l, 0, +l$. Тоа значи дека ако

$$l = 0, 1 \text{ и } 2, m_l = -2, -1, 0, +1 \text{ и } +2$$

$$l = 0, m_l = 0$$

$$l = 1, m_l = -1, 0, +1$$

$$l = 2, m_l = -2, -1, 0, +1, +2$$

Вредноста на спинскиот квантен број m_s е $\pm 1/2$.

Задача 2

Опреди ги вредностите на орбиталниот (l), магнетниот (m_l) и спинскиот (m_s) квантен број ако вредноста на главниот квантен број (n) е 5.

ВЕЖБИ

Определување на точноста на дадена комбинација од четирите квантни броеви

Задача 3

Опреди која од следниве комбинации на квантни броеви не е точна и објасни која е причината.

РЕШЕНИЕ

Дадено:

$$n = 1, l = 1, m_l = 0, m_s = +1/2$$

$$n = 2, l = 1, m_l = -1, m_s = \pm 1/2$$

$$n = 3, l = 1, m_l = 2, m_s = -1/2$$

$$n = 0, l = 0, m_l = 0, m_s = +1/2$$

Се бара:

Која комбинација од квантните броеви не е точна?

Комбинацијата: $n = 1, l = 1, m_l = 0, m_s = +1/2$ не е точна, бидејќи за $n = 1, l$ не може да биде 1.

Комбинацијата: $n = 2, l = 1, m_l = -1, m_s = +1/2$ е точна.

Комбинацијата: $n = 3, l = 1, m_l = 2, m_s = -1/2$ не е точна, бидејќи за $l = 1, m_l$ не може да биде 2.

Комбинацијата: $n = 0, l = 0, m_l = 0, m_s = +1/2$ не е точна, бидејќи n не може да биде 0.

Задача 4

Опреди која од следниве комбинации на квантни броеви не е точна и објасни зошто.

$$n = 2, l = 1, m_l = 0, m_s = +1/2$$

$$n = 1, l = 0, m_l = +1, m_s = +1/2$$

$$n = 3, l = 2, m_l = -2, m_s = -1/2$$

$$n = 4, l = 3, m_l = 0, m_s = 0$$

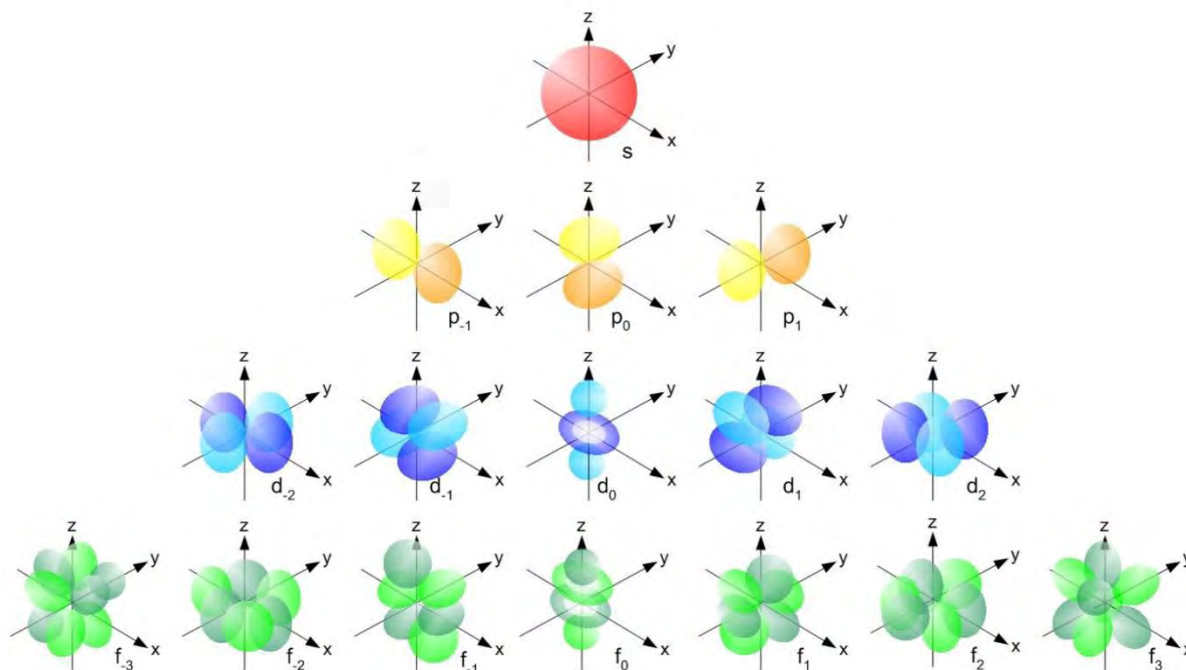
Атомска орбитала

Атомска орбитала (АО) е дел од просторот околу јадрото каде што постои најголема веројатност (90 – 95 %) да се најде електронот. Како што спомнавме, атомските орбитали (потслоеве) се означуваат со мали букви s, p, d и f. Бројот на атомски орбитали се пресметува од вредноста на орбиталниот квантен број по формулата: $2l + 1$. Додека пак, бројот на електрони што може да се најдат во една атомска орбитала се пресметува според формулата: $2(2l + 1)$, каде што l е орбиталниот квантен број.

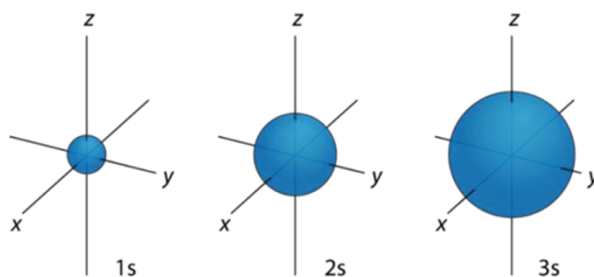
Табела 7. Број на атомски орбитали и број на електрони во орбиталите

орбитален квантен број (l)	0	1	2	3
ознака на атомската орбитала	s	p	d	f
број на атомски орбитали ($2l + 1$)	1	3	5	7
број на електрони ($2(2l + 1)$)	2	6	10	14

Атомските орбитали може да се прикажат графички и шематски. Од графичкиот приказ може да се види обликот на орбиталите (слика 2.4).

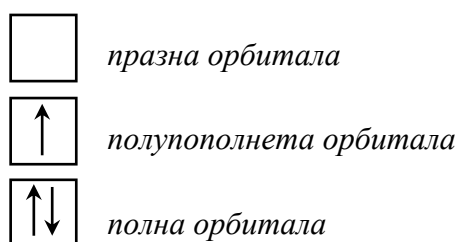
**Слика 2.4.** Графички приказ на обликот на атомските орбитали

Од сликата може да се види дека s-орбиталата има облик на сфера, поради тоа таа не е ориентирана во просторот. Всушност сите s-орбитали имаат сферен облик, но се разликуваат според големината која расте со растење на главниот квантен број. Најмала е 1s-орбиталата, потоа следува 2s-орбиталата па 3s-орбиталата итн. (слика 2.5).

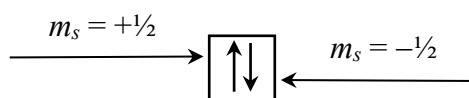
**Слика 2.5.** Графички приказ на 1s-, 2s- и 3s-орбиталите

p-потслојот се состои од три p-орбитали со иста енергија, кои имаат облик на просторна осумка. Тие се ориентирани во насока на оските (x, y и z) и се означуваат како p_x , p_y и p_z . d-потслојот се состои од пет d-орбитали со иста енергија и комплексен облик. Додека f-потслојот се состои од седум f-орбитали кои имаат иста енергија помеѓу себе и многу покомплексен облик и од d-орбиталите.

Атомските орбитали може да се прикажат и шематски. Притоа орбиталите се означуваат со квадратчиња, додека електроните што се наоѓаат во нив се означуваат со стрелки. Во зависност од бројот на електрони што се наоѓаат во дадена атомска орбитала, таа може да биде празна, полупополнета и полна, како што е прикажано на следнава шема.



Спротивната насока на стрелките со кои се прикажани електроните во полната орбитала означува дека тие електрони имаат спротивен спин. Вредноста за спинскиот квантен број за едниот електрон изнесува $+\frac{1}{2}$, додека за другиот е $-\frac{1}{2}$.



Во зависност од вредностите на главниот и на орбиталниот квантен број, може да се определи видот на атомската орбитала (АО).

Табела 8. Квантни броеви и атомски орбитали (АО)

n	l	m_l	АО
1	0	0	1s
2	0	0	2s
	1	-1, 0, 1	2p
3	0	0	3s
	1	-1, 0, 1	3p
	2	-2, -1, 0, 1, 2	3d
4	0	0	4s
	1	-1, 0, 1	4p
	2	-2, -1, 0, 1, 2	4d
	3	-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3	4f

Од табелата може да се види дека во првиот електронски слој ($n = 1$) се пополнува само s-орбиталата, во вториот електронски слој ($n = 2$) се пополнуваат s-орбиталата и p-

орбиталата, во третиот електронски слој се пополнуваат s-орбиталата, p-орбиталата и d-орбиталата итн.

ВЕЖБИ

Определување на видот на атомската орбитала врз основа на познавањето на вредностите на квантните броеви

Задача 5

Која атомска орбитала е опишана со следнава комбинација на главниот и орбиталниот квантен број: $n = 2, l = 1$

РЕШЕНИЕ

Дадено:

$$n = 2$$

$$l = 1$$

Се бара:

За која атомска орбитала станува збор?

Од вредноста на главниот квантен број (бројот што стои напред пред буквата со која е означена атомската орбитала) се определува електронскиот слој во кој се наоѓа атомската орбитала, а од вредноста на орбиталниот квантен број (l) се определува видот на атомската орбитала во која се наоѓаат електроните.

орбитален квантен број (l)	0	1	2	3
ознака на орбиталата	s	p	d	f

Бидејќи $l = 1$, станува збор за p-орбитала.

Со дадената комбинација на квантни броеви ($n = 2, l = 1$) е опишана 2p-орбиталата.

**Задача 6**

Која атомска орбитала е опишана со следнава комбинација на главниот и орбиталниот квантен број: $n = 1, l = 0$.

ВЕЖБИ

Определување на главниот и орбиталниот квантен број за дадена атомска орбитала

Задача 7

Опреди ги вредностите на главниот (n) и орбиталниот (l) квантен број за следниве атомски орбитали: 2s, 3d, 4p и 5f

РЕШЕНИЕ

Дадено:

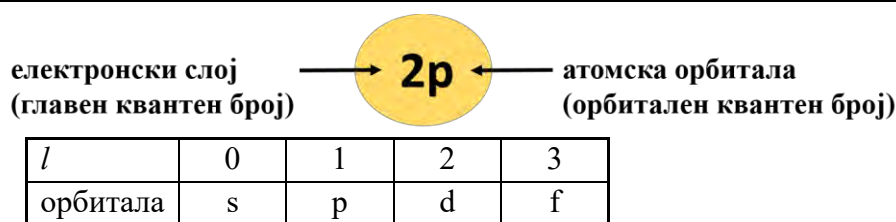
атомски орбитали: 2s, 3d, 4p и 5f

Се бара:

$$n = ?$$

$$l = ?$$

Главниот квантен број е бројот што стои пред буквата со која е означена орбиталата, додека орбиталниот квантен број се определува од видот на орбиталата.



За дадените орбитали, вредностите на n и l се следниве:

орбитала	2s	3d	4p	5f
главен квантен број (n)	2	3	4	5
орбитален квантен број (l)	0	2	1	3

Задача 8

Опреди ги вредностите на главниот (n) и орбиталниот (l) квантен број за следниве атомски орбитали: 6s, 4d, 2p и 4f.

2.2. Градба на електронската обвивка

Голем број истакнати научници во текот на годините предложиле различни модели за атомот, кои овозможиле полесно да се разбере неговата структура. Еден од научниците кој се занимавал со структурата на електронската обвивка е **Радерфорд** (1871 – 1937) кој во 1911 година предложил модел според кој електроните се движат околу јадрото по кружни патеки наречени **орбити**. Проблемот со моделот на Радерфорд е во тоа што не го зел предвид фактот дека електроните имаат негативен полнеж и според тоа атомот чии електрони се движат по кружни патеки би бил нестабилен. Имено кога се движи наелектризирана честичка, како што е електронот, по кружна патека емитира зрачење и притоа губи енергија. Како резултат на тоа електронот на крајот ќе падне во јадрото, што значи дека атомот би бил нестабилна честичка. Моделот на Радерфорд се нарекува уште и планетарен модел (електроните се движат околу јадрото како планетите околу сонцето) и се користи и денес за да може послесно да се замисли градбата на електронската обвивка. Меѓутоа се поставува прашањето кој модел за атомот би бил подобар од моделот на Радерфорд? Со цел да се надмине недостатокот на моделот на Радерфорд, во 1913 данскиот физичар **Нилс Бор** (1885 – 1962) предложил нов модел на атомот. Според него електроните се движат околу јадрото во дефинирани орбити со определена енергија и притоа не емитираат зрачење кога атомот се наоѓа во основна состојба. Орбитите ги нарекол електронски слоеви или енергетски нивоа. Овие електронски слоеви се означуваат со броеви 1,2,3,... или со големи букви K, L, M, N,... Недостаток на моделот на Бор е неможноста да објасни како е можно електроните да се движат по кружни патеки, а да не емитираат зрачење. Боровиот модел на атомот е едноставен за разбирање и може да се примени само на едноставни атоми, каков што е атомот на водород. Поради тоа неопходно било да се предложи друг модел за структурата на електронската обвивка. Таков модел е **квантно-механичкиот модел** според кој како резултат на движењето на електроните околу јадрото се образува електронски облак. Електронските облаци образуваат електронски слоеви, каде што постои определена веројатност да се најде електронот. Делот од просторот околу јадрото каде што постои најголема веројатност за наоѓање на електронот се нарекува атомска

орбитала. Според квантно-механичкиот модел, со помош на вредностите на четирите квантни броеви n , l , m_l и m_s , може да се определи положбата на електронот, односно тие се како „адреса“ на електронот во атомот. Од вредноста на главниот квантен број (n) се определува во кој електронски слој се наоѓа електронот, додека потслојот (атомската орбитала) е дефиниран со вредноста на l .

Максималниот број електрон и што може да се најдат во еден електронски слој се пресметува според формулата:

$$N = 2n^2$$

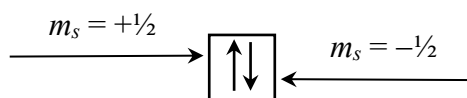
N – максимален број електрони

n – број на електронскиот слој (главен квантен број)

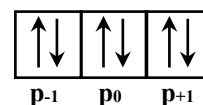
Табела 9. Максимален број електрони во електронските слоеви

електронски слој	K	L	M	N	O	P	Q
главен квантен број (n)	1	2	3	4	5	6	7
максимален број електрони (N)	2	8	18	32	50	72	98

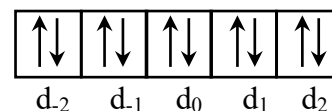
За $l = 0$, m_l има вредност 0. Станува збор за s-потслојот кој има една s-орбитала. s-орбиталата како што е спомнато погоре шематски се прикажува со едно квадратче, а двата електрони што може да се најдат во орбиталата се прикажуваат со стрелки. Во една атомска орбитала можат да се најдат два електрони кои имаат спротивни спинови. За таквите електрони се вели дека се **спарени електрони**.



За $l = 1$, m_l има вредности $-1, 0, +1$. Станува збор за p-потслојот кој има три p-орбитали кои се означуваат како p_{-1} , p_0 и p_{+1} во зависност од вредноста на магнетниот квантен број. Трите p-орбиталите се идентични по големина, облик и енергија, но се разликуваат по нивната ориентација. Тие се ориентирани по x-, y- и z-оската, под агол од 90° . Поради тоа се означуваат и како p_x , p_y и p_z во зависност од нивната ориентација во просторот. Максималниот број на електрони кои може да се најдат во трите p-орбитали е шест.

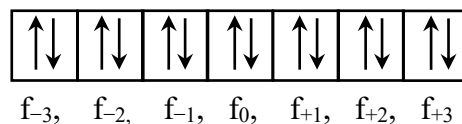


За $l = 2$, m_l има вредности $-2, -1, 0, +1, +2$. Станува збор за d-потслојот кој има пет d-орбитали означени како d_{-2} , d_{-1} , d_0 , d_{+1} и d_{+2} во зависност од вредноста на магнетниот квантен број. Максималниот број на електрони кои може да се најдат во петте d-орбитали е десет.



За $l = 3$, m_l има вредности $-3, -2, -1, 0, +1, +2$ и $+3$. Станува збор за f-потслојот со седум f-орбитали кои во зависност од вредноста на магнетниот квантен број се означуваат како

f_{-3} , f_{-2} , f_{-1} , f_0 , f_{+1} , f_{+2} и f_{+3} . Максималниот број електрони што може да се најдат во седумте f -орбитали е четиринаесет.

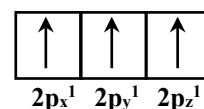


Орбиталите што имаат иста енергија се нарекуваат **дегенерирани орбитали**. Има три дегенерирани p -орбитали, пет дегенерирани d -орбитали и седум дегенерирани f -орбитали. Орбиталите што имаат еднаква енергија, всушност имаат и еднаква вредност за главниот и орбиталниот квантен број.

За да се објасни начинот на кој се пополнуваат орбиталите со електрони кај атоми на елементи во основна состојба, се применуваат принципот на исклучување на Паули и Хундовото правило.

Хундовото правило гласи: во орбитали со иста енергија (дегенерирани орбитали) електроните се распоредуваат така што ќе зафаќаат максимален број на орбитали.

Во случај кога има три електрони во $2p$ -орбиталите, според Хундовото правило, електроните се распоредуваат така што во секоја од трите $2p$ -орбитали, кои имаат иста енергија се наоѓа по еден електрон.



Принципот на Паули кој уште се нарекува принцип на исклучување гласи: во еден атом не може да се најдат два електрони што ќе имаат исти вредности за сите четири квантни броеви. Во една атомска орбитала можат да се најдат максимум два електрони што ќе имаат исти вредности за n , l и m_l . Така на пример, ако има два електрони во $1s$ -орбиталата ($1s^2$), тие ќе имаат исти вредности за n , l и m_l , а ќе се разликуваат според вредноста на спинскиот квантен број, m_s . Станува збор за спарени електрони кои имаат спротивни спинови. Вредностите на квантните броеви за $1s^2$ орбиталата се дадени во табела 10.

Табела 10. Примена на принципот на Паули за $1s^2$ -орбиталата

електрони	n	l	m_l	m_s
прв електрон	1	0	0	$+\frac{1}{2}$
втор електрон	1	0	0	$-\frac{1}{2}$



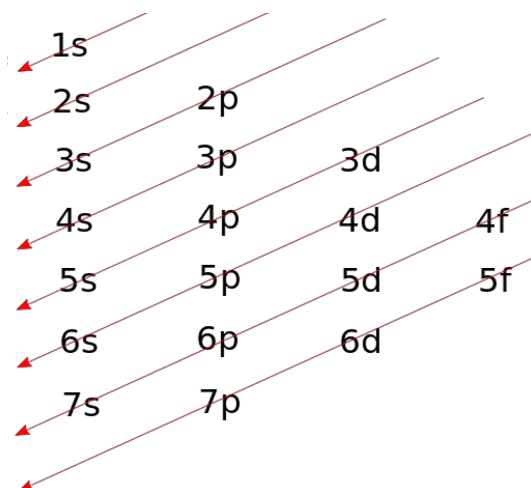
Принципот на Паули и Хундовото правило се значајни и се применуваат при пишување на електронската конфигурација на хемиските елементи.

2.3. Електронска конфигурација

Електронската конфигурација ја опишува структурата на електронските слоеви на атомот во основна состојба, односно состојба со најниска енергија. **Електронска конфигурација** е распоредот на електроните во електронските слоеви и потслоеви. Притоа пополнувањето на електронските слоеви и потслоеви со електрони се врши така што прво се пополнува слојот со најниска енергија што се наоѓа најблиску до јадрото, потоа вториот слој што е со повисока енергија итн. Најниска енергија има $1s$ -орбиталата,

потоа следуваат: 2s-, 2p-, 3s- и 3p-орбиталите. Електроните што се наоѓаат во s-орбиталата се нарекуваат s-електрони, а тие што се наоѓаат во p-орбиталата се нарекуваат p-електрони итн.

Знаеме дека во една атомска орбитала можат да се најдат најмногу два електрони. Тоа значи дека колку е поголем бројот на електрони кај даден елемент толку е поголем бројот на орбитали кои се пополнуваат со електрони. Редоследот на пополнување на атомските орбитали со зголемување на енергијата е прикажан на слика 2.6.



Слика 2.6. Редослед на пополнување на атомските орбитали со електрони

За подредување на орбиталите според енергија се споредува збирот $n + l$. Притоа колку е повисока неговата вредност, толку е повисока енергијата на орбиталата. Во случај кога за две орбитали вредноста на збирот $n + l$ е еднаков, повисока енергија има орбиталата која има повисока вредност за n . Ако ги споредиме по енергија 3s- и 3p-орбиталата, повисока енергија има 3p-орбиталата ($n + l = 3 + 1 = 4$) од 3s-орбиталата ($n + l = 3 + 0 = 3$). Ако се спореди енергијата на 3p-орбиталата со 4s-орбиталата, тогаш иако збирот $n + l = 4$ е еднаков за двете орбитали, повисока енергија има 4s-орбиталата која има повисока вредност за главниот квантен број, односно се наоѓа во повисок електронски слој.

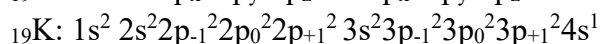
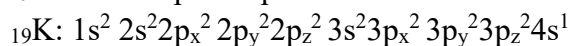
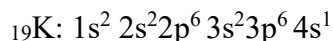
За секој елемент може да се напише **долга и скратена електронска конфигурација**, а исто така електронската конфигурација може да се прикаже и **шематски**. Означувањето на електронскиот слој, потслојот (орбиталата) и бројот на електроните при пишување на електронската конфигурација се врши на следниов начин:



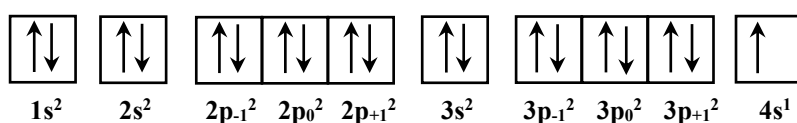
Во електронската конфигурација, бројот кој е напред пред буквата го означува главниот квантен број, односно бројот на слојот во кој се наоѓа електронот. Со мала буква на

латиница е означена атомската орбитала во која се наоѓаат електроните. Бројот по буквата го означува бројот на електрони што се наоѓаат во дадена орбитала. При **шематско прикажување на електронската конфигурација** орбиталите се претставуваат со квадратчиња, додека за прикажување на електроните се користат стрелки.

Така на пример, долгата електронска конфигурација на калиум ${}_{19}\text{K}$ може да се напише на повеќе начини:



Шематски, долгата електронска конфигурација на калиум ${}_{19}\text{K}$ ќе биде:



Електронската конфигурација на елементите може да се прикаже и во скратена форма. За таа цел се користат благородните (инертните) гасови што се наоѓаат во 18-тата група од периодниот систем (${}^2\text{He}$, ${}^{10}\text{Ne}$, ${}^{18}\text{Ar}$, ${}^{36}\text{Xe}$, ${}^{54}\text{Kr}$,...). За секој елемент се користи благородниот гас што е пред него во периодниот систем. Во електронската конфигурација симболот на благородниот гас се пишува во средни загради: $[\text{He}]$, $[\text{Ne}]$, $[\text{Ar}]$ итн.

Скратената електронска конфигурација на калиум може да се напише на следниов начин: ${}_{19}\text{K}: [\text{Ar}] 4s^1$ (Ar претставува $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$).

Од електронската конфигурација на калиум може да се види дека распоредот на електроните по слоеви е следниов: **прв слој** два електрони ($1s^2$), **втор слој** осум електрони ($2s^2 2p^6$), **трет слој** осум електрони ($3s^2 3p^6$) и во четвртиот слој има еден електрон ($4s^1$). Кај калиумот четвртиот слој е последен, тој има највисока енергија и не е целосно пополнет. Електроните што се наоѓаат во овој слој се нарекуваат валентни електрони. **Валентни електрони се електроните што се наоѓаат во последниот електронски слој на даден атом.** Тие се најоддалечени од јадрото на атомот и поради тоа најмалку се привлекувани од него. Во примерот, калиум има еден валентен електрон, $4s^1$.

Максималниот број на електрони што може да се најдат во последниот електронски слој е осум. Кога последниот електронски слој е целосно пополнет, елементот има стабилна електронска конфигурација иста како благородните гасови.

ВЕЖБИ

Запишување на електронските конфигурации на различни хемиски елементи

Задача 9

Напиши ја долгата и скратената електронска конфигурација на следниве елементи: кислород (${}^8\text{O}$), магнезиум (${}^{12}\text{Mg}$), сулфур (${}^{16}\text{S}$) и калциум (${}^{20}\text{Ca}$). Долгата електронска конфигурација прикажи ја шематски.

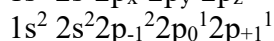
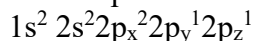
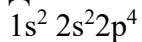
РЕШЕНИЕ

Дадено: Нуклиди на: ${}^8\text{O}$, ${}^{12}\text{Mg}$, ${}^{16}\text{S}$ и ${}^{20}\text{Ca}$.

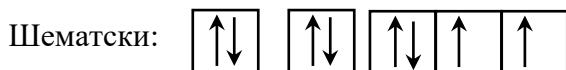
Се бара: Долгата и скратената електронска конфигурација на нуклидите, како и шематски приказ на долгата електронска конфигурација.

${}^8\text{O}$

Долга електронска конфигурација запишана на различни начини



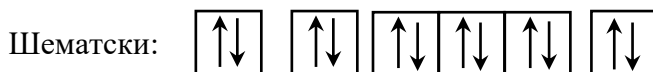
Скратена електронска конфигурација: $[\text{He}] 2s^2 2p^4$



${}^{12}\text{Mg}$

Долга електронска конфигурација: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$

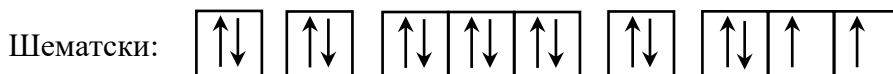
Скратена електронска конфигурација: $[\text{Ne}] 3s^2$



${}^{16}\text{S}$

Долга електронска конфигурација: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$

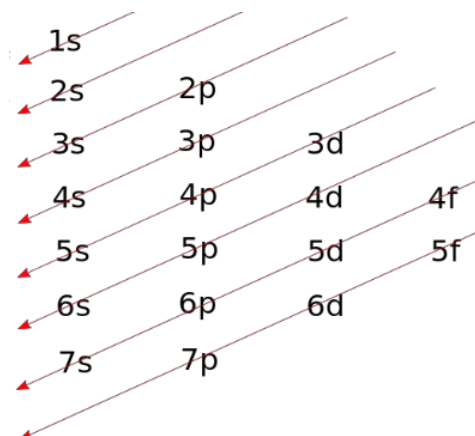
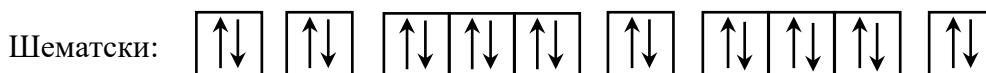
Скратена електронска конфигурација: $[\text{Ne}] 3s^2 3p^4$



${}^{20}\text{Ca}$

Долга електронска конфигурација: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$

Скратена електронска конфигурација: $[\text{Ar}] 4s^2$

**Задача 10**

Запиши ја долгата електронска конфигурација на ${}^{12}\text{Mg}$, ${}^{16}\text{S}$ и ${}^{20}\text{Ca}$ на различни начини.

ВЕЖБИ

Определување на вредностите на сите четири квантни броеви на даден електрон во еден атом

Задача 11

Напиши ја долгата електронска конфигурација на атомот на азот (${}^7\text{N}$), прикажи ја шематски и определи ги вредностите на квантните броеви за петтиот електрон.

РЕШЕНИЕ

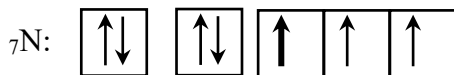
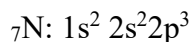
Дадено: ${}^7\text{N}$

Се бара: За атомот на азот да се напише:

долга електронска конфигурација;

шематски приказ на долгата електронска конфигурација;

вредноста на квантните броеви за петтиот електрон.



Петтиот електрон во шематскиот приказ на електронската конфигурација е означен со подебела стрелка. Тој се наоѓа во $2p_{-1}$ орбиталата, па според тоа вредностите на квантните броеви за петтиот електрон ќе бидат: $n = 2$, $l = 1$, $m_l = -1$, $m_s = +1/2$

Задача 12

Напиши ја долгата електронска конфигурација на атомот на флуор (${}_{9}\text{F}$), прикажи ја шематски и определи ги вредностите на квантните броеви за деветтиот електрон.

ВЕЖБИ

Определување на вредностите на сите четири квантни броеви на даден електрон во еден атом

Задача 13

Напиши ја долгата електронска конфигурација на атомот на хлор (${}_{17}\text{Cl}$), и определи ги вредностите на квантните броеви за валентните електрони.

РЕШЕНИЕ

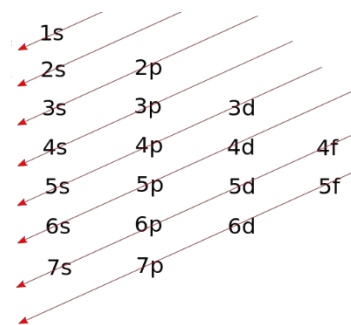
Дадено:

${}_{17}\text{Cl}$

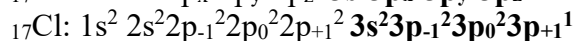
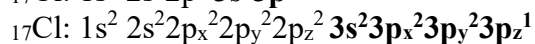
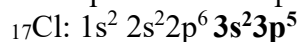
Се бара: За атомот на хлор да се напише:

долга електронска конфигурација;

вредноста на квантните броеви за валентните електрони.

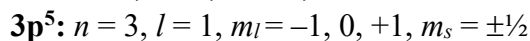
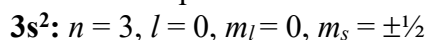


Електронската конфигурација на хлор ќе биде:



Од електронската конфигурација може да се види дека валентните електрони на хлор се наоѓаат во третиот електронски слој: $3s^2 3p^5$.

Квантните броеви за валентните електрони на хлор се:

**Задача 14**

Напиши ја долгата електронска конфигурација на атомот на алуминиум (${}_{13}\text{Al}$), и определи ги вредностите на квантните броеви за валентните електрони.

2.4. Електронска конфигурација и структура на таблицата на периодниот систем на елементите

Таблицата на периодниот систем на елементите што се користи денес се базира на верзијата на Менделеев (Dmitri Ivanovich Mendeleev, 1834 – 1907), но подредувањето на елементите е направено според нивниот атомски број (бројот на протони во јадрото), кој уште се нарекува и реден број. Во периодниот систем, елементите се групирани во периоди и групи. **Периоди** се хоризонталните низи, додека **вертикалните низи се нарекуваат групи**. Има седум периоди од кои три кратки и четири долги, додека бројот на групи е осумнаесет. Според препораките на меѓународната унијата за чиста и применета хемија (International Union for Pure and Applied Chemistry, IUPAC), групите се означени со арапски броеви од 1 до 18.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	1 H	ПЕРИОДИ																2 He	
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	
6	55 Cs	56 Ba	*	71 Lu	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	*	103 Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
			*	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb		
			*	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No		

Слика 2.7. Таблица на периодниот систем на елементите

Подредувањето на елементите во таблицата на периодниот систем е поврзано со градбата на електронската обвивка. Електронската обвивка ја сочинуваат електронските слоеви што се карактеризирани со вредноста на главниот квантен број (n). Електроните се наоѓаат во седум електронски слоеви, $n = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ и 7 .

За првиот електронски слој $n = 1$, во него може да се најдат вкупно два електрони ($2n^2$) во s-орбиталата ($1s^2$). Кога $n = 1$ станува збор за првата периода од периодниот систем во која се наоѓаат два елемента, водород (H) и хелиум (He).

За вториот електронски слој $n = 2$, во него може да се најдат вкупно осум електрони ($2n^2$), два во s-орбиталата ($2s^2$) и шест во p-орбиталата ($2p^6$). Кога $n = 2$ станува збор за втората периода од периодниот систем во која се наоѓаат осум елемента, од литиум (Li) до неон (Ne).

За третиот електронски слој $n = 3$, во него според формулата ($2n^2$) може да се најдат вкупно осумнаесет електрони распоредени во s-орбиталата ($3s^2$), во p-орбиталата ($3p^6$) и во d-орбиталата ($3d^{10}$). Меѓутоа 4s-орбиталата има пониска енергија од 3d-орбиталата и таа се пополнува прва. Поради тоа во третата периода ($n = 3$) се наоѓаат исто така осум елементи како во втората периода, од натриум (Na) до аргон (Ar).

На сличен начин продолжува пополнувањето на електронските слоеви со електрони и распоредувањето на елементите во таблицата на периодниот систем на елементите. Значи, бројот на елементи што се наоѓаат во дадена периода е еднаков со бројот на електрони што може да се најдат во орбиталите во рамките на електронскиот слој.

Секоја периода започнува со елемент кај кој почнува да се пополнува s-орбиталата (s^1), а завршува со елемент што има целосно пополнета p-орбитала (p^6). Ако се споредат електронските конфигурации на елементите во рамките на дадена група ќе се забележи дека тие се слични помеѓу себе. Кај секој следен елемент во групата се пополнува еден електронски слој повеќе. Елементите од иста група имаат ист број валентни електрони и затоа имаат слични својства.

1
H $1\text{H}: 1s^1$ 3
Li $3\text{Li}: 1s^2 2s^1$ 11
Na $11\text{Na}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ $19\text{K}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$ 19
K37
Rb55
Cs87
Fr

Во зависност од бројот на валентните електрони и електронскиот слој во кој се наоѓаат, може да се определи во која група и периода во периодниот систем се наоѓа хемискиот елемент. Во примерот на калиум ($19\text{K}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$) валентни електрони се $4s^1$. Калиум има еден валентен електрон, тоа значи се наоѓа во првата група од периодниот систем. Валентниот електрон на калиум се наоѓа во четвртиот електронски слој. Тоа значи дека калиумот се наоѓа во четвртата периода од периодниот систем. Елементите кои имат два валентни електрони се наоѓаат во втората група од периодниот систем.

Кај p-елементите кои имаат повеќе од два валентни електрони, за да се определи припадноста на групата, на бројот на валентни електрони се додава бројот десет кој се однесува на бројот на електроните во d-орбиталата. На пример, од електронската конфигурација на хлор $17\text{Cl}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ може да се види дека последен електронски слој во кој има електрони е третиот. Тоа значи дека валентни електрони се електроните од третиот електронски слој, $3s^2 3p^5$. Бидејќи бројот на валентни електрони е седум, елементот хлор се наоѓа во седумнаесеттата група ($10 + 7$) во периодниот систем. Валентните електрони од хлор се наоѓаат во третиот електронски слој ($3s^2 3p^5$), тоа значи дека дека елементот хлор се наоѓа во третата периода во таблицата на периодниот систем.

ВЕЖБИ

Определување на бројот на валентни електрони, бројот на периодата и бројот на групата во кои припаѓа елементот врз основа на позната електронска конфигурација.

Задача 15

Опреди го бројот на валентни електрони, бројот на периодата и бројот на групата во кои се наоѓа елементот сулфур (${}_{16}\text{S}$) врз основа на неговата електронска конфигурација.

РЕШЕНИЕ

Дадено:

${}_{16}\text{S}$

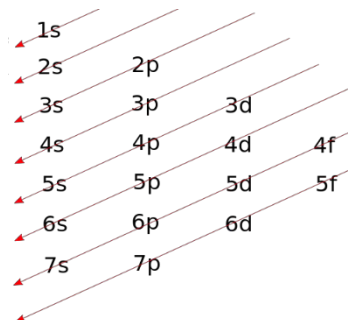
Се бара: За атомот на сулфур да се определи:

долга електронска конфигурација;

бројот на валентни електрони;

бројот на периодата;

бројот на групата.



Електронската конфигурација на сулфур ќе биде: ${}_{16}\text{S}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$

Од електронската конфигурација на ${}_{16}\text{S}$ може да се види дека валентните електрони се наоѓаат во третиот електронски слој: $3s^2 3p^4$.

Бидејќи неговите валентни електрони се наоѓаат во третиот електронски слој, елементот ${}_{16}\text{S}$ се наоѓа во третата периода.

Бројот на валентни електрони на елементот ${}_{16}\text{S}$ е шест, што значи дека тој се наоѓа во шеснаесеттата група ($10 + 6$) во таблицата на периодниот систем.

Задача 16

Опреди го бројот на валентни електрони, бројот на периодата и бројот на групата во кои се наоѓа елементот магнезиум (${}_{12}\text{Mg}$) врз основа на неговата електронска конфигурација.

Во зависност од тоа во која атомска орбитала од последниот електронски слој се наоѓаат валентните електрони, елементите се делат на:

- s-елементи;
- p-елементи;
- d-елементи;
- f-елементи.

s-елементи се елементите кај кои валентните електрони се наоѓаат во s-орбитала. Во оваа класа на елементи спаѓаат водород (H), хелиум (He), **алкалните метали** (Li, Na, K, Rb, Cs и Fr) и **земноалкалните метали** (Be, Mg, Ca, Sr, Ba и Ra). s-елементите се метали со исклучок на водород и хелиум. Во првата група се наоѓаат типични метали, наречени алкални метали. Овие елементи имаат по еден електрон во последниот електронски слој и се означуваат како ns^1 -елементи. Елементите од втората група се нарекуваат земноалкални метали. Тие имаат два валентни електрони во последниот електронски слој и се означуваат како ns^2 -елементи.

