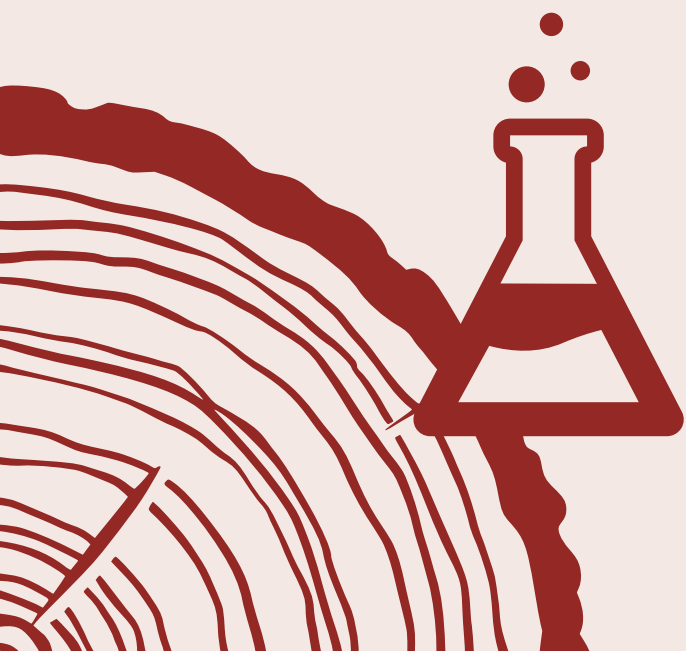


Přípravný kurz z chemie

Sbírka příkladů



2025

Ing. Kateřina Hájková, Ph.D.



Přípravný kurz z chemie

Sbírka příkladů

Ing. Kateřina Hájková, Ph.D.

2025

PŘEDMLUVA

Chemie je zcela nepostradatelnou materiálovou vědou. S chemií se setkáte prakticky všude, aniž o ní budete mluvit jako o chemii.

Předložené skriptum bylo vytvořeno pro studenty Fakulty lesnické a dřevařské jako teoretický základ, který srovná studenty středních škol na stejnou úroveň, která je potřeba pro chemie vyučované na fakultě. Cílem publikace je doplnit studentům teoretický základ o sbírku příkladů. První kapitola je věnována obecné chemii a pochopení atomu. Další část předkládá anorganickou a organickou chemii a biochemii, a to od pochopení základních vazeb, chování prvků po názvosloví a tvorbu sloučenin. V neposlední řadě je uvedena část věnovaná aplikované chemii, tato část byla vytvořena právě pro studenty dřevařství, myslivosti, arboristiky či konzervace přírodnin a taxodermie.

Publikace je cíleně určena pro studenty Fakulty lesnické a dřevařské České zemědělské univerzity v Praze a je doporučena pro předmět Přípravný kurz z chemie, a částečně i pro předměty Aplikovaná chemie v životním prostředí, Chemie pro arboristy, Úvod do chemie pro dřevaře a Chemie konzervace přírodnin a taxidermie. Autorka děkuje spolupracovníkům z Katedry zpracování dřeva a biomateriálů, kteří vypomáhali se zlepšením tohoto skriptu. Upřímně děkuji zaměstnancům Ústavu makromolekulárních látek na Univerzitě Pardubice.

Autorka

OBSAH

1 OBECNÁ CHEMIE	9
1.1 Obecný úvod	9
1.2 Struktura atomu	9
1.2.1 Historie atomové teorie	9
1.2.2 Složení atomu	11
1.2.3 Kvantová čísla	12
1.2.4 Elektronová konfigurace	13
1.2.5 Vznik iontů	15
1.3 Periodická soustava	15
1.4 Chemická vazba	16
1.4.1 Typy chemických vazeb	17
1.4.2 Pevnost chemické vazby	18
1.4.3 Délka chemické vazby	18
1.4.4 Dipólový moment	18
1.4.5 Slabé vazebné interakce	18
1.5 Klasifikace chemických reakcí	19
1.6 Chemická termodynamika	20
1.7 Reakční kinetika	21
1.8 Chemické rovnováhy	21
1.8.1 Rovnováhy v roztocích elektrolytů	22
1.8.2 Protolytické rovnováhy	22
1.8.3 Srážecí rovnováhy	23
1.8.4 Komplexotvorné rovnováhy	23
1.8.5 Redoxní rovnováhy	23
1.9 Laboratorní vybavení	23
1.10 Základní operace	24
1.10.1 Zahřívání	24
1.10.2 Chlazení	24
1.10.3 Míchání	24
1.10.4 Sušení	25
1.10.5 Filtrace	25
1.10.6 Dekantace	25
1.10.7 Odstřeďování	25
1.10.8 Vysolování	26
1.10.9 Srážení	26
1.10.10 Krystalizace	26
1.10.11 Adsorpce	26
1.10.12 Zahušťování roztoků, odpařování	26
1.10.13 Destilace	27
1.10.14 Extrakce	27
1.10.15 Sublimace	28
1.11 Příklady z obecné chemie	28
2 ANORGANICKÁ CHEMIE	32
2.1 Obecný úvod	32
2.2 Nekovy	32
2.2.1 Vodík	32
2.2.2 Vzácné plyny	33
2.2.3 Halogeny	33
2.2.4 Chalkogeny	34
2.2.5 Prvky p3 (V. skupina)	35
2.2.6 Prvky p2 (IV. Skupina)	35
2.2.7 Prvky p1 (III. skupina)	36

2.3 Kovy	37
2.3.1 Alkalické kovy	37
2.3.2 Kovy alkalických zemin	38
2.3.3 Prvky p1 s kovovým charakterem – hliník	38
2.3.4 Prvky p2 s kovovým charakterem – cín, olovo a germanium	39
2.3.5 Přechodné kovy	39
2.3.5.1 Skupina chromu	39
2.3.5.2 Skupina manganu	40
2.3.5.3 Skupina železa	40
2.3.5.4 Platinové kovy	41
2.3.5.5 Ušlechtilé kovy	41
2.3.5.6 Skupina zinku	42
2.3.5.7 Vnitřně přechodné kovy	42
2.4 Anorganické názvosloví	43
2.4.1 Pravidla pro stanovení oxidačního čísla	43
2.4.2 Názvosloví anorganických sloučenin	44
2.4.2.1 Oxidy a hydroxidy	44
2.4.2.2 Názvosloví bezkyslíkatých kyselin a jejich solí	44
2.4.2.3 Názvosloví kyslíkatých kyselin	45
2.4.2.4 Názvosloví kyslíkatých solí	45
2.5 Příklady z anorganické chemie	46
2.5.1 Anorganické názvosloví	46
2.5.1.1 Oxidy a hydroxidy	46
2.5.1.2 Názvosloví bezkyslíkatých kyselin a jejich solí	47
2.5.1.3 Názvosloví kyslíkatých kyselin	48
2.5.1.4 Názvosloví kyslíkatých solí	49
2.5.2 Vyčíslování anorganických rovnic	50
2.5.2.1 Neredoxní rovnice	50
2.5.2.2 Redoxní rovnice	51
2.5.2.3 Iontové rovnice	52
2.5.3 Chemické výpočty	52
2.5.3.1 Hmotnostní zlomek	52
2.5.3.2 Objemové procento	54
2.5.3.3 Látkové množství	56
2.5.3.4 Molární koncentrace	58
2.5.3.5 Výpočty z chemického vzorce	60
2.5.3.6 Ředění roztoků	61
2.5.3.7 Výpočty z chemických rovnic	63
3 ORGANICKÁ CHEMIE	64
3.1 Základní pojmy	64
3.1.1 Funkční skupina	64
3.1.2 Vaznost	64
3.1.3 Izomerie	65
3.1.3.1 Konstituční izomery	65
3.1.3.2 Konfigurační izomery	65
3.1.4 Typy vzorců	65
3.1.5 Indukční a mezomerní efekt	65
3.1.5.1 Indukční efekt	65
3.1.5.2 Mezomerní efekt	66
3.1.6 Typy organických reakcí	67

3.1.6.1 Adice	67
3.1.6.2 Eliminace	67
3.1.6.3 Substituce	67
3.1.6.4 Přesmyk (tautomerie)	68
3.1.6.5 Dělení reakcí podle způsobu zániku původních vazeb	68
3.1.6.6 Chemické děje	68
3.1.7 Dělení organických sloučenin	68
3.2 Základy organického názvosloví	69
3.2.1 Homologická řada	70
3.3 Organická chemie kolem nás	70
3.3.1 Makromolekulární látky	70
3.3.1.1 Základní terminologie	71
3.3.1.2 Polyreakce	71
3.3.1.3 Typické příklady	72
3.3.2 Alkaloidy	72
3.3.3 Detergenty	72
3.3.4 Léčiva	73
3.3.5 Pesticidy	73
3.4 Příklady z organické chemie	74
3.4.1 Uhlovodíky	74
3.4.1.1 Alkany	74
3.4.1.2 Alkeny a alkyny	74
3.4.1.3 Dieny	74
3.4.1.4 Cykloalkany	78
3.4.1.5 Aromatické uhlovodíky (areny)	80
3.4.2 Deriváty uhlovodíků	82
3.4.2.1 Halogenderiváty uhlovodíků	82
3.4.2.2 Alkoholy a fenoly	82
3.4.2.3 Etery	83
3.4.2.4 Aldehydy a ketony (karbonylové sloučeniny)	83
3.4.2.5 Nitrosloučeníny	84
3.4.2.6 Aminy	84
3.4.2.7 Karboxylové kyseliny	85
3.4.3 Funkční deriváty uhlovodíků	85
3.4.3.1 Acylhalogenidy	85
3.4.3.2 Estery karboxylových kyselin	86
3.4.3.3 Anhydridy karboxylových kyselin	86
3.4.3.4 Amidy karboxylových kyselin	86
3.4.3.5 Nitrily	87
3.4.4 Substituční deriváty uhlovodíků	87
3.4.4.1 Halogenkyseliny	87
3.4.4.2 Hydroxykyseliny	87
3.4.4.3 Aminokyseliny	88
3.4.4.4 Oxokyseliny	88
3.4.5 Organické sloučeniny obsahující síru	88
3.4.5.1 Thioly	88
3.4.5.2 Sulfidy	88
3.4.5.3 Sulfonové kyseliny a jejich funkční deriváty	89
3.4.6 Organokovové sloučeniny	89
3.4.7 Určení vzorce	89

4 BIOCHEMIE	91
4.1 Úvod	91
4.2 Vznik a vývoj	91
4.3 Význam biochemie a její členění	91
4.4 Chemické složení živých organismů	91
4.4.1 Biogenní prvky	91
4.4.2 Bílkoviny	91
4.4.2.1 Rozdělení bílkovin	92
4.4.3 Sacharidy	92
4.4.3.1 Rozdělení sacharidů	92
4.4.4 Lipidy	92
4.4.5 Nukleové kyseliny	93
4.5 Biochemické děje	93
4.5.1 Enzymy	93
4.6 Příklady z biochemie	94
5 APLIKOVANÁ CHEMIE	95
5.1 Chemie dřeva	95
5.1.1 Minerální látky	95
5.1.2 Extraktivní látky	96
5.1.3 Hemicelulózy	96
5.1.4 Celulóza	97
5.1.5 Lignin	98
5.2 Filmotvorné látky	99
5.2.1 Deriváty celulózy	99
5.2.1.1 Estery celulózy	99
5.2.1.2 Etery celulózy	101
5.2.1.3 Kopolymery celulózy	102
5.2.2 Rostlinné oleje	102
5.2.2.1 Lněný olej	102
5.2.2.2 Tungový (dřevný) olej	102
5.2.2.3 Ricinový olej	103
5.2.2.4 Dehydratovaný ricinový olej (ricinenový)	103
5.2.2.5 Perilový olej	103
5.2.2.6 Oiticikový olej	103
5.2.2.7 Další rostlinné oleje	103
5.2.2.8 Způsoby úpravy rostlinných olejů	103
5.2.2.9 Vlastnosti rostlinných olejů	103
5.2.3 Přírodní pryskyřice	103
5.2.3.1 Skupina kopálů	104
5.2.3.2 Kopály	104
5.2.3.3 Šelak	104
5.2.3.4 Pryskyřice benzoe	104
5.2.3.5 Sandrak	104
5.2.3.6 Akaroid	104
5.2.3.7 Damara	104
5.2.3.8 Kalafuna	105
5.2.3.9 Přírodní kaučuk	105
5.2.3.10 Chlorkaučuk	105
5.2.3.11 Cyklizovaný kaučuk (cyklokaučuk)	105
5.2.3.12 Škrob	105
5.2.3.13 Želatina	105

5.2.4 Syntetické pryskyřice	105
5.2.4.1 Fenolické pryskyřice	105
5.2.4.2 Aminopryskyřice	106
5.2.4.3 Polyesterové pryskyřice	107
5.2.4.4 Aldehydické pryskyřice	107
5.2.4.5 Ketonické pryskyřice	107
5.2.4.6 Sulfoamidové pryskyřice	107
5.2.4.7 Silikonové pryskyřice	108
5.2.4.8 Ethylsilikáty	108
5.2.4.9 Alkalické silikáty – vodní sklo	108
5.2.4.10 Polymerátové pryskyřice	108
5.2.4.11 Epoxidové pryskyřice	109
5.2.4.12 Epoxyestery	109
5.2.4.13 Polyurethany	110
5.2.4.14 Pajiva na bázi kaučuku	110
5.2.4.15 Asfalty	110
5.3 Fotosyntéza a výživa rostlin	110
5.3.1 Fotosyntéza	110
5.3.2 Příjem živin rostlinami	113
5.3.2.1 Rozdělení živin podle fyziologických a biochemických vlastností	114
5.3.2.2 Biogenní prvky v rostlinách	114
5.3.3 Hnojiva	121
5.3.3.1 Organická hnojiva	121
5.3.3.2 Minerální hnojiva	121
5.3.3.3 Určování dávek hnojiva	122
5.4 Kontaminace půdy	124
5.4.1 Ochrana půdy	124
5.4.1.1 Eroze	124
5.4.1.2 Desertifikace	124
5.4.1.3 Zábor půdy	124
5.4.1.4 Zhutnění půdy	124
5.4.2 Kontaminace půdy	125
5.4.2.1 Geogenní kontaminace půdy	125
5.4.2.2 Antropogenní kontaminace půdy	125
5.4.2.3 Kontaminanty	125
5.4.2.4 Posuzování kontaminace	126
5.4.2.5 Metody stanovení kontaminace	127
5.4.2.6 Opatření proti kontaminaci půdy	128
5.4.2.7 Technologie biologických metod dekontaminace půd	128
5.5 Znečištění vody	128
5.5.1 Ohrožení vody	128
5.5.2 Polutanty ve vodě	129
5.5.3 Mikroplasty	130
5.5.4 Přístupy k hodnocení kvality vody	130
5.5.5 Fyzikálně-chemické parametry vody	130
5.5.6 Chemické znečištění vody	131
5.5.6.1 Znečištění organickými látkami	131
5.5.6.2 Znečištění anorganickými látkami	131

5.5.7 Čištění vody	132
5.5.7.1 Mechanické čištění	132
5.5.7.2 Biologické čištění	132
5.5.7.3 Chemické čištění	132
5.5.7.4 Filtrace vody – typy filtrů	132
5.6 Znečištění ovzduší	133
5.6.1 Složení vzduchu	133
5.6.2 Chemie atmosféry	133
5.6.3 Znečištění ovzduší	133
5.6.3.1 Primární fotochemické reakce	133
5.6.3.2 Zdroje znečištění vzduchu	134
5.6.3.3 Kontrola znečišťování a znečištění ovzduší	135
5.6.4 Index kvality ovzduší a zdravotní rizika	137
5.6.4.1 Možnosti omezení znečištění vzduchu	137
5.6.4.2 Legislativa ochrany ovzduší	137
5.7 Příklady z aplikované chemie	138
ŘEŠENÍ PŘÍKLADŮ	142
LITERATURA	154

1 OBECNÁ CHEMIE

1.1 OBECNÝ ÚVOD

Chemie je **experimentální přírodní věda**, která zkoumá látky, jejich vlastnosti, vnitřní strukturu či reakce, tudíž využívá pokusů. Pokusy a pozorování jsou nejdůležitější metody přírodovědného zkoumání. Při **pokus**u zjišťujeme chování látek za předem určených podmínek, které nám umožňují pokus opakovat. **Pozorováním** poznáváme vlastnosti látek prostřednictvím smyslů. V chemii se kromě těchto základních metod zkoumání využívá i dalších postupů ke studiu látek. Při metodě **měření** zjišťujeme kvantitativně hodnoty veličin pomocí různých přístrojů. V případě, kdy zkoumaný jev je nedostupný, uplatňuje se metoda **modelů**. Při modelování využíváme podobnosti dostupných jevů s nedostupnými jevy [1;2].

Chemie se dělí na jednotlivá odvětví, předmětem obecné chemie je sdružení poznatků a zákonitostí všem chemickým disciplínám, jedná se tedy o zkoumání **stavby látek a jejich reakce** [3].

1.2 STRUKTURA ATOMU

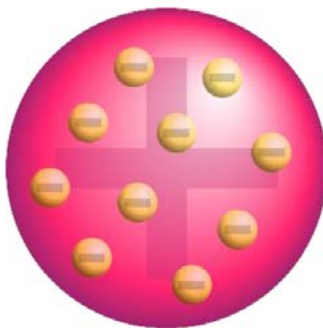
1.2.1 HISTORIE ATOMOVÉ TEORIE

Od 2. poloviny 20. století umíme vesmír vážit a měřit jeho energii na základě pozorování jeho rozpínání. Něco málo víme o tom, z jakých částic se skládá a umíme odhadnout kolik jich zhruba ve vesmíru existuje. Naše představa o hmotě vesmíru zabírá zhruba 5 % jeho celkového obsahu, zbytek odpovídá temné hmotě (25 %) a temné energii (70 %). Temná v tomto případě znamená nedostupná pro naše měření, nesměnitelná na částice, které známe a umíme popsat [4].

Hmota je definována jako to, čím je tvořen vesmír a existují její dvě formy, **látka** tvořená částicemi a **pole** projevující se jako vlnění. Z popisu hmoty a antihmoty vychází platné teorie jádra i elektronového obalu [5]

Vznik **atomu** je vysvětlen v teorii velkého třesku, veškerá hmota byla soustředěna v tzv. prajádru. Při vysoké teplotě vznikly elementární částice s velkou kinetickou energií, následným ochlazením došlo k interakci mezi protony a neutrony, to vedlo k tvorbě atomového jádra, dalším ochlazením s vlivem elektromagnetické síly mezi kladnými jádry došlo k tvorbě elektronů a vzniku atomu [6].

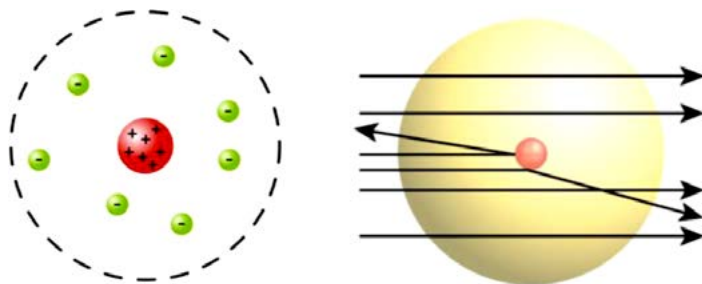
Podle **Démokrita**, atom (nerozložitelný, nedělitelný) jde dělit na menší a menší kusy, avšak tento proces musí někdy skončit, takové částice již nelze dále dělit a rozbíjet. Tuto definici použil britský chemik a fyzik John Dalton v roce 1803 k definici prvku, prvky základní chemické entity, z kterých vznikají sloučeniny musí být složeny z atomů a dále z nedělitelných částic různých kvalit, což prvky rozšiřuje. Na jeho definici navázal americký experimentální fyzik Joseph John Thomson (1897) objevem elektronu, čímž dokázal, že atomy jsou dále dělitelné, avšak jméno atom z úcty k historii bylo ponecháno, Thompson také předvedl **první model atomu**, který se ukázal jako zcestný Obrázek 1 [7].