Во класата на **p-елементите** има метали, неметали и семиметали (полуметали). Во зависност од бројот на валентни електрони во p-орбиталата, p-елементите може да бидат: p^1 -елементи ($ns^2 np^1$), p^2 -елементи ($ns^2 np^2$), p^3 -елементи ($ns^2 np^3$), p^4 -елементи ($ns^2 np^4$), p^5 -елементи ($ns^2 np^5$) и p^6 -елементи ($ns^2 np^6$). p^4 -елементите (шеснаестта група) се

нарекуваат **халкогени елементи**. Халкогени елементи се: кислород (O), сулфур (S), селен (Se), телур (Te) и полониум (Po)). p^5 -елементите (седумнаесетта група) се нарекуваат **халогени елементи**. Халогени елементи се: флуор (F), хлор (Cl), бром (Br), јод (I) и аstat (At). p^6 -елементите (осумнаесетта група) се нарекуваат **благородни (инертни) гасови**. Благородни гасови се хелиум (He), неон (Ne), аргон (Ar), ксенон (Xe), криптон (Kr) и радон (Rn). Елементите од оваа група содржат по осум електрони во последниот електронски слој, тие имаат целосно пополнети s -орбитала и p -орбитала, исклучок е хелиум кој има два електрони.

Во групата на **d-елементи** спаѓаат металите што имаат делумно пополнети d -орбитали во последниот електронски слој. Во една периода се наоѓаат 10 d -елементи што е еднакво со бројот на електрони што може да се најдат во d -орбиталата. Карактеристично за d -елементите е тоа што нивните атоми се постабилни доколку d -орбиталата е полупополнета, односно во неа се наоѓаат 5 електрони, или пак е целосно пополнета и во неа се наоѓаат 10 електрони. Заради тоа кај некои од атомите на d -елементите електроните го пополнуваат највисокото енергетско ниво, а едно од енергетските нивоа со помала енергија останува и понатаму непополнето. Пример, бакар има 29 електрони ($_{29}\text{Cu}$), според тоа се очекува неговата електронска конфигурација да биде: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^9$. Сепак, електронската конфигурација на бакар е: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^{10}$. Одбивните сили помеѓу електроните се причина поради која еден електрон од $4s^2$ орбиталата поминува во $3d^9$ орбиталата. Притоа $3d$ -орбиталата е целосно пополнета ($3d^{10}$), а $4s$ орбиталата е делумно пополнета ($4s^1$). На тој начин се постигнува поголема стабилност на атомот на бакар.

f-елементите имаат делумно пополнети f -орбитали во последниот електронски слој. Тие се поделени во две групи: лантаноиди и актиноиди. *Лантаноиди* се елементите што имаат слични хемиски својства со лантан (La). Во оваа група спаѓаат елементите од цериум (Ce) со реден број 58 до лутециум (Lu) со реден број 71. *Актиноиди* се елементите што имаат слични својства со актиниум (Ac). Во оваа група спаѓаат елементите од ториум (Th) со реден број 90 до лоренциум (Lr) со реден број 103.

2.5. Периодично изменување на својствата на елементите

Својставта на елементите како што се атомскиот радиус, енергијата на јонизација, електронегативноста и афинитетот кон електроните зависат од нивната електронска конфигурација. Овие својства се менуваат периодично по периоди и групи во периодниот систем на елементите што се должи на периодичното повторување на градбата на електронската обвивка. Притоа трендот на промените во периодите се следи од лево кон десно, а во групите од горе надолу.

Атомски радиус

Атомски радиус претставува растојанието од јадрото на атомот до последниот електронски слој. Атомскиот радиус се изразува во пикометри (pm). Во рамките на една периода од лево кон десно во периодниот систем, атомскиот радиус постепено се намалува. Причина за тоа е зголемувањето на бројот на протони во јадрото со

зголемување на атомскиот или реден број. Поголемиот број протони ги привлекуваат електроните од електронската обвивка поблиску до јадрото. Во рамките на една група од горе надолу атомскиот радиус се зголемува. Со зголемување на атомскиот или реден број во една група се зголемува вредноста на главниот квантен број, со што се зголемува бројот на електронски слоеви околу јадрото, поради тоа се зголемува атомскиот радиус.

ВЕЖБИ

Подредување на елементите според зголемување или намалување на вредноста на некое нивно својство.

Задача 17

Подреди ги следниве елементи според растењето на нивниот атомски радиус: цезиум (Cs), литиум (Li), натриум (Na) и калиум (K).

РЕШЕНИЕ

Се бара: Да се подредат според растењето на нивниот атомски радиус следниве елементи: цезиум (Cs), литиум (Li), калиум (K) и натриум (Na).

Дадените елементи се наоѓаат во првата група од периодниот систем. Во рамките на една група од горе надолу, со зголемување на бројот на електронски слоеви се зголемува атомскиот радиус. Според тоа, елементите ќе се подредат на следниов начин:

1. литиум (Li)
2. натриум (Na)
3. калиум (K)
4. цезиум (Cs)

1
H3
Li11
Na19
K37
Rb55
Cs87
Fr**Задача 18**

Подреди ги следниве елементи според опаѓањето на нивниот атомски радиус: хлор (Cl), магнезиум (Mg), алуминиум (Al) и фосфор (P).

Не е логично да се подредуваат елементите според зголемување или намалување на вредноста на некое нивно својство, доколку тие припаѓаат на различни периоди или различни групи.

Енергија на јонизација

Енергија на јонизација е енергијата што е потребна за да се отстрани еден електрон од неутрален атом или јон во гасовита агрегатна состојба. Енергијата на јонизација се изразува во kJ/mol или eV (електрон волти). Колку што е електронот поблиску до јадрото, протоните од јадрото посилно го привлекуваат и како резултат на тоа е потребна поголема енергија да се отстрани електронот. Електроните што се наоѓаат во внатрешните електронски слоеви поблиску до јадрото имаат поголема енергија на јонизација. Од друга страна пак електроните што се наоѓаат во надворешните електронски слоеви, подалеку од јадрото имаат помала енергија на јонизација. Колку е пониска енергијата на јонизација, толку е полесно од атомот да се образува јон, и обратно колку е повисока енергијата на јонизација, толку е потешко од атомот да се образува јон.

Енергијата на јонизација во рамките на една периода од лево кон десно се зголемува. Тоа е така бидејќи во десниот дел од таблицата на периодниот систем се наоѓаат

елементи со поголем број на електрони во последниот електронски слој. Енергијата на јонизација во една група се намалува одејќи од горе надолу како што се зголемува бројот на електронските слоеви. Кај елементите што се најдолу во групата валентните електрони се подалеку од јадрото и тоа послабо ги привлекува. Поради тоа, за да се отстранат валентните електрони од атомот, потребна е помала енергија на јонизација. Благородните (инертни) гасови имаат највисока енергија на јонизација, бидејќи кај нив последниот електронски слој (валентен слој) е целосно пополнет. Енергијата на јонизација се менува спротивно од атомскиот радиус. Имено електроните во атомите со помал атомски радиус се посилно привлечени од јадрото. Поради тоа е потребна поголема енергија за да се отстранат од атомот. Всушност највисока енергија на јонизација имаат најмалите атоми.

ВЕЖБИ

Подредување на елементите според зголемување или намалување на вредноста на некое нивно својство.

Задача 19

Подреди ги следниве елементи според намалувањето на енергијата на јонизација: неон (Ne), берилиум (Be), кислород (O) и бор (B).

РЕШЕНИЕ

Се бара: Да се подредат според намалувањето на енергијата на јонизација следниве елементи: неон (Ne), берилиум (Be), кислород (O) и бор (B).

Дадените елементи се наоѓаат во иста периода. Во рамките на една периода од лево кон десно со зголемување на редниот број на елементите се зголемува енергијата на јонизација.

3 Li	4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
---------	---------	--------	--------	--------	--------	--------	----------

Според тоа, дадените елементи ќе се подредат на следниов начин:

1. неон (Ne)
2. кислород (O)
3. бор (B)
4. берилиум (Be)

Задача 20

Подреди ги следниве елементи според намалувањето на енергијата на јонизација: неон (Ne), ксенон (Xe), хелиум (He), криптон (Kr) и радон (Rn).

Електронегативност

Електронегативност е величина што покажува колку силно атомот на еден елемент ги привлекува заедничките електрони од хемиската врска со атомот на елементот со кој е сврзан. За квантитативно изразување на електронегативноста се користи скалата на Полинг (Linus Pauling, 1901 – 1994). Во рамките на една периода, електронегативноста се зголемува одејќи од лево кон десно. Додека пак, во рамките на една група во периодниот систем, електронегативноста се намалува од горе надолу. Ваквиот тренед е разбирлив земајќи предвид дека атомскиот радиус во групата од горе надолу се зголемува, а во периодата од лево кон десно се намалува. Колку е помал атомскиот

радиус, толку јадрото е поблиску до заедничкиот електронски пар и посилно го привлекува. Поради тоа трендот на промена на електронегативноста по групи и периоди е спротивен во споредба со атомскиот радиус. Најголема вредност за електронегативноста од елементите во периодниот систем има флуор (3,98), а најмала има франциум (0,7).

ВЕЖБИ

Подредување на елементите според зголемување или намалување на вредноста на некое нивно својство.

Задача 21

Подреди ги елементите според зголемувањето на електронегативноста: јод (I), флуор (F), бром (Br) и хлор (Cl).

РЕШЕНИЕ

Се бара: Да се подредат елементите според зголемувањето на електронегативноста: јод (I), флуор (F), бром (Br) и хлор (Cl).

Дадените елементи се наоѓаат во иста група. Во рамките на една група од горе надолу се намалува електронегативноста, па елементите ќе се подредат на следниов начин:

1. јод (I)
2. бром (Br)
3. хлор (Cl)
4. флуор (F)

9

F

17

Cl

35

Br

53

I

85

At

117

Ts

Задача 22

Подреди ги елементите според намалувањето на електронегативноста: фосфор (P), магнезиум (Mg), хлор (Cl) и натриум (Na).

Афинитет кон електронот

Афинитетот кон електронот е количеството енергија што се ослободува кога еден неутрален атом, јон или молекула ќе прими електрон. Бидејќи станува збор за примање електрони, афинитетот кон електронот е повеќе карактеристичен за атомите на неметалите, кои со примање електрони образуваат анјони (негативно наелектризираните јони). Во рамките на една група од периодниот систем, афинитетот кон електронот се намалува одејќи од горе надолу во групата. Всушност, одејќи од горе надолу во групата се зголемува атомскиот радиус, тоа значи дека се зголемува растојанието помеѓу позитивното јадро и негативно наелектризираните електрони, а со тоа се намалува привлечната сила. Додека пак, во рамките на една периода од лево кон десно, како што се намалува атомскиот радиус, електронот е поблиску до јадрото и поради тоа афинитетот кон електронот се зголемува. Колку е понегативна вредноста на афинитетот кон електронот на даден атом, толку е постабилен образуваниот анјон. Највисока вредност на афинитетот кон електронот имаат елементите од шеснаесеттата (халкогени елементи: O, S, Se, Te, Po) и седумнаесеттата (халогени елементи: F, Cl, Br, I) група. Најниска вредност на афинитетот кон електронот имаат елементите од првата (алкални метали: Li, Na, K, Rb, Cs, Fr) и втората (земноалкални метали: Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra) група.

ВЕЖБИ

Подредување на елементите според зголемување или намалување на вредноста на некое нивно својство.

Задача 23

Подреди ги следниве елементи според намалувањето на афинитетот кон електронот: јод (I), флуор (F), бром (Br) и хлор (Cl).

РЕШЕНИЕ

Се бара: Да се подредат елементите според намалувањето на афинитетот кон електронот: јод (I), флуор (F), бром (Br) и хлор (Cl).

Во рамките на една група од периодниот систем одејќи од горе надолу во групата, афинитетот кон електронот се намалува. Според тоа, дадените елементи (кои се од иста група) може да се подредат на следниов начин:

1. флуор (F)
2. хлор (Cl)
3. бром (Br)
4. јод (I)

9
F17
Cl35
Br53
I85
At117
Ts

Задача 24

Подреди ги елементите според зголемувањето на афинитетот кон електронот: флуор (F), берилиум (Be), азот (N) и јаглерод (C).

РЕЗИМЕ

Атомот е основна градбена единка на хемиските елементи и од него зависат нивните својства.

Фундаментални честички од кои е изграден атомот се протоните, неутроните и електроните.

Протоните се позитивно наелектризирани честички кои се означуваат со p^+ .

Неутроните се електронеутрални елементарни честички што немаат полнеж.

Електроните се негативно наелектризирани честички кои се означуваат со e^- .

Атомскиот број (реден број) е бројот на протони во јадрото на атомот.

Масениот број е збир од бројот на протони и неутрони во јадрото.

Принцип на Хајзенберг (принцип на неопределеност) - не е можно во исто време да се определи положбата и брзината со која се движат електроните околу јадрото.

Електронски облак образуваат електроните кои се движат околу атомското јадро со голема брзина.

Главниот квантен број (n) ги има следниве вредности 1, 2, 3... итн. Во зависност од вредноста на главниот квантен број се определува растојанието на определен електронски слој од јадрото (односно го определува енергетското ниво).

Орбиталниот квантен број (l), ја определува енергијата на потслоевите во рамките на едно енергетско ниво и има вредности од 0, 1, 2... до $n-1$, каде n е главен квантен број.

Магнетниот квантен број (m_l) има вредности кои се движат од $-l$ до $+l$, вклучувајќи ја и нулата. Просторните ориентации на секој електрон во атомот се одредени со вредноста на магнетниот квантен број.

Спин се нарекува движењето на електронот околу сопствената оска.

Спинскиот квантен број (m_s) има вредности $+\frac{1}{2}$ и $-\frac{1}{2}$, се користи за да се опише насоката на движење на електронот околу сопствената оска.

Атомска орбитала (АО) е дел од просторот околу јадрото каде што постои најголема веројатност (90 – 95 %) да се најде електронот.

Квантно-механичкиот модел е моделот според кој како резултат на движењето на електроните околу јадрото се образува електронски облак.

Спарени електрони се електроните кои се наоѓаат во една атомска орбитала и имаат спротивни спинови.

Дегенерирани орбитали се орбиталите што имаат иста енергија.

Хундовото правило - во орбитали со иста енергија (дегенерирани орбитали) електроните се распоредуваат така што ќе зафаќаат максимално од нив.

Принципот на Паули (принцип на исклучување) - во еден атом не може да се најдат два електрони што ќе имаат исти вредности за сите четири квантни броеви.

Електронска конфигурација е распоредот на електроните во електронските слоеви и потслоеви.

Валентни електрони се електроните што се наоѓаат во последниот електронски слој на даден атом.

Периоди се нарекуваат хоризонталните низи во периодниот систем на елементите.

Групи се нарекуваат вертикалните низи во периодниот систем на елементите.

s-елементи се елементите кај кои валентните електрони се наоѓаат во s-орбитала.

p-елементите имаат делумно пополнети p-орбитали во последниот електронски слој.

d-елементите (преодни елементи) имаат делумно пополнети d-орбитали во последниот електронски слој.

f-елементите имаат делумно пополнети f-орбитали во последниот електронски слој.

Атомски радиус претставува растојанието од јадрото на атомот до последниот електронски слој.

Енергија на јонизација е енергијата што е потребна за да се отстрани еден електрон од неутрален атом или јон во гасовита агрегатна состојба.

Електронегативност е величина што покажува колку силно атомот на еден елемент ги привлекува заедничките електрони од хемиската врска со атомот на елементот со кој е сврзан.

Афинитетот кон електронот е количеството енергија што се ослободува кога еден неутрален атом, јон или молекула ќе прими електрон.

ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

- 1) Колку изнесува вредноста на главниот квантен број (n) за четвртиот електронски слој?
- 2) Како се определува бројот на орбитали во даден електронски слој? Колку орбитали има во третиот електронски слој? Кои се тие?
- 3) Како се определува бројот на орбитали од определен тип за даден електронски слој?
- 4) Колку електрони може да се најдат во третиот електронски слој ($n = 3$)?
- 5) Која од следниве комбинации на квантни броеви не е можна? Објасни.
 - а) $n = 3, l = 2, m_l = +1, m_s = +\frac{1}{2}$
 - б) $n = 2, l = 2, m_l = 0, m_s = -\frac{1}{2}$
 - в) $n = 4, l = 1, m_l = +3, m_s = -\frac{1}{2}$
 - г) $n = 5, l = 3, m_l = -3, m_s = \pm\frac{1}{2}$
- 6) Која атомска орбитала е опишана со следнава комбинација на квантните броеви:
 - а) $n = 3, l = 2$
 - б) $n = 2, l = 1$
 - в) $n = 3, l = 0$
- 7) Која од следниве атомски орбитали не постои: 2s, 4p, 5d и 3f. Како знаеш?
- 8) Колку атомски орбитали има за $l = 2$? Колку електрони може да се најдат во нив?
- 9) Што се определува со формулата $2(2l + 1)$?
- 10) Колку е бројот на атомските орбитали за кои $n = 4, l = 3, m_l = 0$?
- 11) Колку изнесува максималниот број на електрони за кои $n = 4, l = 3$?
- 12) Колку изнесува максималниот број на електрони за кои $n = 4, l = 3, m_s = +\frac{1}{2}$?
- 13) Која атомска орбитала е опишана со следнава комбинација на квантните броеви:
 - а) $n = 3, l = 2, m_l = +1$
 - б) $n = 2, l = 1, m_l = 0$
 - в) $n = 3, l = 0, m_l = 0$
- 14) Определи ги вредностите на главниот квантен број и на орбиталниот квантен број за следниве орбитали: 2p, 5s, 3d и 6f.
- 15) Објасни го важењето на принципот на Паули за $3s^2$ -електроните.
- 16) Како ќе се распоредат електроните во $3p^6$ -орбиталата според Хундовото правило?
- 17) Што значи тоа дека петте d-орбитали се дегенерирани? Ако има шест електрони во 3d-орбиталата, како ќе ги распоредиш?
- 18) Напиши ја електронската конфигурација на азот (${}^7\text{N}$) и определи ги вредностите на четирите квантни броеви за секој од електроните?
- 19) На кој начин се пополнуваат орбиталите со електрони? Дали е точен следниов редослед: $1s^2 2s^2 2p^6 3p^3 3s^2 3f^{14}$? Објасни.
- 20) Напиши ја електронската конфигурација на калиум (${}_{19}\text{K}$) и определи колку спарени електрони има и во кои орбитали се наоѓаат?
- 21) Подреди ги според енергија следниве орбитали: 3s 2p 3d 5f и 4p.
- 22) Напиши ја долгата и скратената електронска конфигурација на ${}_{33}\text{As}$. Прикажи ја шематски електронската конфигурација.
- 23) Колку p-електрони има атомот на сулфур (${}_{16}\text{S}$)?
- 24) Колку d-електрони има атомот на бром (${}_{35}\text{Br}$)?

- 25) Колку s-електрони има атомот на калциум ($_{20}\text{Ca}$)?
- 26) Колку е бројот на електрони за кои $n = 5$, $l = 1$?
- 27) На кој елемент се однесува следнава електронска конфигурација: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$?
Напиши ја скратената електронска конфигурација за елементот. Кои електрони се валентни, во која група и периода од периодниот систем се наоѓа елементот?
- 28) Како може да се определи во која група и периода се наоѓа некој хемиски елемент во периодниот систем?
- 29) Елементот бром се наоѓа во четвртата периода и во 17-тата група во периодниот систем. Што може да заклучиш за бром од неговата положба?
- 30) Кои елементи се нарекуваат p-елементи? Дали натриум е p-елемент?
- 31) Објасни зошто во рамките на една група од горе надолу атомскиот радиус се зголемува, додека во периодата од лево кон десно се намалува.
- 32) Кој од благородните гасови има највисока енергија на јонизација? Дали истиот елемент ќе има и најголем атомски радиус? Објасни.
- 33) Дали е точно тврдењето дека највисока енергија на јонизација имаат најмалите атоми? Објасни.
- 34) Дали трендот на промена на електронегативноста во периоди и групи е ист како и атомскиот радиус? Објасни.
- 35) Кај кои елементи е поголем афинитетот кон електронот? Што се случува со нив кога ќе примат електрони?

МОДУЛАРНА ЕДИНИЦА 3**ХЕМИСКИ ВРСКИ****Цели на учењето**

Со модуларната единица хемиски врски се очекува да се постигнат следниве цели:

- проширување на стекнатото знаење за хемиските врски (јонска, ковалентна и координативна врска) и Луисови симболи на хемиските елементи;
- објаснување на типот на ковалентната врска преку препокривање на атомските орбитали и хибридизација;
- предвудување на меѓумолекулските интеракции врз основа на хемиската врска и градбата на супстанциите;
- разбирање на градбата на јонските и ковалентните кристали;
- проширување на знаењето за градбата и својствата на гасовите, течностите и цврстите супстанции;

Очекувани исходи со изучување на модуларната единица

По изучување на модуларната единица хемиски врски учениците се очекува:

- врз основа на електронегативноста да го одредуваат типот на хемиската врска;
- да ги поврзуваат својствата на атомот и образувањето на јони (катјони и анјони) и шематски да го прикажуваат образувањето на јонска врска;
- со помош на Луисови симболи да го објаснуваат образувањето на различните типови на ковалентна врска и да ја објаснува теоријата на валентни врски;
- да ги препознаваат и објаснуваат различните видови на хибридизација;
- да ги познаваат и да ги објаснуваат меѓумолекулските интеракции;
- да прават разлика меѓу градбата на гасовите, течностите и цврстите супстанции и да ги поврзуваат својствата на супстанциите со нивната градба;

Поими

јон, катјон, анјон, јонски радиус, електростатички сили, јонска врска, јонска кристална решетка, елементарна ќелија, јонски кристал, заеднички електронски пар, теорија на валентни врски, препокривање на орбитали, единечна врска, двојна врска, тројна врска, σ -врска, π -врска, неполярна ковалентна врска, поларна ковалентна врска, електронегативност, координативна врска, хибридизација, хибридни орбитали, несврзувачки орбитали, несврзувачки електрони, Вандервалсовски сили, Лондоновски сили, јон-дипол интеракции, дипол-дипол интеракции, јон-индуциран дипол интеракции, дипол-индуциран дипол интеракции, водородна врска, кристални цврсти супстанции, аморфни цврсти супстанции, јонски кристали, атомски (ковалентни) кристали, молекулски кристали, метални кристали и метална врска;

Содржина на модулната единица

Јонска врска

Ковалентна врска – препокривање на орбиталите

Ковалентна врска и структура на молекулите

Меѓумолекулски интеракции и градбата и својствата на гасовите, течностите и цврстите супстанции

3. ХЕМИСКИ ВРСКИ

При образување на хемиските врски всушност елементите со споделување или со размена на електрони постигнуваат стабилна електронска конфигурација. Стабилна електронска конфигурација за даден елемент во периодниот систем значи да има осум електрони (октет) во последниот електронски слој. Исклучок се елементите водород и хелиум кај кои во последниот електронски слој можат да се најдат најмногу два електрони. Осум електрони во последниот електронски слој имаат благородните гасови што се наоѓаат во 18-тата група од периодниот систем на елементите. Додека останатите елементи со цел да постигнат стабилна електронска конфигурација се сврзуваат помеѓу себе со хемиски врски.

Табела 11. Електронска конфигурација на благородните гасови

благороден гас	$n = 1$	$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$	$n = 5$	$n = 6$
хелиум (He)	$1s^2$					
неон (Ne)	$1s^2$	$2s^2 2p^6$				
аргон (Ar)	$1s^2$	$2s^2 2p^6$	$3s^2 3p^6$			
криптон (Kr)	$1s^2$	$2s^2 2p^6$	$3s^2 3p^6 3d^{10}$	$4s^2 4p^6$		
ксенон (Xe)	$1s^2$	$2s^2 2p^6$	$3s^2 3p^6 3d^{10}$	$4s^2 4p^6 4d^{10}$	$5s^2 5p^6$	
радон (Rn)	$1s^2$	$2s^2 2p^6$	$3s^2 3p^6 3d^{10}$	$4s^2 4p^6 4d^{10} 4f^{14}$	$5s^2 5p^6 5d^{10}$	$5s^2 5p^6$

Хемиска врска е привлечната сила што ги држи заедно различните градебни единици (атомите и јоните). Својствата на соединенијата зависат од јачината на хемиските врски помеѓу нивните градебни единици. Притоа колку е посилен хемиската врска, толку постабилно ќе биде дадено соединение. Во случај кога хемиската врска е слаба, добиеното соединение нема да биде стабилно и лесно ќе учествува во хемиски реакции со цел да се добие постабилно соединение, со посилен хемиски врски.

Значи, кога атомите учествуваат во хемиско сврзување се добиваат соединенија, чија стабилност зависи од видот на хемиските врски со кои се сврзани атомите. Образованите хемиски врски се разликуваат според јачината и според својствата.

Притоа хемиските врски се образуваат со примање или испуштање електрони (пример NaCl), или пак со образување на заеднички електронски парови помеѓу атомите што се сврзуваат (пример, O₂). Според тоа, постојат два типа на хемиски врски:

- јонска врска;
- ковалентна врска.

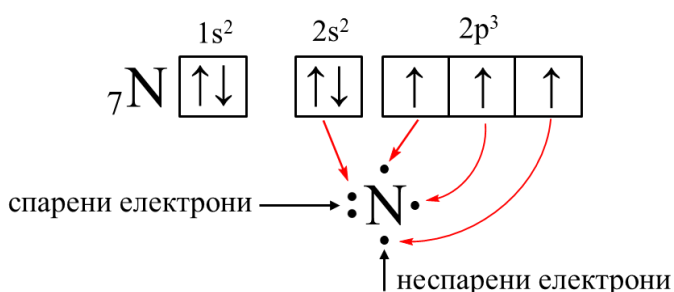
Луисови симболи за хемиските елементи

Типот на хемиската врска со која се сврзуваат атомите помеѓу себе зависи од нивната местоположба во периодниот систем, односно од нивната електронска конфигурација. Додека пак, бројот на хемиски врски што ги образува еден атом зависи од бројот на валентните електрони, бидејќи тие учествуваат во образувањето на хемиските врски. Американскиот хемичар Луис (Gilbert Newton Lewis, 1875 – 1946) предложил

едноставен начин за прикажување на валентните електрони на атомите, притоа симболите се наречени **Луисови симболи** во негова чест. Со помош на Луисовите симболи се прикажуваат валентните електрони на елементите кои со оддавање/примање или споделување на електрони може да постигнат стабилна електронска конфигурација како благородните гасови. Такви се атомите на елементите од главните групи (s и p-елементи). Кај овие елементи бројот на валентни електрони е еднаков со бројот на групата во која се наоѓа дадениот елемент.

Според Луис со хемискиот симбол на елементот се претставува јадрото на атомот и електроните од внатрешните електронски слоеви (внатрешни електрони), а со точки околу симболот на елементот се претставуваат валентните електрони (електроните од последниот електронски слој). Секој валентен електрон се претставува со по една точка. Луисовите симболи се пишуваат така што прво се запишува по една точка од секоја страна на симболот на хемискиот елемент. Кај елементи кои имаат повеќе од 4 валентни електрони следните точки се пишуваат до веќе напишаните точки.

Една точка до симболот на елементот значи **неспарен електрон**, додека две точки една до друга во Луисовите симболи означуваат електронски пар и ваквите електрони се нарекуваат **спарени електрони**. Начинот на означување на неспарениот електрон и спарените електрони може да се



види од Луисовиот симбол за атомот на азот. Од шематскиот приказ може да се види дека околу симболот на азот има пет точки што значи дека азотот има пет валентни електрони од кои два спарени и три неспарени електрони. Бројот на неспарени точки (електрони) одговара на бројот на хемиски врски што може да ги образува еден атом. Тоа значи дека атомот на азот може да образува три хемиски врски со други атоми. Луисовите симболи за некои хемиски елементи се прикажани на слика 3.1.

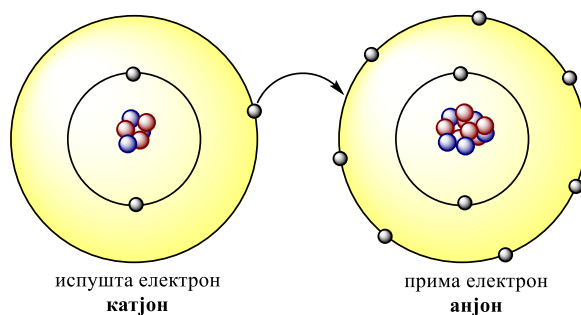
група	елемент	електронска конфигурација	Луисов симбол	елемент	електронска конфигурација	Луисов симбол
1	Li	[He]2s ¹	Li·	Na	[Ne]3s ¹	Na·
2	Be	[He]2s ²	Be:	Mg	[Ne]3s ²	Mg:
13	B	[He]2s ² 2p ¹	·B·	Al	[Ne]3s ² 3p ¹	·Al·
14	C	[He]2s ² 2p ²	·C·	Si	[Ne]3s ² 3p ²	·Si·
15	N	[He]2s ² 2p ³	·N·	P	[Ne]3s ² 3p ³	·P·
16	O	[He]2s ² 2p ⁴	·O·	S	[Ne]3s ² 3p ⁴	·S·
17	F	[He]2s ² 2p ⁵	·F·	Cl	[Ne]3s ² 3p ⁵	·Cl·
18	Ne	[He]2s ² 2p ⁶	·Ne·	Ar	[Ne]3s ² 3p ⁶	·Ar·

Слика 3.1. Луисови симболи за некои хемиски елементи

Од Луисовиот симбол на литиум може да се забележи дека тој име една точка до симболот на елементот што значи дека литиум има еден валентен електрон со кој може да образува една хемиска врска, односно тој е едновалентен. Додека пак од Луисовиот симбол на кислород може да се види дека бројот на точки до симболот на елементот е шест, но кислород во соединенијата е двовалентен. Имено само два од валентните електрони на кислород се неспарени и може да образуваат хемиски врски, додека четирите валентни електрони образуваат два електронски пара и тие не учествуваат понатаму во хемиско сврзување.

3.1. Јонска врска

Јонска врска се образува секогаш кога еден или повеќе електрони се пренесуваат од еден атом на друг. Оваа хемиска врска вклучува размена на електрони помеѓу два атоми, од кои едниот е метал, а другиот е неметал. Вообичаено елементот што има помалку од четири валентни електрони ги испушта, додека елементот што има повеќе од четири валентни електрони прима до осум електрони во последниот електронски слој. Атомот што испушта електрони поминува во *позитивно наелектризиран јон* кој се нарекува **катјон**, додека атомот што прима електрони поминува во *негативно наелектризиран јон* кој се нарекува **анјон**. Металите имаат тенденција да испуштаат електрони и да образуваат катјони, додека неметалите примаат електрони и образуваат анјони. На тој начин тие постигнуваат стабилна електронска конфигурација како благородните гасови, односно имаат по осум електрони во последниот електронски слој.



Слика 3.2. Наелектризираны честички – јони: катјон и анјон

Значи, јонската врска се остварува помеѓу атоми на метал и атоми на неметал. Притоа, атомот на неметалот ги прима електроните, кои ги испушта атомот на металот.

Јонска врска е електростатичката привлечна сила што ги држи заедно јоните образувани од метал (катјони) и јоните образувани од неметал (анјони) во јонските соединенија.

Образување на јони

Колку ќе биде бројот на примени и испуштени електрони зависи од бројот на валентни електрони што ги има даден елемент. Притоа полнежот на образуваните јони е еднаков на бројот на испуштени или примени електрони. Од следниве примери може да се види на кој начин се образуваат катјони и анјони и како се определува нивниот полнеж.

Од електронската конфигурација на литиум (${}_{3}\text{Li}: 1s^2 2s^1$) може да се види дека тој има два електрони во првиот електронски слој и еден валентен електрон во вториот слој. Со цел да постигне стабилна електронска конфигурација како благородниот гас хелиум (${}_{2}\text{He}$), литиум ќе го испушти валентниот електрон и ќе образува катјон ($\text{Li} \rightarrow \text{Li}^+ + 1e^-$).

Ако се напише електронската конфигурација на магнезиум (${}_{12}\text{Mg}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$) може да се види дека тој има два електрони во првиот електронски слој, осум електрони во вториот слој и два валентни електрони во третиот електронски слој. Со испуштање на валентните електрони, магнезиум постигнува стабилна електронска конфигурација како благородниот гас неон (${}_{10}\text{Ne}$) и притоа образува катјон ($\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2e^-$).

Од електронска конфигурација на флуор (${}_{9}\text{F}: 1s^2 2s^2 2p^5$) може да се види дека тој има два електрони во првиот електронски слој и седум валентни електрони во вториот слој. Да се потсетиме, елементот што има повеќе од четири валентни електрони има тенденција да прими електрони се додека целосно не се пополни последниот електронски слој, односно додека вкупниот број на електрони изнесува осум. Поради тоа флуорот ќе прими еден електрон и ќе постигне стабилна електронска конфигурација како благородниот гас неон (${}_{10}\text{Ne}$), притоа ќе образува анјон ($\text{F} + 1e^- \rightarrow \text{F}^-$).

Ако се напише електронската конфигурација на елементот азот (${}_{7}\text{N}: 1s^2 2s^2 2p^3$) може да се види дека тој има два електрони во првиот слој и пет валентни електрони во вториот електронски слој. Со примање на три електрони, азотот ќе образува анјон ($\text{N} + 3e^- \rightarrow \text{N}^{3-}$) и ќе постигне стабилна електронска конфигурација како благородниот гас неон (${}_{10}\text{Ne}$).

Од претходниве примери може да се види дека полнежот на јоните е еднаков со бројот на примени или испуштени електрони. Притоа елементот што испушта електрони образува катјон, додека елементот што прима електрони образува анјон. *Јоните што се образувани од еден атом* (како што се јоните од претходните примери) се нарекуваат **едноатомски јони**.

ВЕЖБИ Пишување електронска конфигурација на едноатомски јони.

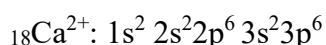
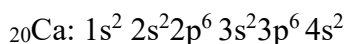
Задача 1 Напиши ја електронската конфигурација на јоните: Ca^{2+} и O^{2-} .

РЕШЕНИЕ

Се бара: Да се напише електронската конфигурација на јоните: Ca^{2+} и O^{2-} .

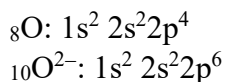
Електронска конфигурација на Ca^{2+}

Од периодниот систем на елементите може да се види дека калциум има реден број 20 (${}_{20}\text{Ca}$) што значи дека има 20 протони во јадрото и 20 електрони во електронската обвивка. Јонот на калциум (Ca^{2+}) има полнеж $2+$ што значи дека калциумот испуштил два електрони. Според тоа бројот на електрони што ги има катјонот на калциум е 18, што значи дека тој постигнува стабилна електронска конфигурација (осум електрони во третиот електронски слој) како благородниот гас аргон (${}_{18}\text{Ar}$).



Електронска конфигурација на O^{2-}

Елементот кислород има реден број осум (${}_8O$), што значи дека има осум електрони во електронската обвивка. Јонот на кислород (O^{2-}) се образува кога кислород ќе прими два електрони и поради тоа неговиот полнеж е $2-$. Според тоа бројот на електрони што ги има анијонот на кислород е 10, на тој начин тој има стабилна електронска конфигурација како благородниот гас неон (${}_{10}Ne$).

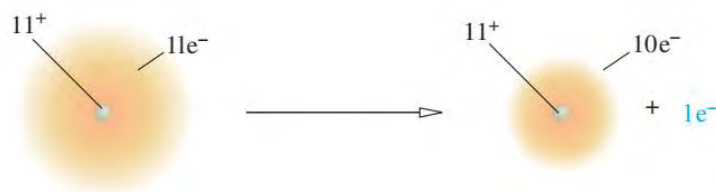
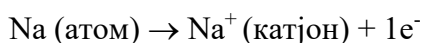


Задача 2 Напиши ја електронската конфигурација на јоните: K^+ и S^{2-} .

Образување на јонска врска

Образувањето на јонска врска може да се илустрира со примерот на натриум хлорид ($NaCl$). Во овој пример атомот на натриум (Na) е типичен метал, додека атомот на хлор (Cl), кој е типичен неметал. Од електронската конфигурација на натриум и хлор може да се определи бројот на валентни електрони кај двата атоми и да се види на кој начин тие ќе постигнат стабилна електронска конфигурација.

Атомот на натриум има 11 електрони, според тоа неговата електронска конфигурација ќе биде: ${}_{11}Na: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$. Од електронската конфигурација може да се види дека натриум има два електрони во првиот електронски слој ($1s^2$), осум електрони во вториот електронски слој ($2s^2 2p^6$) и еден валентен електрон кој е сместен во третиот електронски слој ($3s^1$). Со цел да постигне стабилна електронска конфигурација, натриумот ќе го испушти валентниот електрон. Електронската конфигурација на образуваниот катјон (Na^+) ќе биде: $1s^2 2s^2 2p^6$. Полнежот на катјонот ќе биде $+1$ како резултат на тоа што во јадрото натриум има 11 позитивно наелектризиран протон, а во електронската обвивка, откако ќе го испушти електронот, ќе останат 10 негативно наелектризиран електрони.

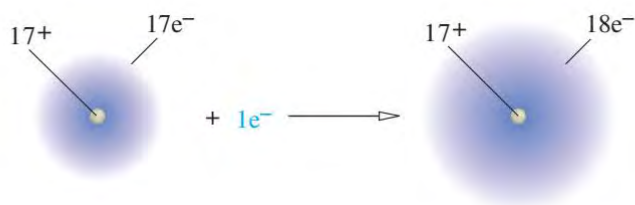
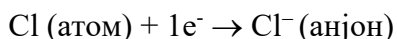


Слика 3.3. Образување катјон на натриум (Na^+)

Кај катјонот на натриум третиот електронски слој е празен, а во вториот слој има осум електрони. Електронската конфигурација на катјонот е иста со конфигурацијата на благородниот гас неон (${}_{10}Ne: 1s^2 2s^2 2p^6$). Тоа значи дека кога ќе го испушти валентниот електрон натриум постигнува стабилна електронска конфигурација како неон.