Obrázek 1 Thomsonův model atomu [8]

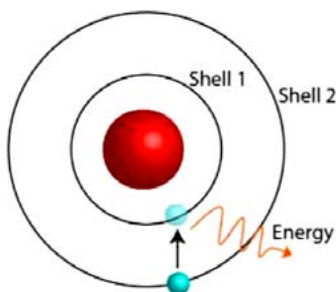
Thomsonův model atomu se skládá z elektronů, které jsou obklopeny náplní kladného náboje, která vyvažuje záporný náboj elektronů, někdy také nazýván proto tzv. pudinkový model, neboli záporně nabitě rozinky obklopené kladně nabitým pudinkem. V tomto modelu mohly být elektrony umístěny různě a mohly vytvářet různé struktury [5].

Na začátku 20. století na tento model navázal další Angličan **Ernest Rutherford**, který zjistil, že atom uvnitř obsahuje malé jádro. Významný pokus provedl v roce 1911 pomocí paprsků alfa kovovou fólií. Výsledky experimentu pomohly objasnit představu, že podstatná část hmoty atomu je soustředěna v malém kladně nabitém atomovém jádru, Obrázek 2.



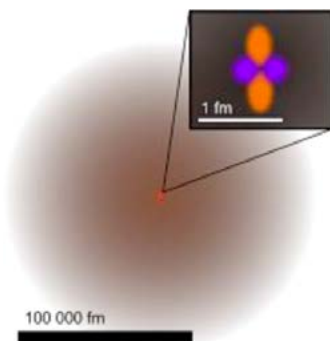
Obrázek 2 Rutherfordův model atomu a Rutherfordův experiment s fólií [9]

Přesto měl Rutherfordův model nedostatky, jednak v modelu chybí částice a zároveň není zohledněno umístění a rozložení elektronů [9]. Na tento objev navázal Niels Bohr v roce 1913 svým modelem. V **Bohrově modelu** se elektrony pohybují kolem jádra atomu po odlišných kruhových drahách neboli obalech, proto je někdy model označován jako planetární model atomu. Každý obal má specifickou energetickou hladinu a elektrony nemohou existovat mimo dráhy. Čím blíže je dráha k jádru, tím menší je energie tohoto obalu. Aby se elektron přesunul do jiné dráhy musí uvolnit nebo absorbovat energii. Množství energie závisí na rozdílu energie mezi dráhami [10].



Obrázek 3 Bohrovův model atomu [10]

Bohrovův model atomu, Obrázek 3, však nedokázal popsat větší atomy, pouze v případě modelu vodíku tento model přesně vysvětluje elektronové systémy, proto dnešní představu o stavbě atomu nejlépe vysvětluje vlnově-mechanický model atomu, který vychází z kvantové teorie. Elektron v tomto modelu je chápán dualisticky, tedy nejen jako částice, ale i jako vlnění. Pravděpodobnost výskytu elektronu v daném místě v atomu lze vypočítat pomocí **Schrödingerovy rovnice** (1926), Obrázek 4 [5].



Obrázek 4 Schrödingerův model atomu [11]

Následně na Schrödingera navazují další experimenty (princip neurčitosti, dualistický charakter mikročastic apod.), které vedou k tomu, jak atom vnímáme dnes.

1.2.2 SLOŽENÍ ATOMU

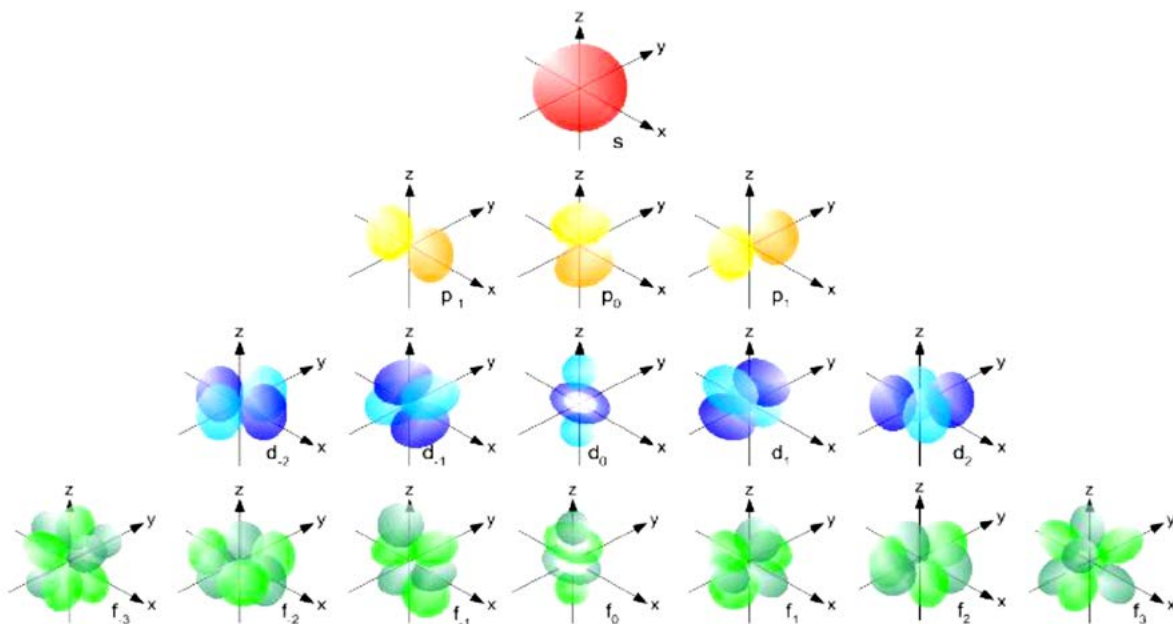
Přestože podle původní teorie je atom nedělitelný, můžeme jej ve skutečnosti rozdělit na menší složky. Jak již bylo zmíněno atom se skládá z atomového jádra a obalu.

Atomové jádro je centrálně položená kladně nabitá struktura uprostřed atomu, skládající se z **protonů** (kladně nabitě částice), **neutronů** (neutrálně nabitě částice) a dalších částic (kvarků a gluonů). Jádro drží pohromadě silná interakce, avšak z hlediska chemie je jádro nezajímavé, nemá vliv na chemické vlastnosti prvků [4].

Atomový (elektronový) obal je $10^5\times$ větší než atomové jádro, Atomový obal se skládá ze záporně nabitých **elektronů**, jejichž výskyt není libovolný, ale vychází ze Schrödingerovy rovnice

$$\hat{H}\Psi(r) = E \cdot \Psi(r). \quad (1)$$

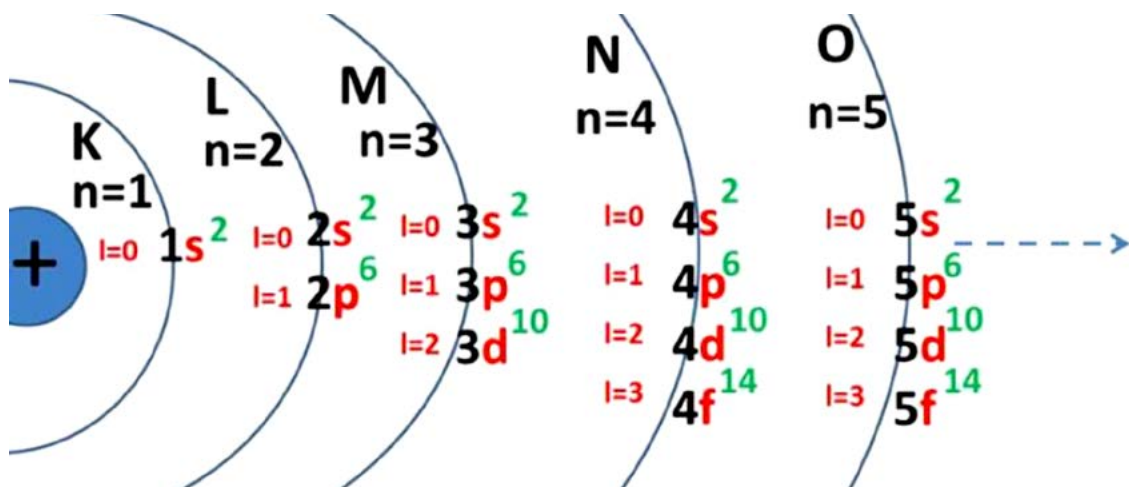
Elektrony charakterizuje vlnová funkce Ψ a energie E . Výsledkem jsou místa pravděpodobného výskytu elektronů o hladině pravděpodobnosti. Těmto místům pravděpodobného výskytu se říká **orbitály**, Obrázek 5 [4].



Obrázek 5 Tvary a prostorová orientace orbitalů [12]

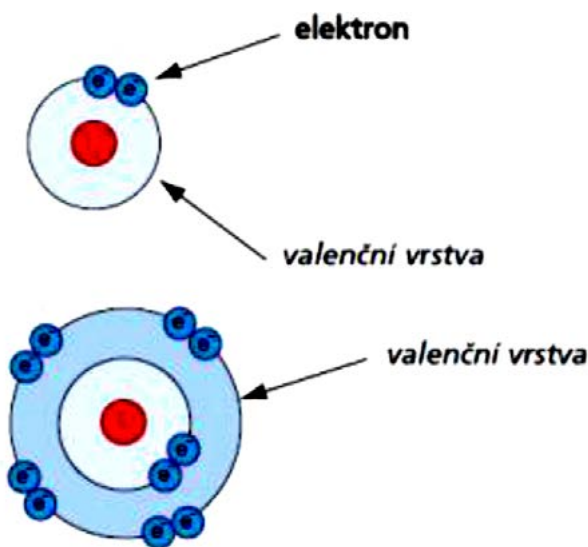
Orbitály dělíme podle možného výskytu elektronů na několik tvarů. Elektron je totiž vždy přitahován k atomovému jádru v jakémkoli úhlu. V určitých úhlech však uspořádání protonů způsobuje změnu odpudivé síly. **Orbital s** je kulově symetrický, jehož velikost roste s rostoucím hlavním kvantovým číslem. **Orbital p** je třikrát degenerovaný a jeho magnetické kvantové číslo nabývá hodnot -1 ; 0 a 1 . **Orbital d** je degenerovaný pětkrát, proto jeho magnetické kvantové číslo nabývá hodnot -2 ; -1 ; 0 ; 1 ; 2 . Posledním typem je **orbital f**, jehož magnetické kvantové číslo je rovno -3 ; -2 ; -1 ; 0 ; 1 ; 2 ; 3 a je sedmkrát degenerovaný [2;3].

S výstavbou elektronového obalu souvisí **elektronová vrstva**, které již zobrazuje Bohrovův model atomu. Tyto vrstvy se zaplňují jednotlivými elektrony podle typy orbitalů, Obrázek 6.



Obrázek 6 Elektronová vrstva [13]

Poslední elektronovou vrstvou atomu je **valenční vrstva**. Jedná se o atomové orbitály s nejvyšším hlavním a vedlejším kvantovým číslem. Všechny ostatní atomové orbitály nazýváme jako vnitřní. Vnitřní atomové orbitály jsou plně obsazené a neprojevují se na významu chemických vlastností prvků – Obrázek 7 [1].



Obrázek 7 Valenční vrstva [1]

1.2.3 KVANTOVÁ ČÍSLA

Obecně atomové jádro se zapisuje jako

$${}^A_ZX, \quad (2)$$

kde A je **nukleové číslo**, toto číslo vyjadřuje celkový počet nukleonů, tedy součet protonů a neutronů v jádře. Z je **protonové číslo**, které udává počet protonů v atomovém jádře a zároveň udává i počet elektronů v elektronovém obalu v případě elektroneutrálního atomu. N vyjadřuje **neutronové číslo**, které udává počet neutronů.

Kvantová čísla jsou číselné koeficienty, které vzájemně odlišují jednotlivé kvantové stavy. Vlnová funkce závisí na hlavním, vedlejším i magnetickém kvantovém čísle a spinové kvantové číslo souvisí s chováním elektronu.

Hlavní kvantové číslo, n , udává energii elektronu. Jeho hodnoty jsou 1, 2, 3, ... S rostoucím hlavním kvantovým číslem roste energie a velikost orbitalu.

Vedlejší kvantové číslo, l , společně s hlavním kvantovým číslem určuje energii elektronu a rozhoduje o tvaru atomového orbitalu. Nabývá hodnot od 0 až po $n-1$, lze tedy použít písmena jednotlivých typů orbitalů, Obrázek 8.

Př. $n = 4$	$l =$	0	1	2	3
	orbital	s	p	d	f

hlavní kvantové číslo

$4d^3$

počet elektronů

vedlejší kvantové číslo
(typ orbitalu)

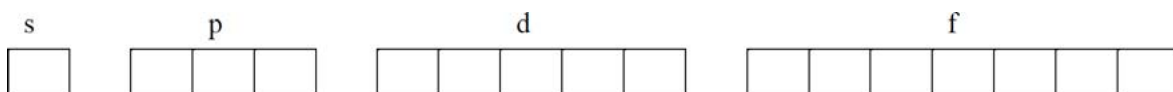
Obrázek 8 Kvantová čísla a atomové orbitaly

Magnetické kvantové číslo, m , určuje orientaci atomového orbitalu v prostoru a nabývá hodnot -1 ; 0 a 1.

Spinové kvantové číslo, s , se zavádí pro popis zvláštní vlastnosti částice – **vnitřnímu momentu hybnosti** a pro elektron nabývá hodnot $+\frac{1}{2}$ nebo $-\frac{1}{2}$. Kombinací všech čtyř kvantových čísel je možné jednoznačně charakterizovat kterýkoliv elektron [6].

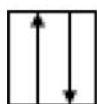
1.2.4 ELEKTRONOVÁ KONFIGURACE

Elektronová konfigurace je vyčerpávající zápis elektronů v atomu či iontu. Orbitaly se znázorňují velkými rámečky, Obrázek 9. Degenerované orbitaly jsou odpovídající počet rámečků spojených v jeden celek.

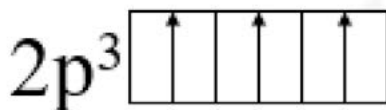


Obrázek 9 Znázornění orbitalů

Do těchto rámečků se elektrony znázorňují pomocí šípek (Obrázek 10a) a pomocí hlavního a vedlejšího kvantového čísla (Obrázek 10b).



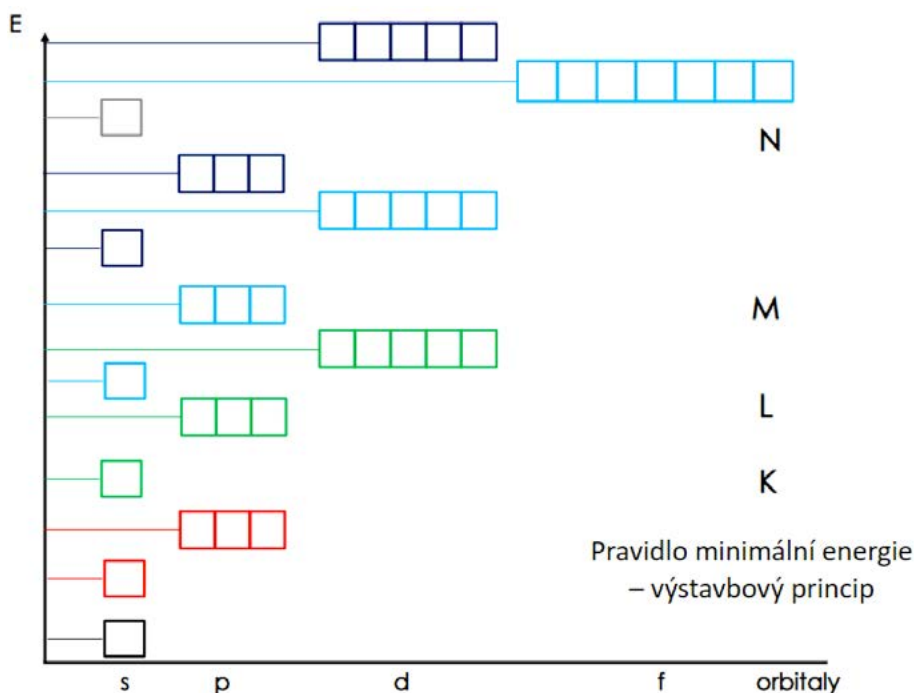
(a)



(b)

Obrázek 10 Způsob zápisu elektronové konfigurace

Se zápisem a znázorněním orbitalů souvisí tzv. **elektronová konfigurace**. Elektronovou konfiguraci můžeme popsat pomocí **výstavbového principu** (principu minimální energie) pro atom v základním tvar, tudíž snahou každého atomu je nabýt elektronové konfigurace nejnižší energií, Obrázek 10.



Obrázek 11 Výstavbový princip [13]

Z uvedeného Obrázku 11 se dá vyčíst zápis elektronové konfigurace, tento zápis se provádí třemi způsoby: pomocí diagramu (Obrázek 10), lineárním zápisem či zkráceným zápisem. S tím, že platí tzv. **Oktetové pravidlo**, které říká, že ve valenční vrstvě p prvku může být maximálně 8 elektronů ($s + p = 8$), **pravidlo 18** pro d prvky ($s + p + d = 18$) a **pravidlo 32** pro f prvky ($s + p + d + f = 32$). Podle obsazenosti můžeme rozdělit látku dle minima stability na:

- Absolutní – jedná se o vzácné plyny ($s + p = 8$; $s + p + d = 18$; $s + p + d + f = 32$).
- Relativní – d^{10} , d^7 , f^{14} ...

Z tohoto minima stability vyplývá elektronegativita, chemické i fyzikální vlastnosti prvků.

Dalším způsobem je **Hundovo pravidlo**, to říká, že elektrony se ve volném atomu rozdělují mezi degenerované orbitály tak, aby multiplicita byla co nejvyšší. Tudíž v degenerovaných orbitalech vznikají elektronové páry teprve po obsazení každého orbitalu jedním elektronem. Nespárované elektrony v degenerovaných orbitalech mají stejný spin – Obrázek 12.



Obrázek 12 Hundovo pravidlo

Na toto pravidlo navazuje u **Pauliho princip vylučnosti**. V jednom atomu nemohou být dva elektrony, které by měly stejnou kombinaci všech čtyř kvantových čísel. To znamená v jednom orbitalu mohou být maximálně dva elektrony, které se liší hodnotou kvantového spinové čísla – Obrázek 13 [1–5].



Obrázek 13 Pauliho princip

1.2.5 VZNIK IONTŮ

Kation je kladně elektricky nabitá částice, která vznikne odtržením nejvolněji vázaného elektronu z elektroneutralního atomu. Tudiž když atom přijme tolik energie, aby došlo k odtržení. Tato energie se nazývá jako **ionizační energie** a značí se I . Ionizační energie je energie potřebná k odtržení jednoho nebo i více elektronů od neutrálního atomu. Daný prvek může mít nanejvýše takové množství ionizačních energií, jaké je jeho protonové číslo u neutrálního atomu.

$$x = \frac{1}{2} (I_1 + A). \quad (3)$$

Anion je záporně elektricky nabitá částice. Vzniká zachycením jednoho nebo více elektronů, přitom se uvolňuje energie, kterou nazýváme **elektronovou afinitou**, A .