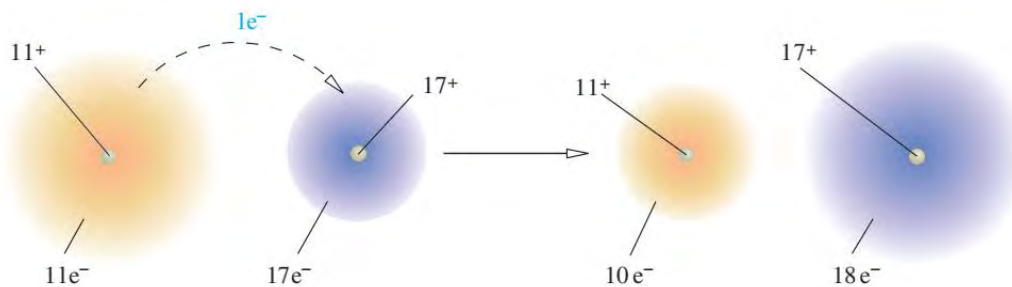
Атомот на хлор има 17 електрони, според тоа неговата електронска конфигурација ќе биде ${}_{17}Cl: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$. Од конфигурацијата на хлор може да се види дека тој има два електрони во првиот електронски слој ($1s^2$), осум електрони во вториот електронски слој

($2s^2 2p^6$) и седум валентни електрони кои се наоѓаат во третиот електронски слој ($3s^2 3p^5$). Со цел да постигне стабилна електронска конфигурација, хлорот ќе прими еден електрон, притоа електронската конфигурација на образуваниот анјон ќе биде: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$. Полнежот на анјонот ќе биде -1 како резултат на тоа што во јадрото атомот на хлор содржи 17 позитивно наелектризираны протони, а во електронската обвивка, откако ќе прими еден електрон, ќе има 18 негативно наелектризираны електрони. Електронската конфигурација на анјонот на хлор е иста како конфигурацијата на благородниот гас аргон, ($_{18}\text{Ar}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$). Тоа значи дека со примање на еден електрон хлорот постигнува стабилна конфигурација како аргон.



Слика 3.4. Образовање анјон на хлор (Cl^-)

Како резултат на привлечната сила што постои помеѓу спротивно наелектризираны јони, катјонот на натриум (Na^+) и анјонот на хлор (Cl^-) се образува соединението натриум хлорид (NaCl). Привлечната сила што ги држи заедно спротивно наелектризираны јони се нарекува јонска врска. Размената на електрони помеѓу натриум и хлор е прикажана на слика 3.5.



Слика 3.5. Образовање на јонска врска помеѓу натриум и хлор

Образувањето на јонската врска кај NaCl може да се прикаже шематски со помош на Луисовите симболи на следниов начин:



ВЕЖБИ

Шематско претставување на образувањето јонска врска преку различни примери.

Задача 3

Објасни го образувањето на јонска врска помеѓу магнезиум ($_{12}\text{Mg}$) и хлор ($_{17}\text{Cl}$).

РЕШЕНИЕ

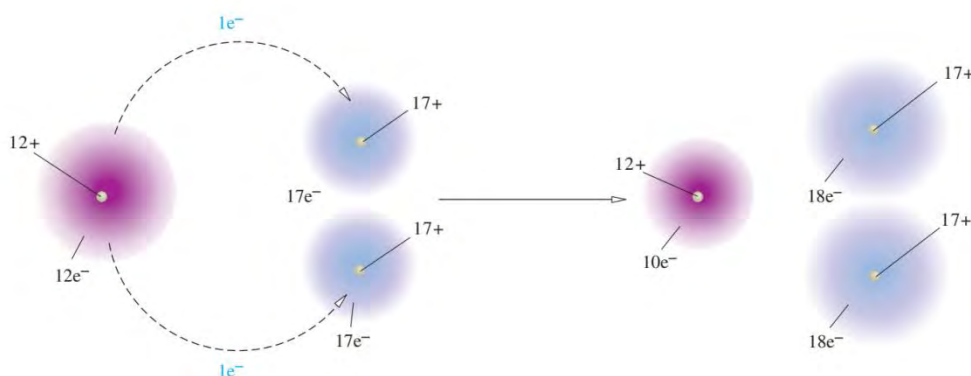
Се бара:

Да се објасни образувањето на јонска врска помеѓу магнезиум ($_{12}\text{Mg}$) и хлор ($_{17}\text{Cl}$).

Од електронската конфигурација на магнезиум ($_{12}\text{Mg}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$) може да се види дека тој има два валентни електрони во третиот електронски слој ($3s^2$). За да постигне стабилна конфигурација ќе ги испушти валентните електрони, притоа ќе образува катјон. $\text{Mg (атом)} \rightarrow \text{Mg}^{2+} \text{ (катјон)} + 2e^-$

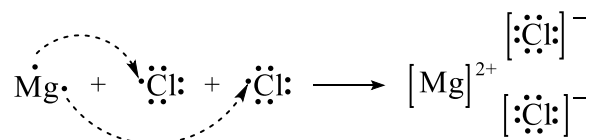
Ако се напише електронската конфигурација на хлор ($_{17}\text{Cl}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$), може да се види дека тој има седум валентни електрони во третиот електронски слој ($3s^2 3p^5$). За да постигне стабилна електронска конфигурација атомот на хлор ќе прими еден електрон, притоа ќе образува анјон. $\text{Cl (атом)} + 1e^- \rightarrow \text{Cl}^- \text{ (анјон)}$

При сврзувањето на магнезиум со хлор, бидејќи хлорот може да прими само еден електрон ќе бидат потребни два атоми на хлор за да ги примат двата електрони што ќе ги испушти атомот на магнезиум. Според тоа, формулата на образуваното соединение ќе биде MgCl_2 . Размената на електрони помеѓу атомите на магнезиум и хлор е прикажана на слика 3.5.



Слика 3.6. Образување на јонска врска помеѓу магнезиум и хлор

Образувањето на јонската врска кај MgCl_2 може да се прикаже шематски со Луисови симболи на следниов начин:



Задача 4

Објасни го образувањето на јонска врска помеѓу калциум ($_{20}\text{Ca}$) и бром ($_{35}\text{Br}$).

ВЕЖБИ

Шематско претставување на образувањето јонска врска преку различни примери.

Задача 5

Објасни го образувањето на јонска врска помеѓу натриум ($_{11}\text{Na}$) и сулфур ($_{32}\text{S}$).

РЕШЕНИЕ

Се бара:

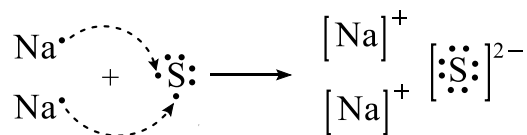
Да се објасни образувањето на јонска врска помеѓу натриум ($_{11}\text{Na}$) и сулфур ($_{32}\text{S}$).

Помеѓу атомот на натриум ($_{11}\text{Na}$), кој е типичен метал и атомот на сулфур ($_{16}\text{S}$), кој е типичен неметал, се образува јонска врска. За да се определи бројот на валентни електрони кај двата атоми, треба да се напише нивната електронска конфигурација.

Од електронската конфигурација на натриум ($_{11}\text{Na}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$) може да се види дека тој има еден валентен електрон во третиот електронски слој ($3s^1$). Со цел да постигне стабилна електронска конфигурација, ќе го испушти валентниот електрон и ќе образува катјон. $\text{Na (атом)} \rightarrow \text{Na}^+ \text{ (катјон)} + 1e^-$

Атомот на сулфур ($_{16}\text{S}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$) има шест валентни електрони во третиот електронски слој ($3s^2 3p^4$). За да постигне стабилна електронска конфигурација тој ќе прими два електрони, притоа ќе образува анјон. $\text{S (атом)} + 2e^- \rightarrow \text{S}^{2-} \text{ (анјон)}$

При сврзување на натриум со сулфур, за да прими сулфурот два електрони, два атоми од натриум треба да испуштат по еден електрон. Според тоа, формулата на соединението ќе биде Na_2S , а неговото име е натриум сулфид. Образовањето на јонската врска кај Na_2S може да се прикаже шематски со Луисови симболи:

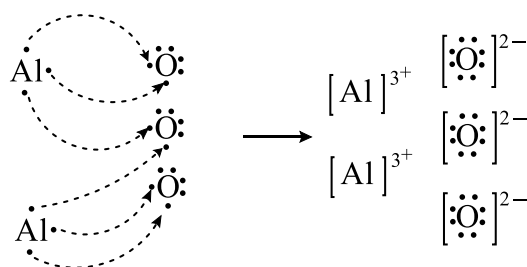


Електростатската привлечна сила што постои помеѓу спротивно наелектризираните јони на натриум (Na^+) и сулфур (S^{2-}) се нарекува јонска врска.

Задача 6

Објасни го образувањето на јонска врска помеѓу алуминиум ($_{13}\text{Al}$) и флуор ($_{9}\text{F}$), во соединението AlF_3 .

Колку е поголема разликата во полнежот на катјонот и анјонот, толку е посилна јонската врска што се образува. Таков е примерот на јонската врска помеѓу алуминиум и кислород. Од нивната електронска конфигурација ($_{13}\text{Al}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$; $_{8}\text{O}$: $1s^2 2s^2 2p^4$) може да се види дека алуминиумот има три валентни електрони, додека кислородот има шест валентни електрони. За да постигне стабилна конфигурација Al ќе ги испушти трите валентни електрони и ќе образува катјон ($\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} \text{ (катјон)} + 3e^-$), додека O ќе прими два електрони и ќе образува анјон ($\text{O} + 2e^- \rightarrow \text{O}^{2-} \text{ (анјон)}$). При сврзувањето на алуминиум со кислород, два атоми на алуминиум ќе испуштат по три електрони (вкупно шест испуштени електрони) кои ќе ги примат трите атоми на кислород (секој кислороден атом ќе прими по два електрони). Според тоа, формулата на образуваното јонско соединение ќе биде Al_2O_3 , а неговото име е алуминиум оксид. Образовањето на јонската врска кај Al_2O_3 може шематски да се прикаже со Луисови симболи на следниов начин:



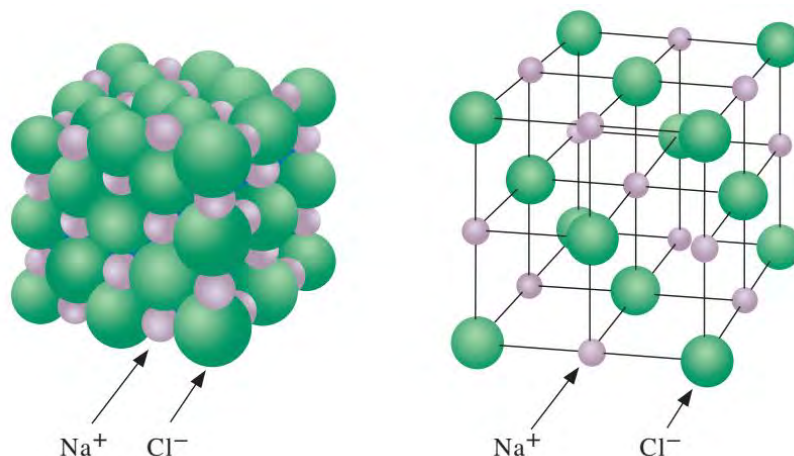
Од примерите на образување на јонска врска, може да се види дека металите испуштаат електрони, неметалите ги примаат електроните и на тој начин постигнуваат стабилна електронска конфигурација од осум електрони во последниот електронски слој.

Јонска кристална решетка

Јонските соединенија како што е натриум хлоридот (NaCl) имаат правилна градба, односно се изградени од јонска кристална решетка. За да се објасни градбата на кристалната решетка се користи поимот елементарна ќелија. **Елементарна ќелија** е најмалата структурна единица што се повторува по определена шема во кристалната решетка. Секој јонски кристал се состои од голем број елементарни ќелии сместени една до друга.

Јонска кристална решетка е кристалната решетка што е образувана од јони.

Во јонската кристална решетка на NaCl околу секој катјон на натриум се наоѓаат шест хлоридни анјони и обратно. Молскиот однос на натриум во однос на хлор е $1 : 1$, како во формулата NaCl . Значи во кристалната решетка на натриум хлорид, катјоните на натриум и анјоните на хлор се наизменично распоредени во три димензии. Во центарот на елементарната ќелија се наоѓа јонот на натриум околу кој се распоредени хлоридните јони, како што е прикажано на слика 3.7.



Слика 3.7. Јонска кристална решетка

Јонските кристали се електронеутрални, тоа значи дека бројот на позитивни полнежи на катјоните е еднаков со бројот на негативни полнежи на анјоните. Во кристалната решетка на натриум хлорид, врската не постои само помеѓу еден натриумов катјон и еден хлориден анјон, секој натриумов катјон во кристалот привлекува шест соседни хлоридни анјони и обратно.

Јонски радиус

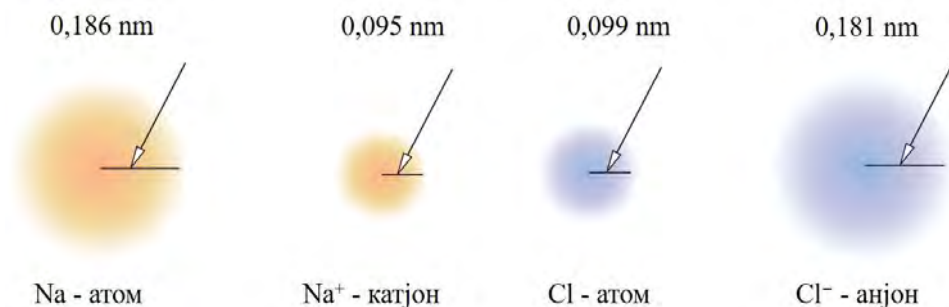
Јонски радиус е растојанието од јадрото до последниот електронски слој на јонот.

Јонскиот радиус се разликува од атомскиот радиус. Притоа катјоните имаат помал јонски радиус во однос на атомите од кои се образувани, додека пак анјоните имаат

поголем јонски радиус во споредба со радиусот на неутралните атоми. Тоа е разбирливо бидејќи катјони се образуваат со испуштање електрони, а анјони со примање електрони. На примерот на натриум, ако ја разгледаме електронската конфигурација на атомот на натриум (${}_{11}\text{Na}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$) и на катјонот Na^+ (${}_{10}\text{Na}^+: 1s^2 2s^2 2p^6$) може да се види дека кај атомот на натриум во електронската обвивка има три електронски слоеви, додека катјонот на натриум има два. Со оглед на тоа што бројот на електронски слоеви е помал кај катјонот на натриум и неговиот јонски радиус ќе биде помал во споредба со атомскиот радиус на натриум. Исто така кај катјонот на натриум, бројот на протони во јадрото (11) е поголем од бројот на електрони (10) во електронската обвивка, поради тоа електроните се посилно привлечени од јадрото и се поблиску до него, што придонесува за намалување на јонскиот радиус. Електроните имаат негативен полнеж и поради тоа позитивно наелектризираното јадро ги првлекува.

Испуштањето на еден или повеќе електрони доведува до намалување на бројот на електронски слоеви во електронската обвивка и намалување на радиусот на катјоните во споредба со неутралните атоми од кои се образувале.

Анјон се образуваат кога атомот ќе прими електрон во последниот електронски слој. Како резултат на тоа бројот на електрони кај анјонот е поголем во однос на неутралниот атом. Од електронската конфигурација на атомот на хлор (${}_{17}\text{Cl}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$) и на анјонот на хлор ($\text{Cl}^-: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$) може да се види дека во третиот електронски слој кај анјонот на хлор бројот на електрони е поголем во споредба со атомот. Примањето на еден или повеќе електрони доведува до зголемување на бројот на електрони во последниот електронски слој, а со тоа се зголемуваат одбивните сили меѓу електроните при што тие се оддалечуваат едни од други. Поради тоа радиусот на анјонот е поголем во споредба со радиусот на неутралниот атом.



Слика 3.8. Атомски и јонски радиус (Na-атом и Na⁺-катјон, Cl-атом и Cl⁻-анјон)

Од сликата може да се види разликата во атомскиот и јонскиот радиус на примерот на атомот на натриум и неговиот катјон, како и атомот на хлор во споредба со неговиот анјон. Вредностите за радиусот се дадени во нанометри ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$). Атомскиот и јонскиот радиус на некои хемиски елементи се дадени во табела 12.

Табела 12. Атомски и јонски радиус на некои атоми на метали и неметали

атоми на метали				атоми на неметали			
атомски радиус*		јонски радиус*		атомски радиус		јонски радиус	
Li	0,152	Li ⁺	0,060	F	0,071	F ⁻	0,136
Na	0,186	Na ⁺	0,095	Cl	0,099	Cl ⁻	0,181
K	0,227	K ⁺	0,133	Br	0,114	Br ⁻	0,195
Mg	0,160	Mg ²⁺	0,065	O	0,074	O ²⁻	0,140
Al	0,143	Al ³⁺	0,050	S	0,103	S ²⁻	0,184

*радиусот на атомите и јоните е даден во pm

3.2. Ковалентна врска – препокривање на орбиталите

Атомите на различни елементи, освен со размена на електрони, може да се сврзат помеѓу себе со споделување на електроните. Притоа размената на електрони се врши помеѓу атом на метал и атом на неметал, додека споделувањето на електрони помеѓу два атома е типично при сврзување на неметалите. Атомите на неметалите, со цел да постигнат стабилна електронска конфигурација од осум електрони во последниот електронски слој, се сврзуваат со хемиска врска која се нарекува ковалентна врска.

Ковалентна врска е хемиска врска што се остварува кај атомите на неметалите со помош на еден или повеќе заеднички електронски парови.

Со образување на еден или повеќе заеднички електронски парови, атомите постигнуваат стабилна конфигурација од два електрони (дует) или осум електрони (октет) во последниот електронски слој. Така на пример, при образување на ковалентна врска, водород се стреми да постигне стабилна електронска конфигурација како благородниот гас хелиум кој има два електрони (дует), додека другите елементи кои се сврзуваат со ковалентна врска постигнуваат стабилна електронска конфигурација од осум електрони (октет) во последниот електронски слој како останатите благородни гасови.

При сврзување на атомите со ковалентна врска се образуваат молекули. Примери на прости супстанции и соединенија изградени од молекули кај кои атомите се сврзани со ковалентна врска се водород (H₂), хлор (Cl₂), хлороводород (HCl), јаглерод диоксид (CO₂), вода (H₂O) и многу други. Со оглед на тоа што бројот на соединенија кај кои атомите се сврзани со ковалентна врска е огромен, ковалентната врска е почесто застапена во споредба со јонската врска.

ВЕЖБИ

Шематско претставување на образувањето на ковалентна врска преку различни примери.

Задача 7

Објасни го образувањето на ковалентната врска кај молекулата на водород (H₂). Определи за каков тип на ковалентна врска станува збор.

РЕШЕНИЕ

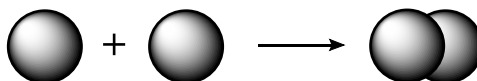
Се бара:

Да се објасни образувањето на ковалентната врска кај молекулата на водород (H₂).

Помеѓу атомите на водород во молекулата на водород (H_2) се образува ковалентна врска. Од електронската конфигурација на водород ($1H: 1s^1$) може да се види дека тој има еден електрон во s-орбиталата. Со цел да постигне стабилна конфигурација како благородниот гас хелиум, водородот ковалентно се сврзува со друг атом на водород. Во образувањето на заедничкиот електронски пар учествуваат двата атоми на водород со по еден електрон, како што е прикажано на шемата со помош на Луисови симболи. Заедничкиот електронски пар помеѓу атомите на водород симболично се прикажува со цртичка.



Образувањето на ковалентна врска може да се објасни преку препокривање на атомските орбитали во кои се сместени валентните електрони. Молекулата на H_2 се образува со препокривање на двете полупополнети s-орбитали.



Слика 3.9. Образување на σ -врска со препокривање на две s-орбитали

Во молекулата на водород, заедничкиот електронски пар е привлечен подеднакво од јадрата на двата атоми. Привлечната сила кој ги држи атомите на водород заедно се нарекува единечна ковалентна врска.

Ковалентната врска која се остварува со еден заеднички електронски пар помеѓу два атоми се нарекува **единечна ковалентна врска**. Единечната врска или **сигма (σ) врска** на поедноставен начин се означува со една цртичка ($H-H$). Една цртичка значи еден заеднички електронски пар. Од примерот на молекулата на водород (H_2) може да се види дека сигма врска се образува со препокривање на две s-орбитали.

Задача 8

Објасни го образувањето на ковалентната врска кај молекулата на флуор (F_2). Определи за каков тип на ковалентна врска станува збор.

ВЕЖБИ

Шематско претставување на образувањето на ковалентна врска преку различни примери.

Задача 9

Објасни го образувањето на ковалентната врска кај молекулата на хлор (Cl_2). Определи за каков тип на ковалентна врска станува збор.

РЕШЕНИЕ

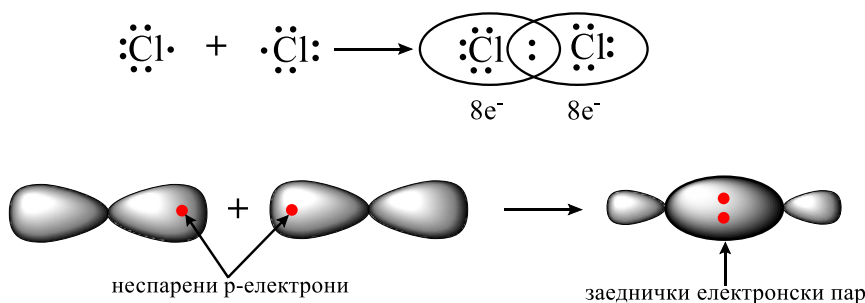
Се бара:

Да се објасни образувањето на ковалентната врска кај молекулата на хлор (Cl_2).

Друг пример за единечна врска е ковалентната врска помеѓу атомите на хлор (Cl) во молекулата на хлор (Cl_2). Од електронската конфигурација на хлор ($17Cl: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$) се гледа дека тој има седум валентни електрони (3s и 3p) од кои шест електрони се спарени. Поради тоа во образување на ковалентна врска, хлорот може да учествува само со неспарениот валентен електрон кој се наоѓа во 3p-орбиталата. Образувањето

на ковалентната врска кај Cl_2 -молекулата може шематски да се прикаже со Луисови симболи.

Со препокривање на двете $3p$ -орбитали се образува молекулата на Cl_2 во која двата атоми на хлор споделуваат еден заеднички електронски пар (единечна ковалентна врска). На тој начин секој атом постигнува стабилна електронска конфигурација од осум електрони во последниот електронски слој. Образувањето на ковалентната врска кај молекулата на хлор може да се прикаже со челно препокривање на p -орбиталите на следниов начин:



Слика 3.10. Образување на σ -врска со челно препокривање на две p -орбитали

Од Луисовиот симбол на хлор може да се види дека шесте валентни електрони (три електронски парови) не учествуваат во образувањето на ковалентната врска во молекулата на хлор. Овие електрони се нарекуваат несврзувачки електрони. Спарените валентни електрони што не учествуваат во образување на ковалентна врска се нарекуваат **несврзувачки електронски парови** (неподелени електронски парови) или **несврзувачки електрони**. Орбиталите во кои се наоѓаат несврзувачките електрони се нарекуваат **несврзувачки орбитали**.

Задача 10

Објасни го образувањето на ковалентната врска кај молекулата на Br_2 . Определи за каков тип на ковалентна врска станува збор.

ВЕЖБИ

Шематско претставување на образувањето на ковалентна врска преку различни примери.

Задача 11

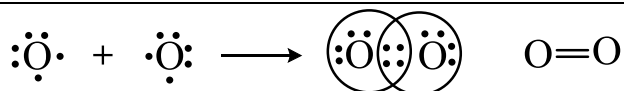
Објасни го образувањето на ковалентната врска кај молекулата на кислород (O_2). Определи за каков тип на ковалентна врска станува збор.

РЕШЕНИЕ

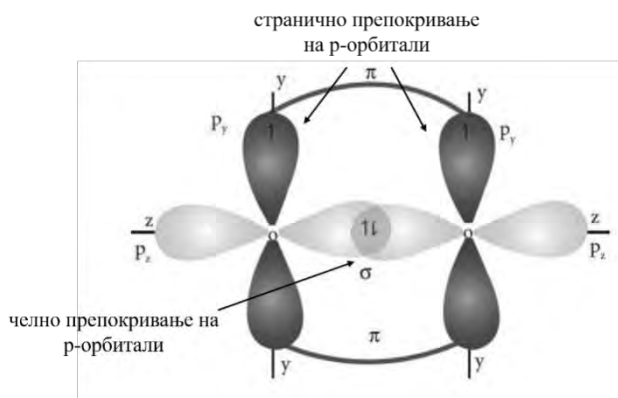
Се бара:

Да се објасни образувањето на ковалентната врска кај молекулата на кислород (O_2).

Молекулата на кислород (O_2) е образувана од два атоми на кислород. Од електронската конфигурација на кислород ($8\text{O}: 1s^2 2s^2 2p^4$) може да се види дека тој има шест валентни електрони. Секој атом на кислород има по два неподелени електронски пара (несврзувачки електрони) и по два неспарени електрони. Во образување на ковалентна врска со други атоми може да учествуваат само неспарените електрони. Поради тоа помеѓу атомите во молекулата на кислород (O_2) се образуваат два заеднички електронски пара, како што е шематски прикажано со помош на Луисови симболи.



Ковалентната врска што се остварува со два заеднички електронски пара се нарекува **двојна врска**. Двојната врска поедноставно се прикажува со две цртички помеѓу двата атоми. Таа е составена од една **сигма (σ) врска** и една **пи (π) врска**. Секогаш прво се образува σ-врска, а потоа π-врска. Притоа σ-врска се образува со челно препокривање на р-орбиталите, додека π-врска се образува со странично препокривање (по должина) на р-орбиталите, како што е прикажано на слика 3.11.



Слика 3.11. Образување на σ-врска и π-врска со препокривање на р-орбиталите кај молекулата на кислород

Задача 12 Објасни го образувањето на ковалентната врска кај молекулата на I₂.

ВЕЖБИ

Шематско претставување на образувањето на ковалентна врска преку различни примери.

Задача 13

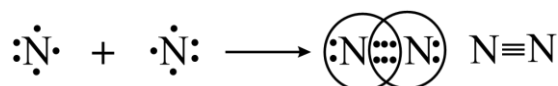
Објасни го образувањето на ковалентната врска кај молекулата на азот (N₂). Определи за каков тип на ковалентна врска станува збор.

РЕШЕНИЕ

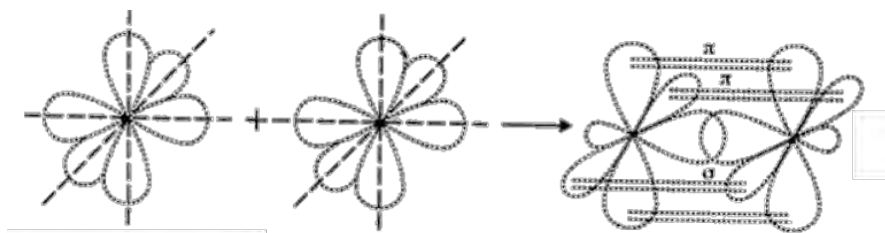
Се бара:

Да се објасни образувањето на ковалентната врска кај молекулата на азот (N₂).

Молекулата на азот (N₂) е образувана од два атоми на азот. Од неговата електронска конфигурација (7N: 1s²2s²2p³) може да се види дека азотот има пет валентни електрони. Секој атом има по еден неподелен електронски пар и по три неспарени електрони. Трите неспарени електрони учествуваат во образување на ковалентна врска со другиот атом на азот. Поради тоа помеѓу атомите на азот во N₂ молекулата се образуваат три заеднички електронски парови, односно тројна врска.



Со препокривање на делумно пополнетите р-орбитали од атомите на азот, се образува една σ-врска и две π-врски при што се образува молекула на азот (слика 3.12).



Слика 3.12. Образување на σ -врска и π -врски со препокривање на p-орбиталите кај молекулата на азот

Ковалентната врска што се остварува со три заеднички електронски парови се нарекува **тројна врска**. Тројната врска е составена од една **сигма (σ) врска** и две **пи (π) врски**.

Задача 14

Објасни го образувањето на ковалентната врска кај молекулата на фосфор P_2 . Определи за каков тип на ковалентна врска станува збор.

Од претходните примери може да се заклучи дека ковалентната врска се образува со споделување на еден, два или три заеднички електронски парови помеѓу два атоми на неметал. Во молекулите како што се H_2 , Cl_2 , O_2 и N_2 , во кои атомите се идентични, заедничките електрони се подеднакво споделени и поминуваат исто време во близина на секој атом. Ваквата ковалентна врска се нарекува **неполарна ковалентна врска**. Ковалентната врска што се остварува помеѓу атоми од ист вид е неполарна ковалентна врска, бидејќи разликата во електронегативноста помеѓу атомите е нула. Неполарна е и ковалентната врска што се остварува помеѓу атомите што имаат слична вредност на електронегативноста, како што се јаглерод и водород во примерот на јаглеводородите (органски соединенија образувани од јаглерод и водород). Вообичаено кога разликата во електронегативноста помеѓу атомите е помала од 0,4, ковалентната врска е неполарна.

Неполарна ковалентна врска се остварува помеѓу атоми од ист вид кај кои разликата во електронегативноста е нула, или помеѓу атоми со слична електронегативност.

Кога помеѓу два атоми постои разлика во електронегативноста, тогаш помеѓу нив се образува ковалентна врска во која заедничките електрони не се наоѓаат на еднакво растојание помеѓу двете јадра. Оваа разлика се јавува затоа што двата атоми не ги привлекуваат подеднакво заедничките електрони од ковалентната врска. Ваквата ковалентната врска се нарекува **поларна ковалентна врска**.

ВЕЖБИ

Шематско претставување на образувањето неполарна ковалентна врска и поларна ковалентна врска преку различни примери.

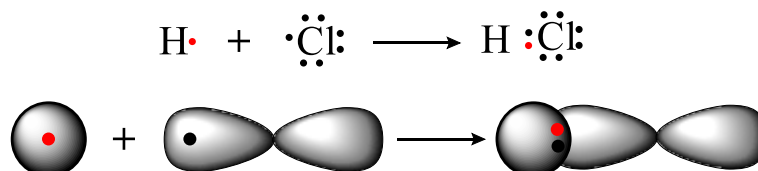
Задача 15

Објасни го образувањето на ковалентната врска кај молекулата на хлороводород (HCl). Определи за каков тип на ковалентна врска станува збор.

РЕШЕНИЕ

Се бара: Да се објасни образувањето на ковалентната врска кај молекулата на хлороводород (HCl).

Молекулата на хлороводород (HCl) е образувана од еден атом на водород и еден атом на хлор. Од електронската конфигурација на водород ($1\text{H}: 1s^1$) и на хлор ($17\text{Cl}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$) може да се види дека на двата атоми им треба само по еден електрон да постигнат стабилна електронска конфигурација. Поради тоа помеѓу нив се образува единечна ковалентна врска со еден заеднички електронски пар. Начинот на кој се образува ковалентната врска кај HCl со Луисови симболи и со препокривање на орбиталите е прикажан на слика 3.13.



Слика 3.13. Образување на σ -врска со препокривање на s-орбиталата од водород и p-орбиталата од хлор кај молекулата на хлороводород

Задача 16

Објасни го образувањето на ковалентната врска кај молекулата на HF. Определи за каков тип на ковалентна врска станува збор.

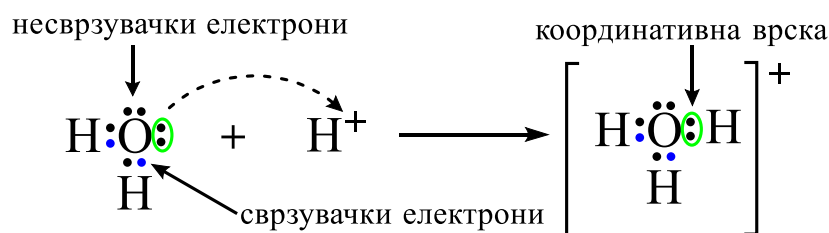


Електронегативноста на хлорот е поголема во споредба со водород. Како резултат на тоа, заедничкиот електронски пар е поместен кон атомот на хлор, кој поради тоа има делумен (парцијален) негативен полнеж, додека атомот на водород има парцијален позитивен полнеж. Парцијалниот полнеж обично се означува со грчката буква делта (δ). Позитивниот парцијален полнеж се означува со $\delta+$, додека негативниот парцијален полнеж се означува со $\delta-$.

Поларна ковалентна врска е врска што се остварува помеѓу атоми од различен вид, кои се разликуваат во електронегативноста. Колку е поголема разликата во електронегативноста, толку е поголема поларноста на врска.

Координативна врска

За разлика од ковалентната врска, координативната врска се остварува со заеднички електронски пар кој го дава на користење едниот атом. Ковалентната врска што се остварува на тој начин што заедничкиот електронски пар потекнува само од едниот атом се нарекува **координативна врска**. Пример за овој тип на врска е образувањето на хидрониум јонот (H_3O^+) од вода (H_2O) и протонот на водород (H^+), како што е прикажано на слика 3.14.



Слика 3.14. Координативна врска

Атомот на кислород во молекулата на вода има два сврзувачи електронски пара од врските што ги образува со водородните атоми, и два несврзувачки електронски пара што не учествуваат во образување на хемиски врски. Врската помеѓу молекулата на вода и водородниот јон (H^+) е координативно-ковалентна врска, затоа што заедничкиот електронски пар потекнува само од атомот на кислородот.

Врската што се образува меѓу металните јони и лигандите во комплексните соединенија е пример за координативно-ковалентна врска. Друг пример за овој тип на врска е врската на железото од хемоглобинот со молекулите на кислород при процесот на дишење.

3.3. Ковалентна врска и структура на молекулите

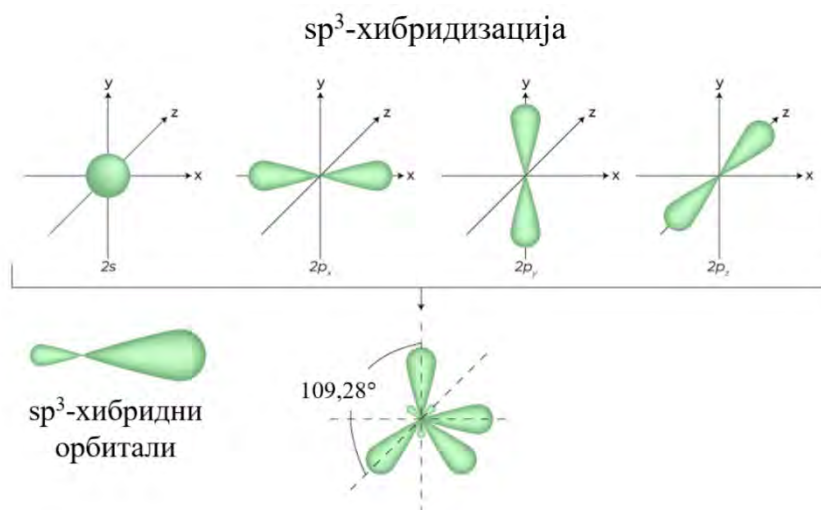
Хибридизација е процес на мешање на атомски орбитали во кој се создаваат нов тип на орбитали наречени хибридни орбитали. При мешање на атомските орбитали се образуваат хибридни орбитали со различна енергија и форма во споредба со атомските орбитали од кои настанале. Хибридизацијата првенствено се изведува со атомски орбитали од ист електронски слој. Меѓутоа, и целосно пополнетите и полуполните орбитали можат да учествуваат во овој процес доколку имаат слична енергија. Кога две атомски орбитали се комбинираат за да се образуваат хибридни орбитали, енергијата на орбиталите на поединечните атоми се прераспределува со цел да се добијат орбитали со иста енергија. Основни карактеристики на хибридизацијата се:

- Хибридизацијата настанува помеѓу атомски орбитали со слична енергија.
- Бројот на формирани хибридни орбитали е еднаков на бројот на атомски орбитали што се мешаат.
- Не е потребно сите орбитали што учествуваат во хибридизацијата да се полупополнети, може да учествуваат и орбитали што се целосно пополнети.
- Хибридизацијата се случува само за време на формирањето на врската.
- Ако е позната хибридизацијата, може да се предвиди структурата на молекулата.

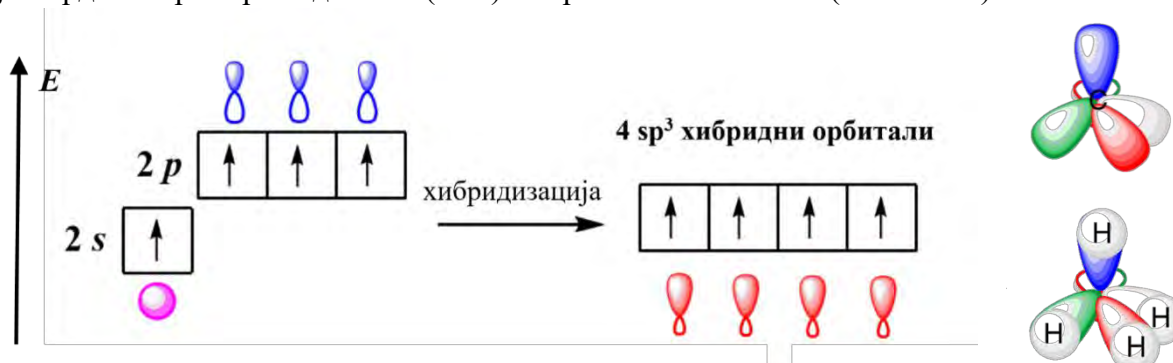
Во зависност од орбиталите што се мешаат, постојат различни типови на хибридизација: sp^3 , sp^2 , sp , dsp^2 , dsp^3 , sp^3d^2 и др.

sp^3 -хибридизација

Со мешање на една s-орбитала и три p-орбитали се образуваат четири нови хибридни орбитали. Хибридизацијата е позната како **sp^3 -хибридизација**, а образуваните орбитали се нарекуваат sp^3 -хибридни орбитали. Тие се насочени кон четирите агли на правилен тетраедар и формираат агол од $109^\circ 28'$ една во однос на друга. Поради тоа sp^3 -хибридизацијата се нарекува уште и тетраедарска хибридизација. Секоја хибридна орбитала има 25 % s-карактер и 75 % p-карактер. sp^3 -хибридните орбитали имаат облик на неправилна осумка, бидејќи се добиени со мешање на s-орбиталата која е сфера и p-орбиталите кои имаат облик на осумка.

Слика 3.15. sp^3 -хибридизација и sp^3 -хибридни орбитали

Алканите се органски соединенија кај кои јаглеродните атоми се sp^3 -хибридизирани. Електронската конфигурација на јаглерод во основна состојба се разликува од неговата електронска конфигурација во возбудена состојба. Во основна состојба, јаглеродот има еден несврзувачки електронски пар (2s-електроните) и два неспарени електрони во р-орбиталата (слика 3.1). Во возбудена состојба, еден електрон од 2s-орбиталата поминува во 2р-орбиталата, притоа се постигнува состојба во која јаглеродниот атом има четири неспарени електрони. sp^3 хибридизацијата и образувањето на хибридните орбитали кај јаглерод на примерот од метан (CH_4) се прикажани на слика (слика 3.16).