Z elektronové afinity a ionizační energie lze zjistit **elektronegativitu**. Elektronegativita je míra schopnosti atomu poutat elektron. Vyjádření elektronegativity se může lišit. Pauling ji definoval jako schopnost atomu v molekule přitahovat k sobě elektrony, z čehož vychází, že elektronegativita je vlastností vazby, a ne vlastností izolovaných atomů. Mulliken elektronegativitu definoval pomocí vztahu:

$$x = \frac{1}{2} (I_1 + A). \quad (4)$$

Alfred a Rochow vycházejí z efektivního náboje jádra a kovalentního poloměru atomu.

Přesto ze všech tvrzení lze vyčíst stejný závěr. Pokud má prvek malou elektronegativitou, snadno tvoří kationty, proto slabě poutá elektrony. Naopak prvek s velkou elektronegativitou silně poutá elektrony, a proto snadno tvoří anionty [5;6].

1.3 PERIODICKÁ SOUSTAVA

Periodická soustava navazuje na periodický zákon, na kterém největší zásluhy měl **D. I. Mendělejev** a L. Meyer již roku 1869. **Periodický zákon** zní: Vlastnosti prvků jsou periodickou funkcí jejich protonového čísla. Z tohoto zákona pak Mendělejev dospěl k širšímu zobecnění a formulaci, následně dospěl ke grafickému vyjádření – **periodické soustavě prvků** / periodické tabulce. Periodicita vlastností prvků souvisí s elektronovou konfigurací prvků, obzvláště z elektronovou konfigurací valenční vrstvy. Prvky, které mají stejnou elektronovou konfiguraci jsou seřazeny pod sebe.

Periodická tabulka je rozdělena na části, kde se zaplňují orbitály s, p, d, f. Prvky jsou seřazeny do sedmi vodorovných řad – **period** a 18 svislých sloupců – **skupin**. Skupiny označujeme římskými číslicemi I–VIII plus přidanými písmeny A (hlavní skupiny) a B (vedlejší skupin), avšak můžete se setkat i s arabskými číslicemi 1–18. Obecně skupiny A i B mají analogické chemické vlastnosti. Každá perioda začíná zaplňováním orbitalu ns a končí úplným obsazením orbitalu np kromě 1. periody [1;5;6].

1

I. A

18

VIII. A

4,00

He

Helium...

10,81

B

Bor

12,01

C

Uhlík

14,01

N

Dusík

16,00

O

Kyslík

19,00

F

Fluór

20,18

Ne

Neon

36,98

Al

Hliník

38,09

Si

Křemík

30,97

P

Fosfor

32,06

S

Síra

35,45

Cl

Chlor

39,95

Ar

Argon

69,72

Ga

Gallium

72,61

Ge

Germanium

74,92

As

Arzen

78,96

Se

Selen

79,90

Br

Brom

83,80

Kr

Krypton

132,91

Xe

Xenon

222

Rn

Radon

223

Fr

Francium

226,03

Ra

Radium

227,03

Ac

Aktinoidy

232,04

Th

Thorium

231,04

Pa

Protaktinium

238,03

U

Uran

237,05

Np

Neptunium

244

Pu

Plutonium

243

Am

Americium

247

Cm

Curium

247

Bk

Berkelium

251

Cf

Kalifornium

252

Es

Einsteinium

257

Fm

Fermium

258

Md

Mendelevium

259

No

Nobelium

260

Lr

Lawrencium

261

Ts

Tennessine

262

Og

Oganesson

263

Ts

Tennessine

264

Og

Oganesson

265

Ts

Tennessine

266

Og

Oganesson

267

Ts

Tennessine

268

Og

Oganesson

269

Ts

Tennessine

270

Og

Oganesson

271

Ts

Tennessine

272

Og

Oganesson

273

Ts

Tennessine

274

Og

Oganesson

275

Ts

Tennessine

276

Og

Oganesson

277

Ts

Tennessine

278

Og

Oganesson

279

Ts

Tennessine

280

Og

Oganesson

281

Ts

Tennessine

282

Og

Oganesson

283

Ts

Tennessine

284

Og

Oganesson

285

Ts

Tennessine

286

Og

Oganesson

287

Ts

Tennessine

288

Og

Oganesson

289

Ts

Tennessine

290

Og

Oganesson

291

Ts

Tennessine

292

Og

Oganesson

293

Ts

Tennessine

294

Og

Oganesson

295

Ts

Tennessine

296

Og

Oganesson

297

Ts

Tennessine

298

Og

Oganesson

299

Ts

Tennessine

300

Og

Oganesson

301

Ts

Tennessine

302

Og

Oganesson

303

Ts

Tennessine

304

Og

Oganesson

305

Ts

Tennessine

306

Og

Oganesson

307

Ts

Tennessine

308

Og

Oganesson

309

Ts

Tennessine

310

Og

Oganesson

311

Ts

Tennessine

312

Og

Oganesson

313

Ts

Tennessine

314

Og

Oganesson

315

Ts

Tennessine

316

Og

Oganesson

317

Ts

Tennessine

318

Og

Oganesson

319

Ts

Tennessine

320

Og

Oganesson

321

Ts

Tennessine

322

Og

Oganesson

323

Ts

Tennessine

324

Og

Oganesson

325

Ts

Tennessine

326

Og

Oganesson

327

Ts

Tennessine

328

Og

Oganesson

329

Ts

Tennessine

330

Og

Oganesson

331

Ts

Tennessine

332

Og

Oganesson

333

Ts

Tennessine

334

Og

Oganesson

335

Ts

Tennessine

336

Og

Oganesson

337

Ts

Tennessine

338

Og

Oganesson

339

Ts

Tennessine

340

Og

Oganesson

341

Ts

Tennessine

342

Og

Oganesson

343

Ts

Tennessine

344

Og

Oganesson

345

Ts

Tennessine

346

Og

Oganesson

347

Ts

Tennessine

348

Og

Oganesson

349

Ts

Tennessine

350

Og

Oganesson

351

Ts

Tennessine

352

Og

Oganesson

353

Ts

Tennessine

354

Og

Oganesson

355

Ts

Tennessine

356

Og

Oganesson

357

Ts

Tennessine

358

Og

Oganesson

359

Ts

Tennessine

360

Og

Oganesson

361

Ts

Tennessine

362

Og

Oganesson

363

Ts

Tennessine

364

Og

Oganesson

365

Ts

Tennessine

366

Og

Oganesson

367

Ts

Tennessine

368

Og

Oganesson

369

Ts

Tennessine

370

Og

Oganesson

371

Ts

Tennessine

372

Og

Oganesson

373

Ts

Tennessine

374

Og

Oganesson

375

Ts

Tennessine

376

Og

Oganesson

377

Ts

Tennessine

378

Og

Oganesson

379

Ts

Tennessine

380

Og

Oganesson

381

Ts

Tennessine

382

Og

Oganesson

383

Ts

Tennessine

384

Og

Oganesson

385

Ts

Tennessine

386

Og

Oganesson

387

Ts

Tennessine

388

Og

Oganesson

389

Ts

Tennessine

390

Og

Oganesson

391

Ts

Tennessine

392

Og

Oganesson

393

Ts

Tennessine

394

Og

Oganesson

395

Ts

Tennessine

396

Og

Oganesson

397

Ts

Tennessine

398

Og

Oganesson

399

Ts

Tennessine

400

Og

Oganesson

401

Ts

Tennessine

402

Og

Oganesson

403

Ts

Tennessine

404

Og

Oganesson

405

Ts

Tennessine

406

Og

Oganesson

407

Ts

Tennessine

408

Og

Oganesson

409

Ts

Tennessine

410

Og

Oganesson

411

Ts

Tennessine

412

Og

Oganesson

413

Ts

Tennessine

414

Og

Oganesson

415

Ts

Tennessine

416

Og

Oganesson

417

Ts

Tennessine

418

Og

Oganesson

419

Ts

Tennessine

420

Og

Oganesson

421

Ts

Tennessine

422

Og

Oganesson

423

Ts

Tennessine

424

Og

Oganesson

425

Ts

Tennessine

426

Og

Oganesson

427

Ts

Tennessine

428

Og

Oganesson

429

Ts

Tennessine

430

Og

Oganesson

431

Ts

Tennessine

432

Og

Oganesson

433

Ts

Tennessine

434

Og

Oganesson

435

Ts

Tennessine

436

Og

Oganesson

437

Ts

Tennessine

438

Og

Oganesson

439

Ts

Tennessine

440

Og

Oganesson

441

Ts

Tennessine

442

Og

Oganesson

443

Ts

Tennessine

444

Og

Oganesson

445

Ts

Tennessine

446

Og

Oganesson

447

Ts

Tennessine

448

Og

Oganesson

449

Ts

Tennessine

450

Og

Oganesson

451

Ts

Tennessine

452

Og

Oganesson

453

Ts

Tennessine

454

Og

Oganesson

455

Ts

Tennessine

456

Og

Oganesson

457

Ts

Tennessine

458

Og

Oganesson

459

Ts

Tennessine

460

Og

Oganesson

461

Ts

Tennessine

462

Og

Oganesson

463

Ts

Tennessine

464

Og

Oganesson

465

Ts

Tennessine

466

Og

Oganesson

467

Ts

Tennessine

468

Og

Oganesson

469

Ts

Tennessine

470

Og

Oganesson

471

Ts

Tennessine

472

Og

Oganesson

473

Ts

Tennessine

474

Og

Oganesson

475

Ts

Tennessine

476

Og

Oganesson

477

Ts

Tennessine

478

Og

Oganesson

479

Ts

Tennessine

480

Og

Oganesson

481

Ts

Tennessine

482

Og

Oganesson

483

Ts

Tennessine

484

Og

Oganesson

485

Ts

Tennessine

486

Og

Oganesson

487

Ts

Tennessine

488

Og

Oganesson

489

Ts

Tennessine

490

Og

Oganesson

491

Ts

Tennessine

492

Og

Oganesson

493

Ts

Tennessine

494

Og

Oganesson

495

Ts

Tennessine

496

Og

Oganesson

497

Ts

Tennessine

498

Og

Oganesson

499

Ts

Tennessine

500

Og

Oganesson

501

Ts

Tennessine

502

Og

Oganesson

503

Ts

Tennessine

504

Og

Oganesson

505

Ts

Tennessine

506

Og

Oganesson

507

Ts

Tennessine

508

Og

Oganesson

509

Ts

Tennessine

510

Og

Oganesson

511

Ts

Tennessine

512

Og

Oganesson

513

Ts

Tennessine

514

Og

Oganesson

515

Ts

Tennessine

516

Og

Oganesson

517

Ts

Tennessine

518

Og

Oganesson

519

Ts

Tennessine

520

Og

Oganesson

521

Ts

Tennessine

522

Og

Oganesson

523

Ts

Tennessine

524

Og

Oganesson

525

Ts

Tennessine

526

Og

Oganesson

527

Ts

Tennessine

528

Og

Oganesson

529

Ts

Tennessine

530

Og

Oganesson

531

Ts

Tennessine

532

Og

Oganesson

533

Ts

Tennessine

534

Og

Oganesson

535

Ts

Tennessine

536

Og

Oganesson

537

Ts

Tennessine

538

Og

Oganesson

539

Ts

Tennessine

540

Og

Oganesson

541

Ts

Tennessine

542

Og

Oganesson

543

Ts

Tennessine

544

Og

Oganesson

545

Ts

Tennessine

546

Og

Oganesson

547

Ts

Tennessine

548

Og

Oganesson

549

Ts

Tennessine

550

Og

Oganesson

551

Ts

Tennessine

552

Og

Oganesson

553

Ts

Tennessine

554

Og

Oganesson

555

Ts

Tennessine

556

Og

Oganesson

557

Ts

Tennessine

558

Og

Oganesson

559

Ts

Tennessine

560

Og

Oganesson

561

Ts

Tennessine

562

Og

Oganesson

563

Ts

Tennessine

564

Og

Oganesson

565

Ts

Tennessine

566

Og

Oganesson

567

Ts

Tennessine

568

Og

Oganesson

569

Ts

Tennessine

570

Og

Oganesson

571

Ts

Tennessine

572

Og

Oganesson

573

Ts

Tennessine

574

Og

Oganesson

575

Ts

Tennessine

576

Og

Oganesson

577

Ts

Tennessine

578

Og

Oganesson

579

Ts

Tennessine

580

Og

Oganesson

581

Ts

Tennessine

582

Og

Oganesson

583

Ts

Tennessine

584

Og

Oganesson

585

Ts

Tennessine

586

Og

Oganesson

587

Ts

Tennessine

588

Og

Oganesson

589

Ts

Tennessine

590

Og

Oganesson

591

Ts

Tennessine

592

Og

Oganesson

593

Ts

Tennessine

594

Og

Oganesson

595

Ts

Tennessine

596

Og

Oganesson

597

Ts

Tennessine

598

Og

Oganesson

599

Ts

Tennessine

600

Og

Oganesson

601

Ts

Tennessine

602

Og

Oganesson

603

Ts

Tennessine

604

Og

Oganesson

605

Ts

Tennessine

606

Og

Oganesson

607

Ts

Tennessine

608

Og

Oganesson

609

Ts

Tennessine

610

Og

Oganesson

611

Ts

Tennessine

612

Og

Oganesson

613

Ts

Tennessine

614

Og

Oganesson

615

Ts

Tennessine

616

Og

Oganesson

617

Ts

Tennessine

618

Og

Oganesson

619

Ts

Tennessine

620

Og

Oganesson

621

Ts

Tennessine

622

Og

Oganesson

623

Ts

Tennessine

624

Og

Oganesson

625

Ts

Tennessine

626

Og

Oganesson

627

Ts

Tennessine

628

Og

Oganesson

629

Ts

Tennessine

630

Og

Oganesson

631

Ts

Tennessine

632

Og

Oganesson

633

Ts

Tennessine

634

Og

Oganesson

635

Ts

Tennessine

636

Og

Oganesson

637

Ts

Tennessine

638

Og

Oganesson

639

Ts

Tennessine

640

Og

Oganesson

641

Ts

Tennessine

642

Og

Oganesson

643

Ts

Tennessine

644

Og

Oganesson

645

Ts

Tennessine

646

Og

Oganesson

647

Ts

Tennessine

648

Og

Oganesson

649

Ts

Tennessine

650

Og

Oganesson

651

Ts

Tennessine

652

Og

Oganesson

653

Ts

Tennessine

654

Og

Oganesson

655

Ts

Tennessine

656

Og

Oganesson

657

Ts

Tennessine

658

Og

Oganesson

659

Ts

Tennessine

660

Og

Oganesson

661

Ts

Tennessine

662

Og

Oganesson

663

Ts

Tennessine

664

Og

Oganesson

665

Ts

Tennessine

666

Og

Oganesson

667

Ts

Tennessine

668

Og

Oganesson

669

Ts

Tennessine

670

Og

Oganesson

671

Ts

Tennessine

672

Og

Oganesson

673

Ts

Tennessine

674

Og

Oganesson

675

Ts

Tennessine

676

Og

Oganesson

677

Ts

Tennessine

678

Og

Oganesson

679

Ts

Tennessine

680

Og

Oganesson

681

Ts

Tennessine

682

Og

Oganesson

683

Ts

Tennessine

684

Og

Oganesson

685

Ts

Tennessine

686

Og

Oganesson

687

Ts

Tennessine

688

Og

Oganesson

689

Ts

Tennessine

690

Og

Oganesson

691

Ts

Tennessine

692

Og

Oganesson

693

Ts

Tennessine

694

Og

Oganesson

695

Ts

Tennessine

696

Og

Oganesson

697

Ts

Tennessine

698

Og

Oganesson

699

Ts

Tennessine

700

Og

Oganesson

701

Ts

Tennessine

702

Og

Oganesson

703

Ts

Tennessine

704

Og

Oganesson

705

Ts

Tennessine

706

Og

Oganesson

707

Ts

Tennessine

708

Og

Oganesson

709

Ts

Tennessine

710

Og

Oganesson

711

Ts

Tennessine

712

Og

Oganesson

713

Ts

Tennessine

714

Og

Oganesson

715

Ts

Tennessine

716

Og

Oganesson

717

Ts

Tennessine

718

Og

Oganesson

719

Ts

Tennessine

720

Og

Oganesson

721

Ts

Tennessine

722

Og

Oganesson

723

Ts

Tennessine

724

Og

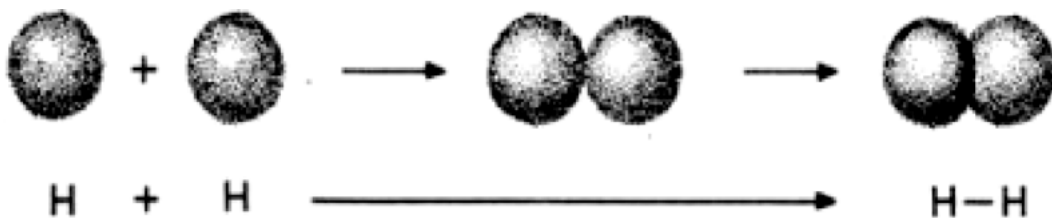
Oganesson

7

Obrázek 14 Periodická soustava prvků [14]

1.4 CHEMICKÁ VAZBA

Atomy většiny prvků jsou spojeny do tzv. **molekul** – větší celky. Toto spojení je probíhá prostřednictvím valenčních elektronů a nazývá se **chemickou vazbou**.

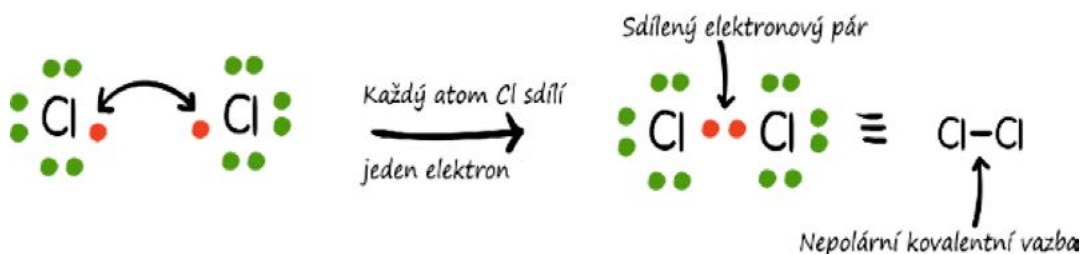


Obrázek 15 Chemická vazba [1]

Kritériem pro vznik chemické vazby je hlavně energetické hledisko. Vazba vznikne tehdy, dojde-li k uvolnění energie. Či více energie se uvolní, tím bude vazba stabilnější.

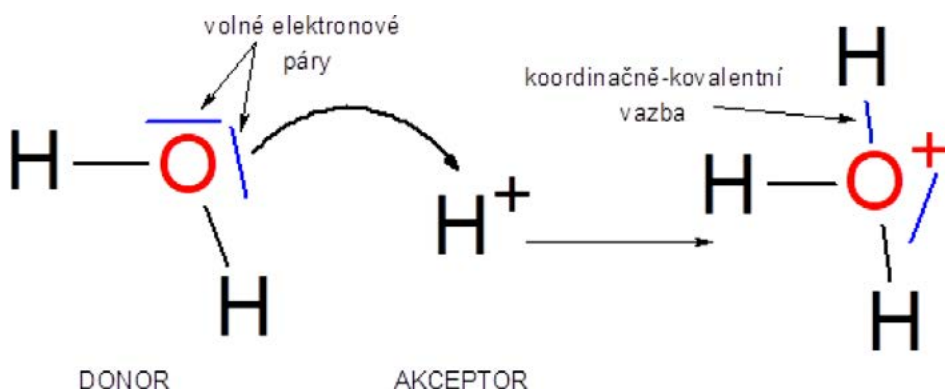
1.4.1 TYPY CHEMICKÝCH VAZEB

Kovalentní vazba vzniká překrytím orbitalů obsahujících vždy pouze jeden elektron s opačným spinem.



Obrázek 16 Kovalentní vazba [15]

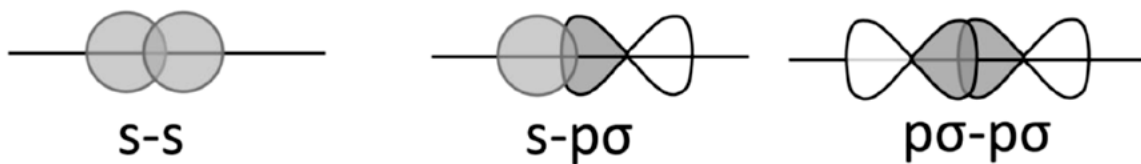
Vazba koordinačně kovalentní (donor-akceptorová, dativní) vzniká překrytím orbitalu obsahujícího volný elektronový pár s orbitalem prázdným (vakantním). Donorem (dárce) je atom poskytující vazebný elektronový pár a akceptorem (příjemcem) je atom poskytující prázdný valenční orbital.



Obrázek 17 Koordinačně kovalentní vazba [16]

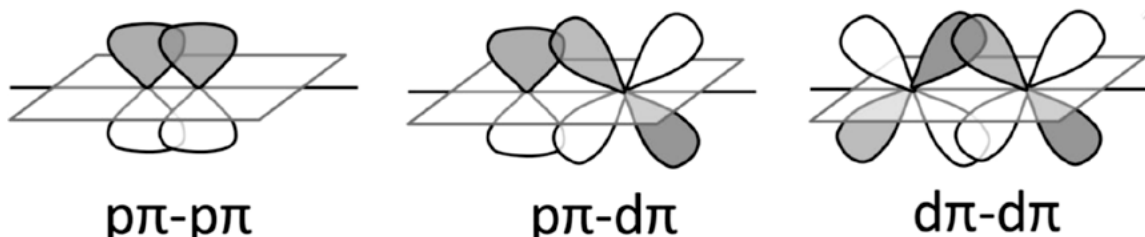
Kovová vazba vzniká mezi atomy kovy v pevném stavu a způsobuje ji elektrostatická přitažlivost kationtů kovů a volně se pohybujících valenčních elektronů [5;6; 16].

Vazba σ – při jejím vzniku dochází k překryvu dvou orbitalů na spojnici jader, tam se nachází největší hustota vazebného elektronového oblaku. Tato spojnice se pak stává osou vazby, vzniká překryvem orbitalů, s-s, s-p, s-d, p-p, p-d či d-d.



Obrázek 18 Vazba σ [1]

Vazba π vzniká bočním překryvem orbitalů, v tomto případě je největší hustota vazebného elektronového oblaku symetricky rozložena mimo spojnici jader.



Obrázek 19 Vazba π [1]

1.4.2 PEVNOST CHEMICKÉ VAZBY

Pevnost chemické vazby roste s násobností a je dána vazebnou energií. Vazebná energie je ta energie, která se uvolní při vzniku chemické vazby, proto stejné množství energie se musí dodat na rozštěpení vazby – **disociační energie**. Pevnost vazby závisí na povaze vázaných atomů, avšak je ovlivněna i sousedními atomy [6].

1.4.3 DÉLKA CHEMICKÉ VAZBY

Délka chemické vazby je vzdálenost vázaných atomů. Naopak od pevnosti chemické vazby, délka klesá s násobností vazby [6].

1.4.4 DIPÓLOVÝ MOMENT

Jedná se o kvantitativní vyjádření polaridy chemické vazby. Je to vektorová veličina, která je rovna součinu parciálního náboje q na jednom atomu a vzdálenosti těžišť obou nábojů [2;6].

$$\mu = l \cdot q \quad [\mu] = \text{C} \cdot \text{m}$$

Obrázek 20 Dipólový moment

1.4.5 SLABÉ VAZEBNÉ INTERAKCE

Slabé vazebné interakce mezi molekulami (intramolekulární) jsou založeny na charakteru přitažlivých elektrostatických sil.

Van der Waalsovy síly jsou elektrostatické přitažlivé síly. Nejsilnější mezimolekulová interakce, **interakce dipól-dipól**, ta má za příčinu přitažlivé síly mezi opačně nabitými konci molekul, které se zvyšují s rostoucí polaritou. Tyto interakce probíhají v plynném i kapalném skupenství. Typickým příkladem je příčina rozpustnosti polárních látek v polárních rozpouštědlech. **Interakce ion-dipól** probíhá při hydrataci iontů polárním rozpouštědlem. **Interakce dipól – indukovaný dipól**, tzv. disperzní síly jsou mezi nepolárními molekulami, v nichž v důsledku pohybu elektron. Vznikají indukované (okamžité) dipóly, jedná se nejslabší interakce.

Podmínkou vzniku **vodíkové vazby** je přítomnost vodíku vázaného s prvkem o vysoké elektronegativitě, malým atomovým poloměrem a existence volných elektronových párů na některém z atomů vázaných v molekule. Tyto vazby se dále dají rozdělit na intermolekulární a intramolekulární. Tyto vazby ovlivňují řadu chemických i fyzikálních vlastností sloučenin jako je teplota tání, teplota varu, rozpustnost, síla kyselin... Kromě toho mají význam v přírodě, jelikož stabilizují prostorové struktury látek a tím ovlivňují biologickou aktivitu [1;2;6].

1.5 KLASIFIKACE CHEMICKÝCH REAKCÍ

Chemický děj je kvantitativní přeměna látek, kdy se výchozí látky (reaktanty) mění na produkty – **chemická reakce**. Chemické reakce se zapisují chemickými rovnicemi, které musí být stechiometricky upravené. Chemické reakce se dají rozdělit podle několika členění [6].

– Podle skupenského stavu reaktantů:

- Homogenní $H_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow 2HCl(g)$
- Heterogenní $Zn(s) + 2HCl(aq) \rightarrow ZnCl_2(aq) + H_2(g)$

– Podle celkové změny v průběhu reakce:

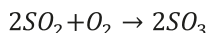
- Syntetické (syntéza) $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$
- Rozkladné (analýza) $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$
- Substituční (vytěšňovací) $CuSO_4 + Fe \rightarrow FeSO_4 + Cu$
- Podvojná záměna (konverze) $K_2SO_4 + BaCl_2 \rightarrow 2KCl + BaSO_4$

– Podle vazebných změn:

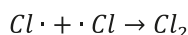
- Štěpení vazeb
- Vznik nových vazeb
- Současné štěpení některých vazeb a vznik nových vazeb

– Podle reagujících částic:

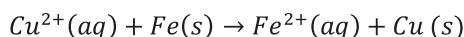
- Reakce molekulové – všechny reakční složky v průběhu reakce jsou elektroneutrální molekuly



- Reakce radikálové – reagující částice jsou radikály

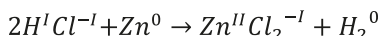


- Reakce iontové – probíhají ve vodném prostředí nebo v prostředí jiných polárních rozpouštědel. Iontový charakter má většina anorganických reakcí

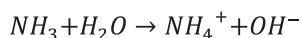


– Podle přenášených částic:

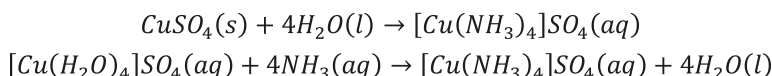
- Reakce oxidačně-redukční (redoxní) – dochází k přenosu elektronů, mění se oxidační čísla



- Reakce protolytické (acidobazické) – dochází k přenosu protonů H^+

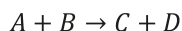


- Reakce koordinační (komplexotvorné) – přenos nebo rozdělení celých skupin atomů, vznik komplexních sloučenin



– Podle reakční kinetiky:

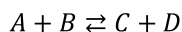
- Reakce izolované – probíhají v soustavě samy



- Reakce simultánní – v soustavě probíhá současně několik reakcí



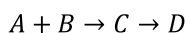
- Reakce zvrtné – musí se předpokládat u všech reakcí, které po čase dosáhnou rovnovážného stavu



- Reakce bočné – reaktanty reagují za vzniku různých produktů



- Reakce následné – produkt reakce je reaktantem reakce následující, reakce řetězové, iniciační, propagační, terminační...



– Podle tepelné bilance:

- Při izobarické ději:

- Exotermní $\Delta H < 0$
- Endotermní $\Delta H > 0$

- Při izotermicko-izobarickém ději:

- Exergonické $\Delta G < 0$
- Endergonické $\Delta G > 0$

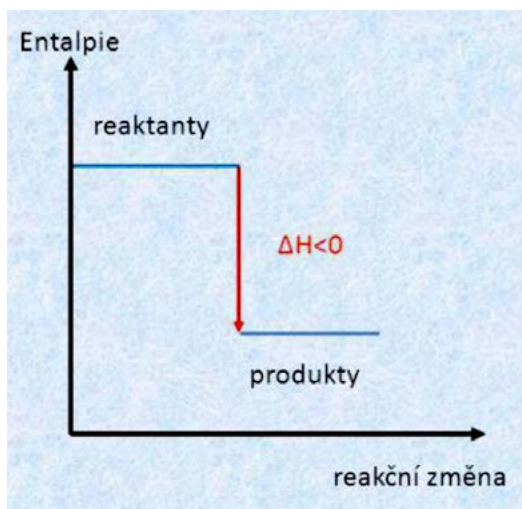
1.6 CHEMICKÁ TERMODYNAMIKA

Chemická termodynamika sleduje **celkovou energetickou bilanci** chemického děje. Od podmínek uskutečnitelnosti, přes chemickou reakci, po rovnovážný stav. Termodynamická soustava je část prostoru, v němž jsou přítomné reaktanty, dělí se na:

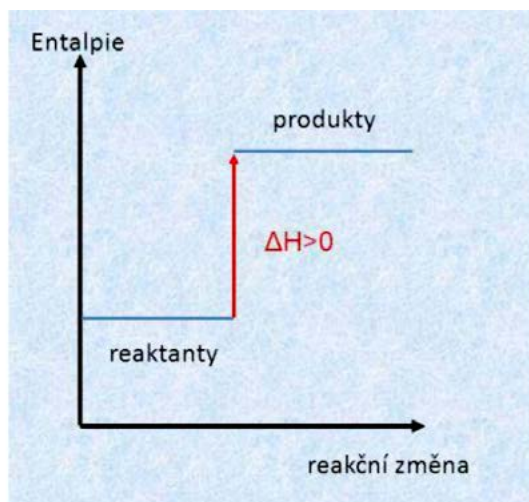
- Izolovaná soustava – s okolím nevyměňuje energii ani hmotu;
- Uzavřená soustava – s okolím může vyměnit energii, ne však hmotu;
- Otevřená soustava – s okolím vyměňuje, jak energii, tak i hmotu.

Termodynamický děj je přechod z jednoho stavu soustavy do druhého, a přechod může být vratný (reverzibilní) či nevratný (irreverzibilní). Charakteristiku termodynamické soustavy popisují jednak stavové veličiny (tlak, teplota, objem a koncentrace), ale i stavové funkce (vnitřní energie, entropie, Gibbsova energie, enthalpie...).

Termochemie se zabývá studiem tepelného zabarvení chemické reakce. Rozlišujeme dva základní typy reakcí – exotermické a endotermické [1;6].



Exotermická reakce



Endotermická reakce

Obrázek 21 Termochemické reakce [1]

1.7 REAKČNÍ KINETIKA

Reakční kinetika se zabývá studiem chemických reakcí, sleduje **reakční rychlost**, ale i faktory chemické reakce, které reakční rychlost ovlivňují. Rychlost chemické reakce lze vyjádřit vztahem:



kde v je časový úbytek molární koncentrace některého z reaktantů nebo přírůstek molární koncentrace libovolného produktu dělený stechiometrickým koeficientem této látky.

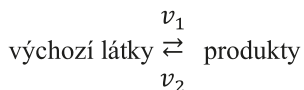
$$v = -\frac{\Delta c[A]}{a\Delta t} = -\frac{\Delta c[B]}{b\Delta t} = \frac{\Delta c[C]}{c\Delta t} = \frac{\Delta c[D]}{d\Delta t}$$

Δt ... časový interval
 $\Delta c[A]$... změna molární koncentrace látky A
 a ... stechiometrický koeficient látky A

Faktory, které ovlivňují reakční rychlost je vliv koncentrace na průběh chemické reakce, závislost reakční rychlosti na teplotě, případně vliv katalyzátoru na průběh chemické reakce [6].

1.8 CHEMICKÉ ROVNOVÁHY

Většina chemických reakcí nekončí úplnou přeměnou reaktantů na produkty, ale ustaví se **chemická rovnováha**, v níž se nemění složení soustavy, koncentrace všech přítomných složek je konstantní a nezávislá na čase. Chemické děje dále probíhají pomocí **dynamické rovnováhy**, to znamená, že probíhají současně obě protisměrné reakce, jejichž v_1 a v_2 jsou shodné [2;6].



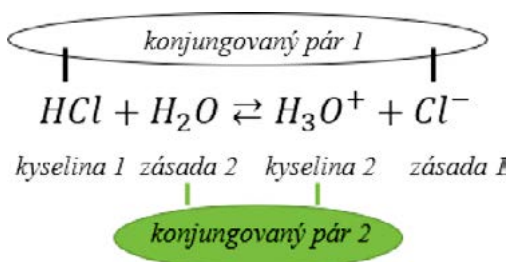
1.8.1 ROVNOVÁHY V ROZTOCÍCH ELEKTROLYTŮ

Při rozpouštění pevné látky dochází k tomu, že **nízkomolekulární látky se působením rozpouštědla rozpadají na jednotlivé molekuly** obklopené molekulami rozpouštědla, tzv. **neelektrolyty**, které nevedou elektrický proud. Vlivem polárních rozpouštědel dochází ke štěpení na ionty pomocí **elektrolytické disociace** a vzniká **elektrolyt**, který vede elektrický proud. Elektrolyty mohou být:

- **Silné** – kdy, v roztocích jsou přítomny pouze ionty;
- **Slabé** – tehdy, kdy molekuly jsou jen v malé míře disociovány [6].

1.8.2 PROTOLYTICKÉ ROVNOVÁHY

Protolytické rovnováhy se ustavují v soustavách, kde při reakci dochází k výměně protonů. Teorie kyselin a zásad lze popsat **Arrheinovou teorií**, kdy kyselina je látka schopná odštěpit proton H^+ a zásada je látka schopná odštěpit ion OH^- . Výhodou této teorie je jednoduchost a názornost, bohužel lze ji aplikovat pouze na vodné roztoky kyselin a zásad. Obecnější charakter má **Brønsted-Lowryho teorie**, lze ji aplikovat i pro nevodné prostředí, kyselina je částice schopná odštěpit proton a zásada je částice schopná vázat proton.



Obrázek 22 Brønsted-Lowryho teorie kyselin a zásad [6]

Další teorií kyselin a zásad je nejobecnější **Lewisova teorie**, vychází z elektronové struktury, definuje kyseliny a zásady na základě elektronového páru. Zásada je částice s volným elektronovým párem, kdež to kyselina je částice schopná přijmout volný elektronový pár.

U protolytických rovnovah se používají rozpouštědla, která lze rozdělit na:

- **Rozpouštědla amfiprotní** – protony mohou přijímat i odevzdávat (voda, methanol...);
- **Rozpouštědla aprotická** – protony ani nepřijímají ani neodevzdávají, neúčastní se protolytických reakcí (benzen, tetrachlormethan...);
- **Rozpouštědla protogenní** – kyselá rozpouštědla, která snadno odštěpují protony (k. sírová, k. chlorovodíková...);
- **Rozpouštědla protofilní** – bazická rozpouštědla, která snadno přijímají protony (amoniak, pyridin...).

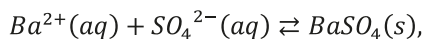
Síla kyselina a zásad, ve zředěném roztoku je voda ve velkém nadbytku, proto její koncentrace K_c se v průběhu disociačního děje prakticky nemění a můžeme spojit vodu s rovnovážnou konstantou v disociační konstantu kyseliny K_A a disociační konstantu báze K_B [6].



Obrázek 23 Disociační konstanty [6]

1.8.3 SRÁŽECÍ ROVNOVÁHY

Jsou reakce, při kterých z reaktantů v roztoku vzniká málo rozpustný produkt – sraženina [6]. Příkladem může být vznik síranu barnatého:



a následně pomocí **součinu rozpustnosti** lze tuto rovnováhu charakterizovat jako:

$$K_S(\text{BaSO}_4) = [\text{Ba}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}].$$

1.8.4 KOMPLEXOTVORNÉ ROVNOVÁHY

Komplexotvorné rovnováhy jsou, když kovové ionty mohou reagovat s látkami, které dodávají elektrony, a to za vzniku koordinačních vazeb [6].

1.8.5 REDOXNÍ ROVNOVÁHY

Oxidačně-redukční neboli redoxní **reakce** jsou ty, při kterých si reaktanty vzájemně vyměňují elektrony, dochází ke změně čísla atomů prvků nebo iontů. Redoxní děje jsou tedy analogií acidobazických reakcí, v tomto případě jde o **přenos elektronů**. **Redukce** je poloreakce, při které se snižuje oxidační číslo, opakem je **oxidace**, při které oxidační číslo roste [6].

1.9 LABORATORNÍ VYBAVENÍ

Chemická laboratoř je místnost, která je určena k provádění chemických pokusů, ke kterému slouží právě laboratorní vybavení.

Laboratorní sklo je nejrozšířenějším materiálem, z něhož je vyrobená drtivá většina laboratorního nádobí. Jeho velkou výhodou je jeho průhlednost a vysoká chemická odolnost. Nevýhodou je pak jeho křehkost. Ke spojení několika kusů chemického skla při sestavení aparatury se využívá **zábrusů**, což jsou přesně vysoustružené zdrsněné kuželové plochy. Typickými zástupci laboratorní skla jsou zkumavky; kádinky; baňky (Erlenmayerova, destilační, hrškovitá, slzovitá, titrační, odsávací, odměrná...); nálevky a násypky; chladiče; frity; hodinová skla a Petriho misky; exsikátor; odměrné válce; pipety; byrety...

Zkumavky jsou protáhlé nádoby válcovitého tvaru s kulatým dnem. **Kádinka** je širší válcová nádoba s plochým dnem, často opatřena ryskou, která orientačně ukazuje vnitřní objem. **Baňky** jsou nejběžnější sklo v chemické laboratoři a podle primárního určení mají různé tvary ke splnění daného účelu. **Nálevka** slouží k nalévání kapalin a **násypka** k vložení sypkých chemikálií. **Chladič** se používá k ochlazení par vroucích směsí. **Frity** slouží k izolaci pevných produktů pomocí tepelně slinutého jemně drceného skla. **Pipety** jsou dole zúžené skleněné trubice používané pro odměřování objemu kapalin.

Chemicky odolnější, než sklo je **laboratorní porcelán**, má i vysokou tepelnou odolnost i přes 1 000°C, avšak je křehký a nesnese prudké změny teplot. Z porcelánu se vyrábí např. Büchnerova a Hirschova nálevka sloužící k filtraci; odpařovací misky; třecí misky s tloučkem; žíhací kelímky...