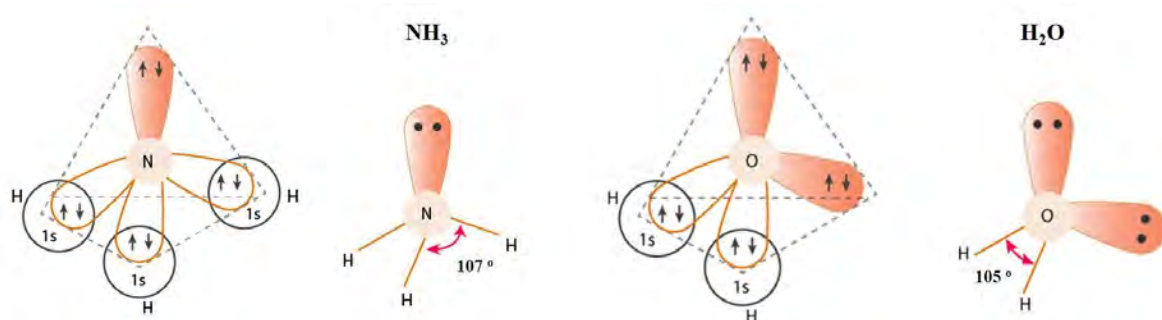
Слика 3.16. sp^3 -хибридизација кај метан (CH_4)

Четириите единечни врски што ги образува јаглеродниот атом со водородните атоми во молекулата на метан се добиваат со препокривање на секоја од sp^3 -хибридните орбитали од јаглерод со s-орбиталата од водород ($1s^1$).

sp^3 -хибридизиран е и атомот на азот во молекулата на амонијак (NH_3). Со мешање на атомските орбитали на азот во кој се сместени валентните електрони ($2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$) се образуваат четири sp^3 -хибридни орбитали. Притоа петте валентни електрони од азотот се распределени во sp^3 -хибридните орбитали на тој начин што се добива еден неподделен електронски пар во една од орбиталите и три неспарени електрони во останатите sp^3 -хибридни орбитали. Трите хибридни орбитали што содржат по еден неспарен електрон се препокриваат со 1s-орбиталите од трите атоми на водород и се

образуваат три единечни N – H врски (слика 3.17). Експериментално добиената вредност за аголот помеѓу врските H – N – H (107°) е блиска до тетраедарскиот агол ($109,5^\circ$).

Со помош на sp^3 -хибридизација може да се објасни образувањето на двете O – H врски во молекулата на вода. Со мешање на атомските орбитали на кислород во кој се сместени валентните електрони ($2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$) се образуваат четири sp^3 -хибридни орбитали. Притоа шесте валентни електрони од кислородот се распределени во sp^3 -хибридните орбитали на тој начин што се добиваат два неподелен електронски пара во двете sp^3 -орбиталите и два неспарени електрони во останатите sp^3 -хибридни орбитали. Притоа хибридните орбитали што содржат по еден неспарен електрон се препокриваат со $1s$ -орбиталите од двата атоми на водород и се образуваат две единечни O – H врски. Експериментално добиената вредност за аголот помеѓу врските H – O – H ($\approx 105^\circ$) е блиска до тетраедарскиот агол ($109,5^\circ$).



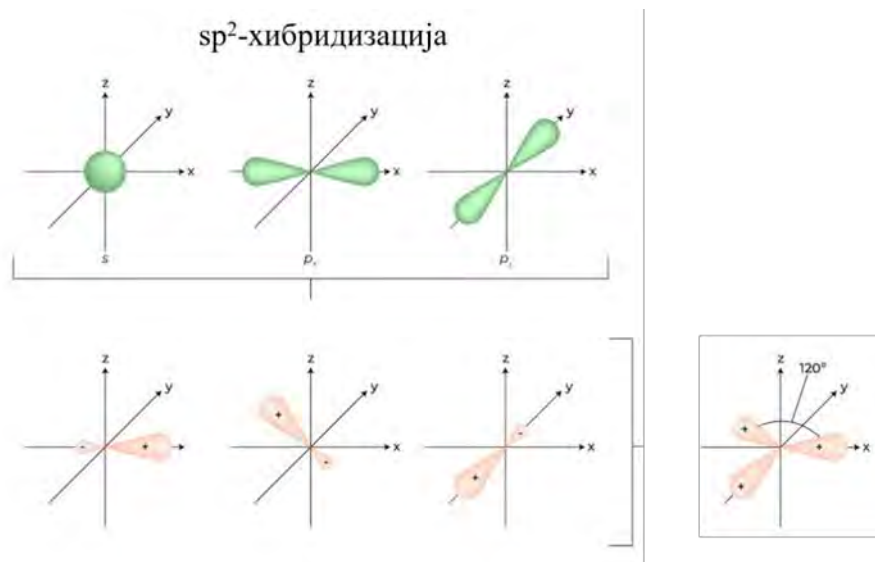
Слика 3.17. sp^3 -хибридизација кај NH_3 и H_2O

Нешто помалата вредност на аглите помеѓу врските во однос на тетраедарскиот агол е резултат на одбивните сили што ги вклучуваат електроните од неподелените електронски парови.

sp^2 -хибридизација

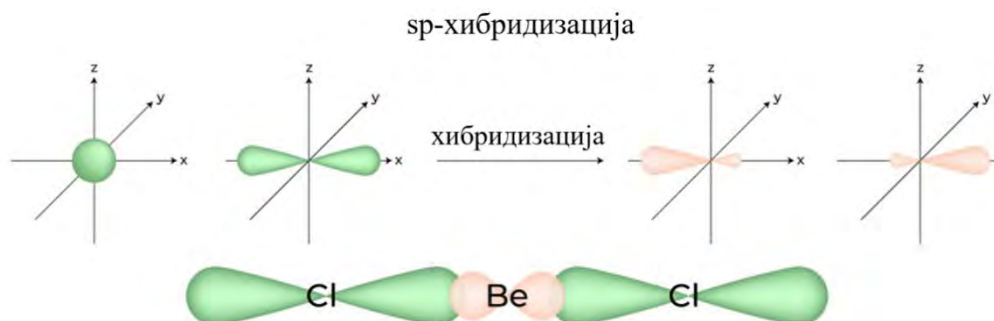
Со мешање на една s -орбитала и две p -орбитали од ист електронски слој се образуваат три sp^2 -хибридни орбитали со иста енергија. Сите три хибридни орбитали се наоѓаат во иста рамнина и формираат агол од 120° една со друга. Поради тоа sp^2 -хибридизацијата е позната и како тригонална хибридизација. Секоја формирана хибридна орбитала има 33,33 % s -карактер и 66,66 % p -карактер. Молекулите со триаголна хибридизација имаат еден централен атом кој е поврзан со три други атоми (слика 3.18).

Соединенијата на бор (на пример BH_3) се примери каде што се јавува sp^2 -хибридизација. Борот образува три единечни врски со водородните атоми со препокривање на sp^2 -хибридните орбитали со s -орбиталата од секој водороден атом. Јаглеродните атоми во органските соединенија што се sp^2 -хибридизирани, помеѓу себе се поврзуваат со двојна врска.

Слика 3.18. sp^2 -хибридизација и sp^2 -хибридни орбитали

sp -хибридизација

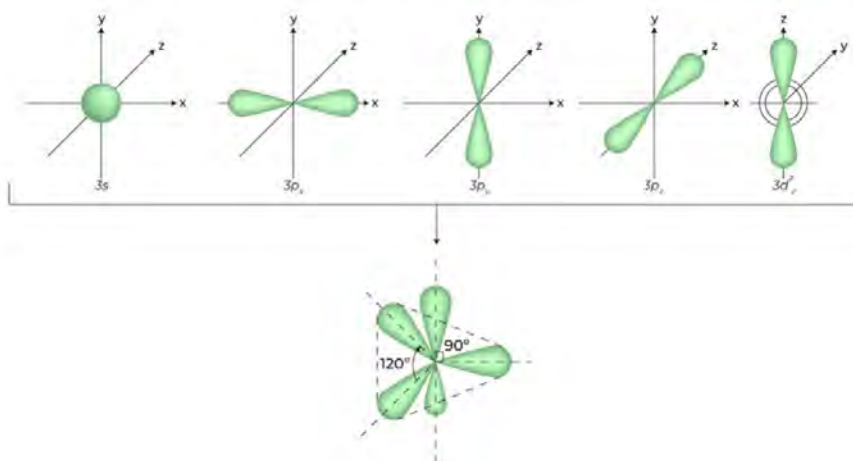
При sp -хибридизација се мешаат една s - и една p -орбитала и се образуваат две нови sp -хибридни орбитали (слика 3.19). Молекулите кај кои се јавува овој тип на хибридизација се линеарни т.е. кај нив хемиските врски се под агол од 180° . Поради тоа sp -хибридизацијата е позната како дигонална или линеарна хибридизација. Секоја sp -хибридна орбитала има 50 % s -карактер и 50 % p -карактер. sp -хибридизација се јавува кај соединенијата на берилиум, како што се BeF_2 , BeH_2 и $BeCl_2$.

Слика 3.19. sp -хибридизација кај $BeCl_2$

sp -хибридизација исто така се јавува кај јаглеродните атоми кај органските соединенија. Притоа кога е присутен овој тип на хибридизација помеѓу јаглеродните атоми се образува тројна врска.

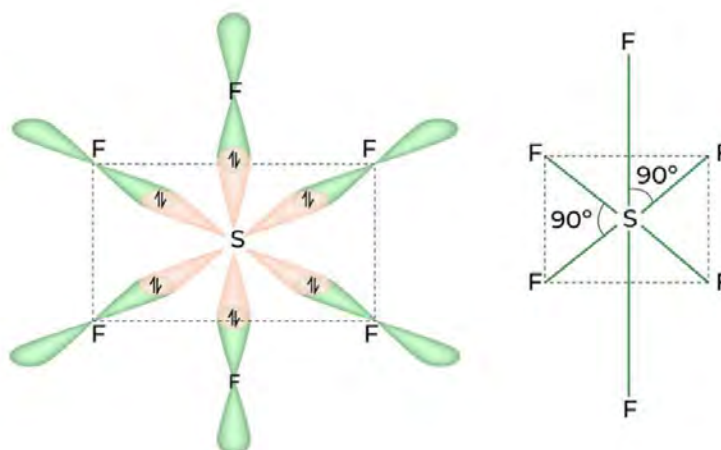
dsp^3 -хибридизација

Хибридизација на фосфор во фосфор пентахлорид (PCl_5) е dsp^3 -хибридизација (слика 3.20). Со мешање на $3s$ -орбиталата, $3p$ -орбиталите и една $3d$ -орбитала, се образуваат пет dsp^3 -хибридни орбитали со еднаква енергија и тригонална бипирамидална геометрија. Три од dsp^3 -орбиталите се ориентирани под агол од 120° и лежат во хоризонталната рамнина (екваторијални орбитали), а две dsp^3 -хибридни орбитали (аксијални орбитали), лежат во вертикалната рамнина под агол од 90° во однос на екваторијалните орбитали.

Слика 3.20. sp^3d -хибридизација кај PCl_5

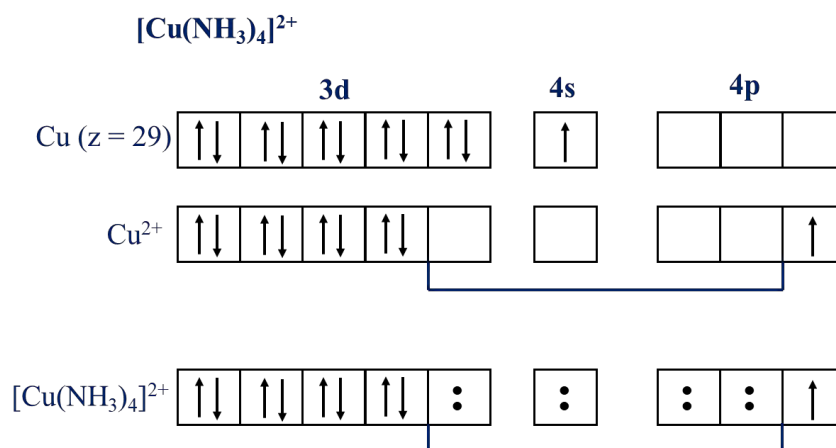
sp^3d^2 -хибридизација

Со мешање на една s-орбитала, три p-орбитали и две d-орбитали се образуваат шест идентични sp^3d^2 -хибридни орбитали, хибридизацијата се нарекува sp^3d^2 -хибридизација (слика 3.21). Овие шест орбитали се ориентирани кон аглиите на октаедар и се наоѓаат една во однос на друга под агол од 90° , како што е прикажано на примерот од SF_6 .

Слика 3.21. sp^3d^2 -хибридизација и кај SF_6

dsp^2 -хибридизација

Со мешање на една s-орбитала, две p-орбитали и една d-орбитала се образуваат четири dsp^2 -хибридни орбитали, а хибридизацијата се нарекува dsp^2 -хибридизација и има квадратно-планарна геометрија. dsp^2 -хибридизацијата се сретнува кај комплексните соединенија, при образување на врските помеѓу централниот јон и лигандите. Така, кај комплексниот јон $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$, азотот од лигандите (амонијак, NH_3) има несврзувачки електронски пар кој е вклучен во образувањето на врските со хибридните орбитали од металот (слика 3.22).



Слика 3.22. dsp^2 -хибридизација кај комплексниот јон $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$

dsp^2 хибридизацијата кај комплексниот јон $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ е како резултат на мешање на една 4s-орбитала, две 4p-орбитали и една 3d-орбитала од централниот јон (бакар).

3.4. Меѓумолекулски интеракции и градбата и својствата на гасовите, течностите и цврстите супстанции

Атомите на неметалите се сврзуваат помеѓу себе со ковалентна врска, додека пак хемиската врска помеѓу атом на метал и атом на неметал е јонска врска. Со ковалентна и јонска врска се образуваат молекули и јони. Помеѓу молекулите и јоните исто така постојат привлечни сили наречени меѓумолекулски интеракции. Меѓумолекулските интеракции се многу послаби во споредба со хемиските врски.

Меѓумолекулски интеракции

Меѓумолекулските интеракции се привлечни сили што се јавуваат помеѓу молекулите (атомите или јоните). Тие влијаат на физичките и на хемиските својства на супстанците. Еден пример е температурата на вриење која е пропорционална со јачината на меѓумолекулските интеракции. Кај супстанците кај кои се посилен меѓумолекулските интеракции, повисока ќе биде температурата на вриење.

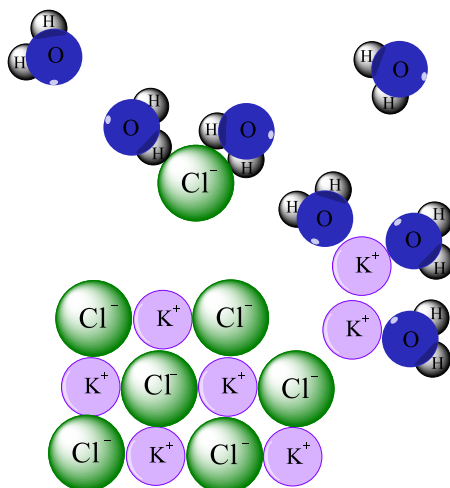
Меѓумолекулски интеракции се:

- ① јон-јон интеракциите;
- ② јон-дипол интеракциите;
- ③ Вандервалсовските сили.

Јон-јон интеракцијата е електростатска привлечна сила која се нарекува јонска врска. Овој тип на интеракција е присутна кај јонските соединенија.

Јон-дипол интеракции се привлечни сили кои постојат помеѓу јоните (катјони и анјони) и поларните молекули. Дипол е всушност поларна молекула. Ковалентната врска помеѓу кислород и водород во молекулата на вода е поларна, бидејќи кислородот е поелектронегативен од водородот и го привлекува заедничкиот електронски пар кон себе. Поради присуството на две поларни врски во молекулата на вода и како резултат на нејзината геометрија, молекулата на вода е поларна. Во поларната молекула, атомот

на кислород има парцијален негативен полнеж (δ^-), додека атомот на водород има парцијален позитивен полнеж (δ^+). Диполите покажуваат електростатски интеракции бидејќи парцијално негативниот дел од молекулата е привлечен од позитивни полнежи, а парцијално позитивниот дел од молекулата е привлечен од негативни полнежи. Кога калиум хлорид (KCl) ќе се раствори во вода, тој дисоцира на јони (K^+ и Cl^-). Калиумовите јони стапуваат во интеракција со негативниот дел од поларните молекули на вода, додека хлоридните јони се привлечени од парцијално позитивниот дел од молекулата на вода. Како резултат на тоа постојат два типа на јон-дипол интеракции, катјон-дипол интеракции и анјон-дипол интеракции.



Слика 3.23. Јон-дипол интеракција

Јон-дипол интеракциите помеѓу јоните на калиум и хлор (K^+ и Cl^-) со водата е пример за хидратација. Јоните кои се опкружени со молекули вода се нарекуваат хидратизирани јони. Јачината на јон-дипол интеракциите зависи од полнежот на јоните и нивниот радиус, како и од големината на диполниот момент кој е мерка за поларноста на диполот.

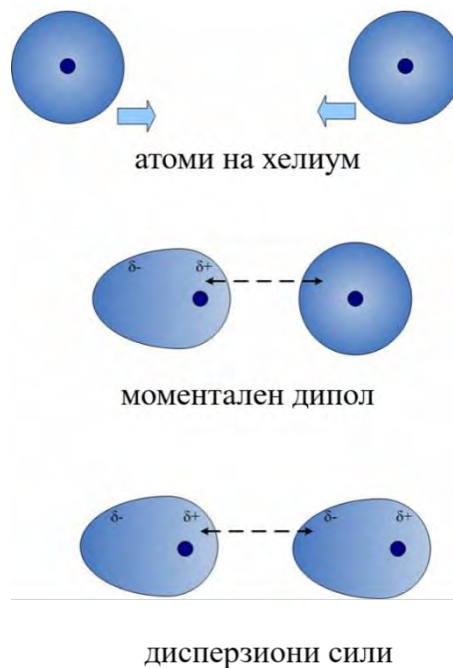
Во групата на Вандервалсовски интеракции спаѓаат:

- ① Лондоновските сили (дисперзиони сили);
- ② дипол-дипол интеракциите;
- ③ водородната врска.

Овие меѓумолекулски интеракции се разликуваат според јачината. Името го добиле во чест на холандскиот физичар Ван дер Валс (Johannes van der Waals, 1837 – 1923).

Лондоновски сили се слаби меѓумолекулски интеракции кои може да се јават кај сите молекули, атоми или јони, но се единствени интеракции што постојат помеѓу атомите и неполярните молекули. Ако се доближи јон или поларна молекула до некој атом или неполярна молекула, распоредот на електроните во атомот или неполярната молекула ќе се наруши и како резултат на тоа настанува индуциран дипол. **Индуциран дипол** е диполот што настанува кај неполярни супстанции во присуство на јони или поларни молекули. Привлечната сила помеѓу јонот и индуцираниот дипол се нарекува **јон-индуциран дипол**, додека помеѓу поларната молекула и индуцираниот дипол се нарекува **дипол-индуциран дипол**.

Ако го разгледаме атомот на хелиум (благороден гас), тој има целосно пополнет втор електронски слој и не образува врски со другите атоми. Меѓутоа, во даден момент може да дојде до промена на положбата на електронскиот облак и како резултат на тоа настанува таканаречен *моментален дипол* или *променлив дипол*, кој постои само неколку делови од секунда. Како резултат на моменталниот дипол на едниот крај атомот на хелиум ќе има слаб парцијален позитивен полнеж, а на другиот крај парцијалниот полнеж ќе биде негативен. Моменталниот дипол од еден атом индуцира дипол кај друг атом кај кој се образува индуциран дипол. Меѓутоа состојбата постојано се менува. Меѓумолекулските интеракции помеѓу моменталните диполи се нарекуваат дисперзиони сили. Станува збор за Лондоновски или дисперзиони сили. **Дисперзиони сили се привлечни сили што се јавуваат помеѓу променливи диполи и индуцирани диполи во атомите или молекулите.** Овие интеракции

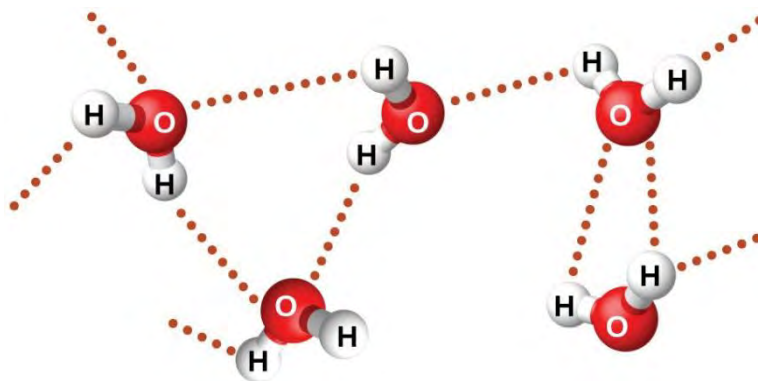


Слика 3.24. Лондоновски сили

се многу послаби и краткотрајни во споредба со интеракциите меѓу поларните молекули, но сепак постојат и можат да се измерат. На ниска температура, кога движењето на атомите на хелиум е забавено, дисперзионите сили се доволно силни за да ги држат атомите поблиску, притоа хелиумот кондензира. Дисперзионите сили се единствен вид интеракции што постојат кај моноатомските супстанции и кај неполарните молекули. Со лондоновски сили се привлекуваат молекулите на водород, кислород, метан, јаглерод диоксид и др. Кај поголеми молекули како што се јаглеводородите, дисперзионите сили се значително посилни, бидејќи нивната молекулска маса е поголема.

Дипол-дипол интеракции се привлечни сили што се јавуваат помеѓу две поларни молекули. Притоа привлечна сила постои помеѓу позитивно парцијалниот полнеж од едната молекула со негативно парцијалниот полнеж од другата молекула. Овој тип на интеракции постојат помеѓу поларните молекули на вода. Дипол-дипол интеракциите помеѓу молекулите на вода се нарекуваат **водородни врски**. Водородна врска е посебен вид на дипол-дипол интеракција што се јавува помеѓу водородните атоми од поларни молекули (HF , H_2O , NH_3 и др.) и електронегативни атоми (F , N , O) што имаат еден или повеќе несврзувачки електронски парови. Бидејќи јачината на водородната врска е голема, таа има влијание врз структурата и својствата на голем број соединенија.

Како резултат на водородните врски помеѓу молекулите на вода, водата при обични услови (собна температура и атмосферски притисок) е во течна агрегатна состојба. Со загревање водата испарува, бидејќи се раскинуваат водородните врски помеѓу молекулите. Бројот на водородни врски што може да ги образува една молекула вода е четири. На слика 3.25, водородната врска е прикажана со точки.

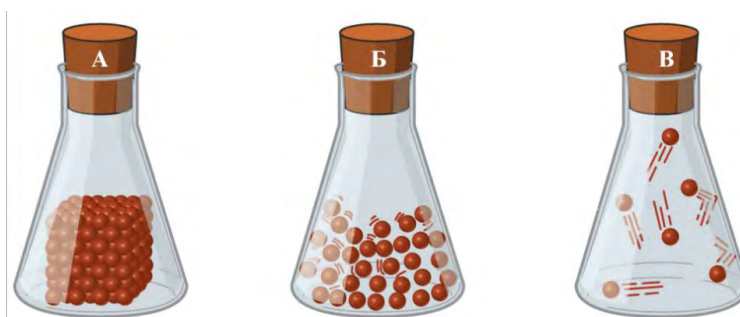


Слика 3.25. Дипол-дипол интеракција (водородна врска)

Водата исто така образува водородни врски и со други поларни молекули, поради тоа таа е универзален растворувач во кој може да се растворат голем број на јонски и ковалентни соединенија.

Градба и својства на гасовите, течностите и цврстите супстанции

Познато е дека супстанците постојат во три агрегатни состојби, цврста, течна и гасовита. Гасовите, течностите и цврстите супстанции се разликуваат според градбата и според својствата. Меѓумолекулските интеракции најмногу се изразени кај цврстите супстанции, потоа кај течностите, а најслаби се кај гасовите. Интеракциите помеѓу молекулите може да влијаат и врз промената на агрегатната состојба на супстанците.



Слика 3.26. Цврсти супстанции (А), течности (Б) и гасови (В)

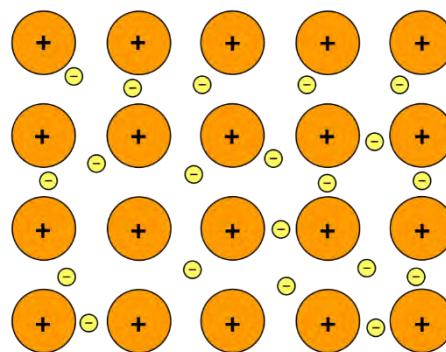
Гасовите се изградени од молекули што се движат слободно во сите правци и го исполнуваат целиот простор што им е на располагање. Поради тоа тие немаат определена форма и волумен. Градбени единици кај нив може да бидат атоми или молекули. Меѓумолекулските интеракции кај гасовите се слаби, поради тоа нивните молекули слободно се движат и се наоѓаат на поголемо растојание. Поради оваа карактеристика, гасовите може лесно да се компримираат, при што се менува нивната агрегатна состојба од гасовита во течна. Кај гасовите изградени од поларни молекули постојат дипол-дипол интеракции, додека кај гасовите изградени од неполарни молекули (што е почесто) се јавуваат Лондоновски дисперзни сили.

Течностите имаат постојан волумен, но немаат сопствена форма, туку ја зафаќаат формата на садот во кој се наоѓаат. Меѓумолекулските интеракции кај течностите се посилни во споредба со гасовите и нивните молекули се поблиску една до друга. Поради тоа течностите потешко се компримираат. Молекулите кај течностите се поблиску една до друга во споредба со гасовите, но не толку блиску како кај цврстите супстанции. Поради тоа молекулите кај течностите може полесно да се движат и да се мешаат една со друга. Кај течностите главно преовладуваат дипол-дипол интеракциите и водородната врска

Супстанците во **цврста агрегатна состојба** имаат правилна градба, дефиниран облик и форма. Градбените единки кај цврстите супстанции се правилно распоредени и блиску една до друга, поради тоа тие не можат слободно да се движат, само вибрираат. Кај цврстите супстанции постојат силни меѓумолекулски интеракции, и затоа тие имаат правилна форма. Покрај ова, компримирањето на цврстите супстанции е многу тешко, бидејќи просторот помеѓу градбените единки е веќе многу помал. Значи, градбените единки на цврстите супстанции се привлекуваат со силни привлечни сили помеѓу нив. Притоа тие можат да се распоредат на два начини. Едниот начин е да формираат тродимензионална структура што правилно се повторува, наречена **кристална решетка**, притоа се образува **кристална цврста супстанца**. Другиот начин е да се распоредат без правилен редослед, во тој случај градбените единки формираат **аморфна цврста супстанца** (од грчкиот збор *ámorphos*, што значи „без форма“). Многу полимери се пример за аморфни цврсти супстанции. Други примери на аморфни цврсти супстанции се стакло, гелови и различни наноматеријали.

Кристални цврсти супстанции се *цврстите супстанции што имаат правилен распоред на нивните честички (атоми, јони и молекули)*. Кристалните цврсти супстанции може дополнително да се класифицираат на ковалентни (атомски) кристали, молекулски кристали, јонски кристали и метални кристали. Овие кристални супстанции имаат различни градбени единки, а се разликуваат и според привлечните сили што ги држат овие честички заедно.

Еден пример за метален кристал е бакарната жица. Бакарната жица се карактеризира со голема густина, висока температура на топење, таа е добар спроводник на топлина и електричество, еластична е, може лесно да се витка, и има метален сјај. Металните кристали се образувани од атоми што лесно ги испуштаат валентните електрони и образуваат позитивно наелектризирани јони или катјони. Електроните што ги испуштаат атомите од металите се распоредени низ целата кристална решетка. На тој начин се добива кристална структура



Слика 3.27. Метална врска

во која катјоните се правилно распоредени и се опкружени од електроните кои се движат низ целиот кристал. Кристалот е стабилен како резултат на електростатската привлечна сила што постои помеѓу катјоните од металот и валентните електрони. Оваа привлечна

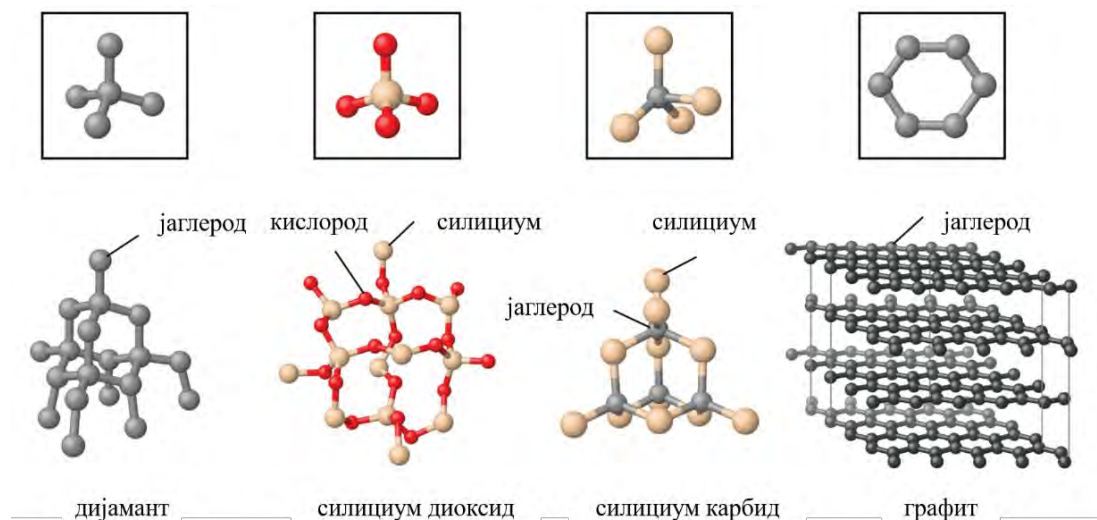
сила се нарекува **метална врска**. Ваквиот начин на интеракција помеѓу катјоните и валентните електрони влијае врз својствата на металите. Атомите кај металните кристали се наоѓаат многу блиску еден до друг и поради тоа металите се карактеризираат со голема густина. Привлечната сила помеѓу јоните и електроните е причина за високата температура на топење на металите. Електроните лесно се движат низ целиот кристал и поради тоа металите се добри спроводници на електричество. Исто така додека се движат електроните низ кристалот лесно се судираат едни со други, при судирот нивната кинетичка енергија се претвора во топлинска и поради тоа металите се добри спроводници на топлина.

Јонските кристали се изградени од јони. Кристалната решетка на јонските кристали е изградена од катјони и анјони што се привлекуваат со електростатската сила наречена јонска врска. Катјоните во кристалот се опкужени со анјони и обратно, анјоните се опкружени со катјони. Поради тоа станува збор за силна електростатска интеракција помеѓу јоните како резултат на која јонските кристали се наоѓаат во цврста агрегатна состојба и имаат висока температура на топење. Пример за јонски кристал е натриум хлоридот чија градба е објаснета кај делот јонска врска. Енергијата која е потребна за раскинување на јонската врска зависи од полнежот на јоните. Така на пример, привлечната сила помеѓу Mg^{2+} и O^{2-} кај MgO е посилна во споредба со привлечната сила помеѓу Na^{+} и Cl^{-} кај $NaCl$. Друг фактор е големината на јоните, односно јонскиот радиус. Привлечната сила е помала кај поголемите јони во споредба со јоните со помал јонски радиус. Јонските супстанции може да спроведуваат електричество во раствор или во растоп. Во таква состојба јоните може лесно да се движат и да спроведуваат електричество. Во цврста состојба јонските соединенија не спроведуваат електричество, бидејќи јоните се во фиксна положба, односно не може да се движат. Јонските супстанции се лесно кршливи и под дејство на сила јонскиот кристал се крши на ситни кристалчиња.

Молекулските кристали се изградени од молекули кои помеѓу себе се привлекуваат со со релативно слаби меѓумолекулски интеракции од типот дипол-дипол (вклучувајќи и водородна врска) кај поларните кристали и дисперзиони сили кај неполарните кристали. Поради слабите меѓумолекулски интеракции кои лесно може да се раскинат, молекулските кристали се топат на релативно ниска температура, кршливи се, а некои од нив сублимираат. Валентните електрони од молекулските супстанции главно учествуваат во хемиското сврзување па поради тоа не можат да се движат низ кристалната структура. Тоа е причината поради која молекулските кристали не спроведуваат електричество, а исто така се и слаби спроводници на топлина. Примери за молекулски кристали се мраз, јод, сулфур, нафтелен и др.

Ковалентните кристали се образувани од атоми. Кај овие кристали секој атом е сврзан со соседниот атом во кристалот со ковалентна врска. Поради тоа ковалентните кристали се нарекуваат и **атомски кристали**. Атомските кристали може да бидат изградени од еден тип атоми каков што е примерот со дијамант и графит кои се изградени само од атоми на јаглерод. Исто така атомскиот кристал може да биде изграден и од различни атоми, како што е примерот со силициум диоксид (SiO_2) кој е

изграден од силициум и кислород или силициум карбид (SiC , карборундум), кој е изграден од силициум и јаглерод (слика 3.28).



Слика 3.28. Примери на ковалентни кристали

Валентните електрони од атомите во ковалентниот кристал се користат за да се образуваат ковалентни врски. Поради тоа единствен вид на привлечна сила што постои помеѓу атомите во кристалот е ковалентната врска. Бидејќи за раскинување на ковалентната врска е потребно многу енергија, повеќето ковалентните кристали имаат висока температура на топење и голема тврдина. Соединенијата изградени од ковалентни кристали се слабо растворливи или нерастворливи во вода, главно поради големината на молекулите. Дијамантот кој е ковалентен кристал е супстанца со многу голема тврдина и висока температура на топење. Кај дијамантот секој јаглероден атом е поврзан со четири соседни јаглеродни атоми со ковалентни врски во облик на тетраедар. Ваквата структура се повторува низ ковалентниот кристал на дијамант. Сите валентни електрони од јаглерод кај дијамантот се користат за образување на ковалентните врски. Поради тоа дијамантот нема делокализирани електрони и е слаб спроводник на топлина и електричество.

Графитот (алотропска модификација на јаглерод) исто како и дијамантот е изграден од јаглеродни атоми, но има различна структура. За разлика од дијамантот графитот е добар спроводник на електричество, што покажува дека кај него има наелектризирани честички (електрони) што се движат низ кристалот. Кај графитот еден јаглероден атом е поврзан само со три јаглеродни атоми. Јаглеродниот атом има четири валентни електрони со кои може да образува четири ковалентни врски, како што е примерот кај дијамант, но тој кај графитот образува само три ковалентни врски, а четвртиот електрон е слободен. Тој може слободно да се движи овозможувајќи му на графитот да спроведува електричество. Графитот има слоевата структура, тој е изграден од слоеви помеѓу кои има слаби меѓумолекулски сили. Во рамките на секој слој јаглеродните атоми образуваат прстени од по шест јаглеродни атоми. Под дејство на надворешен притисок, слоевите лесно може да се движат еден во однос на друг. Поради тоа графитот е мек и меѓу другото тој се користи во моливите, со кои лесно може да се пишува на хартија.

РЕЗИМЕ

Хемиска врска е привлечната сила што ги држи заедно различните граѓбени единици (атом, јони, итн.).

Катјон е позитивно наелектризиран јон.

Анјон е негативно наелектризиран јон.

Јонска врска е електростатичката привлечна сила што ги држи заедно јоните образувани од метал (катјони) и јоните образувани од неметал (анјони) во јонските соединенија.

Едноатомски јони се нарекуваат јоните што се образувани од еден атом.

Елементарна ќелија е најмалата структурна единица што се повторува по определена шема во кристалната решетка.

Јонска кристална решетка е кристалната решетка што е образувана од јони.

Јонски радиус е растојанието од јадрото до последниот електронски слој на јонот.

Ковалентна врска е хемиска врска што се остварува кај атомите на неметалите со помош на еден или повеќе заеднички електронски парови.

Единечна ковалентна врска или **сигма (σ)** е ковалентната врска која се остварува со еден заеднички електронски пар помеѓу два атоми.

Несврзувачки електронски парови (неподелени електронски парови) се спарените валентни електрони што не учествуваат во образување на ковалентна врска.

Несврзувачки орбитали се орбиталите во кои се наоѓаат несврзувачките електрони.

Двојна врска е ковалентната врска што се остварува со два заеднички електронски пара.

Тројна врска е ковалентната врска што се остварува со три заеднички електронски пара.

Неполарна ковалентна врска се остварува помеѓу атоми од ист вид кај кои разликата во електронегативноста е нула, или помеѓу атоми со слична електронегативност.

Поларна ковалентна врска е врска што се остварува помеѓу атоми од различен вид, кои се разликуваат во електронегативноста.

Координативна врска е ковалентната врска што се остварува на тој начин што заедничкиот електронски пар потекнува само од едниот атом.

Хибридизација е процес на мешање на атомски орбитали во кој се создаваат нов тип на орбитали наречени хибридни орбитали.

Јон-дипол интеракции се привлечни сили кои постојат помеѓу јоните (катјони и анјони) и поларните молекули.

Индукциран дипол е диполот што настанува кај неполарни супстанции во присуство на јони или поларни молекули.

Лондоновски сили или **дисперзни сили** се привлечни сили што се јавуваат помеѓу променливи диполи и индуцирани диполи во атомите или молекулите.

Дипол-дипол интеракции се привлечни сили што се јавуваат помеѓу две поларни молекули.

Водородни врски се дипол-дипол интеракциите помеѓу молекулите на вода.

Гасовите се изградени од молекули што слободно се движат во сите правци и го исполнуваат целиот простор што им е на располагање.

Течностите имаат постојан волумен, но немаат сопствена форма, туку ја зафаќаат формата на садот во кој се наоѓаат.

Цврстите супстанции имаат правилна градба, дефиниран облик и форма.