Kovové materiály nachází v laboratoři využití zejména u stojanů; svorek; klem; kruhů; kahanů; trianglů; kleští; kopistí; pinzet...

Nejmenším zástupcem jsou předměty z ostatních materiálů (**plastů, pryže či korku**). **Plastové předměty** jsou zátky; kapátka; lžičky; injekční stříkačky. Jedná se o chemicky velmi odolný materiál, který však nesnáší zahřívání. **Korkové vybavení** se používá ve formě zátek; stojánků pod baňky či jako výstelky klem... Je to materiál, který je lehký, pružný, dobře se obrábí a odolný vůči organickým rozpouštědlům. **Pryžové předměty** se používají hlavně z důvodu vzdoru zásadám, jak hadice či zátky, nyní však postupně bývají nahrazeny silikonovým kaučukem [17].

1.10 ZÁKLADNÍ OPERACE

1.10.1 ZAHŘÍVÁNÍ

Volba způsobu zahřívání je závislá na požadované teplotě, rychlosti zahřívání, vlastnostech zahřívané látky, bezpečnostních předpisech, ale u velikosti aparatury. Při sestavování aparatury se snažíme, aby v případě potřeby bylo možné zahřívání snadno přerušit a zdroj tepla rychle odstavit [17].



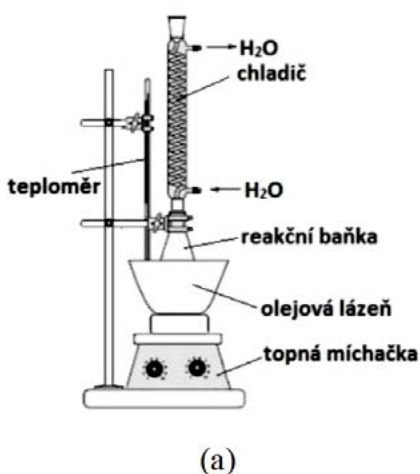
Obrázek 24 Zahřívání [17]

1.10.2 CHLAZENÍ

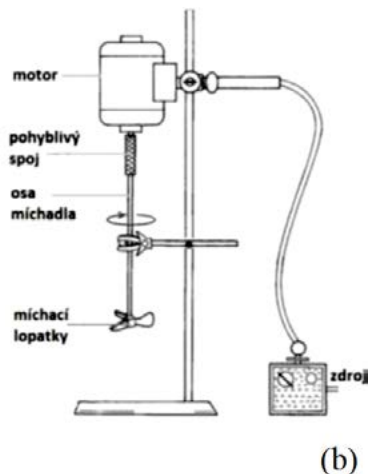
Chlazení může sloužit k odvodu přebytečného tepla z reakční směsi, k ochlazení kondenzací par kapalin a plynů, při krystalizaci látek, a při podobných operacích [17].

1.10.3 MÍCHÁNÍ

Míchání usnadňuje transport látek a tepla ve směsi. V laboratoři se lze setkat se třemi základními zdroji pohybu: míchání rukou, elektromagnetická míchačka (Obrázek 25a) a mechanická míchačka (Obrázek 25b) [17].



(a)



(b)

Obrázek 25 Zařízení k míchání [17]

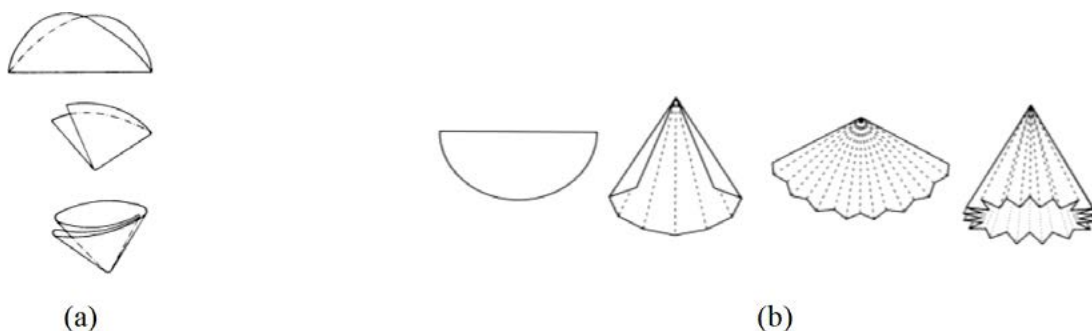
1.10.4 SUŠENÍ

Operace sušení vede k odstranění malého množství cizí kapaliny nebo jejích par z pevné, kapalné nebo plynné látky či ze soustavy látek. V chemické laboratoři se jedná o běžnou operaci, která může být součástí izolace produktu z reakční směsi a jeho čištění. Sušení však lze uplatnit i při čištění výchozích látek v případě, kdy by přítomná voda negativně ovlivnila nebo zcela znemožnila průběh chemické reakce.

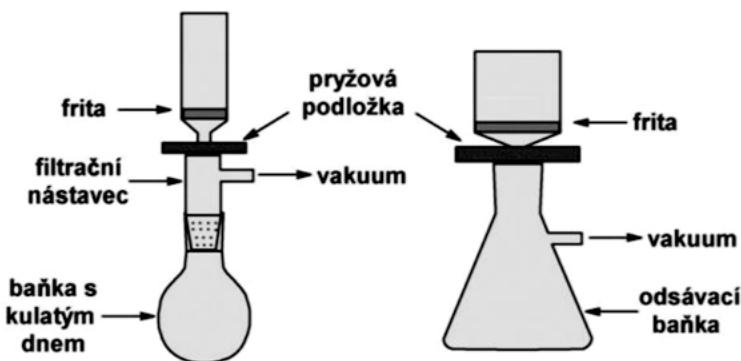
K sušení se používají také vysoušedla: bezvodý chlorid vápenatý, síran hořečnatý, síran vápenatý, aktivovaný oxid hlinitý, silikagel, molekulové síto, oxid fosforečný, koncentrovaná kyselina sírová, hydroxid sodný nebo draselný, hydrid vápenatý, sodík, hořčík... [17].

1.10.5 FILTRACE

Vzájemné oddělení dvou fází pomocí propustného materiálu, který umožňuje průchod pouze jedné z obou fází. Převážně se jedná o oddělení pevné fáze od kapalné, kdy hnací silou je rozdíl tlaků na obou stranách filtru. Příprava jednoduchého (a) a skládaného filtru (b) je zobrazena na Obrázku 26 a princip filtrace na Obrázku 27 [17].



Obrázek 26 Příprava filtru [17]



Obrázek 27 Princip filtrace [17]

1.10.6 DEKANTACE

Když se pevná fáze v rozdělované směsi snadno usazuje, je možné ji před filtrací nejprve odstranit dekantací. Princip dekantace spočívá v tom, že se pevná fáze usadí na dnu nádoby a čirá kapalina se opatrně oddělí odlitím nebo odsátím pomocí odsávacího zařízení. Čím bude větší rozdíl hustot rozpouštědla a pevné látky, tím bude dekantace účinnější [17].

1.10.7 ODSŤŘEĐOVÁNÍ

Při práci s malými kvanty nebo při oddělení jemných koloidů, které by mohly ucpat póry filtru se používá odstřeďování. Při procesu se směs rovnoměrně rozdělí do speciálních zkumavek, které se vloží do centrifugy (odstřeďovky). Po provedení odstředění se opatrně odlije rozpouštědlo, pevná fáze ulpívá na dnu centrifugační zkumavky se promíchá s malým množstvím čistého rozpouštědla, které se po dalším odstředění slije nebo odsaje [17].

1.10.8 VYSOLOVÁNÍ

Proces vysolování je založen na rozdílné rozpustnosti dvou pevných látek v určitém rozpouštědle. K vysolování se nejčastěji používají sírany, chloridy, citráty amonné, sodné, draselné nebo vápenaté. Metoda je vhodná i k odstranění některých emulzí nebo k vylučování mastných kyselin, zejména aminokyselin či peptidů [17].

1.10.9 SRÁŽENÍ

Vysrážení pevné látky z roztoku se provádí buď pomocí vhodného rozpouštědla či změnou pH roztoku [17].

1.10.10 KRYSTALIZACE

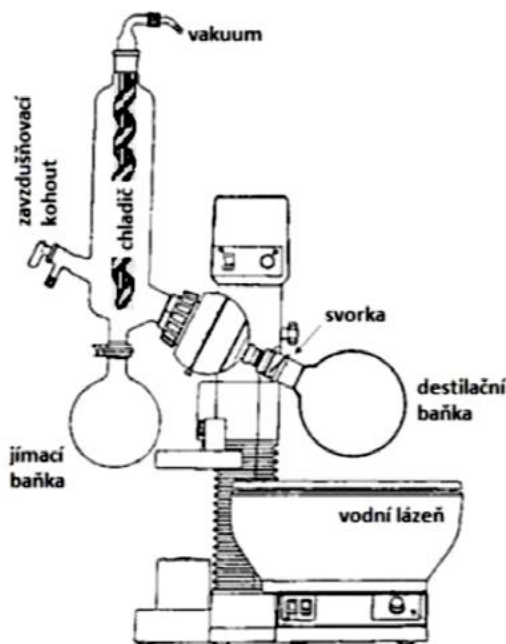
Jde o vylučování pevné fáze z roztoku ve formě krystalů. Jelikož většina chemických reakcí probíhá při zvýšené teplotě v nějakém rozpouštědle, je výhodné po skončení reakce směs ochladit a pokusit se nechat produkt vykrystalizovat [17].

1.10.11 ADSORPCE

Adsorpce je charakteristickým jevem probíhajícím na fázovém rozhraní a projevuje se zvýšením koncentrace látky v místě rozhraní. Tudiž je výsledkem rozdílů v intenzitě sil, kterými na sebe působí částice na fázovém rozhraní. Při adsorpci dochází v systému po určité době k ustavení rovnováhy. Rovnovážné množství adsorbované látky je za dané teploty závislé na tlaku adsorbujícího se plynu a na koncentraci látky adsorbující se z roztoku. Jestliže je látka rozpuštěná v polárním rozpouštědle, používá se nepolární adsorbent a naopak [17].

1.10.12 ZAHUŠŤOVÁNÍ ROZTOKŮ, ODPAŘOVÁNÍ

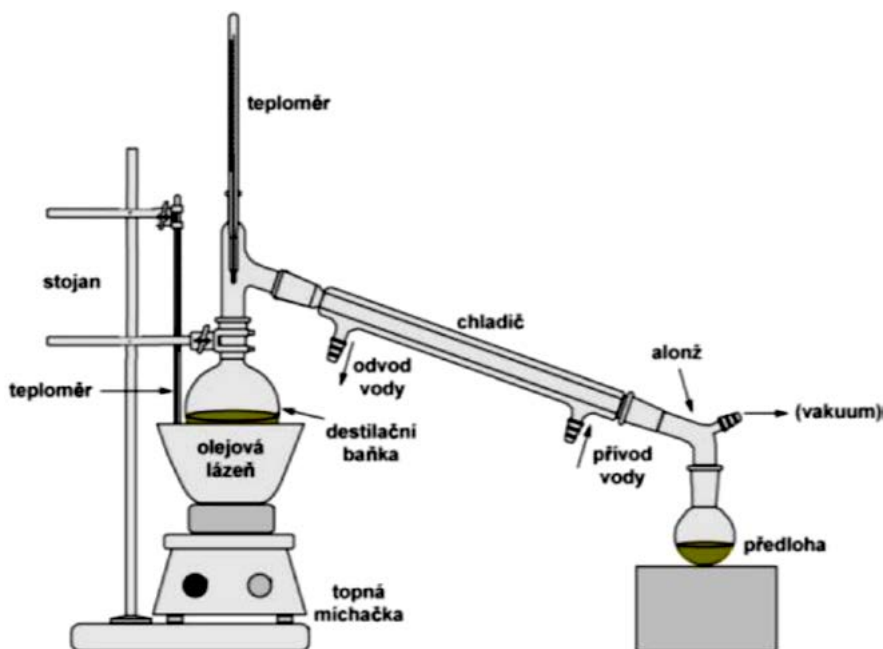
Jedná se o dělicí metodu založenou na rozdílné těkavosti látek. Je to metoda, pomocí které získáme látku z roztoku odpařením rozpouštědla, které je podstatně těkavější než látka v něm rozpuštěná. Organická rozpouštědla jsou navíc často hořlavá a toxická, proto se pro odpařování organických rozpouštědel používá ve většině případů vakuových odparek (Obrázek 28) speciálně k tomuto účelu konstruovaných [17].



Obrázek 28 Vakuová odparka [17]

1.10.13 DESTILACE

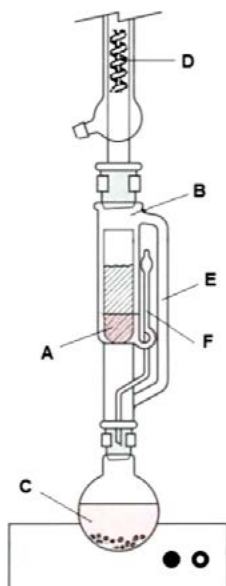
Destilace je separační metoda pro oddělení směsí kapalných látek, která je založena na rozdílné těkavosti složek ve směsi. S tím souvisí odlišné složení kapalně a plynné fáze, která z ní vzniká [17].



Obrázek 29 Prostá destilace [17]

1.10.14 EXTRAKCE

Metoda extrakce je užívána v preparativní chemii k izolaci látky z pevné nebo kapalně fáze, kdy látka je převedena do fáze kapalně. Takto látkou obohacená kapalná fáze se pak vhodným způsobem oddělí od fáze původní a žádaná látka je z ní separována [17].



Obrázek 30 Extrakce (A – extrakční patrona; B – Soxhletův nástavec; C – varná baňka; D – chladič; E – trubice pro páru; F – přepadová trubice) [17]

1.10.15 SUBLIMACE

Stejně jako tenze par kapalin, tak i tenze par pevných látek je s rostoucí teplotou zvyšována. Mnohé látky je možné převést do plynného stavu, aniž roztají a páry opět zkondenzují v pevnou látku ve vhodném chladicím prostoru [17].

1.11 PŘÍKLADY Z OBECNÉ CHEMIE

Příklad 1.1. *S pomocí periodické tabulky popište stavbu atomu uhlíku:*

- a) Kolik má protonů v jádře?
- b) Kolik má elektronových vrstev?
- c) Kolik elektronů má ve vazebné valenční vrstvě?

Řešení:

Uhlík značený C má protonové číslo 6.

Z toho vyplývá, že bude obsahovat 6 protonů a zároveň i stejný počet elektronů.

Ohledně počtu elektronových vrstev vycházíme z Obrázku Výstavba elektronového obalu.

- 1. vrstva – K vrstva, nabývá orbitalu 1s, proto 2 elektrony, zbývají 4 elektrony
- 2. vrstva – L vrstva, nabývá orbitalů 2s a 1p, proto 8 elektronů, tudíž uhlík má 2 elektronové vrstvy.

Valenční vrstva je vrstva s nejvyšším hlavním a vedlejším kvantovým číslem. Jelikož uhlík má elektrony pouze ve 2. vrstvách, bude valenční vrstva L, v které jsou 4 elektrony.

Příklad 1.2. *S pomocí periodické tabulky popište stavbu atomu vápníku:*

- a) Kolik má protonů v jádře?
- b) Kolik má elektronových vrstev?
- c) Kolik elektronů má ve vazebné valenční vrstvě?

Příklad 1.3. *S pomocí periodické tabulky popište stavbu atomu niklu:*

- a) Kolik má protonů v jádře?
- b) Kolik má elektronových vrstev?
- c) Kolik elektronů má ve vazebné valenční vrstvě?

Příklad 1.4. *S pomocí periodické tabulky popište stavbu atomu selenu:*

- a) Kolik má protonů v jádře?
- b) Kolik má elektronových vrstev?
- c) Kolik elektronů má ve vazebné valenční vrstvě?

Příklad 1.5. *S pomocí periodické tabulky popište stavbu atomu hliníku:*

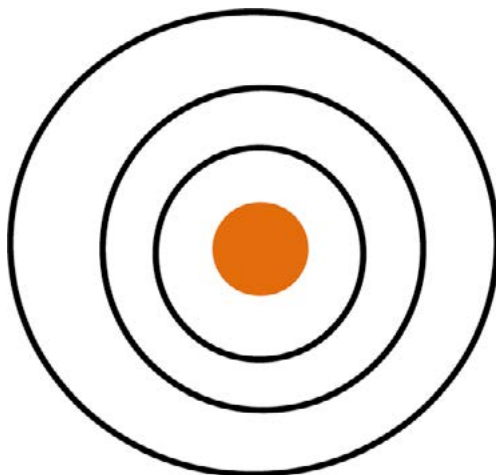
- a) Kolik má protonů v jádře?
- b) Kolik má elektronových vrstev?
- c) Kolik elektronů má ve vazebné valenční vrstvě?

Příklad 1.6. *S pomocí Bohrova modelu nakreslete atom sodíku.*

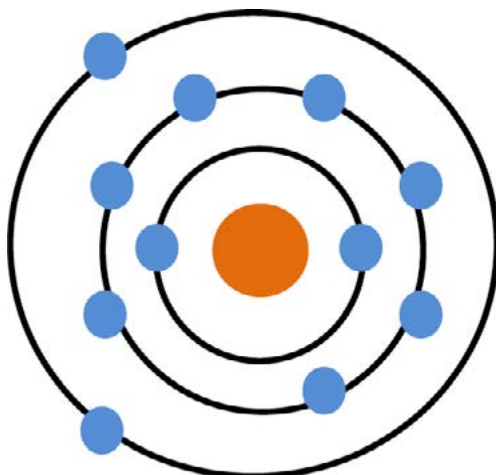
Řešení:

Z tabulky odečteme, kolik má sodík protonů a elektronů – 11.

Nakreslíme si model Bohrova atomu, oranžově je v tomto případě vyznačeno atomové jádro.



Do modelu následně umísťujeme podle Obrázku 6, jednotlivé elektrony v tomto případě modře vyznačeno.



- Příklad 1.7.** *S pomocí Bohrova modelu nakreslete atom draslíku.*
- Příklad 1.8.** *S pomocí Bohrova modelu nakreslete atom berylia.*
- Příklad 1.9.** *S pomocí Bohrova modelu nakreslete atom molybdenu.*
- Příklad 1.10.** *S pomocí Bohrova modelu nakreslete atom antimonu.*

Příklad 1.11. Zapište, pomocí všech třech způsobů, zápis elektronové konfigurace fosforu.

Řešení:

Fosfor obsahuje 15 elektronů. Postupně využijeme diagramu – Výstavbový princip.

Orbital 1s – 2 elektrony, zbývá 13 elektronů

Orbital 2s – 2 elektrony, zbývá 11 elektronů

Orbital 1p – 6 elektronů, zbývá 5 elektronů

Orbital 3s – 2 elektrony, zbývají 3 elektrony

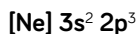
Orbital 2p – možnost 6 elektronů, ale máme pouze 3 takže těmi ho naplníme

První forma zápisu je lineárním zápisem:



- orbital 1s je naplněn 2 elektrony, proto index 2; obdobně jako u orbitalu 2s, 1p je zaplněn 6 elektrony, 3s 2 elektrony a poslední 1p pouze 3 elektrony.