Кристални цврсти супстанции се цврстите супстанции што имаат правилен распоред на нивните честички (атоми, јони и молекули).

Аморфни цврсти супстанции се супстанциите кај кои честичките се распоредени без правилен редослед.

Метална врска е електростатската привлечна сила што постои помеѓу катјоните од металот и валентните електрони.

Јонските кристали се изградени од јони. Кристалната решетка на јонските кристали е изградена од катјони и анјони што се привлекуваат со електростатската сила наречена јонска врска.

Молекулските кристали се изградени од молекули кои помеѓу себе се привлекуваат со со релативно слаби меѓумолекулски интеракции од типот дипол-дипол (вклучувајќи и водородна врска) кај поларните кристали и дисперзионии сили кај неполарните кристали.

Ковалентните кристали се образувани од атоми. Кај овие кристали секој атом е сврзан со соседниот атом во кристалот со ковалентна врска.

ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

- 1) Што значи стабилна електронска конфигурација? Дали елементите во периодниот систем имаат стабилна електронска конфигурација? Објасни.
- 2) Дали сите елементи од периодниот систем постигнуваат стабилна електронска конфигурација како инертниот гас аргон? Објасни.
- 3) На кој начин елементите можат да постигнат стабилна електронска конфигурација?
- 4) Напиши ги Луисовите симболи за елементите: Са, Al, F и Р.
- 5) Зошто металите образуваат катјони, а неметалите анјони?
- 6) Дали јонска врска се остварува само помеѓу метал и неметал? Објасни зошто.
- 7) Кој тип на хемиска врска очекуваш да се образува помеѓу:
 - а) калиум и и хлор
 - б) јаглерод и кислород
 - в) азот и кислород
 - г) алуминиум и флуор
- 8) Напиши ја електронската конфигурација на арсен ($_{33}\text{As}$) и определи колку електрони има во секој електронски слој, кои електрони се валентни, во која група и периода се наоѓа во периодниот систем. Дали As има стабилна електронска конфигурација? Ако нема, како може да постигне?
- 9) За кој катјон електронската конфигурација во последниот електронски слој ќе биде $3s^2 3p^6$? Дали само еден катјон ја има оваа електронска конфигурација?
- 10) Објасни како се образува јонската врска помеѓу магензиум и фосфор. Дали бројот на испуштени и примени електрони ќе биде еднаков? Која ќе биде формулата и името на соединението?
- 11) Напиши ја електронската конфигурација на: N^{3-} , Al^{3+} , Ba^{2+} и Br^- .
- 12) Напиши ги Луисовите симболи за јоните во соединението Ca_3N_2 .
- 13) Спореди го атомскиот и јонскиот радиус на Mg и Mg^{2+} . Дали можеш да најдеш колку изнесува нивната вредност?
- 14) Зошто анјоните имаат поголем јонски радиус од атомите од кои настанале? Објасни.
- 15) Кај кое соединение јонската врска ќе биде посилна: Ca_3N_2 или LiF? Објасни.
- 16) Формулата на натриум хлорид е NaCl. Дали тоа значи дека во неговата кристална решетка има само еден атом на натриум и еден на хлор? Дали кристалната решетка е образувана од атоми? Објасни.
- 17) Колку електрони се споделуваат помеѓу два атоми во единечна врска, двојна врска и тројна врска?
- 18) Која е разликата помеѓу двојна врска и π -врска? Објасни.
- 19) Од кои врски е образувана тројната врска? Објасни преку пример.
- 20) Која е разликата помеѓу ковалентна врска и координативно-ковалентна врска?
- 21) Дали може да објасниш како настануваат врските кај амониум хлорид (NH_4Cl)? За кој тип на хемиски врски станува збор?
- 22) Кои орбитали и на кој начин се препокриваат при образување на σ -врската?
- 23) Дали со препокривање на p-орбитали се образува π -врска? Дали е сеедно на кој начин ќе се препокријат орбиталите?
- 24) Кој од следниве p-елементи има несврзувачки електрони, К или Р? Објасни.

-
- 25) Објасни како се образува врската кај NH_3 и HF ? За каков тип на ковалентна врска станува збор?
- 26) Објасни ја структурата на соединението $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ ако знаеш дека двата јаглеродни атоми се sp^2 -хибридизирани?
- 27) Кај молекулата на вода има sp^3 -хибридизација. Атомите што се sp^3 -хибридизирани образуваат четири единечни врски, а кај молекулата на вода има само две единечни О-Н врски. Како може тоа да се објасни?
- 28) Дали јон-јон интеракциите се Вандервалсовски интеракции? Објасни.
- 29) Со растворање на натриум хлоридот (NaCl) во вода се образуваат натриумови (Na^+) и хлоридни (Cl^-) јони во растворот? Кој тип на интеракции ќе постојат помеѓу јоните и молекулите на вода? Објасни.
- 30) Како настанува индуциран дипол?
- 31) Во кој тип меѓумолекулски интеракции спаѓа водородната врска? Објасни како се образува помеѓу молекулите вода? Дали помеѓу неполярни молекули може да се образуваат водородни врски?
- 32) Кои меѓумолекулски интеракции се карактеристични за неполярните молекули?
- 33) Дали метална врска постои кај ковалентните кристали што се образувани од атоми? Објасни.
- 34) Објасни ја металната врска на примерот на магнезиум?
- 35) Дали јонските супстанции кога се во цврста агрегатна ќе спроведуваат електричество?

МОДУЛАРНА ЕДИНИЦА 4**РАМНОТЕЖИ ВО РАСТВОРИ ОД ЕЛЕКТРОЛИТИ****Цели на учењето**

Со модуларната единица рамнотежи во раствори од електролити се очекува да се постигнат следниве цели:

- стекнување знаења за електролити (раствори од киселини, бази и соли), електролитна дисоцијација (пишување на равенки) и степен на електролитна дисоцијација (разликување на силни и слаби електролити);
- предвидување дали јонските реакции ќе бидат неповратни (ќе одат од крај) и пишување на равенки за јонски реакции;
- разбирање на протолитичките процеси, протолитите (силни, слаби и автопротолити) и врската помеѓу конјугираните парови киселини и бази;
- предвидување на киселоста на средината во раствор при хидролиза на соли;
- дефинирање на производ на растворливост, како и пишување на равенки за рамнотежата помеѓу слабо растворлива сол и нејзините јони;

Очекувани исходи со изучување на модуларната единица

По изучување на модуларната единица рамнотежи во раствори од електролити, учениците се очекува:

- да пишуваат равенки за електролитна дисоцијација, равенки за јонски реакции во „молекулски“ облик, полни јонски равенки и ефективни (скратени) равенки;
- според степенот на електролитна дисоцијација да разликуваат силни од слаби електролити;
- да разликуваат киселина и база според теоријата на Бренштед и Лори;
- да решаваат едноставни задачи од јонски производ на вода и pH;
- да пишуваат равенки за протолитички реакции и хидролиза на соли;
- да решаваат задачи од производ на растворливост и хидролиза на соли;

Поими

електролити, спроводници од прв вид, спроводници од втор вид, електролитна дисоцијација, степен на електролитна дисоцијација, јонска реакција, равенка во „молекулски“ облик, полна јонска равенка, ефективна (скратена) јонска равенка, јони набљудувачи, протон, протолитичка реакција, протолит, хидрониум јон, протон-донор, протон-акцептор, протогени својства, протофилни својства, конјугирана киселина, конјугирана база, амфипротолит, автопротолиза, јонски производ на вода, водороден показател (pH), индикатор, хидролиза, производ на растворливост, хетерогена рамнотежа, заеднички јон, принцип на Ле Шателје и Браун;

Содржина на модулрната единица

Електролити, електролитна дисоцијација и степен на електролитна дисоцијација
 Јонски реакции
 Протолитички процеси, киселини и бази според теоријата на Бренштед и Лори
 Автопротолиза на водата и водороден показател
 Хидролиза на соли
 Производ на растворливост

4. РАМНОТЕЖИ ВО РАСТВОРИ ОД ЕЛЕКТРОЛИТИ

Спроводници на електрична струја се генерално металите затоа што имаат лесно подвижни електрони. Тие се нарекуваат *спроводници од прв вид*. Електрична струја исто така спроведуваат и некои водни раствори или растопи на киселини, бази и соли. Ваквите раствори или растопи се нарекуваат електролити, тие се *спроводници од втор вид*. Секој што сака да консумира спортски пијалаци го слушнал зборот електролит, но кое е значењето на овој збор? Всушност електролитите се супстанции кои кога ќе се растворот во вода образуваат јони. Сепак, не се образуваат јони во растворите на сите супстанции. Поради тоа често се поставува прашањето зошто растворите на некои супстанции спроведуваат електрична струја, додека на други не спроведуваат електрична струја? На пример, ако во вода се раствори шеќер (сахароза, $C_{12}H_{22}O_{11}$), добиениот раствор не спроведува електрична струја, а растворот на готварската сол (натриум хлорид, $NaCl$) спроведува електрична струја. Причината за различното однесување на растворите од овие две супстанции е во хемиското сврзување. Сахарозата е изградена од молекули кај кои атомите се сврзани помеѓу себе со ковалентни врски, додека кај $NaCl$ постои јонска врска помеѓу јоните (катјони и анјони), кои се грабдени единки на готварската сол.

4.1. Електролити, електролитна дисоцијација и степен на електролитна дисоцијација

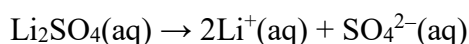
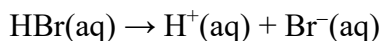
Во зависност од тоа дали растворите на супстанците спроведуваат електрична струја или не, тие можат да бидат неелектролити и електролити.

Неелектролити се нарекуваат супстанците чии водни раствори содржат молекули и поради тоа не спроведуваат електрична струја. Примери за неелектролити се чиста вода, алкохоли, раствори на шеќери во вода и др.

Електролити се супстанците кои при растворање во вода (или во друг поларен растворувач) образуваат јони. Примери за електролити се растворите на киселините, базите и солите, бидејќи образуваат јони во раствор. Овие раствори спроведуваат електрична струја како резултат на подвижноста на јоните (катјони и анјони) кои се присутни во растворот.

Според тоа може да се забележи дека главна разлика помеѓу електролитите и неелектролитите е тоа што електролитите во раствор образуваат јони, додека растворите на неелектролитите содржат молекули. Поради тоа тие се однесуваат различно кога се во раствор. Јоните во растворите на електролитите настануваат како резултат на процес наречен дисоцијација (електролитна дисоцијација) кој се одвива во раствори или растопи на соединенија изградени од јони и поларни молекули. Така на пример при растворање на натриум хлоридот ($NaCl$) во вода се образуваат катјони на натриум (Na^+) и анјони на хлор (Cl^-), додека пак при растворање на хлороводородна киселина (HCl) во вода се образуваат катјони на водород (H^+) и анјони на хлор (Cl^-). Процесот на дисоцијација се одвива во вода или во друг поларен растворувач (етанол, оцетна

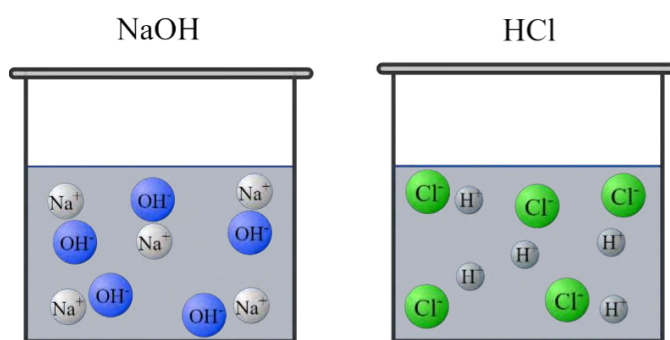
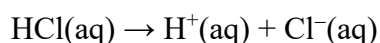
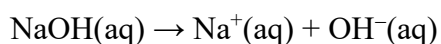
киселина и др.). Поларните молекули на растворувачот ја олеснуваат дисоцијацијата на супстанциите на јони (катјони и анјони). Притоа јоните кои во растворот се опкружени со молекули од поларниот растворувач се нарекуваат *солватизирани јони*. Во случај кога растворувач е водата образованите јони се *хидратизирани*, односно опкружени со молекули од водата (се означуваат со aq). Теоријата за електролитна дисоцијација ја формулирал шведскиот научник Арениус (Svante Arrhenius, 1859 – 1927) во 1887 година, испитувајќи ја спроводливоста на различни супстанции. Со равенките се прикажани неколку примери за електролитна дисоцијација во водни раствори:



Во зависност од тоа дали во водни раствори електролитите се целосно или делумно дисоцирани на јони, тие може да бидат:

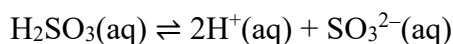
- силни електролити;
- слаби електролити.

Силни електролити се електролитите што се скоро целосно дисоцирани во вода. Примери за силни електролити се солите што се растворливи во вода, како и киселините и базите што се скоро целосно дисоцирани во водни раствори. Притоа водните раствори на силните електролити содржат само јони. Процесот на дисоцијација на силните електролити се прикажува со единечна стрелка ($\rightarrow$), бидејќи тие целосно се дисоцирани во вода. На пример, процесот на дисоцијација на силните електролити натриум хидроксид (NaOH) и хлороводородна киселина (HCl), може да се прикаже со следниве равенки:



Слика 4.1 Електролитна дисоцијација на NaOH и HCl

Слаби електролити се електролитите што се делумно дисоцирани во вода. Водните раствори на слабите електролити содржат јони и недисоцирани молекули. Слаби електролити се растворите на киселините и базите што се делумно дисоцирани во вода. За прикажување на дисоцијацијата на слабите електролити се користи двојна стрелка ($\rightleftharpoons$), бидејќи во нивните раствори се присутни недисоцирани молекули што се во рамнотежа со јоните што се образуваат при нивна дисоцијација, како што е прикажано со примерите:



Во табела 13 се дадени некои примери за силни и слаби киселини и бази. Растворите на сите соли се силни електролити.

Табела 13. Силни и слаби киселини и бази

Силни киселини и бази		Слаби киселини и бази	
HClO ₄	перхлорна киселина	H ₂ SO ₃	сулфуреста киселина
HCl	хлороводородна киселина	HNO ₂	азотеста киселина
HBr	бромоводородна киселина	H ₃ PO ₃	фосфореста киселина
HI	јодоводородна киселина	H ₂ CO ₃	јаглеродна киселина
HNO ₃	азотна киселина	H ₂ S	сулфуроводородна киселина
H ₂ SO ₄	сулфурна киселина	H ₃ BO ₃	борна киселина
KOH	калиум хидроксид	HF	флуороводородна киселина
NaOH	натриум хидроксид	HClO	хипохлореста киселина
Ca(OH) ₂	калциум хидроксид	CH ₃ COOH	оцетна киселина
Ba(OH) ₂	бариум хидроксид	H ₂ C ₂ O ₄	оксална киселина
Sr(OH) ₂	стронциум хидроксид	NH ₄ OH	амониум хидроксид

ВЕЖБИ

Пишување равенки за електролитна дисоцијација на киселини, бази и соли.

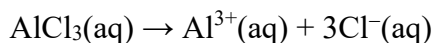
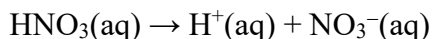
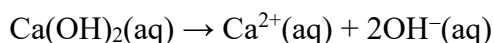
Задача 1

Напиши ги равенките на реакциите на дисоцијација на: Ca(OH)₂, HNO₃ и AlCl₃.

РЕШЕНИЕ

Се бара: Да се напишат равенките на реакциите на дисоцијација на: Ca(OH)₂, HNO₃ и AlCl₃.

Процесот на дисоцијација на дадените соединенија може да се прикаже со равенките:



Дисоцијацијата е прикажана со единечна стрелка (→) бидејќи станува збор за силни електролити.

Задача 2

Напиши ги равенките на реакциите на дисоцијација на: HClO₃, Zn(OH)₂ и Ca₃(PO₄)₂.

ВЕЖБИ

Пишување равенки за електролитна дисоцијација на киселини, бази и соли.

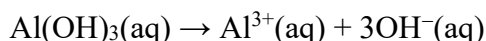
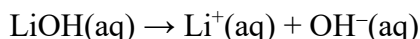
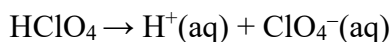
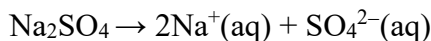
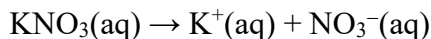
Задача 3

Напиши ги равенките на реакциите на дисоцијација на: KNO₃, Na₂SO₄, HClO₄, LiOH и Al(OH)₃.

РЕШЕНИЕ

Се бара: Да се напишат равенките на реакциите на дисоцијација на: KNO_3 , Na_2SO_4 , CH_3COOH , HClO_4 , LiOH и $\text{Al}(\text{OH})_3$.

Наведените соединенија во водни раствори образуваат јони, а равенките на процесот на дисоцијација може да се прикажат на следниов начин:



Дисоцијацијата на оцетна киселина е прикажана со двојна стрелка ($\rightleftharpoons$), бидејќи таа е слаб електролит.

Задача 4

Напиши ги равенките на реакциите на дисоцијација на: Na_2S , ZnCl_2 , HCN , H_2CO_3 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$ и KOH .

Степен на електролитна дисоцијација

Мерка за јачината на слабите електролити е степенот на електролитна дисоцијација, кој се означува со грчката буква α (алфа). α претставува однос помеѓу бројот на дисоцирани молекули и вкупниот број на растворени молекули.

$$\alpha = \frac{\text{број на дисоцирани молекули}}{\text{вкупен број растворени молекули}}$$

За слаба киселина со општа формула HA , изразот за α ќе биде:

$$\alpha = \frac{c(\text{H}^+)}{c(\text{HA})}$$

Степенот на електролитна дисоцијација се изразува како неименуван број или во проценти (%). За силните електролити што се скоро целосно дисоцирани во вода, вредноста на α е 1 или 100 доколку се изрази во проценти (%). Кај слабите електролити вредноста на степенот на електролитна дисоцијација е помала од 10 %. Притоа колку е помала вредноста на α , толку е послаб електролитот.

ВЕЖБИ

Степен на електролитна дисоцијација

Задача 5

Пресметај ја вредноста на степенот на електролитна дисоцијација (α) на NH_4OH чија концентрација е $0,45 \text{ mol/dm}^3$, додека концентрацијата на OH^- јоните добиени со негова дисоцијација изнесува $0,043 \text{ mol/dm}^3$.

РЕШЕНИЕ

Дадено:

$$c(\text{NH}_4\text{OH}) = 0,45 \text{ mol/dm}^3$$

$$c(\text{OH}^-) = 0,043 \text{ mol/dm}^3$$

Се бара: $\alpha = ?$

Степенот на електролитна дисоцијација на NH_4OH , се пресметува според формулата:

$$\alpha = \frac{c(\text{OH}^-)}{c(\text{NH}_4\text{OH})}$$

$$\alpha = \frac{0,043 \text{ mol/dm}^3}{0,45 \text{ mol/dm}^3} \cdot 100 = 9,55 \%$$

Од вредноста за α (9,55 %), може да се заклучи дека NH_4OH е слаб електролит.

Задача 6

Пресметај ја вредноста на α на флуороводородна киселина (HF), ако концентрацијата на HF изнесува $0,5 \text{ mol/dm}^3$, додека концентрацијата на H^+ јоните добиени со нејзина дисоцијација е $0,019 \text{ mol/dm}^3$.

Степенот на електролитна дисоцијација зависи од природата на супстанцата, температурата и концентрацијата. Со зголемување на температурата вредноста на α се зголемува, додека зависноста на α од концентрацијата на електролитот во растворот е обратно пропорционална. Тоа значи дека колку е поразреден растворот (има помала концентрација на растворената супстанца, а поголем волумен), толку вредноста на α ќе биде поголема и обратно. При бескрајно разредување слабите електролити се целосно дисоцирани.

4.2. Јонски реакции

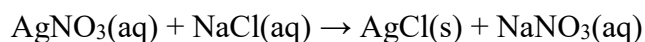
Јонските реакции се реакции помеѓу јони кои се одвиваат во водни раствори. Слично како кај равенките во „молекулски“ облик, каде што соединенијата се изразени како молекули, јонската равенка е хемиска равенка во која електролитите во водни раствори се изразуваат како дисоцирани јони. Силните киселини, силните бази и растворливите јонски соединенија (обично соли) постојат како дисоцирани јони во водни раствори, па затоа се запишуваат како јони во јонската равенка. Слабите киселини и бази и нерастворливите соли обично се пишуваат со помош на нивните молекулски формули, бидејќи само мал дел од нив се дисоцирани на јони. Ваквите равенки се нарекуваат **јонски равенки**. Всушност за прикажување на јонските реакции се користат:

- равенка во „молекулски“ облик;
- полна јонска равенка;
- ефективна (скратена) јонска равенка.

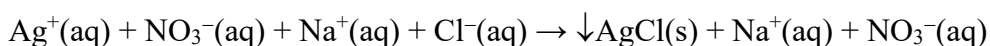
Во равенката во „молекулски“ облик, сите јонски соединенија, киселини и хидроксиди се претставени како неутрални соединенија, со помош на нивната молекулска формула. Состојбата на секоја супстанца е означена во загради веднаш по формулата во заграда на следниов начин: раствор во вода (aq-aqua), течност (l-liquid), цврста супстанца (s-solid) и гас (g-gas). Ваквиот начин на означување го олеснува пишувањето на јонските равенки.

Услов јонските реакции да бидат *неповратни*, односно да одат до крај (течат само во насока од реактанти кон продукти) е еден од продуктите да биде слаб електролит (l), гас (g) или слабо растворливо соединение (s), односно талог.

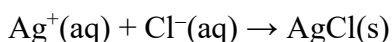
Еден пример за јонска реакција е реакцијата помеѓу сребро нитрат и натриум хлорид. Равенката на реакцијата во „молекулски“ облик помеѓу водните раствори од сребро нитрат (AgNO_3) и натриум хлорид (NaCl), во која се добива талог од сребро хлорид (AgCl) и раствор од натриум нитрат (NaNO_3), може да се напише на следниов начин:



Равенка напишана на овој начин во која се дадени молекулските формули на учесниците во реакцијата, се нарекува **равенка во „молекулски облик“**. Откако ќе се напише равенката во „молекулски“ облик, таа треба да се израмни. Растворливите соли, силните киселини и силните бази во вода се разложуваат на јони, тие скоро целосно дисоцираат, поради тоа во равенката се пишуваат нивните јони:

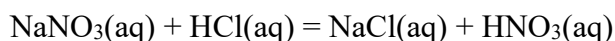


Хемиската равенка запишана на овој начин се нарекува **полна јонска равенка**. Од полната јонска равенка може да се видат сите јони кои се присутни во растворот во текот на реакцијата. Талогот од $\text{AgCl}(\text{s})$ во полната јонска равенка се прикажува со молекулска формула, исто како во равенката во „молекулски“ облик, бидејќи е слабо растворливо соединение и неговата дисоцијација на јони е занемарливо мала. Од полната јонска равенка може да се види дека некои од јоните (во овој пример, Na^+ и NO_3^-) се присутни од двете страни на равенката, односно не учествуваат во образувањето на талогот од AgCl . Поради тоа тие се нарекуваат *јони набљудувачи*. Ако ги изоставиме овие јони, хемиската равенка ќе го добие следниов облик:

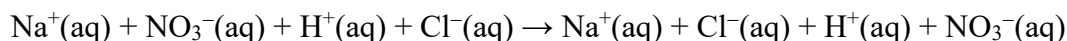


Вака запишана хемиската равенка се нарекува **ефективна или скратена јонска равенка**. Од скратената јонска равенка може да се види дека талогот од AgCl се образува од јоните Ag^+ и Cl^- , независно од каде потекнуваат. При пишувањето на равенките за јонските реакции треба да се внимава бројот на јоните од левата страна да биде еднаков со бројот на јоните од десната страна на равенството.

Равенката на реакцијата помеѓу натриум нитрат (NaNO_3) и хлороводородна киселина (HCl), може да се прикаже на следниов начин:



Ако се напише полната јонска равенка за оваа реакција ќе се добие:



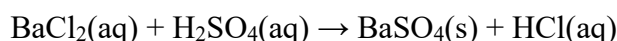
Од јонската равенка може да се види дека истите јони што се присутни во реактантите се присутни и во продуктите, односно сите учесници во реакцијата се во раствор. Бидејќи оваа реакција не ги исполнува условите да оди до крај, таа нема да биде неповратана.

ВЕЖБИ	Пишување равенки на јонски реакции во „молекулски“ облик, полни јонски равенки и ефективни (скратени) јонски равенки.
Задача 5	Напиши ги: равенката во „молекулски“ облик, полната јонска равенка и скратената јонска равенка на реакцијата помеѓу водни раствори од бариум хлорид (BaCl_2) и сулфурна киселина (H_2SO_4), во која се добива талог од бариум сулфат (BaSO_4) и раствор од натриум хлорид (NaCl).

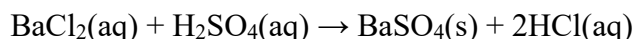
РЕШЕНИЕ

Се бара: Да се напише равенката во „молекулски“ облик, полната јонска равенка и скратената јонска равенка на реакцијата помеѓу водни раствори од BaCl_2 и H_2SO_4 , во која се добива талог од BaSO_4 и раствор од NaCl .

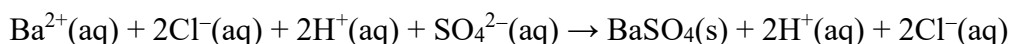
Најпрво се пишува равенката во „молекулски“ облик,



која откако ќе се напише треба да се израмни.

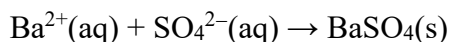


Потоа се пишува полната јонска равенка во која учесниците во реакцијата што се означени со (aq) се разложуваат на јони, поради тоа во равенката се пишуваат нивните јони:



Јони набљудувачи се: $\text{H}^{+}(\text{aq})$ и $\text{Cl}^{-}(\text{aq})$.

Според тоа, ефективната јонска равенка ќе биде:



Од скратената јонска равенка може да се види дека талогот од BaSO_4 се образува од Ba^{2+} -јоните и SO_4^{2-} -јоните.

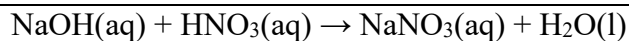
Задача 6	Напиши ги: равенката во „молекулски“ облик, полната јонска равенка и скратената јонска равенка на реакцијата помеѓу водни раствори од калиум карбонат (K_2CO_3) и хлороводородна киселина (HCl), во која се добива раствор од калиум хлорид (KCl), гасовит јаглерод диоксид (CO_2) и вода.
----------	---

ВЕЖБИ	Пишување равенки на јонски реакции во „молекулски“ облик, полни јонски равенки и ефективни (скратени) јонски равенки.
Задача 7	Напиши ги: равенката во „молекулски“ облик, полната јонска равенка и скратената јонска равенка на реакцијата на неутрализација помеѓу водни раствори од натриум хидроксид (NaOH) и азотна киселина (HNO_3), во која се добива раствор од натриум нитрат (NaNO_3) и вода.

РЕШЕНИЕ

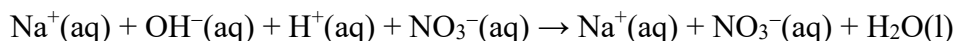
Се бара: Да се напише равенката во „молекулски“ облик, полната јонска равенка и скратената јонска равенка на реакцијата помеѓу водни раствори од NaOH и HNO_3 , во која се добива раствор од NaNO_3 и вода.

Најпрво се пишува равенката во „молекулски“ облик,



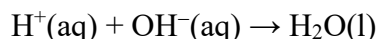
која може да се види дека е израмнета.

Потоа се пишува полната јонска равенка во која учесниците во реакцијата, кои се означени со (aq) се разложуваат на јони, поради тоа во равенката се пишуваат нивните јони. Водата е слаб електролит, па според тоа не дисоцира на јони.



Јони набљудувачи се: $\text{Na}^+\text{(aq)}$ и $\text{NO}_3^-\text{(aq)}$.

Според тоа, ефективната јонска равенка ќе биде:

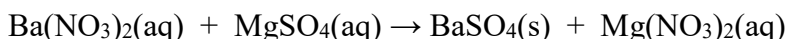


Од неа може да се види дека H_2O се образува од јоните H^+ и OH^- .

Задача 8

Напиши ги: равенката во „молекулски“ облик, полната јонска равенка и скратената јонска равенка на реакцијата на неутрализација помеѓу магнезиум хидроксид и азотна киселина.

Од претходните примери е јасно дека врз основа на равенката на јонската реакција, може да се предвиди дали реакцијата ќе оди до крај или не. Така на пример, ако ја разгледаме равенката на реакцијата помеѓу магнезиум сулфат (MgSO_4) и бариум нитрат ($\text{Ba(NO}_3)_2$)



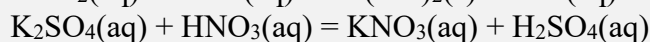
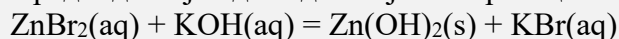
може да се види дека еден од продуктите е слабо растворливо соединение (талог, s). Тоа значи дека оваа реакција исполнува еден од условите (образување на талог) и според тоа ќе биде неповратна, односно ќе тече до крај.

ВЕЖБИ

Предвидување дали јонската реакција ќе оди до крај (ќе биде практично неповратна) врз основа на дадена равенка.

Задача 9

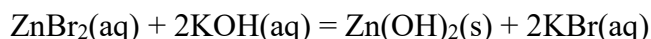
Предвиди која од следниве јонски реакции ќе оди до крај:



РЕШЕНИЕ:

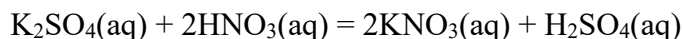
Се бара: Да се предвиди која од следниве јонски реакции ќе оди до крај.

Ако се израмни првата равенка се добива



Од агрегатната состојба на учесниците во реакцијата може да се види дека реактантите и еден од продуктите ($\text{ZnBr}_2\text{(aq)}$, KOH(aq) и KBr(aq)) се во раствор, додека другиот продукт е слабо растворливо соединение ($\text{Zn(OH)}_2\text{(s)}$). Според тоа оваа јонска реакција ќе биде неповратна, бидејќи го исполнува условот еден од продуктите да биде талог.

Израмнета втората равенка може да се напише на следниов начин



Од равенката може да се види дека сите учесници во реакцијата се во раствор (aq).

Според тоа бидејќи не ги исполнува условите да оди до крај (еден од продуктите да

биде слаб електролит, слабо растворливо соединение (талог) или гас) оваа јонска реакција нема да биде неповратна.

Задача 10

Напиши ги: молекулската равенка, полната јонска равенка и скратената јонска равенка за $\text{ZnBr}_2(\text{aq}) + 2\text{KOH}(\text{aq}) = \text{Zn}(\text{OH})_2(\text{s}) + 2\text{KBr}(\text{aq})$

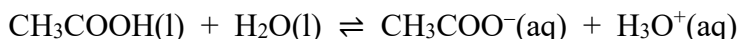
4.3. Протолитички процеси, киселини и бази според теоријата на Бреншted и Лори

Според теоријата за електролитна дисоцијација на Арениус, киселините кога дисоцираат во водни раствори образуваат H^+ -јони, додека базите при дисоцијација во водни раствори образуваат OH^- јони. Тоа може да се види од равенките што се дадени погоре и со кои е прикажан процесот на електролитна дисоцијација на HCl и NaOH . Сепак, има супстанции што не образуваат H^+ или OH^- јони во раствор, а имаат кисели или базни својства. Така на пример, познато е дека амонијак (NH_3) се однесува како база и има базни својства, но не содржи OH^- јони. За да се објасни ова својство на NH_3 се користи протолитичката теоријата на Бреншted (Johannes Nicolaus Brønsted, 1879 – 1947) и Лори (Thomas Martin Lowry, 1874 – 1936).

Според теоријата на електролитна дисоцијација, дисоцијацијата на оцетна киселина може да се прикаже на следниов начин:



Меѓутоа ако во процесот на дисоцијација на оцетна киселина се вклучи и водата, тогаш равенката на реакцијата ќе биде:



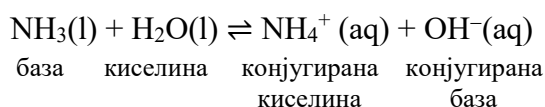
Од равенка може да се види дека CH_3COOH ѝ дава протон (H^+) на водата, која го прима протонот и притоа се образуваат $\text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})$ и $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ јони во растворот. Во овој процес водата не е само растворувач, туку учесник во реакцијата.

За H^+ јонот кој се разменува во протолитичките реакции се користи терминот протон, бидејќи кога водород ќе го испушти електронот, полнежот на јонот се должи на позитивниот полнеж на протонот од јадрото. За другите јони со позитивен полнеж се користи терминот катјони. H_3O^+ -јоните всушност се хидратизирани протони (H^+ јон хидратизиран со една молекула вода) кои се нарекуваат **хидрониум јони** или само **хидрони**.

Според теоријата на Бреншted и Лори, **киселина** е супстанца што дава протони и се нарекува *протон-донор*. Во примерот, киселина што дава протони е CH_3COOH . Притоа кога дава протони, киселината поминува во нејзината конјугирана база. Значи, конјугирана база на CH_3COOH е CH_3COO^- . **База** е супстанца што прима протони и се нарекува *протон-акцептор*. Во примерот, база што прима протони е H_2O . Кога прима протони базата поминува во нејзината конјугирана киселина. Тоа значи дека конјугирана киселина на H_2O е H_3O^+ јонот.

Киселините и базите со заедничко име се нарекуваат **протолити** бидејќи разменуваат протони (H^+), а теоријата на Бренштед и Лори се нарекува **протолитичка теорија**. Реакциите во кои се разменуваат протони се нарекуваат **протолитички реакции**. Киселините кои се донори на протони имаат протогени својства, додека базите кои се акцептори на протони имаат протофилни својства.

Уште еден пример е протолитичката реакција на амонијак (NH_3) со вода, каде што водата се однесува како киселина:



Значи, киселината во протолитичкиот процес поминува во конјугирана база, а базата во конјугирана киселина. Притоа колку е посилен киселината, толку нејзината конјугирана база е послаба и обратно. Колку е посилен базата, толку нејзината конјугирана киселина е послаба.

Во зависност од тоа дали лесно или тешко оддаваат и примаат протони, протолитите се делат на:

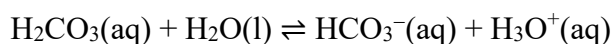
- **силни протолити**, протолити што лесно оддаваат или лесно примаат протони;
- **слаби протолити**, протолити што тешко оддаваат или тешко примаат протони.

Супстанците кои се однесуваат и како киселини и како бази, каков што е случајот со водата во претходните примери, се нарекуваат **амфипротолити**. Амфипротолитите подеднакво лесно или тешко оддаваат и примаат протони.

ВЕЖБИ	Пишување равенки на протолитички реакции и поврзување на киселината со нејзината конјугирана база и на базата со нејзината конјугирана киселина.
Задача 11	Напиши ги равенките на протолитичките реакции помеѓу: $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons ?$ $\text{SO}_3^{2-}(\text{aq}) + \text{HNO}_3(\text{aq}) \rightleftharpoons ?$ Поврзи ги киселината со нејзината конјугирана база и базата со нејзината конјугирана киселина.

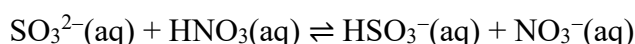
РЕШЕНИЕ

Се бара: Да се напишат равенките на протолитичките реакции и да се поврзе киселина со конјугираната база, а базата со конјугираната киселина.



Јаглеродната киселина (H_2CO_3) и дава протон на водата и притоа поминува во HCO_3^- , што значи дека H_2CO_3 е киселина, а нејзина конјугирана база е HCO_3^- . Додека водата со примање на протонот поминува во H_3O^+ јон. Тоа покажува дека водата е база, а H_3O^+ јонот е нејзина конјугирана киселина.

Според равенката на протолитичката реакција



може да се види дека SO_3^{2-} е база што прима протон и поминува во нејзината конјугирана киселина HSO_3^- , додека HNO_3 е киселина што дава протон и поминува во нејзината конјугирана база NO_3^- .

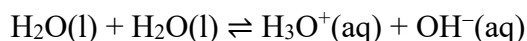
Задача 12 Означи ги киселината и нејзината конјугирана база, како и базата и нејзината конјугирана киселина: $\text{NO}_2^-(\text{aq}) + \text{HCl}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{HNO}_2(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$

4.4. Автопротолиза на водата и водороден показател

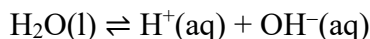
Автопротолитички реакции се реакциите во кои една иста супстанца е донор и акцептор на H^+ јони. Еден пример за автопротолитичка реакција е реакцијата на размена на H^+ јони помеѓу молекулите на вода.

Автопротолиза на вода

Чистата вода е многу слаб електролит, односно мал број молекули на вода дисоцираат на јони. Според теоријата на Бренштед и Лори, процесот на размена на протони меѓу молекулите на вода може да се прикаже со следнава равенка:



или поедноставно, според теоријата на Арениус со равенката:



Почесто се користи поедноставната равенка, но треба да се има предвид дека слободни протони (H^+) во вода не постојат. H^+ јоните најчесто се хидратизирани со една молекула вода, притоа се образуваат H_3O^+ јони. Во чиста вода концентрацијата на водородните (H^+) и хидроксидните (OH^-) јони е еднаква и на температура од 25 °C изнесува $1 \cdot 10^{-7} \text{ mol/dm}^3$ ($c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) = 1 \cdot 10^{-7} \text{ mol/dm}^3$).

Изразот за константата на рамнотежа за процесот на дисоцијација на вода може да се напише на следниов начин:

$$K_c = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-)}{c(\text{H}_2\text{O})^2}$$

Со преуредување на равенката се добива:

$$K_c \cdot c(\text{H}_2\text{O})^2 = c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-)$$

Бидејќи концентрацијата на вода е константна, производот од две константи $K_c \cdot c(\text{H}_2\text{O})^2$ дава нова константа, која се нарекува јонски производ на вода и се обележува со K_w .

$$K_w = c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-)$$

K_w е јонски производ на вода

$c(\text{H}^+)$ е количествена концентрација на водородните јони (H^+)

$c(\text{OH}^-)$ е количествена концентрација на хидроксидните јони (OH^-)

Јонскиот производ на вода (K_w) е производ од концентрацијата на водородните (H^+) и хидроксидните јони (OH^-). Ако се изрази концентрацијата на H^+ или OH^- јоните од изразот за K_w , се добива:

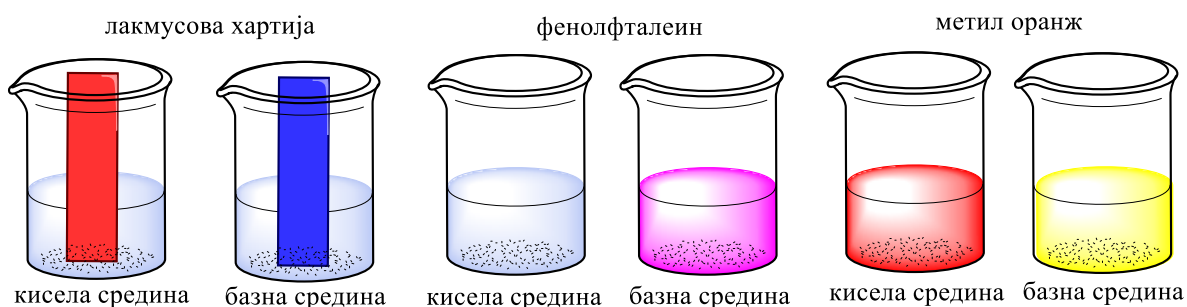
$$c(\text{H}^+) = \frac{K_w}{c(\text{OH}^-)} \qquad c(\text{OH}^-) = \frac{K_w}{c(\text{H}^+)}$$

Од формулата за K_w јасно е дека кога концентрацијата на H^+ -јоните се зголемува, концентрацијата на OH^- јоните се намалува и обратно. Вредноста на K_w на температура од $25\text{ }^\circ\text{C}$ изнесува $1 \cdot 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{dm}^6$.

$$K_w = c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-) = 1 \cdot 10^{-7} \text{ mol}/\text{dm}^3 \cdot 1 \cdot 10^{-7} \text{ mol}/\text{dm}^3 = 1 \cdot 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{dm}^6$$

Киселоста на растворот зависи од концентрацијата на H^+ и OH^- јоните. Средината во која концентрацијата на H^+ јоните е повисока од концентрацијата на OH^- јоните е кисела ($c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$). Кога концентрацијата на OH^- јоните е повисока од концентрацијата на H^+ јоните, средината е базна ($c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$). Неутрална средина е средината во која концентрацијата на H^+ -јоните е еднаква на концентрацијата на OH^- -јоните ($c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$).

За утврдување на киселоста на средината се користат **индикатори**, супстанции што ја менуваат бојата во зависност од киселоста на средината. Со индикаторите може да се определи дали дадена супстанца е киселина или база. Еден од најпознатите индикатори е лакмус. Киселините ја менуваат бојата на синиот лакмус во црвена, додека базите ја менуваат бојата на црвениот лакмус во сина. Освен лакмусот се користат и други индикатори, како што е фенолфталеин кој во кисела средина е безбоен, а во базна средина има малиново-црвена боја и метил оранж кој има црвена боја во кисела средина, а жолта во базна средина.



Слика 4.2. Промена на бојата на индикаторите лакмусова хартија, фенолфталеин и метил оранж во кисела и базна средина

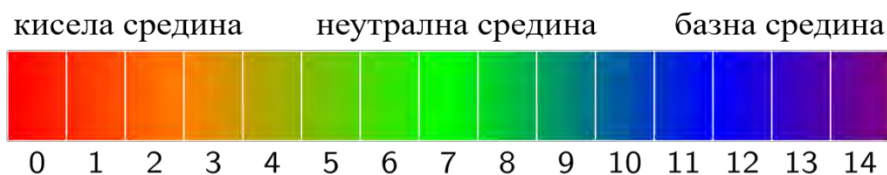
Водороден показател

Водородниот показател (pH) се користи за изразување на киселоста кај разредени раствори. Кога концентрацијата на H^+ јоните е мала, pH-скалата е погоден начин за изразување на киселоста на растворот. Така на пример, кога концентрацијата на H^+ јоните изнесува $0,001 \text{ mol}/\text{dm}^3$, pH на растворот ќе биде 3.

Водородниот показател (pH) претставува негативен декаден логаритам од бројната вредност од концентрацијата на водородните јони (H^+).

$$\text{pH} = -\log c(\text{H}^+)/\text{mol}/\text{dm}^3$$

Во зависност од вредноста на рН, може да се предвиди киселоста на средината.



Слика 4.2. рН-скала

Вредностите на рН се движат од 0 до 14, додека за концентрирани раствори во кои $\text{pH} < 0$, рН-скалата не може да се примени.

Слично како рН, за пресметување на концентрацијата на хидроксидните јони (OH^-) во разредени раствори се користи хидроксиден показател, рОН. **Хидроксидниот показател (рОН) претставува негативен декаден логаритам од бројната вредност од концентрацијата на хидроксидните јони (OH^-).**

$$\text{pOH} = -\log c(\text{OH}^-)/\text{mol/dm}^3$$

Врската помеѓу рН и рОН е прикажана со следнава формула:

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14 \quad 25^\circ\text{C}$$

Кога е позната рН или рОН-вредноста на растворот, а треба да се пресмета концентрацијата на H^+ и OH^- -јоните, со антилогаритмирање на изразите за рН и рОН се добиваат следниве формули:

$$c(\text{H}^+) = 10^{-\text{pH}} \quad c(\text{OH}^-) = 10^{-\text{pOH}}$$

рН и рОН не може да имаат негативна вредност.

рН-вредноста на даден раствор може да се определи со универзална индикаторска хартија. Овој начин на определување на рН е со ограничена точност, за поточно определување на рН, се користат уреди наречени **рН-метри**.



Слика 4.3. Универзална индикаторска хартија

ВЕЖБИ

Решавање на едноставни задачи во врска со јонски производ на водата и водороден показател во раствори на киселини и бази.

Задача 13

Пресметај ја концентрацијата на водородните јони (H^+) во раствор во кој концентрацијата на хидроксидните јони (OH^-) изнесува $1 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$. Предвиди ја киселоста на средината.

РЕШЕНИЕ:

Дадено:

$$c(\text{OH}^-) = 1 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$$

$$K_w = 1 \cdot 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{dm}^6$$

Се бара: $c(\text{H}^+) = ?$

Од формулата за јонски производ на водата, $K_w = c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-)$ ако се изрази $c(\text{H}^+)$ се добива

$$c(\text{H}^+) = \frac{K_w}{c(\text{OH}^-)}$$

каде што се заменуваат вредностите дадени во задачата и се добива

$$c(\text{H}^+) = \frac{1 \cdot 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{dm}^6}{1 \cdot 10^{-4} \text{ mol}/\text{dm}^3} = 1 \cdot 10^{-10} \text{ mol}/\text{dm}^3$$

Ако се споредат вредностите за концентрацијата на H^+ и OH^- јоните може да се види дека концентрацијата на H^+ јоните е помала од концентрацијата на OH^- јоните ($c(\text{H}^+) < c(\text{OH}^-)$), што значи дека средината е базна.

Задача 14	Пресметај ја концентрацијата на хидроксидните јони (OH^-) во раствор во кој концентрацијата на водородните јони (H^+) изнесува $4,5 \cdot 10^{-5} \text{ mol}/\text{dm}^3$. Предвиди ја киселоста на средината.
------------------	--

ВЕЖБИ	Решавање на едноставни задачи во врска со јонски производ на водата и водороден показател во раствори на киселини и бази.
Задача 15	Пресметај ја рН и рОН вредноста на раствор во кој концентрацијата на водородни јони (H^+) изнесува $1 \cdot 10^{-4} \text{ mol}/\text{dm}^3$. Предвиди ја киселоста на средината.

РЕШЕНИЕ:

Дадено:

$$c(\text{H}^+) = 1 \cdot 10^{-4} \text{ mol}/\text{dm}^3$$

Се бара: рН = ?

рН се пресметува според формулата:

$$\text{pH} = -\log c(\text{H}^+)/\text{mol}/\text{dm}^3$$

$$\text{pH} = -\log(1 \cdot 10^{-4} \text{ mol}/\text{dm}^3)/\text{mol}/\text{dm}^3$$

$$\text{pH} = 4$$

Од формулата која ја дава врска помеѓу рН и рОН:

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$

$$\text{pOH} = 14 - \text{pH} = 14 - 4 = 10$$

Бидејќи рН е помало од 7 ($\text{pH} < 7$), станува збор за кисела средина.

Задача 16	Колку ќе изнесува концентрацијата на H^+ јоните во раствор со рН = 8. Предвиди ја киселоста на средината.
------------------	--

ВЕЖБИ	Решавање на едноставни задачи во врска со јонски производ на водата и водороден показател во раствори на киселини и бази.
Задача 17	Пресметај ја рН вредноста на раствор во кој $c(\text{OH}^-)$ е $1 \cdot 10^{-6} \text{ mol}/\text{dm}^3$. Предвиди ја киселоста на средината.

РЕШЕНИЕ:

Дадено:

$$c(\text{OH}^-) = 1 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$$

$$K_w = 1 \cdot 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{dm}^6$$

Се бара: $\text{pH} = ?$

Од формулата за јонски производ на водата,

$$K_w = c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-)$$

може да се пресмета концентрацијата на H^+ јоните

$$c(\text{H}^+) = \frac{K_w}{c(\text{OH}^-)}$$

каде што со замена на дадените вредности во задачата се добива

$$c(\text{H}^+) = \frac{1 \cdot 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{dm}^6}{1 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3} = 1 \cdot 10^{-8} \text{ mol/dm}^3$$

pH се пресметува според формулата:

$$\text{pH} = -\log c(\text{H}^+)/\text{mol/dm}^3$$

$$\text{pH} = -\log(1 \cdot 10^{-8} \text{ mol/dm}^3)/\text{mol/dm}^3$$

$$\text{pH} = 8$$

Бидејќи pH е поголемо од 7 ($\text{pH} > 7$), средината е слабо базна.

Задача 18

Пресметај ја pH вредноста на раствор во кој $c(\text{OH}^-)$ е $1,5 \cdot 10^{-12} \text{ mol/dm}^3$.
Предвиди ја киселоста на средината.

4.5. Хидролиза на соли

Еден од начините за добивање на соли е реакцијата на неутрализација, односно реакција помеѓу киселина и база, при која се добива сол и вода. Познато е дека киселината има кисели својства, базата има базни својства, но се поставува прашањето, дали солта ќе биде неутрална, односно дали нејзиниот раствор ќе има $\text{pH} \approx 7$? Одговорот на ова прашање може да се добие ако се разгледа што се случува со јоните на солта што се образуваат при нејзина дисоцијација во водни раствори.

Растворите на скоро сите соли што се растворливи во вода се силни електролити, односно се целосно дисоцирани во вода. Во случај кога јоните од солта (катјонот и/или анјонот) разменуваат протони со молекулите на водата се менува киселоста на растворот. Тоа значи дека по растворање на солта во вода, добиениот раствор може да биде неутрален, слабо кисел или слабо базен. Овој процес се нарекува *хидролиза на соли*, кој е всушност протолитички процес и влијае врз pH на растворот.

Хидролизата на соли е протолитички процес, односно процес на размена на протони помеѓу јоните на солта и водата.

Поделбата на солите е направена во зависност од јачината на киселината и базата кои при реакција ја образуваат солта.

Табела 12. Видови соли

Соли	Примери	
Соли образувани од силна киселина и силна база	K_2SO_4	калиум сулфат
	$NaCl$	натриум хлорид
	$Mg(NO_3)_2$	магнезиум нитрат
Соли образувани од силна киселина и слаба база	NH_4Cl	амониум хлорид
	$AlCl_3$	алуминиум хлорид
	NH_4ClO_4	амониум перхлорат
Соли образувани од слаба киселина и силна база	$NaNO_2$	натриум нитрит
	Li_2SO_3	литиум сулфит
	CaF_2	калциум флуорид
Соли образувани од слаба киселина и слаба база	CH_3COONH_4	амониум ацетат
	$AlPO_3$	алуминиум фосфат
	$(NH_4)_2S$	амониум сулфид

Катјонот на солта потекнува од базата, додека анјонот потекнува од киселината. Ако се знае јачината на киселината и базата, може да се предвиди каква ќе биде киселоста на растворот добиен со растворање на солта во вода.

ВЕЖБИ	Предвидување pH на средината во раствор на некоја сол врз основа на нејзината формула.
Задача 19	Предвиди ја pH на средината во раствор на следниве соли врз основа на нивната формула: K_2SO_4 , CH_3COONH_4 и $NaNO_2$.

РЕШЕНИЕ:

Се бара: Да се предвиди pH на средината во растворите на: K_2SO_4 , CH_3COONH_4 и $NaNO_2$.

Еден од начините за добивање соли е реакцијата помеѓу киселина и база. Од формулата на солта може да се предвиди која киселина и база реагирале за да се добие дадената сол.

K_2SO_4 (калиум сулфат) е сол образувана при реакција меѓу калиум хидроксид (KOH) и сулфурна киселина (H_2SO_4). KOH е силна база и H_2SO_4 силна киселина. Според тоа, со растворање на оваа сол во вода се очекува средината да биде неутрална, $pH \approx 7$.

CH_3COONH_4 (амониум ацетат) е сол образувана при реакција на амониум хидроксид (NH_4OH) и оцетна киселина (CH_3COOH). NH_4OH е слаба база, а CH_3COOH е слаба киселина. Во ваков случај кога се слаби и киселината и базата се очекува средината да биде неутрална, $pH \approx 7$. Но сепак, за да може попрецизно да се предвиди киселоста на средината, потребни се дополнителни информации за константата на киселост на киселината (K_a) и константата на базност на базата (K_b). Од вредностите на овие константи се определува јачината на киселината и базата.

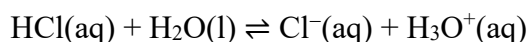
$NaNO_2$ (натриум нитрит) е сол образувана при реакција на натриум хидроксид (NaOH) и азотеста киселина (HNO_2). NaOH е силна база, а HNO_2 е слаба киселина. Бидејќи базата е силна, а киселината е слаба, со растворање на оваа сол во вода се очекува средината да биде слабо базна, $pH > 7$.

Задача 20

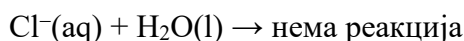
Предвиди ја рН на средината во раствор на следниве соли врз основа на нивната формула: AlCl_3 (алуминиум хлорид) и CaF_2 (калциум флуорид).

За да се определи дали и како ќе се смени киселоста на растворот при хидролиза на дадена сол, треба всушност да се знае кои јони од солта ќе разменуваат протони со водата, како и кои јони (H_3O^+ или OH^-) ќе се образуваат како резултат на протолитичката реакција помеѓу јоните на солта и водата.

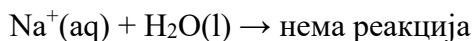
Колку е посилна киселината, толку е послаба нејзината конјугирана база и обратно. Ако киселината е многу силна, тогаш нејзината конјугирана база е послаба база од водата и нема афинитет за протоните (H^+). Пример, хлороводорона (HCl) е силна киселина, а нејзината конјугирана база Cl^- јоните се многу слаба база (послаба од водата).



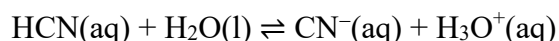
HCl е силна киселина што лесно ѝ дава протон на водата, Cl^- јоните се слаба конјугирана база што не може да прими протон од водата



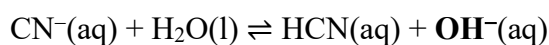
Силни бази се хидроксидите на алкалните (Li , Na , K) и земноалкалните (Ca , Sr , Ba) метали. Генерално сите метални катјони реагираат со вода и образуваат кисел раствор, но хидролизата е изразена главно за мали метални јони со поголем полнеж (Al^{3+} , Fe^{3+} и др.). Поради тоа интеракцијата на јоните на алкалните и земноалкалните метали со вода е мала и се занемарува



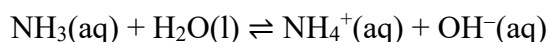
Слабите киселини имаат силни конјугирани бази, поради тоа јонот што потекнува од слаба киселина се однесува како силна конјугирана база (посилна од водата) и може да прими протони од неа.



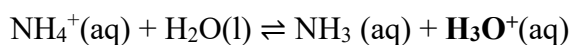
HCN е слаба киселина која тешко ѝ дава протон на водата, а CN^- е посилна конјугирана база од вода и може да прими протон од неа



Слабите бази се во пар со посилни конјугирани киселини. Поради тоа, јонот што потекнува од слаба база се однесува како посилна киселина од вода и може да ѝ даде протон.



NH_3 е слаба база која тешко прима протон од водата, додека NH_4^+ е посилна конјугирана киселина од вода и може да ѝ даде протон.



Од примериве може да се заклучи дека:

- јоните што потекнуваат од силна киселина и силна база немаат ниту кисели, ниту базни својства и не учествуваат во протолитичка реакција со водата;

- јоните што потекнуваат од слаба киселина или слаба база разменуваат протони со водата, и како резултат на таа реакција се менува киселоста на растворот.

Всушност, киселоста на растворот при растворање на солта ќе зависи од тоа кој од јоните учествува во протолитичка реакција со водата.

ВЕЖБИ

Пишување равенки за хидролиза на различни соли и изведување на заклучоци за рН на растворите на солите врз основа на равенката.

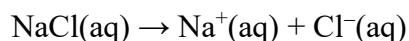
Задача 21

Предвиди ја рН-вредноста на растворот добиен со растворање на натриум хлоридот (NaCl) во вода.

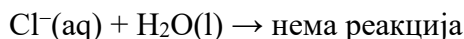
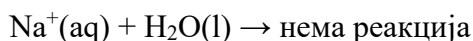
РЕШЕНИЕ:

Се бара: Да се предвиди рН на растворот добиен со растворање на NaCl во вода.

Натриум хлорид (NaCl) е сол добиена при реакција на натриум хидроксид (NaOH) со хлороводородна киселина (HCl). При растворање на NaCl во вода, солта скоро целосно дисоцира, при што се образуваат натриумови катјони (Na^+) и хлоридни анјони (Cl^-):



Na^+ јоните потекнуваат од силна база (NaOH), Cl^- -јоните потекнуваат од силна киселина (HCl). Тоа значи дека јоните образувани со дисоцијација на NaCl нема да разменуваат протони со водата.



Бидејќи јоните на солта образувана од силна киселина и силна база не разменуваат протони со водата, се очекува растворот на солта да биде неутрален.

$$c(\text{H}_3\text{O}^+) \approx c(\text{OH}^-), \text{pH} \approx 7$$

Според тоа може да се каже дека солите образувани од силна киселина и силна база не хидролизираат.

Задача 22

Предвиди ја рН-вредноста на растворот добиен со растворање калиум сулфат (K_2SO_4) во вода.

ВЕЖБИ

Пишување равенки за хидролиза на различни соли и изведување на заклучоците за рН на растворите на солите врз основа на равенката.

Задача 23

Предвиди ја рН-вредноста на растворот добиен со растворање амониум нитрат (NH_4NO_3) во вода.

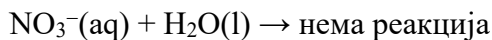
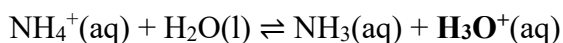
РЕШЕНИЕ:

Се бара: Да се предвиди рН на растворот добиен со растворање на NH_4NO_3 во вода.

Амониум нитрат (NH_4NO_3) е сол добиена при реакција на амониум хидроксид (NH_4OH) со азотна киселина (HNO_3). При растворање на NH_4NO_3 во вода, солта скоро целосно дисоцира и притоа се образуваат амониумови катјони (NH_4^+) и нитратни анјони (NO_3^-):



NH_4^+ потекнува од слаба база (NH_4OH) и е посилен конјугирана киселина од водата на која ѝ дава протон. NO_3^- потекнува од силна киселина (HNO_3), тоа значи дека е многу слаба конјугирана база и не може да прими протон од водата. Според тоа, може да се напише



Како резултат на протолитичката реакција помеѓу NH_4^+ и H_2O , во растворот добиен со растворање на NH_4NO_3 се образуваат H_3O^+ јони. Поради тоа се очекува рН вредноста на растворот да биде помала од седум, односно средината да биде слабо кисела.

$$c(\text{H}_3\text{O}^+) > c(\text{OH}^-), \text{pH} < 7.$$

Задача 24 Предвиди ја рН-вредноста на растворот добиен со растворање на амониум хлоридот (NH_4Cl) во вода.

ВЕЖБИ

Пишување равенки за хидролиза на различни соли и изведување на заклучоци за рН на растворите на солите врз основа на равенката.

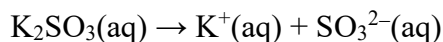
Задача 25

Предвиди ја рН-вредноста на растворот добиен со растворање на калиум сулфитот (K_2SO_3) во вода.

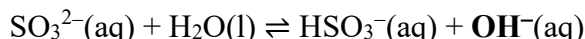
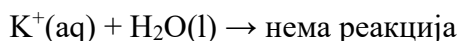
РЕШЕНИЕ:

Се бара: Да се предвиди рН на растворот добиен со растворање на K_2SO_3 во вода.

Калиум сулфит (K_2SO_3) е сол образувана при реакција на калиум хидроксид (KOH) со сулфуреста киселина (H_2SO_3). При растворање на K_2SO_3 во вода, солта скоро целосно дисоцира, притоа се образуваат калиумови катјони (K^+) и сулфитни анјони (SO_3^{2-}):



K^+ потекнува од силна база (KOH) и неговата интеракција со вода е занемарливо мала. SO_3^{2-} потекнува од слаба киселина (H_2SO_3), што значи дека е посилен конјугирана база од водата, од која може да прими протон.



Како резултат на протолитичката реакција помеѓу SO_3^{2-} и H_2O , во растворот добиен со растворање на K_2SO_3 се образуваат OH^- јони, според тоа се очекува $\text{pH} > 7$, односно растворот да биде слабо базен.

$$c(\text{OH}^-) > c(\text{H}_3\text{O}^+), \text{pH} > 7.$$

Задача 26 Предвиди ја рН-вредноста на растворот добиен со растворање на натриум нитритот (NaNO_2) во вода.

ВЕЖБИ

Пишување равенки за хидролиза на различни соли и изведување на заклучоци за рН на растворите на солите врз основа на равенката.

Задача 27

Предвиди ја рН-вредноста на растворот добиен со растворање на амониум ацетатот ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$) во вода.

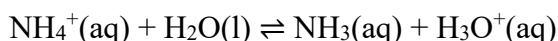
РЕШЕНИЕ:

Се бара: Да се предвиди pH на растворот добиен со растворање на $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ во вода.

Амониум ацетат ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$) е сол образувана при реакција на амониум хидроксид (NH_4OH) со оцетна киселина (CH_3COOH). При растворање на $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ во вода, солта скоро целосно дисоцира, при што се образуваат амониумови катјони (NH_4^+) и ацетатни анјони (CH_3COO^-):



NH_4^+ потекнува од слаба база (NH_4OH) и е посилен конјугирана киселина од водата на која ѝ дава протон. CH_3COO^- потекнува од слаба киселина (CH_3COOH), што значи дека е посилен конјугирана база од водата, од која може да прими протон.



Како резултат на овие протолитички реакции, во растворот добиен со растворање на $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ се образуваат H_3O^+ и OH^- -јони.

$$c(\text{OH}^-) \approx c(\text{H}_3\text{O}^+), \text{pH} \approx 7.$$

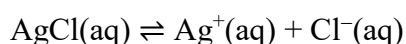
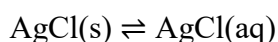
За да се определи киселоста на растворот на сол образувана од слаба киселина и слаба база, потребно е да се знаат вредностите на константите на дисоцијација на слабата киселина (K_a) и слабата базата (K_b). Со нивна споредба, може поточно да се предвиди pH на растворот.

Задача 28 Предвиди ја pH-вредноста на растворот добиен со растворање на амониум цијанид (NH_4CN) во вода.

4.6. Производ на растворливост

Повеќето јонски соединенија се растворливи во вода, тие скоро целосно дисоцираат на јони како резултат на јон-дипол интеракции. Некои јонски соединенија не се растворливи во вода и остануваат во цврста агрегатна состојба, односно во вид на талог. Сепак, мал дел од овие соединенија е растворлив. За да се определи квантитативно во колкав степен се раствора нерастворливото јонско соединение, се користи величината производ на растворливост (K_{sp}).

Да го разгледаме примерот со сребро хлорид (AgCl), сол која е нерастворлива во вода, но сепак во присуство на вишок од вода, мал дел од AgCl се раствора. Дел од солта што се раствора, целосно дисоцира во водни раствори. Поради тоа, во растворот се воспоставува динамичка рамнотежа помеѓу талогот од сребро хлорид (AgCl) и образуваните јони во растворот која може да се прикаже на следниов начин:



За секоја рамнотежа постои константа што ја опишува, во овој случај тоа е K_{sp} . Станува збор за хетерогена рамнотежа во која не се вклучува концентрацијата на $\text{AgCl}(\text{s})$, бидејќи е во цврста агрегатна состојба. Изразот за K_{sp} во примерот на AgCl , ќе биде:

$$K_{sp} = c(\text{Ag}^+) \cdot c(\text{Cl}^-)$$

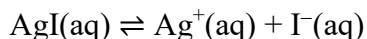
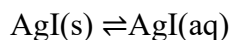
K_{sp} е производ на растворливост на слабо растворливата сол, AgCl
 $c(\text{Ag}^+)$ и $c(\text{Cl}^-)$ се рамнотежните концентрации на Ag^+ и Cl^- јоните

Значи K_{sp} е производ од рамнотежните концентрации на јоните што се образуваат во раствор при дисоцијација на растворливиот дел од слабо растворливата сол. Во изразот за K_{sp} концентрацијата на јоните образувани при дисоцијација на солта се степенува со стехиометрискиот коефициент од израмнетата равенка на реакцијата на дисоцијација.

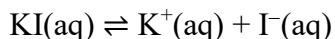
Генерално, растворливоста на солите е различна и може да се пресмета од вредноста на K_{sp} . Ако е позната концентрацијата на јоните во растворот може да се пресмета K_{sp} , и обратно, од вредноста на K_{sp} може да се пресмета концентрацијата на јоните во раствор. Притоа, колку е помала вредноста на K_{sp} , толку е помала растворливоста на солта.

Врз растворливоста на слабо раствориливите соединенија големо влијание има ефектот на заеднички јон. Овој ефект може да се објасни со примена на принципот на Ле Шателје на хетерогената рамнотежа претставена со K_{sp} . Имено, според принципот на Ле Шателје, ако се додаде дополнително количество на еден од реактантите во реакциониот систем, рамнотежата се поместува кон десно, односно кон добивање на повеќе продукти и обратно, ако се додаде дополнително количество на еден од продуктите во реакциониот систем, рамнотежата се поместува кон лево, односно кон добивање на повеќе реактанти.

Да го разгледаме *ефектот на заеднички јон*, кај следнава хетерогена рамнотежа



Ако сакаме да се формира поголемо количество од талогот (AgI), тоа може да се постигне со додавање на KI во растворот.



При дисоцијација на KI , се добиваат I^- јони кои се заеднички јони за AgI и KI . Бидејќи се зголемува количество на I^- јоните во продуктите, рамнотежата се поместува кон лево, и притоа се образува поголемо количество од AgI . Поместувањето на рамнотежата се должи на ефектот на заеднички јон.

ВЕЖБИ

Пишување равенки за рамнотежа помеѓу различни слабо растворливи супстанции и нивните јони во заситен раствор и соодветни величински равенки за производот на растворливост.

Задача 29

Напиши ги величинските равенки за производот на растворливост (K_{sp}) за следниве примери на слабо растворливи соединенија: $\text{CaF}_2(\text{s})$, $\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s})$.

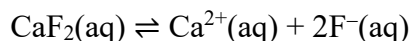
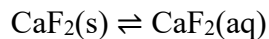
РЕШЕНИЕ:

Се бара:

Да се напише изразот за K_{sp} за следниве примери: $\text{CaF}_2(\text{s})$, $\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s})$.

$\text{CaF}_2(\text{s})$

$\text{CaF}_2(\text{s})$ е слабо растворливо јонско соединение, делот од солта што се раствора ќе дисоцира на јони според равенката:

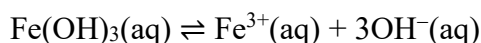
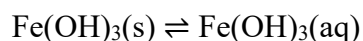


Според тоа изразот за K_{sp} , ќе биде:

$$K_{\text{sp}} = c(\text{Ca}^{2+}) \cdot c(\text{F}^{-})^2$$

$\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s})$

$\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s})$ е слабо растворливо соединение, неговиот растворлив дел ќе дисоцира на јони според равенката:



Изразот за K_{sp} , ќе биде:

$$K_{\text{sp}} = c(\text{Fe}^{3+}) \cdot c(\text{OH}^{-})^3$$

Задача 30

Напиши ги величинските равенки за производот на растворливост (K_{sp}) за следниве примери на слабо растворливи соли: $\text{CaCO}_3(\text{s})$ и $\text{PbI}_2(\text{s})$.

РЕЗИМЕ

Спроводливи од прв вид се металите кои спроведуваат електрична струја бидејќи имаат лесно подвижни електрони.

Неелектролити се нарекуваат супстанциите чии водни раствори содржат молекули и поради тоа не спроведуваат електрична струја.

Електролити се супстанциите кои при растворање во вода (или во друг поларен растворувач) образуваат јони.

Силни електролити се електролитите што се скоро целосно дисоцирани во вода.

Слаби електролити се електролитите што се делумно дисоцирани во вода.

Степенот на електролитна дисоцијација α (алфа) е мерка за јачината на слабите електролити.

Јонските реакции се реакции помеѓу јони кои се одвиваат во водни раствори.

Киселина според теоријата на Бренистед и Лори е супстанца што дава протони и се нарекува протон-донор.

База според теоријата на Бренистед и Лори е супстанца што прима протони и се нарекува протон-акцептор.

Протолити се киселините и базите кои разменуваат протони (H^+).

Протолитички реакции се реакциите во кои се разменуваат протони.

Силни протолити се протолитите што лесно оддаваат или лесно примаат протони.

Слаби протолити се протолитите што тешко оддаваат или тешко примаат протони.

Амфипротолити се супстанциите кои примаат и оддаваат протони, односно се однесуваат и како киселини и како бази.

Јонскиот производ на вода (K_w) е производ од концентрацијата на водородните (H^+) и хидроксидните јони (OH^-).

Индикатори се супстанции што ја менуваат бојата во зависност од киселоста на средината.

Водородниот показател (pH) претставува негативен декаден логаритам од бројната вредност од концентрацијата на водородните јони (H^+), $pH = -\log c(H^+)/mol/dm^3$.

Хидроксидниот показател (pOH) претставува негативен декаден логаритам од бројната вредност од концентрацијата на хидроксидните јони (OH^-), $pOH = -\log c(OH^-)/mol/dm^3$.

Хидролизата на соли е протолитички процес, односно процес на размена на протони помеѓу јоните на солта и водата.

Јонски производ на водата (K_{sp}) е производ од рамнотежните концентрации на јоните што се образуваат во раствор при дисоцијација на растворливиот дел од слабо растворливата сол.

ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

- 1) Која е разликата помеѓу спроводници од прв вид и спроводници од втор вид? Дали и едните и другите дисоцираат во водни раствори?
- 2) Дали натриум хлорид кога е во цврста агрегатна состојба спроведува електрична струја? Објасни.
- 3) Прикажи го процесот на електролитна дисцијација на следниве соединенија во водни раствори и означи кои од нив се силни, а кои слаби електролити: HCl , H_2SO_3 , NH_4OH , K_3PO_4 , CH_3COOH , AlCl_3 , $\text{Fe}(\text{OH})_2$, NH_4NO_3 , HClO_4 , $\text{Ba}(\text{OH})_2$, H_3PO_3 и $\text{Bi}(\text{OH})_3$?
- 4) Именувај ги соединенијата од задача 3.
- 5) Пресметај ја вредноста на степенот на електролитна дисоцијација (α) на HNO_2 ако:
 - а) $c(\text{HNO}_2) = 0,5 \text{ mol/dm}^3$, $c(\text{H}^+) = 0,022 \text{ mol/dm}^3$
 - б) $c(\text{HNO}_2) = 0,05 \text{ mol/dm}^3$, $c(\text{H}^+) = 0,0056 \text{ mol/dm}^3$
- 6) Допиши ги продуктите на следниве протолитички реакции:
 - а) $\text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) + \text{HF}(\text{aq}) \rightarrow$
 - б) $\text{HNO}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow$
 - в) $\text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{PO}_4^{3-}(\text{aq}) \rightarrow$
 - г) $\text{Cl}^-(\text{aq}) + \text{HClO}_4(\text{aq}) \rightarrow$
- 7) Означи ги паровите киселина/конјугирана база и база/конјугирна киселина од задачата 6.
- 8) Како се однесува водата кога разменува протони со H_2CO_3 , а како со HCO_3^- ? Објасни.
- 9) Водата е амфипротолит. Што значи тоа? Напиши ја равенката на автопротолитичката реакција на вода.
- 10) Определи ја киселоста на средината во случај кога:
 - а) $c(\text{H}_3\text{O}^+) = 1 \cdot 10^{-11} \text{ mol/dm}^3$
 - б) $c(\text{OH}^-) = 1 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$
- 11) Пресметај ја концентрацијата на OH^- јоните во раствор во кој концентрацијата на H^+ јоните изнесува $1,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$. Определи каков ќе биде карактерот на средината.
- 12) Пресметај ја концентрацијата на H^+ јоните во раствор во кој концентрацијата на OH^- јоните изнесува $1,2 \cdot 10^{-8} \text{ mol/dm}^3$. Определи каков ќе биде карактерот на средината.
- 13) Пресметај ја концентрацијата на H^+ и OH^- јоните во раствор од хлороводородна киселина (HCl) со концентрација $0,001 \text{ mol/dm}^3$.
- 14) Пресметај ја концентрацијата на H^+ и OH^- јоните во раствор од калиум хидроксид (KOH) со концентрација $1 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$.
- 15) Пресметај ја pH и pOH вредноста на раствор во кој концентрацијата на водородни јони (H^+) изнесува $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$. Каква ќе биде киселоста на средината?
- 16) Кој од растворите има поголема киселост $0,5 \text{ mol/dm}^3 \text{ HNO}_3$ или $0,5 \text{ mol/dm}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$? Објасни го одговорот.
- 17) Пресметај ја концентрацијата на H^+ и OH^- јоните во раствор кој има $\text{pH} = 4,4$.
- 18) Пресметај ја концентрацијата на H^+ и OH^- јоните во раствор со $\text{pOH} = 5$.
- 19) Што се индикатори? Кои се најчесто користени индикатори? Каква е нивната боја во кисела и базна средина?
- 20) Каква ќе биде бојата на индикаторите: лакмусова хартија, фенолфталеин и метилоранж во следниве раствори:

- а) калиум хидроксид (KOH)
- б) натриум хлорид (NaCl)
- в) азотна киселина (HNO₃)

- 21) Напиши ги формулите и имињата на киселините и базите од кои се образувани следниве соли: K₃PO₃, NH₄Cl, LiClO₄, NH₄NO₂, NaF, CaCl₂. Именувај ги солите.
- 22) Кои од солите од задача 21 во водни раствори хидролизираат? Каква ќе биде киселоста на образуваните раствори? Објасни го одговорот.
- 23) Пополни ја табелата

сол	киселина	база	pH
NaNO ₃	HNO ₃	NaOH	≈ 7
Mg(CN) ₂			
CH ₃ COONH ₄			
NaClO ₄			
(NH ₄) ₂ SO ₄			

- 24) Именувај ги солите, киселините и базите од задача 23.
- 25) Напиши го изразот за производот на растворливост (K_{sp}) на следниве соединенија:
- а) сребро хромат (Ag₂CrO₄)
 - б) магнезиум хидроксид (Mg(OH)₂)
 - в) бариум сулфат (BaSO₄)
- 26) Напиши го изразот за K_{sp} на CdS и објасни го влијанието на заедничкиот јон ако се додаде CdI₂ во реакциониот систем.

МОДУЛАРНА ЕДИНИЦА 5**ЕЛЕКТРОХЕМИСКИ ПРОЦЕСИ****Цели на учењето**

Со модуларната единица електрохемиски процеси се очекува да се постигнат следниве цели:

- стекнување на знаење за електрохемиски процеси и електрохемиски елементи, електролиза, ќелии за електролиза и корозија;
- составување на едноставни галвански елементи и предвидување на процесите кои се одвиваат во нив (пишување на равенки за полуреакциите на оксидација и редукција) и одредување анода и катода;
- стекнување на знаење за начинот на функционирање и примена на практично важни галвански елементи;
- објаснување на процесот на електролиза и предвидување на продуктите од електролизата на даден електролит;
- разбирање на различните видови корозија и начините за заштита од корозија;

Очекувани исходи со изучување на модуларната единица

По изучување на модуларната единица електрохемиски процеси учениците се очекува:

- да ги дефинираат поимите електрохемиски процес, електрохемиски елемент, галвански елемент, ќелија за електролиза, анода, катода, корозија и др.;
- да ја применуваат електрохемиската низа на металите за предвидување на насоката на струјата во галванскиот елемент, да ги пишуваат равенките на полуреакциите на оксидација и редукција;
- да ги разбираат и објаснуваат практично важните галвански елементи;
- да ги предвидуваат продуктите кои се добиваат на анодата и катодата при електролиза на определен електролит;
- да прават разлика помеѓу различните видови корозија на материјалите и да предложат начини за заштита од корозија;

Поими

електрохемија, електрохемиски процес, електролиза, електрохемиски елемент, галвански елемент, ќелија за електролиза, полueleмент, анода, катода, електрода, редокс процеси, полуреакција на оксидација, полуреакција на редукција, Даниелов галвански елемент, Леклашеов сув елемент, корозија, хемиска корозија, електрохемиска корозија, галванизација, елоксирање, бојадисување, лакирање, емајлирање, калаисување, легирање

Содржина на модулрната единица

Електрохемиски процеси и електрохемиски елементи
 Галвански елементи и практично важни галвански елементи
 Електролиза
 Корозија на металите и заштита на металите од корозија

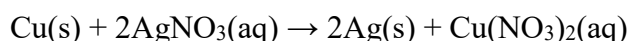
5. ЕЛЕКТРОХЕМИСКИ ПРОЦЕСИ

Електромијата како што кажува нејзиното име ја објаснува врската помеѓу електричната енергија и хемијата. *Делот од хемијата што се занимава со проучување на релацијата помеѓу хемиските реакции и електричната струја се нарекува електрохемија.* Како резултат на одвивање на некои реакции се добива еднонасочна струја. Вообичаено електрична струја се добива како резултат на движењето на електрони, што значи дека при одвивање на овие хемиски реакции доаѓа до движење на електроните. Таков пример се оксидационо-редукционите реакции (редокс реакциите). Од друга страна пак, некои реакции се одвиваат само под дејство на електрична струја. Во таков случај може да се искористи енергијата од некоја батерија. Реакциите во кои на кој било начин е вклучена електричната струја се нарекуваат **електрохемиски реакции**.