Druhá forma zápisu je zkráceným zápisem:



- pomocí periodické tabulky, si určíme, že fosfor se nachází ve 3. periodě, tudíž orbitály počítáme podle posledního vzácného plynu, jelikož je fosfor ve třetí periodě, tak použijeme neon, ten má sám o sobě konfiguraci ($1s^2 2s^2 1p^6$). Proto do hranaté závorky uvedeme vzácný plyn a zbytek zapišeme jako u předchozího postupu.

Třetí pomocí diagramu:



- Nejprve si uvedeme jednotlivé orbitály pomocí diagramu, do kterých pak znázorníme elektrony.



- Poté můžeme odstranit popis orbitalů.



Příklad 1.12. Zapište, pomocí všech třech způsobů, zápis elektronové konfigurace dusíku.

Příklad 1.13. Zapište, pomocí všech třech způsobů, zápis elektronové konfigurace draslíku.

Příklad 1.14. Zapište, pomocí všech třech způsobů, zápis elektronové konfigurace železa.

Příklad 1.15. Zapište, pomocí všech třech způsobů, zápis elektronové konfigurace zinku.

Příklad 1.16. Jaké bude pH kyseliny chlorovodíkové o koncentraci 0,253 mol/l?

Řešení:

Kyselina chlorovodíková je jednosytná kyselina – koncentrace protonů vzniklých bude stejná jako u výchozí koncentrace kyseliny.

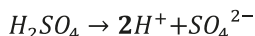
$$pH = -\log c = -\log 0,253 = \mathbf{0,60}$$

Příklad 1.17. Jaké bude pH kyseliny fluorovodíkové o koncentraci 0,128 mol/l?

Příklad 1.18. Jaké bude pH kyseliny sírové o koncentraci 0,253 mol/l?

Řešení:

Kyselina sírová je silná dvojsytná kyselina – její disociaci získáme dvojnásobnou koncentraci vodíkových iontů.



$$pH = -\log c = -\log(2 * 0,253) = \mathbf{0,30}$$

Příklad 1.19. Jaké bude pH kyseliny uhličitě o koncentraci 0,159 mol/l?

Příklad 1.20. Jaké bude pH hydroxidu sodného o koncentraci 0,0416 mol/l?

Řešení:

$$pOH = -\log[OH^-] = -\log 0,0416 = \mathbf{1,38}$$

$$pH = 14 - pOH = \mathbf{12,62}$$

Příklad 1.21. Jaké bude pH hydroxidu draselného o koncentraci 0,005 mol/l?

Příklad 1.22. Jaké bude pH hydroxidu barnatého o koncentraci 0,001 mol/l?

Řešení:

$$pOH = -\log[2 \cdot OH^-] = -\log 0,002 = \mathbf{2,69}$$

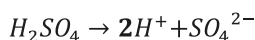
$$pH = 14 - pOH = \mathbf{11,31}$$

Příklad 1.23. Jaké bude pH hydroxidu vápenatého o koncentraci 0,004 mol/l?

Příklad 1.24. Jaká je koncentrace kyseliny sírové o pH 1,35?

Řešení:

Kyselina sírová je silná, dvojsytná kyselina. Její disociaci lze popsat rovnicí:



Koncentraci protonů vypočítáme ze vztahu pro pH:

$$pH = -\log[H^+]$$

$$c_{H^+} = 10^{-pH} = 10^{-1,35} = \mathbf{0,045 \text{ mol/l}}$$

Koncentrace kyseliny je rovna polovině koncentrace protonů, protože se z jedné molekuly kyseliny uvolní dva protony:

$$\mathbf{c = 0,0225 \text{ mol/l}}$$

Příklad 1.25. Jaká je koncentrace kyseliny fluorovodíkové o pH 1,5?

Řešení:

Kyselina fluorovodíková, HF, je slabá kyselina.

Její disociační konstanta je 3,15.

Disociaci tedy můžeme popsat rovnovážnou reakcí:



pH je dáno mírně komplikovanějším vztahem, než pro silné kyseliny:

$$pH = \frac{1}{2}pK_a - \frac{1}{2}\log c$$

$$1,5 = \frac{1}{2} \cdot 3,15 - \frac{1}{2}\log c$$

$$-0,075 = -\frac{1}{2}\log c$$

$$\log c = 0,15$$

$$\mathbf{c = 10^{0,15} = 1,41 \text{ mol/l}}$$

[18;19;20]

2 ANORGANICKÁ CHEMIE

2.1 OBECNÝ ÚVOD

Anorganická chemie je věda zabývající se studiem struktury a vlastností anorganických látek, včetně jejich přípravy a použití. Mezi anorganické látky řadíme všechny chemické prvky a anorganické sloučeniny s výjimkou většiny sloučenin uhlíku [1;2].

2.2 NEKOVY

Nekovy tvoří společně s kovy a polokovy tři hlavní skupiny chemických prvků. Rozdělení je prováděno s ohledem na vazebné a ionizační vlastnosti prvků. Nekovy mají vysokou elektronegativitu, proto jejich valenční elektrony jsou pevně poutány k atomu. Nekovy jsou prvky v blízkosti horní pravé strany periodické tabulky s výjimkou vodíku jsou umístěny v p-bloku. Na rozdíl od kovů jsou nekovy izolanty nebo polovodiče. Tyto prvky často tvoří iontovou vazbu s elektropozitivními prvky nebo kovalentní vazbu s ostatními prvky. Mezi základní charakteristické vlastnosti nekovů patří:

- špatné vodiče tepla a elektřiny;
- ve srovnání s kovy tvoří kyselé oxidy;
- v pevném stavu jsou křehké, lesklé, tvárné;
- obvykle mají nižší hustotu než kovy;
- mají výrazně nižší bod tání a varu než kovy (s výjimkou uhlíku);
- mají vysokou elektronegativitu;
- tvoří většinu hmoty Země, a to zejména vnější vrstvy, a organismy jsou složeny převážně z nich [1;6].

2.2.1 VODÍK

Vodík je první člen periodické tabulky prvků s nejmenší relativní atomovou hmotností. Má tři formy izotopů:

${}^1_1\text{H}$ – lehký vodík tzv. protium; ${}^2_1\text{H}$ – těžký vodík, tzv. deuterium a ${}^3_1\text{H}$ – tritium, které je radioaktivní.

Výskyt:

- volný ve formě dvouatomových molekul H_2
- vázaný je součástí
 - všech organických sloučenin, je to biogenní prvek;
 - anorganických sloučenin, voda, kyseliny, hydroxidy.

Vlastnosti a reakce:

- **bezbarvý plyn bez chuti a zápachu**, který je lehčí než vzduch;
- **hořlavý**, jeho směs s kyslíkem, případně vzduchem je výbušná;
- **redukční** vlastnosti;
- reagující kromě vzácných plynů se všemi prvky, jeho dvouatomové molekuly jsou stabilní a reagují za zvýšené teploty nebo v přítomnosti katalyzátoru;
- při spojení polární vazbou s atomy s vysokou elektronegativitou může vytvářet vodíkové vazby.

Použití:

- řezání a sváření autogenem, redukce kovů v metalurgii, výroba chlorovodíkové kyseliny, hydrogenace nenasycených uhlovodíků, výroba organických sloučenin a palivo pro spalovací motory [6].

2.2.2 VZÁCNÉ PLYNY

Vzácné plyny jsou prvky VIII.A skupiny periodické soustavy prvků neboli p6 prvky, mají plně obsazené valenční orbitály, takže jsou v atomárním stavu stabilní a nereaktivní. Mezi vzácné plyny patří helium, neon, argon, krypton, xenon a radon.

Výskyt:

- v nepatrném množství jako součást atmosféry;
- často se jedná o produkty radioaktivních rozpadů nerostů, zejména tedy u helia.

Vlastnosti a reakce:

- **plynné** za běžných podmínek;
- složené z jednotlivých atomů, **nevytváří molekuly**;
- **stabilní a nereaktivní**;
- vysoká ionizační energie.

Výroba:

- vedlejší produkty při frakční destilaci kapalného vzduchu;
- helium lze získat ze zemního plynu.

Použití:

- Náplně do výbojek a žárovek, helium má nízkou hustotu – výplň balonů, helium společně s argonem vytváří ochranný plyn pro svařování některých kovů, radioaktivní radon se využívá k léčbě rakoviny [1;6].

2.2.3 HALOGENY

Prvky VII. A skupiny neboli p5 prvky tvoří dvouatomové molekuly ve všech skupenstvích. Halogeny jsou fluor, chlor, brom, jod a astat.

Výskyt:

- fluor je součástí minerálů a také složkou kostí a zubů;
- chlor je součástí minerálů a obsažen v krevní plazmě a žaludečních šťávách;
- brom v malém množství doprovází sloučeniny chloru, je obsažen v mořské vodě, chaluhách či slaných jezerech;
- jod je obsažen v mořské vodě a tvoří část hormonu štítné žlázy.

Vlastnosti a reakce:

- fluor je zelenožlutý plyn, chlor žlutozelený plyn, brom červenohnědá kapalina a jod fialovo-černá pevná látka;
- dobrá **rozpuštěnost v nepolárních rozpouštědlech**, s výjimkou jodu se rozpouští ve vodě;
- **vysoká reaktivita**, oxidační účinky.

Sloučeniny:

- halogenovodíky, halogenidy, oxidy a kyseliny.

Příprava a výroba:

- připravují se oxidací halogenidů nebo halogenovodíků;
- výroba probíhá elektrolýzou roztoků solí, halogeny se vylučují na anodě.

Použití:

- fluor k výrobě plastů (teflon), freonů; chlor k výrobě plastů (PVC), kyseliny chlorovodíkové, nebo jako bělicí a dezinfekční prostředek; brom k výrobě léčiv, barev a fotografického materiálu; jod k výrobě léčiv a barev [1;2;6].

2.2.4 CHALKOGENY

Prvky VI. A skupiny (p4 prvky). Mezi chalkogeny patří kyslík, síra, selen, tellur a polonium. Kyslík se za normálních podmínek výrazně liší od ostatních chalkogenů, které jsou si svými vlastnostmi podobné.

Výskyt:

- kyslík je nejrozšířenější prvek na Zemi; **atmosféra, hydrosféra, v zemské kůře** ve formě **minerálů**; potřebný pro dýchání. Kyslík se vyskytuje se jako volný O_2 nebo ve formě ozónu O_3 , ale i vázaný nejčastěji jako O^{2-} ;
- síra se vyskytuje buď jako elementární nebo vázaná v podobě **síranů a sulfidů**, např. sádrovec, baryt, sfalerit, galenit, rumělka, pyrit... nebo vázaná v **bílkovinách** – jedná se o biogenní prvek;
- selen a tellur v nepatrných množstvích provázejí síru v jejich sloučeninách;
- polonium se vyskytuje v uranových **rudách**.

Vlastnosti a reakce:

- **kyslík** je vysoce **reaktivní plyn** bez chuti, barvy a zápachu; téměř se všemi prvky vytváří sloučeniny k vzhledem jeho **nestabilní** konfiguraci;
- **síra** je žlutá, **pevná látka** nerozpustná ve vodě, rozpustná v nepolárních rozpouštědlech, **špatný vodič** tepla i elektřiny;
- **selen a tellur** jsou **pevné krystalické jedovaté látky**;
- s rostoucím protonovým číslem roste **kovový charakter** chalkogenů, kyslík a síra jsou **nekovy**, selen a tellur **polokovy** a polonium **kov**;
- reakce síry, selenu a telluru jsou velmi podobné, stabilita sloučenin selenu a telluru je však menší, **s většinou kovů** reagují po zahřátí na **sulfidy, selenidy, teluridy**.

Sloučeniny:

- Typickými sloučeninami kyslíku jsou oxidy a peroxidy; síry – sulfan, sulfidy a oxidy s kyselinami siřičité nebo sírové.

Výroba:

- **kyslík** se laboratorně vyrábí tepelným **rozkladem kyslíkatých sloučenin**, průmyslově **destilací** zkapalněného vzduchu, případně **elektrolýzou** vody;
- **síra** se těží, získává se **pražením sulfidů** nebo z technických plynů, ve kterých se nachází v podobě sirovodíku a selen s tellurem se získávají z odpadů při výrobě síry.

Použití:

- kyslík v hutnictví, svařování, lékařství – dýchací přístroje, kapalný kyslík jako raketové palivo, nebo při výrobě chemikálií;
- síra k výrobě kyseliny sírové, sirouhlíku, zápalek, střelného prachu, pesticidů a pro vulkanizace kaučuku;
- selen je polovodič, který se převážně používá k výrobě fotočlánků;
- tellur slouží k výrobě slitin [6].

2.2.5 PRVKY P3 (V. SKUPINA)

Dusík, fosfor, arsen, antimon, bismut jsou prvky V.A skupiny periodické soustavy prvků neboli p3 prvky, mající 5 valenčních elektronů. Dusík za normálních podmínek je plyn; fosfor, arsen, antimon a bismut jsou pevné látky. S rostoucím protonovým číslem roste kovový charakter prvků, fosfor a dusík jsou nekovy, arsen a antimon polokovy a bismut je kov.

Výskyt:

- volný dusík se vyskytuje v **atmosféře** ve formě dvouatomových molekul N_2 , vzduch je hlavním zdrojem dusíku a vázaný se vyskytuje:
 - v anorganických sloučeninách, např. v **minerálech**, dále v amonných solích a dusitanech
 - v organických sloučeninách, např. v **bílkovinách**, je to biogenní prvek;
- fosfor se v přírodě nachází jen ve formě svých sloučenin:
 - anorganické sloučeniny: **minerály** (apatit), fosforečnan vápenatý je složkou kostí a zubů živočichů;
 - organické sloučeniny: **nukleové kyseliny, fosfolipidy a koenzymy** proto patří mezi biogenní prvky.

Vlastnosti a reakce:

- **dusík** je **bezbarvý** plyn, **bez chuti** a **zápachu**, málo rozpustný ve vodě, ve všech skupenstvích se vyskytuje ve formě dvouatomových molekul N_2 a za běžných podmínek se **neslučuje** ani s velmi reaktivními plyny;
- **fosfor** se fyzikálními **vlastnostmi podobá kovům**; je znám ve třech hlavních modifikacích, jako bílý, červený a černý.

Sloučeniny:

- amoniak, fosfan, amonné soli, oxidy, kyseliny, dusíkatá a fosforečná hnojiva.

Výroba:

- laboratorní příprava **dusíku** probíhá **termickým rozkladem** dusitanu amonného a výroba **frakční destilací**;
- bílý **fosfor** se vyrábí z apatitu **redukci koksem**, červený fosfor se vyrábí přeměnou bílého fosforu, ale laboratorně se fosfor obvykle nepřipravuje.

Použití:

- při výrobě sloučenin: amoniaku, kyseliny dusičné a fosforečné, dusíkatých hnojiv, fosfátů...
- elementární dusík se pro svou malou reaktivitu uplatňuje jako ochranný plyn tvořící inertní atmosféru;
- fosfor se přidává do slitin, červený slouží k výrobě zápalek a pyrotechnických výrobků, zatímco bílý se pro svou jedovatost používá k hubení hlodavců a je součástí zápalných bomb [2;6].

2.2.6 PRVKY P2 (IV. SKUPINA)

Uhlík, křemík, germanium, cín a olovo jsou prvky IV. A skupiny periodické soustavy prvků neboli p2 prvky. Všechny jsou pevné látky, C a Si jsou nekovy, Ge je polokov, Sn a Pb kov. Mají rozdílnou strukturu, s čímž souvisí i zcela odlišné vlastnosti, např.: tvrdost a křehkost uhlíku, křemíku a germania, tažnost cínu nebo kovové vlastnosti olova.

Výskyt:

- **uhlík** se vyskytuje volný ve dvou modifikacích, a to jako nejtvrdší nerost v přírodě – **diamant**, nebo jako **grafit**, který má vrstevnatou strukturu, tudíž je obsažen v anorganických **nerostech, horninách**, v atmosféře a minerální vodě ve formě oxidu uhličitého, zároveň se vyskytuje ve **všech organických sloučeninách** – biogenní prvek;
- **křemík** je po kyslíku **druhým nejrozšířenějším prvkem** na Zemi obsahuje ho třetina všech známých nerostů.

Vlastnosti a reakce:

- **uhlík** má schopnost řetězit se a tím tvořit **násobné vazby**, je poměrně **málo reaktivní**, s jinými prvky reaguje až při vyšších teplotách, z důvodu **nízké elektronegativity** netvoří vodíkové můstky, k reakcím se používají technické formy uhlíku, např. koks nebo uhlí;
- **křemík** je tmavosedá, kovově lesklá, tvrdá, křehká krystalická látka, svou strukturou se podobá diamantu, vazby jsou však méně pevné, a proto je křehčí, i přes stejný počet valenčních elektronů se od uhlíku výrazně liší způsobem vazby a tedy i strukturou svých sloučenin, ve většině sloučenin jako čtyřvazný, kvůli nízké elektronegativitě mají jeho vazby kovalentní charakter, netvoří vodíkové můstky, není příliš reaktivní, s ostatními prvky se slučuje až za vysokých teplot.

Sloučeniny:

- sirouhlík, kyanovodík, karbidy, oxidy, kyseliny, silicidy, silany, halogenidy, křemičitany a silikony.

Výroba:

- **Uhlík** se vyrábí **rozkladem organických sloučenin bez přístupu vzduchu** nebo uměle se vyrábějí modifikace uhlíku – grafit a diamant;
- **Křemík** se získává **redukci oxidu křemičitého** karbidem vápenatým nebo uhlíkem v elektrických pecích.

Použití:

- **Uhlík**
 - **grafit** k výrobě elektrod, tužek, tavicích kelímků, moderátorů pro jaderné elektrárny, mazadel do ložisek;
 - **diamant** slouží k obrábění tvrdých materiálů, do vrtných hlavic a ve šperkařství;
 - **aktivní uhlí** slouží k adsorpci plyných látek např. ve filtrech ochranných masek nebo v lékařství při nemocech trávicího traktu jako tzv. živočišné uhlí;
 - **saze** (technický uhlík) – rozptýlený uhlík vznikající při nedokonalém spalování organických látek, využívají se jako plnidlo při výrobě pneumatik a plastů;
- **Křemík** se používá jako polovodič v elektrotechnickém průmyslu [2;6].

2.2.7 PRVKY P1 (III. SKUPINA)

Bor je jediný nekov, hliník, gallium, indium a thallium jsou kovy nacházející se ve III.A skupině periodické soustavy prvků neboli p1 prvky. Ve sloučeninách mají nejčastěji oxidační stupeň III (výjimečně I).

Výskyt:

- **bor** se vyskytuje pouze ve formě svých **kyslíkatých sloučenin**: sasolin, borax, kernit...

Vlastnosti a reakce:

- **bor** je **pevná, tvrdá, černá látka s kovovým leskem**, která existuje v několika allotropických modifikacích, chová se jako **polovodič**, který chemickými vlastnostmi se podobá křemíku, je **málo reaktivní**, vazby vytváří **kovalentní** a má vysokou ionizační energii.

Sloučeniny:

- boridy, borany, oxid boritý, kyselina boritá a boritany.