5.1. Електрохемиски процеси и електрохемиски елементи

Електрохемиски процес е процес што предизвикува течење на електрична струја или пак е предизвикан под дејство на електричната струја. Во основа на електрохемиските процеси се оксидационо-редукционите реакции (редокс реакциите) во кои се разменуваат електрони помеѓу атомите. Притоа процесот на испуштање електрони се нарекува **оксидација**, а процесот на примање електрони се нарекува **редукција**.

Доколку бакарна жица се потопи во раствор од сребро нитрат, по некое време се забележува дека на прачката се наталожува метално сребро, а растворот се обојува со сина боја (слика 5.1). Образувањето на елементарно сребро на површината на бакарната жица е како резултат на редукција на сребрените јони од растворот, додека пак сината боја на растворот се должи на оксидацијата на атомите на бакар од жицата, притоа во растворот се образуваат катјони од бакар. Овој процес може да се прикаже со следнава равенка:



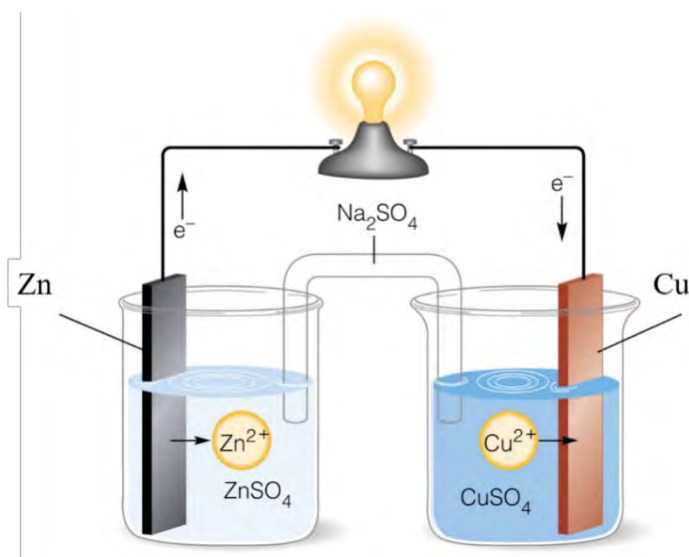
Слика 5.1. Редокс реакција меѓу Cu и AgNO₃

Ваквиот систем може да се користи како извор на електрична струја, само доколку реакцијата на оксидација на бакарните атоми е физички одделена од реакцијата на редукција на сребрените катјони. Тоа значи дека реакциите на оксидација и редукција ќе се одвиваат во различни садови, а електродите ќе се поврзат со метален спроводник. Ваквиот систем се нарекува **електрохемиски елемент** или електрохемиска ќелија. Електрохемиските елементи се нарекуваат уште и *Волтини ќелии* или *галански елементи* во чест на италијанските научници Галвани (Luigi Galvani, 1737 – 1798) и Волта (Allesandro Volta, 1745 – 1827). Во зависност од тоа дали електрохемиските елементи се користат како извор на електрична струја или во нив се одвиваат хемиски реакции под дејство на електрична струја, тие се класифицирани во две групи, галански елементи и ќелии за електролиза.

5.2. Галвански елементи и практично важни галвански елементи

Галванските елементи се електрохемиски елементи кои служат како извор на електрична струја. Тие претставуваат основа за конструкција на различни батерии, бидејќи во нив се одвиваат спонтано (сами од себе) редокс реакциите. Според тоа, може да се каже дека како резултат на спонтано одвивање на хемиски реакции на електродите, галванските елементи ја претвораат хемиската енергија во електрична.

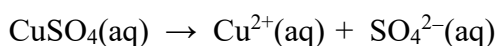
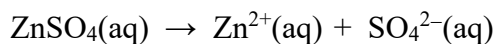
Секој галвански елемент има свој карактеристичен напон. Вообичаено галванските елементи се состојат од два одделни полуелемента, секој составен од електрода потопена во раствор од електролит. Еден пример е Даниеловиот галвански елемент кој е измислен во 1836 година од англискиот хемичар Даниел (John Frederic Daniell, 1790 – 1845).



Слика 5.2. Даниелов галвански елемент

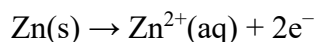
Даниеловиот галвански елемент се состои од два полуелемента, лев полуелемент и десен полуелемент. Лев полуелемент е цинкова плочка потопена во раствор што содржи ист вид на катјони (цинк сулфат, ZnSO_4), а десен полуелемент е бакарна плочка, потопена во раствор од бакар(II) сулфат (CuSO_4).

Како резултат на дисоцијација на електролитите во растворот на левиот полуелемент се присутни цинкови (Zn^{2+}) и сулфатни (SO_4^{2-}) јони, додека во растворот на десниот полуелемент се присутни бакарни (Cu^{2+}) и сулфатни (SO_4^{2-}) јони.

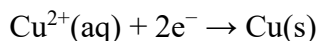


Цинковата и бакарната плочка се електроди што се поврзани помеѓу себе со метална жица на која е поврзан волтметар со кој се мери јачината на струјата.

Во левиот полуелемент се одвива реакција на оксидација, односно цинковите атоми оддаваат електрони и поминуваат во растворот како катјони.

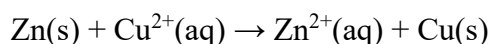


Електроните кои ги испуштаат цинковите атоми при оксидација не се акумулираат на цинковата плочка, туку патуваат низ жицата до бакарната плочка. Притоа Cu^{2+} -јоните од растворот ги примаат овие електрони и се редуцираат до елементарен бакар.



Електродата на која се одвива процесот на оксидација е негативно наелектризирана и се нарекува **анода**. Електродата на која се одвива процесот на редукција е позитивно наелектризирана и се нарекува **катода**. Цинковата плочка е **негативниот пол (-) на елементот** и се нарекува анода, а бакарната плочка е **позитивниот пол (+) на елементот** и се нарекува катода.

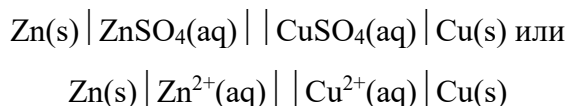
Вкупната редокс реакција која се одвива во Даниеловиот галвански елемент може да се прикаже на следниов начин:



Како резултат на одвивање на процесот на оксидација во растворот на левиот полуелемент, концентрацијата на Zn^{2+} јоните се зголемува (се зголемува позитивниот полнеж), додека пак во десниот полуелемент процесот на редукција предизвикува зголемување на концентрацијата на SO_4^{2-} -јоните во растворот (се зголемува негативниот полнеж). Растворите во двата полуелемента треба да бидат електронеутрални. За да се постигне електронеутралност на растворите, тие се поврзуваат со *електролитен мост*. **Електролитниот мост** е свиткана (U) цевка исполнета со раствор од електролит (на пример Na_2SO_4). Јоните од овој електролит не реагираат ниту со јоните во растворите, ниту со електродите. Краевите на цевката се затворени со порозни мембрани низ кои може да мигрираат јоните, но не може да поминува растворот од електролитот. Во случајот на Даниеловиот галвански елемент, сулфатните анјони мигрираат од електролитниот мост кон левиот полуелемент за да го неутрализираат вишокот на позитивен полнеж од Zn^{2+} јоните, кои се образуваат како резултат на оксидацијата на цинковите атоми. Во исто време натриумовите катјони мигрираат кон десниот полуелемент каде што како резултат на полуреакцијата на редукција има вишок на SO_4^{2-} -јони (негативен полнеж). На ваков начин се постигнува системот во целина да биде електронеутрален.

Според тоа може да се каже дека течењето на електричната струја низ електрохемискиот елемент е резултат на два процеса, движењето на електроните низ жиците, и на јоните во растворите.

Даниеловиот галвански елемент се прикажува со следниов шематски дијаграм:



Анодата, односно електродата на која се врши оксидација секогаш се пишува од левата страна во шематскиот дијаграм. Катодата, односно електродата на која се врши редукција се пишува од десната страна во шематскиот дијаграм. Со една вертикална линија ($\mid$) е прикажана границата помеѓу електродата и растворот. Со две паралелни

вертикални линии ($|$ $|$) е прикажана границата помеѓу двата полуелемента, односно електролитниот мост.

При составување на галванските елементи треба да се предвиди кој метал ќе биде електрода во левиот полелемент (анода) во кој се врши оксидација, а кој метал ќе биде електрода во десниот полелемент (катода) во кој се врши редукција. Металите според тоа колку лесно испуштаат електрони, односно во зависност од нивната реактивност се подредени во низа која се нарекува **електрохемиска низа на металите**. Притоа водородот е земен како основа за споредување. На почетокот од низата се наоѓаат елементите што полесно испуштаат електрони, односно пореактивните метали. Како што се оди понатаму во низата, реактивноста на металите се намалува, односно тие потешко испуштаат електрони. Лев полелемент во кој се врши оксидација е метал што полесно испушта електрони во споредба со металот што е електрода во десниот полелемент во кој се врши редукција. **Електрохемиската низа на металите е распоред на металите во зависност од нивната реактивност.**



Од електрохемиската низа на металите може да се види дека прв метал е литиум, што значи дека тој е најреактивен, односно полесно испушта електрони од другите метали во низата. Па поради тоа Li е најсилно редукционно средство. Катјонот на литиум (Li^+) што се образува кога литиум испушта електрони е оксидационо средство. Притоа колку металот е посилен редуктор, толку неговиот катјон е послаб оксиданс. Последен метал во низата е златото, кое најтешко испушта електрони во споредба со металите пред него. Au е најслабо редукционно средство во споредба со другите метали. Тоа значи дека катјонот на злато (Au^{3+}) е најсилен оксиданс во споредба со катјоните на останатите метали од електрохемиската низа. Со помош на електрохемиската низа на металите, може да се предвидат голем број хемиски реакции и да се спореди реактивноста на металите.

ВЕЖБИ	Пишување равенки на полуреакции на оксидација и редукција во различни галвански елементи и утврдување на анодата и катодата и позитивниот и негативниот пол на елементот.
Задача 1	Напиши ги равенките на полуреакциите на оксидација и редукција кај галванскиот елемент составен од бакарна плочка (Cu) потопена во раствор од бакар(II) нитрат ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$) и сребрена плочка (Ag) потопена во раствор од сребро нитрат (AgNO_3). Определи која електрода е анода, а која катода.

РЕШЕНИЕ:

Се бара:

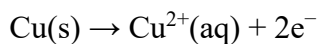
Да се напишат равенките на полуреакциите на оксидација и редукција на галванскиот елемент и да се определи која од електродите е анода, а која е катода.

Електроди кои треба да се користат за составување на галванскиот елемент се:

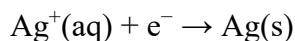
- бакарна плочка (Cu) потопена во раствор од бакар(II) нитрат ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$);
- сребрена плочка (Ag) потопена во раствор од сребро нитрат (AgNO_3).

Земајќи ја предвид положбата на бакар и сребро во електрохемиската низа на метали може да се заклучи дека лев полуелемент ќе биде бакарната плочка (Cu) потопена во раствор од бакар(II) нитрат ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$), бидејќи бакарот се наоѓа пред сребро во низата. Тоа значи дека сребрената плочка (Ag) потопена во раствор од сребро нитрат (AgNO_3) ќе биде десен полуелемент.

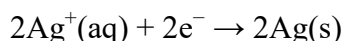
Во левиот полуелемент се одвива реакција на оксидација:



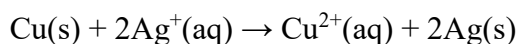
Во десниот полуелемент се одвива реакција на редукција:



Со цел да се изедначи бројот на испуштени и бројот на примени електрони, ќе бидат потребни два Ag^{+} јони.



Според тоа, вкупната редокс реакција ќе биде



Анода или негативен пол на елементот ќе биде бакарната електрода, додека сребрената електрода ќе биде катода, односно позитивен пол на елементот.

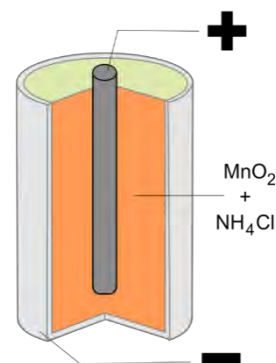
Задача 2

Напиши ги равенките на полуреакциите на оксидација и редукција на галванскиот елемент составен од живина плочка (Hg) потопена во раствор од жива(II) нитрат ($\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$) и цинкова плочка (Zn) потопена во раствор од цинк нитрат ($\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$) Определи која електрода е анода, а која катода.

Практично важни галвански елементи

Секојдневно користиме различни видови батерии чиј принцип на работа е ист како кај електрохемиските елементи. Некои од батериите се составени од еден електрохемиски елемент, а има и такви кај кои повеќе електрохемиски елементи се поврзани во серија (катодата од една батерија е поврзана со анодата од друга батерија), притоа се зголемува вкупната јачина на батеријата. На пример, батериите од 1,5 волти се составени од еден електрохемиски елемент, додека пак батериите (акумулатори) што се користат во автомобилите се состојат од 6 електрохемиски елементи поврзани сериски, притоа секој има напон од по 2 волти. Вкупниот напон на акумулаторот изнесува 12 волти.

Батериите за една употреба не може да се наполнат откако ќе бидат испразнети. Ваквите батерии треба да се рециклираат откако ќе се испразнат. Во оваа група спаѓаат **сувите ќелии на Лекланше**. Тие наместо течен електролит содржат паста од супстанции што спроведуваат електрична струја. Во сувата ќелија на Лекланше, анодата е од цинк, а катодата е од графит. Како електролит се користи паста од NH_4Cl и MnO_2 . Во неа се одвиваат хемиските реакции прикажани со равенките:



Слика 5.3. Сува ќелија на Лекланше

На анодата: $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$

На катодата: $2\text{MnO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$

Доколку NH_4Cl се замени со KOH или NaOH , се добива алкална батерија. Алкалните батерии имаат подолг век на траење од батериите кои не се алкални, односно кај кои како електролити се користат кисели пасти. Со двата типа батерии се добива потенцијал од 1,5 волти.

Некои батерии може да се користат подолго време (повеќе пати), бидејќи откако ќе се испразнат можат да се наполнат со приклучување кон извор на еднонасочна струја. Такви се **оловните акумулатори**.



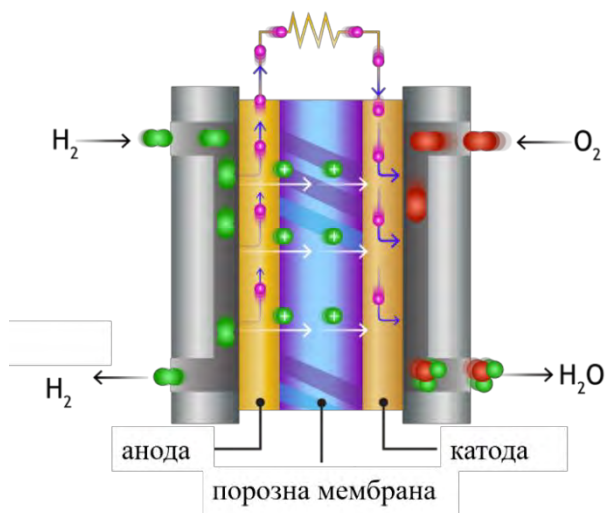
Слика 5.4. Оловен акумулатор

Оловните акумулатори се составени од шест електрохемиски ќелии поврзани во серија. Анодите во елементите се од олово, а катодите од олово(IV) оксид (PbO_2) што е нанесен врз метална подлога (слика 5.4). На електродите се одвиваат хемиските реакции прикажани со равенките:

На анодата: $\text{Pb} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{PbSO}_4 + 2\text{e}^-$

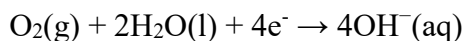
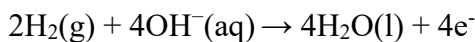
На катодата: $\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

Горивната ќелија е практично важен галвански елемент што ја претвора хемиската енергија на горивото (водород) и оксидансот (кислород) во електрична енергија преку одвивање редокс реакции. Таа се состои од две електроди, анода (негативен пол на галванскиот елемент) и катода (позитивен пол на галванскиот елемент) кои се сместени околу електролитот.

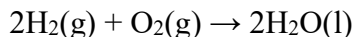


Слика 5.5. Горивна ќелија

Процесите на оксидација и редукција што се одвиваат во горивните ќелии се идентични на реакциите на горење. Горивните ќелии се користат како извори на електрична струја при вселенски летови. Полуреакциите во горивните ќелии може да се напишат на следниов начин:



Вкупната редокс реакција која се одвива во една горивна ќелија може да се прикаже на следниов начин:



Последната равенка всушност го опишува процесот на горење на водородот, кој при реакција со кислород образува вода.

Горивните ќелии се разликуваат од повеќето батерии, бидејќи ним им е потребен континуиран извор на гориво и кислород (обично од воздухот) за да се одвива редокс реакцијата, додека кај батеријата хемиската енергија обично доаѓа од супстанциите кои се присутни во батеријата. Горивните ќелии можат континуирано да произведуваат електрична енергија сè додека се снабдуваат со гориво и со кислород.

5.3. Електролиза

*Електрохемиските елементи во кои се одвиваат хемиски реакции под дејство на електрична струја се нарекуваат **ќелии за електролиза**. Процесите што се одвиваат во електрохемиските ќелии се процеси на електролиза. Процесот на разложување на супстанциите под дејство на електрична струја се нарекува **електролиза**.*

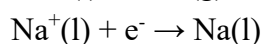
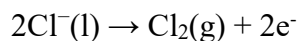
Електролизата се користи во индустријата за добивање на чисти метали (натриум, магнезиум, алуминиум и др.), гасовити супстанции (кислород, водород, хлор и др.), натриум хидроксид и др. На пример со електролиза на растоп од натриум хлорид (NaCl) се добиваат натриум (Na) и хлор (Cl_2). Натриум хлорид во цврста агрегатна состојба не спроведува електрична струја, бидејќи јоните во кристалната решетка не можат слободно да се движат. Доколку натриум хлоридот се стопи (со загревање на $800\text{ }^\circ\text{C}$) се добива бистра течност (растоп) која спроведува електрична струја.

Електролизата се одвива во ќелија за електролиза во која две електроди од графит се потопени во растопот од NaCl и се поврзани со извор на еднонасочна струја (слика 5.6). Во текот на процесот на електролиза се забележува дека на едната електрода се ослободува жолтозелен гас, а на другата електрода се образува сребрено бел метал што е во течна агрегатна состојба и испливува на површината од растопениот NaCl . Натриумот се топи на $97,8\text{ }^\circ\text{C}$ и е полесен од растопот, затоа испливува на површината.

Дисоцијацијата на растопот од $\text{NaCl}(\text{l})$, може да се прикаже со следнава равенка:



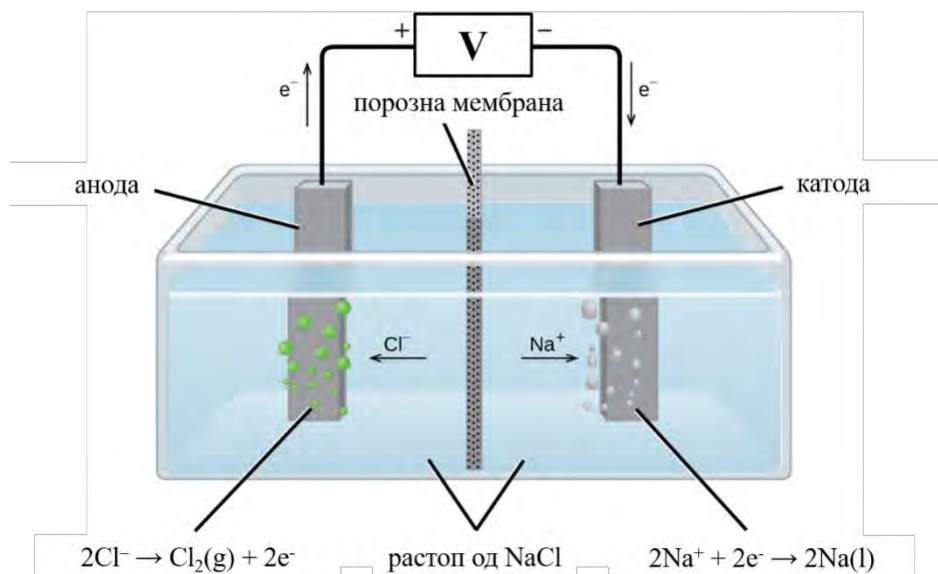
Полуреакцијата на оксидација на Cl^- јоните се одвива на анодата, додека полуреакцијата на редукција на Na^+ јоните се одвива катодата. Равенките на овие полуреакции може да се прикажат на следниов начин



Електроните што ги испушта хлорот на анодата преку надворешниот спроводник се движат кон катодата, каде што учествуваат во процесот на редукција на натриумовите јони до елементарен натриум. Вкупната реакција на процесот на електролиза на NaCl(l) ќе биде:

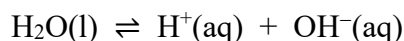
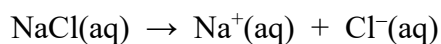


Значи, со електролиза на растоп од натриум хлорид (NaCl) се добиваат натриум (Na) и хлор (Cl_2) во елементарна состојба. Натриум и хлор не смеат да дојдат во меѓусебен контакт, бидејќи ќе дојде до бурна реакција помеѓу нив и ќе се образува NaCl .

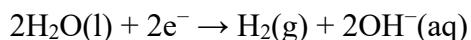


Слика 5.6. Шематски приказ на електролиза на растоп од NaCl

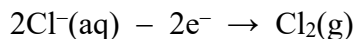
Продуктите што се добиваат со електролиза на раствор од NaCl(aq) во вода се разликуваат од продуктите што се добиваат со електролиза на растопот од NaCl(l) . Во растворот ќе бидат присутни $\text{Na}^+(\text{aq})$ и $\text{Cl}^-(\text{aq})$ јони добиени со дисоцијација на NaCl(aq) , но исто така ќе бидат присутни $\text{H}^+(\text{aq})$ и $\text{OH}^-(\text{aq})$ јоните, добиени со дисоцијација на водата ($\text{H}_2\text{O(l)}$).



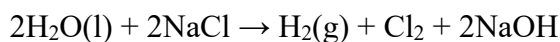
Во водните раствори на NaCl(aq) се присутни два вида катјони (Na^+ и H^+) и два вида анјони (Cl^- и OH^-). Поради тоа се поставува прашањето кој катјон ќе се редуцира на катодата, а кој анјон ќе се оксидира на анодата? За да се одговори ова прашање треба да се види кое е местото на елементите натриум и водород во електрохемиската низа на металите. Натриумот (Na) е пред водородот (H) во електрохемиската низа на металите, тоа значи дека тој полесно испушта електрони од водород, но неговиот катјон (Na^+) потешко прима електрони од катјонот на водород (H^+). Поради тоа, редукцијата на H^+ јоните ќе се одвива полесно од редукцијата на Na^+ јоните. Како резултат на тоа, на катодата ќе се издвојува елементарен водород (H_2). Земајќи предвид дека водата е многу слаб електролит, полуреакцијата на редукција што се одвива на катодата може да се прикаже со следнава равенка:



Кога анјоните (Cl^- и OH^-) ќе дојдат на анодата, ќе се оксидираат тие што имаат поголема тенденција за примање електрони. Во овој пример, ќе се оксидираат хлоридните јони (Cl^-), бидејќи тие полесно примаат електрони и како резултат на полуреакцијата на оксидација на анодата ќе се добие елементарен хлор (Cl_2).



Бидејќи во растворот на $\text{NaCl}(\text{aq})$ се присутни Na^+ јони, како спореден продукт при неговата електролиза се добива NaOH . Според тоа електролизата на растворот од натриум хлорид во вода ($\text{NaCl}(\text{aq})$), може да се прикаже со следнава равенка



Од равенката може да се види дека продукти на електролизата на раствор од натриум хлорид се водород (H_2) и хлор (Cl_2), додека спореден производ е NaOH .

ВЕЖБИ

Предвидување на продуктите што ќе се издвојат на анодата и катодата според составот на електролитот што се електролизира и според тоа дали електролизата се одвива во раствор или во растоп.

Задача 3

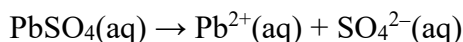
Предвиди кои продукти ќе се добијат со електролиза на раствор од олово(II) сулфат (PbSO_4) и растоп од цинк бромид (ZnBr_2).

РЕШЕНИЕ:

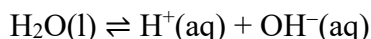
Се бара: Кои продукти ќе се добијат со електролиза на:

- раствор од олово(II) сулфат (PbSO_4);
- растоп од цинк бромид (ZnBr_2).

PbSO_4 во водни раствори дисоцира на јони:



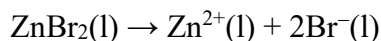
Исто така и водата делумно дисоцира според равенката:



Во растворот ќе бидат присутни два вида катјони: Pb^{2+} јоните и H^+ јоните. Од електрохемиската низа на метали може да се види дека оловото е пред водородот, што покажува дека Pb полесно испушта електрони од H_2 , но Pb^{2+} јоните потешко ќе примаат електрони од H^+ јоните. Поради тоа на катодата ќе се издвојува елементарен водород (H_2).

Од анјоните кои се присутни во растворот (SO_4^{2-} и OH^-), поголем афинитет кон електроните имаат OH^- јоните, од кои со оксидација се добива кислород (O_2). Тоа значи дека со електролиза на раствор од $\text{PbSO}_4(\text{aq})$, ќе се добијат водород (H_2) и кислород (O_2).

ZnBr_2 во растоп дисоцира на јони според равенката:



Во растопот се присутни само еден вид катјони (Zn^{2+}) и само еден вид анјони (Br^-). Поради тоа се очекува со редукција на Zn^{2+} јоните на катодата да се добие елементарен цинк (Zn), а со оксидација на Br^- јоните на анодата да се добие елементарен бром (Br_2).

Задача 4

Предвиди кои продукти ќе се добијат со електролиза на раствор од алуминиум нитрат ($\text{Al}(\text{NO}_3)_3$), растоп од бакар(II) јодид (CuI_2) и раствор од бакар(II) јодид (CuI_2).

ВЕЖБИ

Пишување равенки на полуреакции што се одвиваат на анодата и катодата при електролиза на раствори и растопи на различни електролити.

Задача 5

Напиши ги равенките на полуреакциите што се одвиваат на анодата и катодата при електролиза на раствор од олово(II) сулфат (PbSO_4) и растоп од цинк бромид (ZnBr_2).

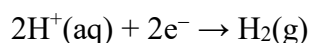
РЕШЕНИЕ:

Се бара: Да се напишат равенките на полуреакциите што се одвиваат на анодата и катодата при електролиза на:

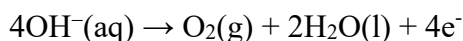
- раствор од олово(II) сулфат (PbSO_4);
- растоп од цинк бромид (ZnBr_2).

Од решението на претходната задача може да се види дека со електролиза на раствор од $\text{PbSO}_4(\text{aq})$

- на катодата ќе се одвива полуреакција на редукција на H^+ јоните и ќе се добие водород (H_2), според равенката:



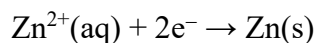
- на анодата ќе се одвива полуреакција на оксидација на OH^- јоните според равенката



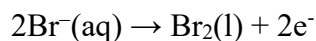
Продукти на електролизата на $\text{PbSO}_4(\text{aq})$ се $\text{H}_2(\text{g})$ и $\text{O}_2(\text{g})$.

Со електролиза на растоп од $\text{ZnBr}_2(\text{l})$

- на катодата ќе се одвива полуреакција на редукција на Zn^{2+} јоните и ќе се добие цинк (Zn), според равенката



- на анодата ќе се одвива полуреакција на оксидација на Br^- јоните според равенката



Продукти на електролизата на $\text{ZnBr}_2(\text{l})$ се $\text{Zn}(\text{s})$ и $\text{Br}_2(\text{l})$.

Задача 6

Напиши ги равенките на полуреакциите што се одвиваат на анодата и катодата при електролиза на раствор од алуминиум нитрат ($\text{Al}(\text{NO}_3)_3$), растоп од бакар(II) јодид (CuI_2) и раствор од бакар(II) јодид (CuI_2).

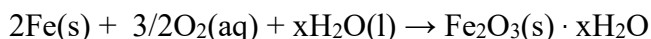
5.4. Корозија на металите и заштита на металите од корозија

Зошто предметите 'рѓосуваат и како може да се спречи тој процес се прашања на кои може да се одговори ако се знае нешто повеќе за тоа што е корозија.

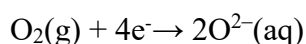
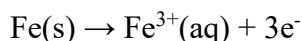
Корозија е процес во кој материјалите ги губат своите својства како резултат на влијание од околината.

Влијанието од околината е всушност резултат на реакции на материјалите со супстанциите од околината како што се кислород, вода или електролити, како на пример солена вода. Како резултат на корозија на површината на материјалите се образуваат соединенија, кои понатаму може да го забрзаат процесот на корозија.

Скоро сите материјали кои се изложени на надворешно влијание кородираат, но сепак процесот на корозија најголемо значење има кај металите, особено кај железото. Корозијата кај железо се нарекува 'рѓосување, процес во кој железото реагира со кислород и вода од околината и притоа на неговата површина се образува слој од хидратизиран желез(III) оксид, кој се нарекува 'рѓа.



Оксидот на железо што се добива со негово 'рѓосување има црвенокафена боја. Реакцијата со која е прикажан процесот на 'рѓосување на железо е редокс реакција во која железото се оксидира, а кислородот се редуцира, како што е прикажано со следниве равенки:



Слика 5.7. Корозија на железен предмет

На почетокот 'рѓосува само површината од железото, но со подолготрајна изложеност, доаѓа до негово целосно 'рѓосување.

Корозијата кај металите може да биде:

- хемиска корозија;
- електрохемиска корозија.

Хемиска корозија кај металите се јавува како резултат на влијанието на агресивни гасови од околината, како што се кислород (O_2), јаглерод диоксид (CO_2), сулфур диоксид (SO_2), халогени елементи (X_2), сулфуроводород (H_2S) и др. До хемиска корозија доаѓа во средина во која не е можно спроведување електричество. Причина за корозијата под дејство на кислородот од воздухот (во отсуство на влага) се редокс процесите, при тоа на површината од металот се формира слој од оксид. Врз процесот на корозија влијае и температурата, притоа на повисока температура процесот на корозија се одвива побрзо.

Електрохемиската корозија настанува во средина во која е можно спроведување електричество. Таква средина настанува со растворање во вода на гасовите кои се присутни во атмосферата. На пример, вода во која има растворено јаглерод диоксид

(CO₂) или сулфур диоксид (SO₂). Ако во ваква средина се најдат во контакт два метали, или метал и некоја нечистотија, се формира еден вид галвански елемент. Електрохемиската корозија настанува како резултат на редокс процесите што се одвиваат во галванскиот елемент.

Брзината со која ќе се одвива процесот на корозија кај металите, меѓу другите фактори, зависи и од нивната реактивност. На пример, ако споредиме корозија кај златен прстен, железна шајка, играчка од алуминиум и бакарна цевка, златото е најотпорно на процесот на корозија, потоа следи бакарот. Од дадените метали, железото најбрзо кородира, иако алуминиумот е пореактивен од него. Причина за тоа е што кај алуминиум, под влијание на кислородот од воздухот, на неговата површина се образува слој од алуминиум оксид (Al₂O₃), кој е нереактивен и го штити алуминиумот од понатамошна корозија.

Заштита од корозија

Земајќи го предвид штетното влијание на процот на корозија врз материјалите, многу е важно да се најде начин за нивна заштита. Со методите што се применуваат за заштита од корозија всушност се спречува контакт на материјалите со агресивните гасови и влагата од воздухот. Постојат повеќе методи за заштита од корозија, некои од нив се: бојадисување, лакирање, подмачкување со масти и масла, емајлирање, калаисување, галванизација, елоксирање, легирање и др.

Бојадисувањето е често користен начин за заштита на металите од корозија кога се во прашање поголеми површини, но се користи и за помали предмети. При бојадисување се нанесува слој од боја на металот со цел да се заштити од корозија.

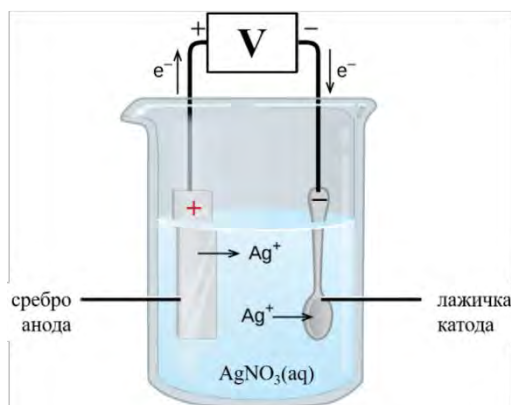
Лакирањето се изведува на сличен начин како бојадисувањето, со нанесување лакови на површината од металите.

Подмачкувањето со масти и масла се применува за железни предмети при движење, на пример синџир од велосипед, со цел да се избегне триењето кое го забрзува процесот на корозија.

Емајлирањето се користи за да се заштитат од корозија садовите од домаќинството.

Со **калаисување** се нанесува заштитен слој од калај на бакарните предмети, бидејќи продуктите од корозијата на бакар се отровни.

Галванизација е процес на нанесување на тенок слој од еден метал врз површината од друг метал. Целта на галванизацијата е првиот метал да се заштити од корозија. За галванизација вообичаено се користат метали што не се толку подложни на корозија, како што е на пример цинк. Галванизацијата на металите се изведува со помош на процесот на електролиза. Освен за заштита од корозија галванизацијата се користи и за декорација, на пример при изработка на накит, бакарот се галванизира со злато. Уште еден пример на галванизација е посребрување на приборот за јадење, односно нанесување на сребро на неговата површина (слика 5.8).



Слика 5.8. Нанесување сребро врз лажичка со електролиза

Елоксирање уште се нарекува и електролитичко оксидирање е постапка со која по пат на главанизација, предмети од алуминиум се обложуваат со слој од оксид. Металите може да се заштитат од корозија со додавање на други метали или неметали (легирање). На ваков начин се образуваат легури. Така на пример, челикот е легура на железо и јаглерод. Доколку во оваа легура се додадат хром и никел се добива челик што е отпорен на корозија.

Друг начин на заштита од корозија е поврзување на железото со некој пореактивен метал, како што се алуминиум или цинк. На тој начин алуминиумот или цинкот ќе се оксидираат со кислородот од воздухот, а железото ќе се заштити од корозија. При овој начин на заштита од корозија се формира еден вид на галвански елемент, во кој металот што е пореактивен (понапред во електрохемиската низа) се жртвува, додека помалку реактивниот метал се заштитува од корозија.

РЕЗИМЕ

Електрохемија е делот од хемијата што се занимава со проучување на релацијата помеѓу хемиските реакции и електричната струја.

Електрохемиски процес е процес што предизвикува течење на електрична струја или пак е предизвикан под дејство на електричната струја.

Оксидација е процесот на испуштање електрони.

Редукција е процесот на примање електрони.

Галванските елементи се електрохемиски елементи кои служат како извор на електрична струја.

Анода е електродата на која се одвива процесот на оксидација, анодата е негативно наелектризирана.

Катода е електродата на која се одвива процесот на редукција, катдата е позитивно наелектризирана.

Електролитниот мост е свиткана (U) цевка исполнета со раствор од електролит.

Електрохемиската низа на металите е распоред на металите во зависност од нивната реактивност.

Оловните акумулатори се батерии кои може да се користат подолго време (повеќе пати), бидејќи откако ќе се испразнат можат да се наполнат со приклучување кон извор на еднонасочна струја.

Сувите ќелии на Лекланше се батерии за една употреба не може да се наполнат откако ќе бидат испразнети. Ваквите батерии треба да се рециклираат откако ќе се испразнат.

Горивната ќелија е практично важен галвански елемент што ја претвора хемиската енергија на горивото (водород) и оксидансот (кислород) во електрична енергија преку одвивање редокс реакции.

Ќелии за електролиза се електрохемиските елементи во кои се одвиваат хемиски реакции под дејство на електрична струја.

Електролиза е процесот на разложување на супстанциите под дејство на електрична струја.

Корозија е процес во кој материјалите ги губат своите својства како резултат на влијание од околината.

Хемиска корозија кај металите се јавува како резултат на влијанието на агресивни гасови од околината.

Електрохемиската корозија настанува во средина во која е можно спроведување електричност.

Галванизација е процес на нанесување на тенок слој од еден метал врз површината од друг метал.

Елоксирање уште се нарекува и електролитичко оксидирање е постапка со која по пат на галванизација, предмети од алуминиум се обложуваат со слој од оксид.

ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

- 1) Кој дел од хемијата се нарекува електрохемија, а кои реакции се електрохемиски?
- 2) Какви можат да бидат електрохемиските процеси?
- 3) Што ќе се случи ако се потопи цинкова прачка во раствор од сребро нитрат? Дали ќе дојде до хемиска реакција? Дали може да послужи реакцијата како основа за добивање на електрична струја?
- 4) Објасни ја врската помеѓу електрохемиските процеси и електричната струја?
- 5) Состави галвански елемент кај кој едната електрода ќе биде од бакар вронета во раствор од бакар(II) нитрат, а другата од сребро вронета во раствор од сребро нитрат?
- 6) До кога ќе се одвиваат процесите во електрохемискиот елемент од задача 5?
- 7) Кои се продуктите при електролиза на раствор од сребро нитрат (AgNO_3)? Објасни.
- 8) Дали при електролиза на растоп од калиум бромид ќе се добие водород? Објасни.
- 9) Кои ќе бидат продуктите при електролиза на растоп од калиум бромид? Дали истите продукти ќе се добијат и при електролиза на раствор од KBr ?
- 10) Што е корозија? Дали само кај металите може да дојде до корозија?
- 11) Која е разликата помеѓу хемиска и електрохемиска корозија?
- 12) Дали термините корозија и 'рѓосување значат исто?
- 13) Дали оксидот од железо што се формира на неговата површина го штити од понатамошно 'рѓосување?
- 14) Објасни како со галванизација може да се заштити железен предмет.
- 15) Дали може железото да се заштити од корозија при поврзување со кој било друг метал од електрохемиската низа на метали? Објасни.