Výroba:

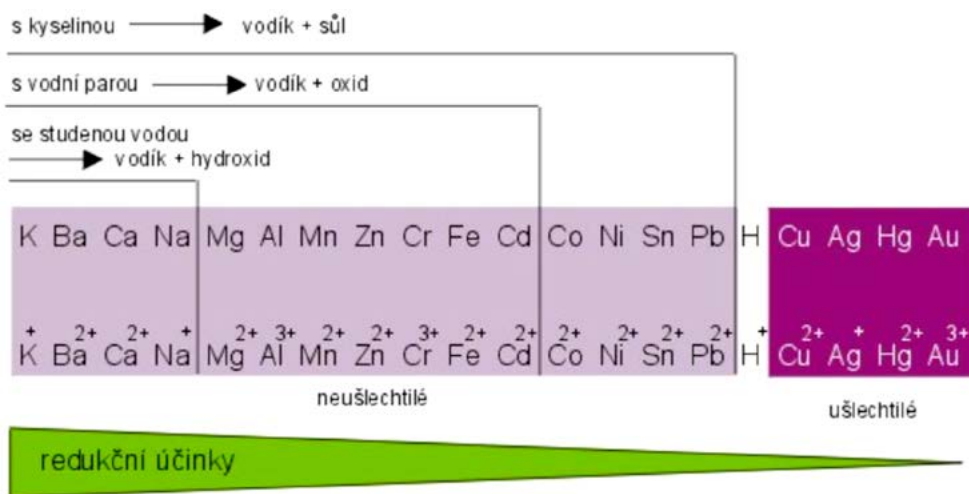
- výroba probíhá **elektrolýzou roztavených boritanů** nebo **redukci oxidu boru** silně elektropozitivním kovem.

Použití:

- v jaderných reaktorech nebo v hutnictví neželezných kovů jako dezoxidační prostředek [6].

2.3 KOVY

Elementární kovy jsou převážná většina prvků v periodické tabulce vykazující vlastnosti kovů. Kovový charakter prvků je dán nízkou hodnotou ionizační energie. Nejrozšířenější kovy v přírodě: hliník 8 %, železo 5 %, vápník 3 %. Výroba kovů probíhá elektrickými postupy (elektrolýza tavenin soli/roztoků), redukčními pochody (hliníkem, vodíkem, kovy, kovy z roztoku a pražné reakční pochody) nebo tepelným rozkladem sloučenin.



Obrázek 31 Beketovova řada [21]

Na Obrázku 31 je zobrazena Beketovova řada, z ní vyčteme, jaké prvky jsou neušlechtilé nebo ušlechtilé. Tato řada byla sestavena na základě redukčních účinků. Neušlechtilé kovy snadno vytvářejí kationty a sloučeniny, kdežto ušlechtilé kovy těžko tvoří kationty, vyskytují se i jako ryzí [2;6;21].

2.3.1 ALKALICKÉ KOVY

Jedná se o prvky I. A skupiny s výjimkou vodíku, mají skupinový název alkalické kovy, protože tvoří s vodou silné hydroxidy neboli alkálie. Patří k nim lithium, sodík, draslík, rubidium, cesium a uměle připravené francium. Ve svých sloučeninách mají vždy oxidační číslo I.

Výskyt:

- vyskytují se pouze **ve formě svých sloučenin**:
 - sodík: kamenná sůl, chilský ledek...;
 - draslík: draselný ledek, sylvin...;
 - sloučeniny cesia a rubidia v malém množství doprovází ostatní alkalické kovy;
- **sodík s draslíkem** jsou **biogenní prvky** jejich kationty jsou obsaženy v těle živých organismů.

Vlastnosti a reakce:

- **měkké, stříbrolesklé, neušlechtilé kovy** s malou hustotou;
- na vzduchu se **snadno oxidují** a pokrývají vrstvou oxidačních produktů;
- velmi **dobré vodiče** tepla a elektřiny;
- **nízká** hodnota **elektronegativity** způsobuje, že ve sloučeninách mají převážně **iontové vazby**;
- jsou **velmi reaktivní**, mají silné redukční schopnosti;
- s vodou reagují bouřlivě a redukují z ní vodík, také redukují polokovy a kovy z jejich sloučenin;
- snadno redukují i s nekovy, někdy má reakce explozivní charakter.

Sloučeniny:

- hydridy, peroxidy a superoxidy, halogenidy, sulfidy, hydroxidy, uhličitany a hydrogenuhličitany, dusičnany, sírany a hydrogensírany.

Výroba:

- **sodík** a lithium se vyrábějí **elektrolýzou tavenin** svých chloridů;
- **draslík** se vyrábí **redukci chloridu draselného** sodíkem a **následnou destilací** draslíku ze směsi.

Použití:

- lithium a draslík se používá jako příměs do slitin;
- sodík jako redukční činidlo, chladiivo jaderných reaktorů nebo jako sodíkové výbojky;
- rubidium a cesium se využívá k výrobě fotočlánků [2;6].

2.3.2 KOVY ALKALICKÝCH ZEMIN

Kovy alkalických zemin jsou v II. A skupině, patří k nim beryllium, hořčík, vápník, stroncium, baryum a radioaktivní radium. Ve svých sloučeninách mají vždy oxidační číslo II

Výskyt:

- vyskytují se **pouze ve formě** svých **sloučenin**:
 - beryllium: beryl, jeho odrůdou je např. zelený smaragd;
 - **hořčík**: magnezit, dolomit, je **součástí chlorofylu**;
 - **vápník**: vápenec, sádrovec, anhydrit, kazivec, v **kostech** a **zubech** jako fosforečnan vápenatý;
 - stroncium: celestin;
 - baryum: baryt;
 - radium: nepatrná součást smolince.

Vlastnosti a reakce:

- **stříbrolesklé, neušlechtilé kovy** jsou tvrdší, **méně reaktivní** a mají vyšší hustotu než alkalické kovy;
- kovy alkalických zemin reagují s vodou stejně jako alkalické kovy, tvoří převážně **iontové vazby**;
- rozpustné soli stroncia a barya jsou jedovaté.

Sloučeniny:

- hydridy, oxidy, hydroxidy, halogenidy, karbidy, uhličitany a hydrogenuhličitany, sírany.

Výroba:

- nejčastěji **elektrolýzou tavenin** chloridů, případně **redukci** příslušných **halogenidů sodíkem**.

Použití:

- **slitiny**, beryllium k výrobě okének do RTG lamp, vápník jako redukční činidlo v metalurgii, baryum jako povlaky elektrod a radium k ozařování při radioterapii [2;6].

2.3.3 PRVKY P1 S KOVOVÝM CHARAKTEREM – HLINÍK

Výskyt:

- pouze ve **formě** svých **sloučenin**: hlinítokřemičitany (živce, slídy, součást jílu), bauxit, kryolit a korund.

Vlastnosti a reakce:

- **stříbrobílý, lehký, kujný, tažný** kov, tepelně i elektricky **vodivý**;
- ke vzduchu a k vodě je stálý, **nepodléhá korozi**;
- **redukční vlastnosti**, které se využívají při získávání některých kovů;
- malá elektronegativita.

Sloučeniny:

- halogenidy, oxidy, hydroxidy a hlinité soli.

Výroba:

- **elektrolýzou taveniny** oxidu hlinitého a kryolitu při teplotě 950 °C.

Použití:

- jeho redukční vlastnosti se využívají při získávání některých kovů za vysokých teplot, tato metoda se nazývá aluminotermie;
- slouží k výrobě slitin – **dural, alobal** (tenká fólie hliníku), nádob, jako mincovní kov, **vodič** elektrického proudu [6].

2.3.4 PRVKY P2 S KOVOVÝM CHARAKTEREM – CÍN, OLOVO A GERMANIUM

Výskyt:

- elementární se vyskytují jen vzácně, většinou ve svých sloučeninách jako galenit nebo kaseterit.

Vlastnosti a reakce:

- **cín** je **stříbrolesklý, tažný** kov, který se dá válcovat na tenkou fólii – staniol, je **odolný proti vodě, kyselinám i zásadám**;
- **olovo** je **šedý měkký** kov, na vzduchu se pokrývá oxidem, **nerozpustný** ve **zředěných kyselinách**, rozpouští se pouze v kyselině dusičné;
- **germanium** je **šedobílý lesklý polokov**, **chemicky** poměrně **odolný** a svými vlastnostmi podobný cínu.

Sloučeniny:

- sloučeniny **cíníčitě** jsou stabilnější než **cínaté**, všechny **sloučeniny olova** jsou **jedovaté**.

Výroba:

- cín se vyrábí z oxidu cíníčitěho **redukci uhlím**;
- olovo se vyrábí **pražením** galenitu na oxid olovnatý a jeho **následnou redukcí**.

Použití:

- **cín** se používá na povrchové úpravy méně odolných kovů, tzv. **pocínování**, k výrobě **slitin** – **bronz**, jako **pájka** nebo k výrobě **smaltů**;
- **olovo** se používá k výrobě **obalů kabelů, elektrod** pro akumulátory, ochranných obalů před RTG zářením, jako **pájka** nebo k výrobě **antikorozních nátěrových směsí**;
- **germanium** má využití v **elektrotechnice** nebo jako **polovodičové součástky** [1;6].

2.3.5 PŘECHODNÉ KOVY

Nazýváme je d-prvky, v periodické tabulce leží mezi s-prvky a p-prvky. Veškeré d-prvky jsou kovy, které mají vysokou hustotu, teplotu tání i varu, jsou často tvrdé, křehké, dobře tepelně a elektricky vodivé, vzájemně tvoří slitiny. Jejich ionty a sloučeniny jsou barevné, protože pohlcením viditelného světla dochází k přechodům d-elektronů mezi blízkými hladinami [1;2;6].

2.3.5.1 SKUPINA CHROMU

Jedná se o prvky VI. B skupiny, které patří mezi **neušlechtilé** kovy. Mezi prvky skupiny chromu patří chrom, molybden, wolfram a uran.

Výskyt:

- **chrom** se v přírodě vyskytuje jako **minerál** – chromit.

Vlastnosti a reakce:

- **chrom** je **stříbrolesklý, tvrdý kov**, který se převážně vyskytuje s oxidačním číslem III a VI, reaguje s kyslíkem, s halogeny nebo se sírou.

Sloučeniny:

- **oxidy** nebo jako chromany či **dichromany**.

Výroba:

- vyrábí se **aluminotermicky** nebo **elektrolýzou** roztoků jeho sloučenin.

Použití:

- ke **galvanickému pokovování**, jako **ferochrom** (slitina železa a chromu) se přidává do oceli, chromová zeleň se přidává do **olejových barev**, k **impregnaci dřeva** a zároveň slouží k **ochranně kovových předmětů** před korozí, chromová žluť je **pigment** [1;2].

2.3.5.2 SKUPINA MANGANU

Jedná se o prvky VII. B skupiny, které patří mezi **neušlechtilé**. Konkrétně se jedná o mangan, technecium a rhenium.

Výskyt:

- vyskytují se pouze ve **formě sloučenin**, například jako burel nebo rodonit.

Vlastnosti a reakce:

- **mangan** je **stříbrolesklý, tvrdý kov** s oxidačním číslem II–VII, který je **rozpuštěný** v **kyselinách** i **zásadách** na manganaté sloučeniny a reaktivní s kyslíkem, sírou, halogeny a vodou.

Sloučeniny:

- burel (**oxid manganatý**), **manganistan**.

Výroba:

- vyrábí se **aluminotermicky** nebo **elektrolýzou**.

Použití:

- jako slitina **feromangan** (železo a mangan) slouží k dezoxidaci, nebo jako přísada do **speciálních ocelí**;
- **burel** se používá ve **sklářství**, k výrobě **suchých elektrických článků**, ale i jako **katalyzátor**;
- **manganistan draselný** se používá k **dezinfekci**, k **bělení** textilií a slouží ke stanovení látek pomocí **manganometrie** [6].

2.3.5.3 SKUPINA ŽELEZA

Prvky VIII. B skupiny, 4. periody, patří mezi **neušlechtilé kovy**, nazývají se také **triádou železa**. Do této triády patří železo, kobalt a nikl.

Výskyt:

- vyskytují se pouze ve svých sloučeninách:
 - železo: magnetit, hematit, limonit, siderit, pyrit a další;
 - kobalt: kobaltin;
 - nikl: sulfidické rudy, meteority.

Vlastnosti a reakce:

- **železo** je **stříbřitě lesklé, tažné, kujné, feromagnetické**, reaguje s různými prvky, se zředěnými kyselinami poskytuje železnaté a železité soli a vodík;
- **kobalt** a **nikl** jsou **bílé kovy**, které **dobře vedou elektrický proud**, jsou **paramagnetické**.

Sloučeniny:

- sulfidy, oxidy, hydroxidy, kyslíkaté soli, sírany, hydrogenuhličitany a komplexní sloučeniny.

Výroba:

- **železo** se vyrábí ve **vysokých pecích** z jeho kyslíkatých rud pomocí **přímé** nebo **nepřímé redukce**;
- **kobalt** a **nikl** se vyrábí **pražením sulfidických rud**.

Použití:

- **železo** jako složka **oceli** je jedním z technologicky nejvýznamnějších kovů, používá se jako **konstrukční materiál**, k výrobě **strojních součástí**, nebo jako **pigmenty** a **barviva**, např. zelená skalice, Mohrova sůl;
- **kobalt** se používá při výrobě některých druhů **oceli**, nebo jako **katalyzátor**, radioaktivní slouží jako **zdroj gama záření** v lékařství a technice, oxid kobaltnatý **barví sklo**;
- **nikl** je součástí mnoha **slitin**, používá se **proti korozi** ke galvanickému pokovování, také jako **katalyzátor** nebo **barvivo skla** [2;6].

2.3.5.4 PLATINOVÉ KOVY

Nachází se VIII. B skupině v 5. a 6. periodě. Rozdělují se na lehké platinové kovy – 5. perioda (ruthenium, rhodium a palladium) a těžké platinové kovy – 6. perioda (osmium, iridium a platina).

Výskyt:

- platinové kovy se vyskytují všechny společně jako **doprovod** jiných **rud**, zejména rud niklu, mědi a železa většinou **ryzí**, ale i v **přírodních slutinách** nebo také ve formě **arsenidů** a **sulfidů**.

Vlastnosti a reakce:

- jsou to **lesklé** prvky, mající **stříbřitou** barvu, **vysokou teplotu tání**, dobrou **kujnost**, **tažnost** a **vysokou hustotu**.

Sloučeniny:

- oxidy, halogenidy, sulfidy, a hlavně koordinačně kovalentní sloučeniny.

Použití:

- katalyzátory při různých anorganických i organických syntézách nebo k výrobě chirurgických implantátů, na výrobu odolného chemického skla, termočlánků, šperků [1;6].

2.3.5.5 UŠLECHTILÉ KOVY

Prvky I.B skupiny, patří mezi ušlechtilé kovy. Mezi ušlechtilé kovy této skupiny se řadí měď, stříbro a zlato.

Výskyt:

- v **zemské kůře** jako **ryzí** nebo ve **sloučeninách** mědi (chalkopyrit, kuprit, malachit), stříbro (argentit, sylvanit).

Vlastnosti a reakce:

- všechny tři (měď, stříbro i zlato) jsou **tažné**, **kujné**, **vysoce tepelně** a **elektricky vodivé**, měď je zbarvená do červena, stříbro do bíla a zlato do žluta;
- poměrně **stálé**, jejich reaktivita klesá se stoupajícím protonovým číslem;
- **rozpuštěné** v **roztocích** látek se **silnými oxidačními účinky**, zlato jen v lučavce královské;
- měď na vzduchu se pokrývá zelenou vrstvou – **měděnkou**.

Sloučeniny:

- sulfidy, halogenidy, oxidy, sírany, dusičnany.

Výroba:

- **měď** **pražením** chalkopyritu, čistí se **elektrolyticky**;
- **stříbro** získává se z **rud odlučováním** (vháněním kyslíku do taveniny);
- **zlato** **kyanidovým způsobem** – redukcí neušlechtilým kovem z kyanozlatných komplexů.

Použití:

- měď se používá jako elektrický vodič, ve slitinách (bronz, mosaz, mincovní slitiny), modrá skalice jako fungicid případně ke galvanickému pokovování, stříbro se zlatem hlavně v elektrotechnice a šperkařství, halogenidy stříbra se dále používají ve fotografickém procesu a dusičnany v kožním lékařství [1;6].

2.3.5.6 SKUPINA ZINKU

Jedná se o II. B skupinu, do které spadají prvky zinek, kadmium a rtuť.

Výskyt:

- **zinek** se vyskytuje jako **sfalerit**, případně v **křemičitanech**;
- **kadmium** provází zinek v **rudách**;
- **rtuť** se vyskytuje **ryzí** i jako sloučenina – **rumělka**.

Vlastnosti a reakce:

- **zinek** je **modrobílý měkký** kov, značně **reaktivní**;
- **kadmium** je **měkký**, na **vzduchu stálý**, nereaguje s alkalickými hydroxidy;
- **rtuť** je **lesklá kapalina**, velmi **těkává, ušlechtilý** kov.

Sloučeniny:

- oxidy, uhličitany a sulfidy.

Výroba:

- **zinek** **pražením** sulfidu zinečnatého (sfaleritu), **elektrolyticky**;
- **kadmium** opakovanou **destilací**, čištění **elektrolýzou**;
- **rtuť** **pražením** sulfidu rtuťnatého (rumělky), čistí se **destilací**.

Použití:

- **zinek** se používá k **pozinkování** oceli, nebo při výrobě **mosazi**, jako **pigment**, a v **lékařství**, převážně k výrobě mastí;
- **kadmium** slouží k **antikorozi** úpravě povrchu, jako **pigment**, k výrobě **akumulátorů**;
- **rtuť** slouží k náplni do **teploměrů** a **manometrů** a ve stomatologii k přípravě **amalgámu** [1;2;6].

2.3.5.7 VNITŘNĚ PŘECHODNÉ KOVY

Jedná se o f-prvky, které jsou řazeny za lanthanem – **lanthanoidy** nebo za aktiniem – **aktinoidy**. Prvky stojící v řadě za uranem označujeme jako **transurany**.

Výskyt:

- **lanthanoidy** jsou součástí **minerálů**: monazit, bastnezit, cerit a gadolinit;
- **aktinoidy**:
 - všechny **transurany** byly vyrobeny **jadernými reakcemi**;
 - v **přírodě** se ve větším množství vyskytuje pouze thorium v **thoritu** a uran ve **smolinci**.

Vlastnosti a reakce:

- **lanthanoidy** jsou **stříbrolesklé, měkké, neušlechtilé** kovy, **značně reaktivní, silně elektropozitivní**, tvoří iontové vazby, ve vzájemných slitinách a slitinách s jinými kovy tvoří vazbu kovovou, jsou dobře rozpustné ve vodě a v kyselinách a mají velmi **vysoké teploty tání i varu**;
- všechny **aktinoidy** jsou **radioaktivní stříbrolesklé elektropozitivní** kovy, snadno reagují s vodou a kyslíkem, s kovy tvoří slitiny a jejich sloučeniny mají **charakteristické zbarvení** v závislosti na oxidačním čísle.

Sloučeniny:

- oxidy, fluoridy uranu.

Výroba:

- **lanthanoidy** se vyrábí **elektrolýzou tavenin** nebo **vodných roztoků** solí;
- **aktinoidy**, **uran** se vyrábí **redukci** z fluoridu uraničitého, **transurany** se připravují **jadernými reakcemi**.

Použití:

- **lanthanoidy** se používají jako **přísady** do **slitin**, jelikož čisté jsou velmi drahé a samy o sobě mají malé využití, oxidy lanthanoidů jsou složkou **keramických materiálů** a **skel**, protože způsobují barevnost, další jejich sloučeniny mají uplatnění v elektrotechnice a elektronice jako ultrafialové, viditelné či infračervené **lasery** či **barevné obrazovky**;
- **aktinoidy** – uran a plutonium se používají jako **jaderné palivo**; fluorid uranové se používá k oddělení izotopů uranu a plutoničité sloučeniny k oddělení plutonia od uranu [1;2;6].