6. ЕКСПЕРИМЕНТИ

ЕКСПЕРИМЕНТИ ОД ПРВАТА МОДУЛАРНА ЕДИНИЦА

ЕКСПЕРИМЕНТ 1

Оксидација на глюкоза со Толенсов реагенс

Глукозата е моносахарид (алдохексоза) која може да се оксидира со Толенсов реагенс што според хемискиот состав е диамминсребро(I) хидроксид со формула $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$. Толенсовиот реагенс се подготвува од водни раствори на сребро нитрат (AgNO_3) и амониум хидроксид (NH_4OH). При нивна реакција се образува бел талог од сребро хидроксид (AgOH) кој во вишок од NH_4OH се раствора и се добива безбоен раствор од $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$. Реакцијата на оксидација на глюкоза се изведува со додавање на Толенсовиот реагенс кон воден раствор од глюкоза. Реакционата смеса се загрева на водена бања или со шпиритусна ламба. Притоа алдехидна група од глюкозата се оксидира до карбоксилна група, а сребрените јони (Ag^+) од Толенсовиот реагенс се редуцираат до елементарно сребро што се издвојува на сидовите од садот во кој се изведува реакцијата во вид на сребрено огледало. Равенката на реакцијата може да се прикаже на следниов начин:



Реакцијата со Толенсов реагенс е карактеристична за моносахаридите со алдехидна група (алдози) која се оксидира до карбоксилна група.

ЕКСПЕРИМЕНТ 2

Хидролиза на сахароза под дејство на неоргански киселини

Сахарозата ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) е дисахарид што се разложува (хидролизира) до глюкоза и фруктоза во присуство на разредени киселини. Равенката на реакцијата на разложување може да се прикаже на следниов начин



За да се изведе експериментот за хидролиза на сахароза, во две епрувети се става воден раствор од сахароза (обичен шеќер). Во едната епрувета се додава разреден раствор од киселина, сулфурна (H_2SO_4) или хлороводородна (HCl) киселина и епруветите се загреваат со шпиритусна ламба. Се очекува сахарозата да хидролизира во епруветата во која е додадена киселина. Потоа во двете епрувети се додава Толенсов реагенс и епруветите повторно се загреваат. Притоа, само во епруветата во која претходно е додадено киселина се очекува да се издвои елементарно сребро на нејзините сидови, во вид на сребрено огледало. Редокс реакцијата се одвива помеѓу глюкозата добиена со хидролиза на сахарозата и Толенсовиот реагенс. Во епруветата со воден раствор од сахароза нема да се издвои елементарно сребро, бидејќи сахарозата не може да ги редуцира Ag^+ јоните од Толенсовиот реагенс до елементарно сребро, што значи дека сахарозата не е редуктивен шеќер.

ЕКСПЕРИМЕНТ 3**Доказување на присуството на скроб во одредени намирници со Луголов раствор**

Скробот е полисахарид чие присуство во намирниците се докажува со Луголов реагенс. Луголовиот реагенс е алкохолен раствор од јод (I_2) и калиум јодид (KI). Растворот од скроб се подготвува како 1 % со растворање на 1 g скроб во 100 mL топла вода. Водата со која се подготвува растворот од скроб се загрева до вриење.

Со додавање на Луголовиот реагенс кон растворот од скроб се добива продукт со сина боја, што се должи на комплексот што го образува амилопектинот од скробот со јодот. Појавата на сина боја е доказ за присуството на скроб. Експериментот може да се изведе така што на свеж компир ќе се додадат неколку капки од Луголовиот реагенс или во оризова вода. Бидејќи овие намирници содржат скроб, ќе се забележи појава на сина боја со додавање на реагенсот.

ЕКСПЕРИМЕНТ 4**Испитување на физичките својства на маслите и маслата**

Физичко својство на маслите и маслата е нивната растворливост. Со примена на правилото „слично се раствора во слично“ може да се донесуваат заклучоци за растворливоста на маслите и маслата во различни растворувачи. Според правилото, маслите и маслата се неполярни органски соединенија и нема да се раствораат во вода, бидејќи водата е поларен растворувач. Овој заклучок што произлегува од правилото за растворливост, може да се потврди со изведување на експеримент. Во три епрувети се додаваат ситни парченца од сланина, свинска маст и некое растително масло (сончогледово или маслиново). Во сите епрувети се додава вода и внимателно се промешуваат. Внимателно се набљудуваат епруветите со цел да се забележи дали се случуваат одредени промени од кои ќе може да се донесе заклучок за растворливоста на маслите и маслата во вода.

Растворливоста на маслите и маслата може да се испита и во неполярни растворувачи како што се толуен (метил бензен, $C_6H_5CH_3$), ацетон (CH_3COCH_3), тетрачлорометан (CCl_4) и други. За таа цел експериментот се изведува на ист начин како со водата. Во три епрувети се става сланина, свинска маст и растително масло, а потоа во секоја од епруветите се додаваат по неколку милилитри од растворувачот. Внимателно се следат епруветите, се забележуваат промените и се споредуваат добиените резултати од овој експеримент со резултатите од претходниот експеримент со водата. Исто така може да се истражи во литература за растворливоста на маслите и маслата во наведените растворувачи и добиените сознанија да се споредат со резултатите од експериментот.

ЕКСПЕРИМЕНТ 5**Таложeње на протеините**

Глобуларните протеини се растворливи во вода, но со додавање соли во растворот или органски растворувачи доаѓа до нивно таложeње. Притоа, ако кон исталожениот протеин се додаде вода, тој повторно ќе се раствори. Експериментот може да се изведе со белка од јајце. За таа цел во епрувета се става раствор на белка од јајце и во истата епрувета се додава 1 % раствор од натриум хлорид (NaCl), кој се подготвува со растворање на 1 g NaCl во 100 mL вода. Потоа во епруветата се додава MgSO₄ во прав. Во присуство на солта ќе дојде до таложeње на протеините од белката од јајцето и растворот ќе се замати. Ако кон заматениот раствор се додаде вода, повторно ќе се раствори исталожениот протеин. Експериментот може да се повтори со органски растворувачи како што се етанол или ацетон. Во присуство на органски растворувачи се намалува растворливоста на протеините и поради тоа се очекува да се исталожат од растворот, што може да се потврди со изведување на експериментот.

ЕКСПЕРИМЕНТ 6**Денатурација на протеините**

При денатурација, протеините ги губат физичките и хемиските својства. Протеините се денатурираат под дејство на силни бази и киселини, со снижување и покачување на температурата и други фактори. Денатурација на протените кои се присутни во белката од јајцето може да се изведе со додавање на 1 % раствор од NaCl во епруветата и со нејзино загревање. При изведување на овој експеримент се очекува да дојде до денатурирање на протеините од белката. При негово изведување треба внимателно да се следат промените што се случуваат.

ЕКСПЕРИМЕНТ 7**Хемиски својства на протеините - Биуретска реакција**

Кога во протеински раствор ќе се додаде реагенсот бакар(II) сулфат, пептидните врски присутни во протеинот со бакарните јони формираат комплекс со синовioletова боја чиј интензитет зависи од бројот на пептидни врски присутни во протеинот. Освен дипептидите, сите пептиди и протеините реагираат со реагенсот, бидејќи во реакцијата се вклучени минимум две пептидни врски.

Оваа реакција се користи како квалитативен тест за детекција на протеини, а исто така и како квантитативен тест за проценка на количеството на протеините во биолошките материјали. Експериментот се изведува така што во епрувета се става раствор од белка од јајце кон кој се додава 1 % раствор од NaCl. Потоа во епруветата се додава биуретски реагенс, кој е смеса од CuSO₄ и 10 % раствор од натриум хидроксид (NaOH). Притоа се добива синовioletова боја од комплексот кој се образува помеѓу Cu²⁺ јоните и азотот од пептидната група кај протеините.

ЕКСПЕРИМЕНТ 8**Хемиски својства на протеините - Ксантопротеинска реакција**

Во епрувета се става раствор од белка од јајце кон кој се додава 1 % раствор од NaCl во вода. Потоа многу внимателно, по сидовите на епруветата се додава концентрирана азотна киселина. Треба внимателно да се набљудуваат промените што се случуваат. Со додавање на концентрирана азотна киселина се забележува појава на жолта боја како резултат на реакцијата на нитрирање на бензенските јадра од ароматичните аминокиселини присутни во составот на протеините. Потоа во истиот раствор се додава натриум хидроксид и како резултат на тоа се менува рН на средината и бојата на растворот. Треба да се набљудуваат внимателно промените што се случуваат во реакциониот систем.

ЕКСПЕРИМЕНТ 9**Испитување на растворливоста на витамин С и витамин D во вода и органски растворувачи**

Витамин С спаѓа во групата на витамини растворливи во вода, па затоа се очекува тој најлесно да се раствора во вода. Додека пак, витамин D е растворлив во масла, поради тоа се очекува да се раствора во органски растворувачи. За да се провери растворливоста на витамините С и D во вода се зема определена маса од витамините во прав и се става во епрувети. Потоа се тестира растворливоста на витамините во вода и во органски растворувачи. Од органските растворувачи може да се определи растворливоста во метанол, етанол, етил ацетат или друг органски растворувач. Експериментот се изведува на собна температура и се следат внимателно промените со цел да се донесат заклучоци за растворливоста на наведените витамини. После изведување на експериментот ќе може да се заклучи во кој од органските растворувачи најдобро се раствора витамин D.

ЕКСПЕРИМЕНТ 10**Влијание на определени фактори врз брзината на ензимската реакција**

Ензимите се биокатализатори кои многукратно ги забрзуваат реакциите што се одвиваат во живите организми, но исто така ензимите се користат и за забрзување на реакциите што се изведуваат во лабораториски услови. Фактори кои влијаат врз брзината на ензимската реакција се: температурата, рН на средината, концентрацијата на ензимот, концентрацијата на супстратот и присуството на инхибитори. На интернет може да се истражи и да се најдат видео експерименти за влијанието на различните фактори врз брзината на ензимската реакција.

ЕКСПЕРИМЕНТИ ОД ЧЕТВРТАТА МОДУЛАРНА ЕДИНИЦА**ЕКСПЕРИМЕНТ 11****Изведување на различни неповратни јонски реакции**

Јонските реакции се реакции помеѓу јони што се одвиваат во водни раствори. Услови при кои јонските реакции се неповратни, односно течат до крај се еден од продуктите да биде талог (s, solid) гас (g, gas) или слаб електролит (l, liquid).

Јонска реакција во која еден од продуктите е талог е реакцијата помеѓу сребро нитрат (AgNO_3) и натриум хлорид (NaCl) во која се добива бел талог од сребро хлорид (AgCl) и натриум нитрат (NaNO_3).

Јонска реакција во која еден од продуктите е гас е реакцијата помеѓу натриум карбонат (Na_2CO_3) и хлороводородна киселина (HCl) во која се добива јаглерод диоксид (CO_2), кој е гас, натриум хлорид (NaCl) и вода. Во епруветата се забележуваат меурчиња од гасот што се ослободува.

Реакција во која се образува слаб електролит е реакцијата на добивање оцетна киселина (CH_3COOH) при реакција на натриум ацетат (CH_3COONa) и хлороводородна киселина (HCl). Кога ќе се добие оцетната киселина се чувствува карактеристичен мирис на „оцет“.

Реакциите може да се изведат во епрувети, со разредени раствори од реагенсите. За секоја реакција да се напишат равенки во „молекулски“ облик, полни јонски равенки и ефективни (скратени) јонски равенки за сите реакции. Освен наведените примери на реакции, според условите во лабораторијата може да се изведат и други неповратни јонски реакции.

ЕКСПЕРИМЕНТ 12**Определување на pH на раствори на киселини и бази со различни индикатори**

pH е водороден показател од кој може да се определи колку изнесува концентрацијата на H^+ јоните во даден раствор. Притоа во растворите на киселините преовладуваат H^+ јони, додека кај базите се присутни OH^- јони. Проценка на киселоста на еден раствор може да се направи со помош на индикатори. За таа цел може да се користат лакмусова хартија (црвена и сина), фенолфталеин, метилоранж и други индикатори. Исто така може да се користи и универзална индикаторска хартија која овозможува проценка на pH-вредноста по целата pH-скала.

За изведување на експериментот треба да се подготват разредени раствори од натриум хидроксид, калиум хидроксид, сулфурна киселина и хлороводородна киселина. Да се испита киселоста на средината во секој од растворите со лакмусова хартија или универзална индикаторска хартија, или пак да се додадат 1-2 капки од индикаторите фенолфталеин и метилоранж. Да се истражи во литература или на интернет каква е бојата на наведените индикатори во кисела и базна средина и да се споредат резултатите

од литературата со резултатите што ќе се добијат од експериментот, кои може да се прикажат табеларно.

ЕКСПЕРИМЕНТ 13

Определување рН на раствори на соли со различни индикатори

Соли се добиваат при реакција на соединенија што имаат кисели својства со соединенија што имаат базни својства. Со цел да се испита дали растворите на солите се неутрални ($\text{pH} = 7$), кисели ($\text{pH} < 7$) или базни ($\text{pH} > 7$) може да се определи рН-вредноста на растворите од различни соли.

Да се подготват раствори од следниве соли: натриум хлорид (NaCl), калиум нитрит (KNO_2), натриум ацетат (CH_3COONa) и амониум ацетат ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$). Освен наведените соли може да се користат и други, но да има претставник од секоја група, според нивната класификација. Врз основа на формулата на дадените соли, да се направи претпоставка (хипотеза) каква се очекува да биде киселоста на средината во нивните раствори.

Од подготвените раствори на соли да се земат неколку милилитри во епрувета и да се испита киселоста на растворите со помош на индикаторите од претходниот експеримент, лакмусова хартија (црвена и сина), универзална индикаторска хартија, фенолфталеин, метилоранж и други индикатори. Добиените резултати од експериментот да се споредат со хипотезите и да се донесат соодветни заклучоци. Ако има можност во училиштето, може да се измерат рН-вредностите со помош на рН-метар со цел да се потврдат резултатите добиени со индикаторите.

ЕКСПЕРИМЕНТ 14

Подготвување на заситени раствори од слабо растворливи супстанции и испитување на влијанието на заедничкиот јон врз нивното таложење

Да се подготви заситен раствор од слабо растворливото соединение олово(II) хлорид (PbCl_2). PbCl_2 е талог со бела боја, а растворливиот дел од солта целосно дисоцира во водни раствори и притоа се образуваат јони. Помеѓу делот од солта што не е дисоциран и образуваните јони се воспоставува рамнотежа. Присуството на заеднички јон во растворот (ефект на заеднички јон) може да влијае поместување на рамнотежата, односно да доведе до таложење на PbCl_2 или до негово растворање.

Со цел да се испита влијанието на заедничкиот јон врз таложењето на PbCl_2 , треба да се подготви раствор од калиум хлорид (KCl) со определена концентрација. Во заситениот раствор од PbCl_2 се додаваат неколку милилитри од растворот од KCl и се набљудуваат промените што се случуваат во реакциониот систем. Врз основа на добиените резултати се донесуваат заклучоци какво е влијанието на заедничкиот јон врз таложењето на PbCl_2 . Експериментот може да се изведе и со други соли.

ЕКСПЕРИМЕНТИ ОД ПЕТТА МОДУЛАРНА ЕДИНИЦА**ЕКСПЕРИМЕНТ 15****Составување на едноставни галвански елементи**

За да се состави галвански елемент, потребни се две метални прачки и раствор од електролит во кој се потопуваат. Металните прачки се поврзуваат со жица што е поврзана со сијаличка на другиот крај. Сијаличката кога свети покажува дека галванскиот елемент е извор на струја.

Едноставен галвански елемент може да се состави со помош на цинкова и бакарна плочка поврзани со жица. Во чаша се подготвува раствор од разредена сулфурна киселина, и во тој раствор се потопуваат плочките од цинк и бакар. Притоа треба да се внимава плочките да не се допираат една со друга. Жичата со која се поврзани цинковата и бакарната плочка се поврзува со сијаличка која треба да покаже дека галванскиот елемент е извор на струја.

Со помош на електрохемиската низа определи:

- Кој од металите ќе се оксидира, а кој ќе се редуцира?
- Која електрода ќе биде катода, а која анода?
- Напиши ги равенките на полуреакциите што се одвиваат на електродите?
- Напиши ја равенката на вкупната редокс реакција?

Предложи друг пример за составување на едноставен галвански елемент.

ЕКСПЕРИМЕНТ 16**Електролиза на вода и на некои соли**

Електролиза е процес на разложување на супстанците под дејство на електрична струја. За да се изведе процесот на електролиза, потребна е поголема стаклена чаша или друг стаклен сад во кој се става растворот од електролитот. Во растворот се потопуваат две електроди кои се поврзуваат со надворешен извор на струја, на пример батерија. Може да се користат електроди од графит (на пример графитни прачки), бидејќи тој е добар спроводник. Притоа електродата што се поврзува со позитивниот пол на батеријата се нарекува анода, додека катода е електродата што се поврзува со негативниот пол на батеријата. Електроните се движат од анодата кон катодата.

Во едноставна ќелија за електролиза може да се изведе процесот на електролиза на вода. Со цел да се забрза процесот на електролиза, во садот со водата се додава силен електролит (на пример NaOH), бидејќи водата е слаб електролит. Откако ќе се поврзат графитните електроди со батеријата и ќе се потопат во садот со вода, треба внимателно да се следат промените што се случуваат во садот каде што се изведува процесот на електролиза. Бидејќи продуктите на електролизата на вода се гасови, ќе се забележат меурчиња од гас во садот.

Кои се продуктите што се добиваат при електролиза на водата? Напиши ги равенките на полуреакциите на оксидација и редукција, како и вкупната редокс реакција.

За да се изведе процесот на електролиза на соли, на пример бакар(II) хлорид (CuCl_2) треба се подготви воден раствор од солта. Растворот од CuCl_2 може да се подготви во стаклена чаша. Во чашата се потопуваат двете графитни електроди и се поврзуваат со надворешен извор на струја (батерија). Електролизата се изведува на сличен начин како кај водата. При изведување на процесот треба внимателно да се следат промените што се случуваат. Во врска со експериментот одговори на следниве прашања: Каква е бојата на растворот од CuCl_2 и дали се менува во текот на процесот на електролиза? Кои продукти се издвојуваат на електродите? Напиши ги равенките на полуреакциите на оксидација и редукција, како и вкупната редокс реакција.

ЕКСПЕРИМЕНТ 17

Електрохемиска корозија на метали

Корозија на металите настанува под дејство на електрохемиски процеси. Металот што испушта електрони (анода) се оксидира и ја губи својата маса, односно кородира. Металот што кородира го штити другиот метал со кој е во контакт од корозија. Електрохемиската корозија се случува при контакт на два метала во средина што дозволува спроведување на електричество, на пример вода во која има растворено гасови како CO_2 и SO_2 , како што е дождовната вода, или пак во раствор што содржи електролити, на пример соли.

Едноставен експеримент за испитување на процесот на електрохемиска корозија на метали може да се изведе така што ќе се состави електрохемиски елемент од магнезиумова жица и железна шајка во улога на електроди. Електродите може да се поврзат помеѓу себе со бакарна жица, која ќе има улога на спроводник, и низ која ќе се движат електроните од анодата кон катодата. Потоа електродите се потопуваат во чаша во која има воден раствор од NaCl во улога на електролит. За споредба, во друга чаша во раствор од NaCl се става една железна шајка. Се набљудуваат промените што се случуваат во чашите. По изведување на експериментот да се одговори на следниве прашања: Дали ќе кородираат железните шајки во двете чаши? При контакт на магнезиум и железо, кој од двата метала ќе кородира, а кој ќе се заштити од корозија? Кој метал ќе биде анода, а кој катода? Како може да се определи?

ЕКСПЕРИМЕНТ 18

Изведување галванизации на различни метални предмети

Галванизацијата на металите е процес на електролиза во кој на површината на еден метал се нанесува друг метал. Постапката на галванизација се користи за заштита на металите од корозија. Едноставен експеримент за галванизација може да се изведе со помош на две електроди од кои едната ќе биде од цинкова прачка, а другата од железна прачка или друг предмет од железо. Електродите се поврзуваат со бакарна жица, а потоа се потопуваат во раствор од ZnCl_2 . Притоа цинкот, кој е пореактивен метал, се оксидира, што значи цинковата електрода е анода. Цинковите јони (Zn^{2+}) поминуваат во растворот. Потоа цинковите јони од растворот примаат електрони и се редуцираат на железната прачка (катодата) до елементарен цинк. Како резултат на тоа површината од железо се

покрива со слој од цинк, кој го штити од корозија. Оваа постапка се нарекува галванизација. Кои процеси се одвиваат на двете електроди? Напиши ги равенките на полуреакциите, како и равенката на вкупната редокс реакција? Наведи друг пример за примена на постапката на галванизација за заштита на металите од корозија и изведи го експериментот во училишната лабораторија.

7. АЗБУЧНИК

А

автопротолиза на вода	153
агол на ротација.....	12
агол на специфична ротација	12
аденин	75
аденозин.....	77
аденозин дифосфат	78
аденозин монофосфат.....	78
аденозин трифосфат.....	78
азотна база	74
активен центар.....	61
албумини.....	52
алдарна киселина	16
алдози.....	6
алдонска киселина	16
алдопентоза.....	7
алдотриоза	6
Алесандро Волта.....	167
алкални метали.....	106
амилоза.....	26
амилопектин	26
амино група	40
аминокиселини.....	40
аминокиселинска секвенца	47
аморфна цврста супстанца	139
амфипротолити.....	152
амфотерни својства.....	51
анјон	115
анода.....	169
аномери	14
апоензим	60
арахидонска киселина.....	34
Арениус.....	151
атомска орбитала.....	93
атомски радиус.....	108
афинитетот кон електронот.....	110

Б

база (протолитичка теорија).....	152
биоген елемент.....	3
биоелементи	3
биокатализатори.....	58, 61
биомолекули.....	2
биосоединенија.....	1
биохемија	1

Биуретска реакција	184
бојадисување	178
Бренштед и Лори	151

В

валентни електрони	101
вандервалсовски сили	135
вискозни раствори	84
витамин А	68
витамин В ₁	71
витамин В ₆	72
витамин С	72
витамин D.....	69
витамин К.....	70
витамин Е	70
виши масни киселини.....	33
водородна врска	136
водородниот показател.....	155
Волтини ќелии	167
восоци	31
втаминот В ₂	72

Г

галактоза	19
галактоземија	19
галванизација	179
галвански елементи	168
гванин	75
гени.....	84
геном	84
главен квантен број.....	90
гликоген	27
гликопротеини	52
глицерол.....	33
глицеролфосфолипиди	31
глобин	54
глобуларни протеини	52
глобулини	52
глукозата.....	18
глукозиди.....	17
горивната ќелија	172
гроздов шеќер.....	18
групи	104

Д

Даниелов галвански елемент	170
двојна врска	127
двокомпонентни ензими.....	60
дегенерирани орбитали	99
декарбоксилаза.....	59
декстрини.....	27
декстрогири	12
декстроза	18
денатурација на DNA.....	84
денатуирани протеини.....	50
деоксирибонуклеинската киселина	74
деоксирибонуклеотиди.....	77
десен полуелемент	169
дехидрогеназа.....	59
диацилглицероли	35
динуклеотиди	79
дипептид	44
дипол-дипол интеракции.....	137
дисахариди.....	20
дисперзионни сили.....	137
дисулфидни врски.....	49
дифосфати.....	78
долга електронска конфигурација	101

Е

единечна ковалентна врска	125
едноатомски јони	117
еднокомпонентни ензими.....	60
електролиза.....	173
електролитен мост	169
електролити	144
електронегативност.....	109
електрони.....	89
електронска конфигурација	100
електронски слој	90, 98
електрохемија.....	167
електрохемиска корозија.....	178
електрохемиска низа на металите	170
електрохемиски елемент	167
електрохемиски реакции	167
елементарна ќелија	122
елоксирање	179
емајлирање.....	179
енантиомерија	8
енантиомери	8
енергија на јонизација	108
ензимогolgија	58
ензим-супстрат комплекс	62

ергокалциферол	69
есенцијални аминокиселини.....	43
есенцијални виши масни киселини.....	34
естерификација	35
ефективна јонска равенка.....	148
ефектори	65
ефект на заеднички јон.....	163

И

изоелектрична точка.....	43
изоелектрична точка на протеинот	51
изомерази.....	59
имуноглобулини	53
инвертен шеќер	25
индикатори	154
индуциран дипол	136
инертни гасови.....	107
инсулин.....	53
инулин.....	19
информациона RNA	85
инхибитори.....	65
исолување	50

Ј

јаглехидрати	4
јон-дипол интеракции	135
јони набљудувачи	148
јон-јон интеракцијата	135
јонска врска	114
јонска кристална решетка	122
јонски врски	49
јонски радиус	122
јонски соединенија	122
јонскиот производ на вода.....	154
јонските кристали	140
јонските реакции.....	147

К

казеин.....	53
калаисување.....	179
карамел	25
карбоксилна група	40
катализатори.....	58
катјон	115
катода.....	169
квантната механика	90
квантни броеви.....	90
квантно-механичкиот модел.....	98

кватернерна структура.....49

Ќ

ќелии за електролиза173

К

кератин.....52
кетози6
кетопентоза.....8
кетохексоза7
киселина (протолитичка теорија)152
ковалентните кристали140
коензим60
колаген52
комплементарни база.....83
кондензација.....21
координативна врска129
корозија.....177
кофактор60
крвен шеќер18
кристална решетка139
кристална цврста супстанца.....139
Ксантопротеинска реакција184

Л

Лавоазје.....1
лакирање178
лактоза.....22
лауринска киселина34
лев полуелемент.....168
левогири.....12
левулоза19
Лекланше172
лиази.....59
лигази59
линоленска киселина34
липаза59
липиди.....30
липопротеини52
липосолубилни протеини67
лондоновски сили136
Лугалов раствор183
Луисови симболи114

М

магнетен квантен број90, 91
малтоза21

малтозен начин на сврзување22
масла31
масти31
меѓумолекулски интеракции135
Менделеев.....104
метална врска140
металпротеини52
метемоглобин54
микронутриенти.....67
миоглобин.....54
миристинска киселина.....34
митохондријална DNA.....85
Михаелис-Ментен.....62
модел на индуцирано прилагодување.....63
модел на клуч-брава63
молекулска равенка147
молекулските кристали140
моноацилглицероли.....35
мононуклеотиди.....79
моносахариди5
монофосфати78
мутаротација.....14

Н

неелектролити.....144
неполарна ковалентна врска128
несврзувачки електрони.....126
несврзувачки орбитали.....126
неутрони89
Нилс Бор97
Нојберг.....1
нуклеински киселини79
нуклеозид.....76
нуклеопротеините.....52
нуклеотиди77

О

обичен шеќер.....24
овошен шеќер.....19
оксидација167
оксидоредуктази59
оксигемоглобин54
олеинска линолна.....34
Олигосахариди.....5
оловните акумулатори.....172
оловните акумулатори.....172
оптимална рН-вредност64
оптимална температура.....64
оптички активни молекули50

оптички антиподи	11
оптички изомери	10
оптички својства	11
орбитален квантен број	90, 91
орбити	97

П

палмитинска киселина	33, 34
палмитолиенска киселина	34
пентози	6
пептиди	44
пептидната врска	44
периоди	104
пи (π) врска	127
пиранози	13
пиридоксал	72
пиридоксин	72
пиридоксол	72
пиримидински бази	75
подмачкување	178
полариметри	11
полариметрија	11
поларна ковалетна врска	129
полиавитаминоза	67
полинуклеотиди	79
полипептид	44
полисахариди	26
полихидроксилни алдехиди	7
полихидроксилни кетони	7
полна јонска равенка	148
полна орбитала	95
полуацетлна хидроксилна група	13
полупополнетата орбитала	95
празна орбитала	95
примарна структура на DNA	82
примарната структура на протеин	47
принцип на неопределеност	90
принципот на Ле Шателје	163
принципот на Паули	99
провитамини	66
производ на растворливост	163
простетична група	50
прости јаглехидрати	5
прости протеини	52
протолити	152
протолитичка теорија	152
протолитички реакции	152
протони	89
пурински бази	75

Р

Радерфорд	97
растворливост	50
рацемска смеса	12
реактивност	51
редуктивен шеќер	22
редукција	167
релативна каталитичка сила	61
ренатурација на DNA	84
ренатурација	51
ренатуриран протеин	51
респираторни протеини	53
ретинал	68
ретинолот	68
рибоза	20
рибозомна RNA	85
рибонуклеинска киселина	74
рибонуклеотиди	77
рибофлавин	72

С

сахараза	24, 59
секундарна структура на DNA	83
секундарната структура	48
сигма (σ) врска	125, 127
силни електролити	145
силни протолити	152
склеропотеини	52
скратена електронска конфигурација	101
скратена јонска равенка	148
скроб	26
слаби електролити	146
слаби протолити	152
сложени јаглехидрати	5
сложени протеини	52
сорбитол	17
спарени електрони	98
спински квантен број	90
спроводниви од прв вид	144
спроводници од втор вид	144
стеаринска киселина	34
степен на електролитна дисоцијација	147
стереоизомери	8
стероиди	32
сувите ќелии на Лекланше	172
супстрат	61
сферопотеини	52
сфинголипиди	32

Т

таложeње	50
терцијарна структура на DNA	83
терцијарната структура	49
тетраедрарска хибридизација	131
тетрапептид	44
тетрози	6
тиамин	71
тимин	75
Толенсов реагенс	17
транспортна RNA	85
трансферази	59
трехалоza	23
трехалозен начин на сврзување	23
триацилглицероли	35
тригонална хибридизација	132
тринуклеотиди	79
триози	6
трипептид	44
трипсин	53, 59
трифосфати	78
тројна врска	128

У

урацил	75
уронска киселина	16

Ф

феритин	53
фибриларни протеини	52
Фишер	8
Фишерови проекциони формули	8
фосфатна група	74
фосфодиестерска врска	77
фосфолипиди	32
фосфопротеините	52
фотосинтеза	5
фруктоза	19
фундаментални честички	89
фуранози	13

Х

Хајзенберг	89
халкогени елементи	107
халогени елементи	107
хексози	6
хем	54

хемиска врска	114
хемиска корозија	178
хемоглобин	52
хемотрипсин	59
хетерополисахариди	5
хибридизација	85
хибридна нуклеинска киселина	85
хибридни орбитали	131
хидроксиден показател	155
хидролази	59
хидролиза	21
Хидролизата на соли	158
хидрони	152
хидрониум јони	152
хидросолубилни протеини	67
хидрофилни интеракции	49
хидрофобни интеракции	49
хипервитаминоза	67
хирален јаглороден атом	8
хистони	52
холекалциферол	69
холестерол	32
холоензим	61
хомополисахариди	5
хормони	31
хромопротеините	52
Хундовото правило	99

Ц

цвистерјон	40
цврста агрегатна состојба	139
целулоза	27
цитозин	75
цитоплазматска DNA	85
цитохром	53

Ш

шеќерна компонента	74
--------------------------	----

 α - β

α -1,1 гликозидна врска	24
β -1,4 гликозидна врска	23
α -1,4 гликозидната врска	21
α -1,4 гликозидни врски	26
α -1,6-гликозидна врска	26
β -N-гликозидна врска	76
β -каротен	68

β -набрана структура	48
α -хеликс	48

D

DNA	75
dsp^2 -хибридизација	134
dsp^3 -хибридизација	133
d-елементи	107
d-орбитали	95

F

f-елементите	107
f-орбитали	95

O

O – гликозидна врска	21
----------------------------	----

P

p-елементи	107
p-електрони	100
p-орбитали	95

R

RNA	75
-----------	----

S

s-елементи	106
sp^2 -хибридизација	132
sp^3d^2 -хибридизација	133
sp^3 -хибридизација	130
sp^3 -хибридни орбитали	131
sp-хибридизација	132
s-електрони	100
s-елементи	106
s-орбитала	94

8. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- 1) Џон В. Хил, Ралф Х. Петручи, Тери В. Меккрири, Скот С. Пери, *Општа хемија*, преведена на Македонски јазик, Табернакул, 2011.
- 2) Рејмонд Ченг, ХЕМИЈА - преведена на Македонски јазик, наслов на оригиналот: *CHEMISTRY*, 10th edition Raymond Chang, Published by McGraw-Hill, a business unit of The McGraw-Hill Companies, Inc., 1221 Avenue of the Americas, New York, NY 10020. Copyright © 2010 by The McGraw-Hill Companies, Inc., 2010.
- 3) Кетрин Џ. Денистон, Џозеф Џ. Топинг, Роберт Л. Карет ОПШТА, ОРГАНСКА и БИОХЕМИЈА, преведена на Македонски јазик, Табернакул, 2010, Наслов на оригиналот: General, Organic and Biochemistry 6th Edition, McGraw-Hill Companies, Inc., 2008.
- 4) Theodore L. Brown, H. Eugene LE May, Jr., Bruce E. Bursten, Catherine J. Murphy, Patrick M. Woodward and Matthew W. Stoltzfus, *CHEMISTRY the central science*, 13th Edition, Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Prentice Hall, Department, 1900 E. Lake Ave., Glenview, IL 60025, United States of America, 2015.
- 5) Martin S. Silberberg, *CHEMISTRY: the molecular nature of matter and change*, 5th edition, Published by McGraw-Hill Education, 2 Penn Plaza, New York, NY 10121. Copyright © by McGraw-Hill Education, 2009.
- 6) Karen C. Timberlake, *Chemistry - an introduction to general, organic, and biological chemistry*, 11th edition, Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall., United States of America, 2012.
- 7) John E. McMurry, Robert C. Fay, Jordan Fantini, *Chemistry* 6th Edition, Pearson prentice hall™ is a trademark of pearson education, inc., United States of America, 2012.
- 8) Martin S. Silberberg, Patricia Amateis, *CHEMISTRY: the molecular nature of matter and change*, 7th Edition, Published by McGraw-Hill Education, 2 Penn Plaza, New York, NY 10121. Copyright © 2015 by McGraw-Hill Education, 2015.
- 9) John McMurry, David S. Ballantine, Carl A. Hoeger, Virginia E. Peterson, *CHEMISTRY -Fundamentals of General, Organic, and Biological*, 7th Edition, Pearson Education Inc., Permission Department 1900 E. Lake Ave, Glenview II, 60025, 2013.
- 10) Raymond Chang, Jason Overby, *General Chemistry - The Essential Concepts*, 6th Edition, The McGraw-Hill Companies, Inc., 1221 Avenue of the Americas, New York, NY 10020, 2011.
- 11) Morris Hein, Scott Pattison and Susan Arena, *INTRODUCTION TO GENERAL, ORGANIC, AND BIOCHEMISTRY*, 10th Edition, John Wiley & Sons, Inc., 2012.
- 12) Martin S. Silberberg, *Principles of General Chemistry*, 3rd Edition, Published by McGraw-Hill, a business unit of The McGraw-Hill Companies, Inc., 1221 Avenue of the Americas, New York, NY 10020, 2013.

СОДРЖИНА

1. БИОСОЕДИНЕНИЈА.....	3
1.1. Вовед во биохемија	3
1.2. Поим, поделба, номенклатура, биосинтеза и значење на јаглехидратите	6
1.3. Оптичка изомерија кај јаглехидратите.....	11
1.4. Циклични и полуацетални форми на моносахаридите.....	16
1.5. Хемиски својства на моносахаридите	18
1.6. Поважни претставници на моносахаридите	21
1.7. Дисахариди	23
1.8. Полисахариди	29
1.9. Поим, класификација, улога и значење на липидите	36
1.10. Масти и масла.....	38
1.11. Аминокиселини и пептиди.....	47
1.12. Структура и значење на протеините	53
1.13. Физички и хемиски својства на протеините	56
1.14. Поделба на протеините и поважни претставници	58
1.15. Поим, номенклатура, класификација и градба на ензимите	67
1.16. Својства и дејство на ензимите.....	69
1.17. Поим, значење и класификација на витамините	77
1.18. Витамини растворливи во масла (претставници, наоѓање и значење)	78
1.19. Витамини растворливи во вода (претставници, наоѓање и значење).....	81
1.20. Градба на DNA и RNA.....	86
1.21. Структура, својства и улога на DNA и RNA	92
2. СТРУКТУРА НА АТОМОТ И ПЕРИОДЕН СИСТЕМ НА ЕЛЕМЕНТИТЕ	102
2.1. Квантни броеви и атомски орбитали.....	103
2.2. Градба на електронската обвивка	110
2.3. Електронска конфигурација	112
2.4. Електронска конфигурација и структура на таблицата на периодниот систем на елементите	117
2.5. Периодично изменување на својствата на елементите.....	120
3. ХЕМИСКИ ВРСКИ	130
3.1. Јонска врска	132
3.2. Ковалентна врска – препокривање на орбиталите	140

3.3. Ковалентна врска и структура на молекулите	146
3.4. Меѓумолекулски интеракции и градбата и својствата на гасовите, течностите и цврстите супстанции	151
4. РАМНОТЕЖИ ВО РАСТВОРИ ОД ЕЛЕКТРОЛИТИ.....	163
4.1. Електролити, електролитна дисоцијација и степен на електролитна дисоцијација	163
4.2. Јонски реакции	167
4.3. Протолитички процеси, киселини и бази според теоријата на Бренштед и Лори	171
4.4. Автопротолиза на водата и водороден показател	173
4.5. Хидролиза на соли	177
4.6. Производ на растворливост.....	182
5. ЕЛЕКТРОХЕМИСКИ ПРОЦЕСИ.....	189
5.1. Електрохемиски процеси и електрохемиски елементи	189
5.2. Галвански елементи и практично важни галвански елементи.....	190
5.3. Електролиза.....	195
5.4. Корозија на металите и заштита на металите од корозија	199
6. ЕКСПЕРИМЕНТИ	204
7. АЗБУЧНИК.....	213
8. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА	219