2.4 ANORGANICKÉ NÁZVOSLOVÍ

Oxidační číslo prvku je zdánlivý náboj, který by měly jednotlivé atomy ve sloučenině, jestliže by vazebné elektrony patřily prvku s větší elektronegativitou. Součet oxidačních čísel všech atomů ve sloučenině je roven nule. Značí se římským číslem, lze najít v Mendělejevově tabulce, Obrázek 32 [1;2].

		II	OXIDAČNÍ ČÍSLO
		III	
	Fe		ZNAČKA
26	1,6		ELEKTRONEGATIVITA
ČESKÝ NÁZEV	ŽELEZO		
LATINSKÝ NÁZEV	Ferrum		
	55,85		RELATIVNÍ ATOMOVÁ HMOTNOST

Obrázek 32 Oxidační číslo [1]

2.4.1 PRAVIDLA PRO STANOVENÍ OXIDAČNÍHO ČÍSLA

1. **Volné** atomy mají oxidační číslo **0**.

Příklad. Na^0 , Cu^0 , Fe^0 , He^0 , Ag^0 .

2. Atomy **stejného prvku** v molekulách jednoduchých sloučenin mají oxidační číslo **0**.

Příklad. H_2^0 , O_2^0 , O_3^0 , P_4^0 , Cl_2^0 , Br_2^0 .

3. Oxidační čísla **kovů** mohou nabývat pouze **kladných hodnot**.

4. Součet oxidačních čísel **všech atomů v molekule** je roven **nule**, tj. molekula je vždy elektroneutrální.

Příklad. NaNO_3 má oxidační čísla Na^I , N^V , O^{-II} a jejich součet: $1 \cdot 1 + 1 \cdot 5 + 3 \cdot (-2) = 0$.

5. Součet oxidačních čísel všech atomů ve **vícejaderném iontu** je roven náboji tohoto iontu.

Příklad. iont SO_4^{2-} má oxidační čísla S^VI , O^{-II} a jejich součet: $1 \cdot 6 + 4 \cdot (-2) = -2$.

6. Oxidační číslo kyselinotvorného prvku v kyselině a v jejím zůstatku je stejné. Náboje zůstatků nejběžnějších kyselin jsou uvedeny v **tabulce kyselin** a v **tabulce rozpustnosti**.

Příklady: H_3P^VO_4 , $\text{H}_2\text{P}^VO_4^-$, $\text{HP}^VO_4^{2-}$, $\text{P}^VO_4^{3-}$; $\text{HCl}^{VII}O_4$, $\text{Cl}^{VII}O_4^-$; $\text{NaCl}^{VII}O_4$.

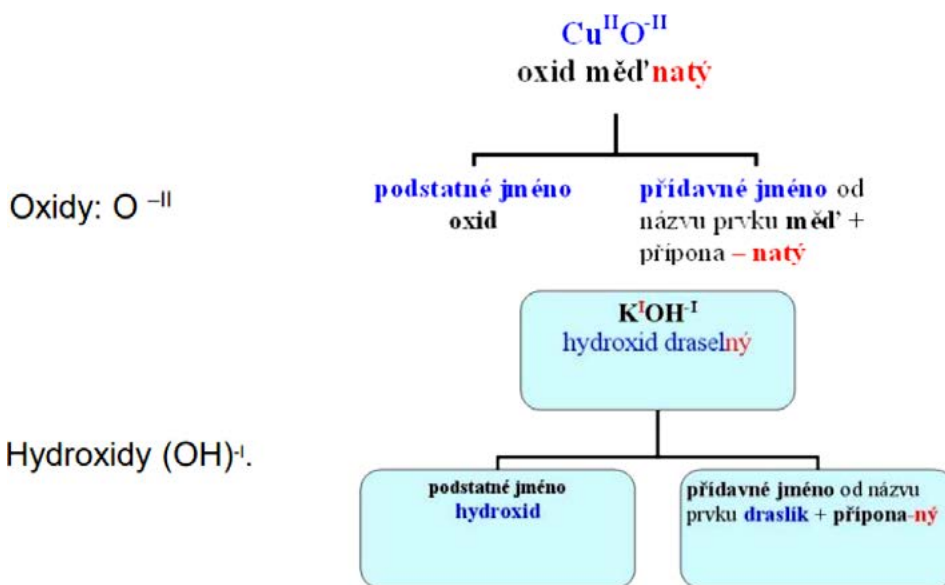
Podstatné jméno je zpravidla odvozeno od aniontu (oxid, chlorid, síran...). Přídavné jméno charakterizuje kation (sodný, vápenatý, hlinitý...). Koncovka přídavného jména vyjadřuje příslušnou hodnotu kladného oxidačního čísla, Tabulka 1.

Tabulka 1 Oxidační číslo.

Oxidační číslo	Zakončení – kation	Zakončení – kyselina	Zakončení – sůl
I+	-ný	-ná	-nan
II+	-natý	-natá	-natan
III+	-itý	-itá	-itan
IV+	-ičitý	-ičitá	-ičitan
V+	-ečný, -ičný	-ečná, -ičná	-ečnan, - ičnan
VI+	-ový	-ová	-an
VII+	-istý	-istá	-istan
VIII+	-ičelý	-ičelá	-ičelan

2.4.2 NÁZVOSLOVÍ ANORGANICKÝCH SLOUČENIN

2.4.2.1 OXIDY A HYDROXIDY



Obrázek 33 Názvosloví oxidů a hydroxidů [22]

2.4.2.2 NÁZVOSLOVÍ BEZKYSLÍKATÝCH KYSELIN A JEJICH SOLÍ

Cl, F, Br, I, CN **-I**

S, Se, Te **-II**

Obrázek 34 Názvosloví bezkyslíkatých kyselin a jejich solí

2.4.2.3 NÁZVOSLOVÍ KYSLÍKATÝCH KYSELIN

Jejich obecný vzorec je $H_xM_yO_z$

- Oxidační číslo vodík I+
- Oxidační číslo kyslík II-
- Oxidační číslo kyselinotvorný prvek I+ do VIII+

Oxidační číslo prvku M	Obecný vzorec	Příklad
I+	$H^I M^I O^{II-}$	HClO kyselina chlorná
III+	$H^I M^{III+} O^{II-}_2$	HNO ₂ kyselina dusitá
IV+	$H^I_2 M^{IV+} O^{II-}_3$	H ₂ SiO ₃ kyselina křemičitá
V+	$H^I M^{V+} O^{II-}_3$	HClO ₃ kyselina chlorečná
V+	$H^I M^{V+} O^{II-}_3$	HNO ₃ kyselina dusičná
VI+	$H^I_2 M^{VI+} O^{II-}_4$	H ₂ SO ₄ kyselina sírová
VII+	$H^I M^{VII+} O^{II-}_4$	HBrO ₄ kyselina bromistá

Obrázek 35 Názvosloví kyslíkatých kyselin

např. kyselina chlorečná

napišeme značky prvků – pořadí vodík, kyselinotvorný prvek (Cl), kyslík

zapišeme oxidační čísla atomů prvků ve vzorci

určíme počet vázaných atomů kyslíku

zapišeme vzorec kyseliny

H Cl O

$H^I Cl^{+V} O^{II-} \rightarrow (Cl^{+V} O^{II-})^{-1}$

$1 \cdot (I) + 1 \cdot (V) + x \cdot (-II) = 0, x = 3$

HClO₃

2.4.2.4 NÁZVOSLOVÍ KYSLÍKATÝCH SOLÍ

Soli jsou iontové sloučeniny, které vznikají odtržením všech vodíků z molekul kyselin. Podstatné jméno je odvozeno od kyseliny, která danou sůl tvoří. Toto **podstatné jméno** má vždy koncovku **-an**. **Přídavné jméno** charakterizuje **kation** a jeho zakončení, které odpovídá jeho oxidačnímu číslu. Aniont, který po odtržení všech atomů vodíku vznikne, bude mít oxidační číslo mínus a jeho výše bude závislá na počtu odtržených atomů vodíku.

Kyselina	Příklad její soli	Příklad
HClO kyselina chlorná	$(ClO)^{-}$ chlornan	NaClO chlornan sodný
HNO ₂ kyselina dusitá	$(NO_2)^{-}$ dusitan	NH ₄ NO ₂ dusitan amonný
H ₂ CO ₃ kyselina uhličitá	$(CO_3)^{II-}$ uhličitan	MgCO ₃ uhličitan hořečnatý
HIO ₃ kyselina jodičná	$(IO_3)^{-}$ jodičnan	KIO ₃ jodičnan draselný
H ₃ PO ₄ kyselina trihydrogenfosforečná	$(PO_4)^{III-}$ fosforečnan	Ca ₃ (PO ₄) ₂ fosforečnan vápenatý
H ₂ SO ₄ kyselina sírová	$(SO_4)^{II-}$ síran	BaSO ₄ síran barnatý
HMnO ₄ kyselina manganistá	$(MnO_4)^{-}$ manganistan	KMnO ₄ manganistan draselný

Obrázek 36 Názvosloví kyslíkatých solí

2.5 PŘÍKLADY Z ANORGANICKÉ CHEMIE

2.5.1 ANORGANICKÉ NÁZVOSLOVÍ

2.5.1.1 OXIDY A HYDROXIDY

Příklad 2.1. Napište vzorec oxidu železitého.

Řešení:

- Oxid – oxidační číslo: O^{-II}

- Železo: Fe

- Železitý: Fe^{III}



- Vynásobíme tak, aby součet obou prvků tvořil 0.



Příklad 2.2. Napište vzorec oxidu kademnatého.

Příklad 2.3. Napište vzorec oxidu lithného.

Příklad 2.4. Napište vzorec oxidu hlinitého.

Příklad 2.5. Napište název sloučeniny – TiO_2 .

Řešení:

- Ti: titan

- O: oxid, O^{-II}



$$? = (-2) \cdot 2$$



- Ti^{IV} : titaničitý

oxid titaničitý

Příklad 2.6. Napište název sloučeniny – CO.

Příklad 2.7. Napište název sloučeniny – B_2O_3 .

Příklad 2.8. Napište název sloučeniny – Mn_2O_7 .

Příklad 2.9. Napište vzorec hydroxidu vápenatého.

Řešení:

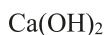
- Hydroxid: OH^{-I}

- Vápník: Ca

- Vápenatý: Ca^{II}



$$2 = (-1) \cdot ?$$



Příklad 2.10. Napište vzorec hydroxidu sodného.

Příklad 2.11. Napište název sloučeniny – LiOH.

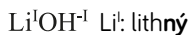
Řešení:

- Li: lithium

- OH: hydroxid, ⁻¹



$$? = (-1) \cdot 1$$



hydroxid lithný

Příklad 2.12. Napište název sloučeniny – Fe(OH)₃.

2.5.1.2 NÁZVOSLOVÍ BEZKYSLÍKATÝCH KYSELIN A JEJICH SOLÍ

Příklad 2.13. Napište vzorec kyseliny chlorovodíkové (chlorovodíku).

Řešení:

Kyselina bezkyslíkatá: H⁺¹

Chlor: Cl



$$? = (-1) \cdot 1$$



Příklad 2.14. Napište vzorec kyseliny selenovodíkové (selenovodíku).

Příklad 2.15. Napište název sloučeniny – H₂S.

Řešení:

H: bezkyslíkatá kyselina

S: síra



Kyselina sirovodíková, sirovodík, sulfan

Příklad 2.16. Napište název sloučeniny – HBr.

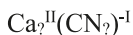
Příklad 2.17. Napište vzorec kyanidu vápenatého.

Řešení:

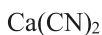
Kyanid: CN⁻¹

Vápník: Ca

Vápenatý: Ca^{II}



$$? \cdot 2 = ? \cdot (-1)$$



Příklad 2.18. Napište vzorec jodidu draselného

Příklad 2.19. Napište název sloučeniny – SnS₂.

Řešení:



Sn: cín

S^{-II}: sulfid

$$1 \cdot ? = 2 \cdot (-2)$$



Sn^{IV}: **cínčitý**

sulfid cínčitý

Příklad 2.20. Napište název sloučeniny – Fe_2Te_3 .

2.5.13 NÁZVOSLOVÍ KYSLÍKATÝCH KYSELIN

Příklad 2.21. Napište vzorec kyseliny selenové.

Řešení:

Při tvorbě názvosloví kyslíkatých kyselin je nejjednodušší vytvářet názvosloví přes oxid:

oxid selenový

oxid: O^{-II}

selen: Se

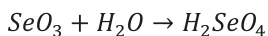
selenový: Se^{VI}



$$? \cdot 6 = ? \cdot (-2)$$



Když máme vytvořen oxid, tak němu přičteme vodu:



Pokud vzorec nelze vykrátit, tak vzorec kyseliny je:



Příklad 2.22. Napište vzorec kyseliny siřičité.

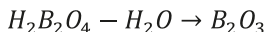
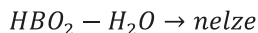
Příklad 2.23. Napište název sloučeniny – HBO_2 .

Řešení:

U vytváření názvů kyselin můžeme postupovat opačným způsobem než při odvození vzorce:



Jako první odečteme vodu, pokud nelze musíme nejprve sloučeninu vynásobit 2x:



Oxid si vyčíslíme oxidačními čísly:



$$2 \cdot ? = 3 \cdot (-2)$$



B: bor

B^{III}: boritý

O^{-II}: oxid

oxid boritý → kyselina boritá

Příklad 2.24. Napište název sloučeniny – HClO .

2.5.1.4 NÁZVOSLOVÍ KYSLÍKATÝCH SOLÍ

Příklad 2.25. Napište vzorec arseničnanu železitého.

Řešení:

Obdobně jako u kyslíkatých kyselin, tak i u jejich solí, můžeme tvořit názvosloví přes jejich oxid:

arseničnan železitý → sůl arseničnan → kyselina arseničná → oxid arseničný:

oxid: O^{-II}

arsen: As

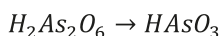
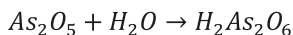
arseničný: As^V



$$? \cdot 5 = ? \cdot (-2)$$



Z oxidu vytvoříme kyselinu arseničnou:



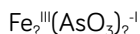
Když máme vytvořenou kyselinu vytvoříme z ní sůl odpojením vodíku, v našem případě arseničnan:

HAsO_3 – obsahuje **1 vodík**, tudíž arseničnan bude vypadat: AsO_3^{-1}

železo: Fe

železitý: Fe^{III}

arseničnan železitý



$$? \cdot 3 = ? \cdot (-1)$$



Příklad 2.26. Napište vzorec siřičitanu stříbrného.

Příklad 2.27. Napište název sloučeniny – $\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$.

Řešení:

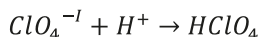
Při tvorbě názvu postupujeme obdobně jako u tvorby vzorce, vyjádříme oxidační stavy:



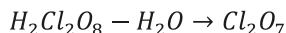
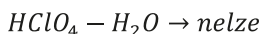
Mg: hořčík

Mg^{II}: hořečnatý

ClO_4^{-1} sůl, z té vytvoříme kyselinu:



Odečteme vodu, abychom získali oxid:



Cl: chlor



$$2 \cdot ? = 7 \cdot (-2)$$



oxid chloristý

chloristan hořečnatý

Příklad 2.28. Napište název sloučeniny – BaSO_4 .

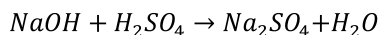
2.5.2 VYČÍSLOVÁNÍ ANORGANICKÝCH ROVNIC

2.5.2.1 NEREDOXNÍ ROVNICE

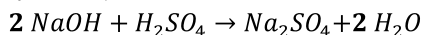
Příklad 2.29. Vyčíslete rovnici reakce hydroxidu sodného s kyselinou sírovou.

Řešení:

Jako první je důležité správně zapsat vzorce reaktantů a produktů, následně neredoxní rovnice lze většinou vyčíslit intuitivně:



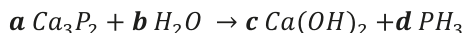
Vidíme, že v produktu jsou dva sodné ionty, proto k hydroxidu sodnému dáme dvojku a dopočítáme molekuly vody, výsledek pak je:



Příklad 2.30. Vyčíslete rovnici reakce fosfidu vápenatého s vodou, když víte, že vzniká hydroxid vápenatý a fosfan.

Řešení:

Složitější rovnice lze řešit pomocí soustavy matematických rovnic:



Získáme následující soustavu rovnic pro jednotlivé prvky:

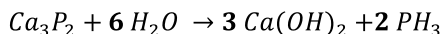
$$\text{Ca: } 3a = c$$

$$\text{P: } 2a = d$$

$$\text{O: } b = 2c$$

$$\text{H: } 2b = 2c + 3d$$

Dalším krokem je volba jednoho z koeficientů, v našem případě můžeme zvolit $a=1$, tím získáme $c=3$, $b=6$ a $d=2$. Jelikož jsou všechny koeficienty celočíselné, můžeme je doplnit do rovnice.



Příklad 2.31. Sestavte rovnici reakce kyseliny dusičné s hydroxidem hlinitým, při níž vzniká dusičnan hlinitý a voda.

Příklad 2.32. Dusík reaguje s vodíkem za vzniku amoniaku, sestavte a vyčíslete rovnici.

Příklad 2.33. Dusičnan barnatý reaguje se síranem hlinitým za vzniku síranu barnatého a dusičnanu hlinitého, sestavte a vyčíslete rovnici.

Příklad 2.34. Síran železitý reaguje s hydroxidem sodným za vzniku síranu sodného a hydroxidu železitého, sestavte a vyčíslete rovnici.

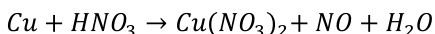
2.5.2.2 REDOXNÍ ROVNICE

Redoxní rovnice jsou ty, kde se látky oxidují a redukují

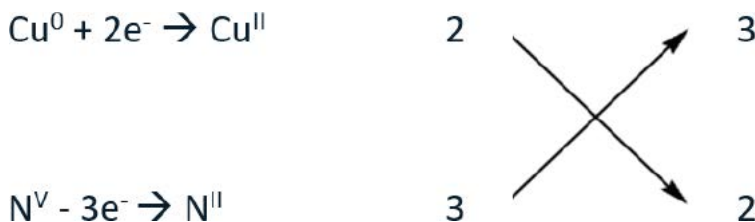
Při oxidaci dochází k uvolňování elektronů a při redukci k jejich spotřebování, počet uvolněných elektronů musí odpovídat počtu elektronů, které se spotřebují na redukci.

Příklad 2.35. Vyčíslete rovnici rozpouštění mědi v kyselině dusičné.

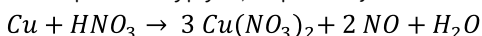
Řešení:



Měď se oxiduje z Cu^0 na Cu^{II} , tzn. že se uvolní dva elektrony. Redukuje se dusík z N^{V} na N^{II} , na což se spotřebují tři elektrony. Pro zjištění stechiometrických koeficientů použijeme křížové pravidlo.

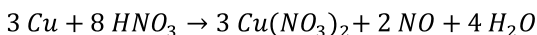


Z křížového pravidla vyplývá, že potřebujeme tři mědi a dva dusíky, aby byla elektronová bilance v pořádku.



Musíme také započítat správný počet molekul kyseliny dusičné, ze kterých vznikne dusičnan měďnatý.

Vyčíslená rovnice tedy bude vypadat takto:



Příklad 2.36. Vyčíslete redoxní rovnici, kdy vstupujícími látkami je kyselina sírová a fosfor a vznikají kyselina trihydrogenfosforečná, oxid siřičitý a voda.

Příklad 2.37. Vyčíslete redoxní rovnici, kdy vstupujícími látkami je peroxid vodíku a kyselina jodičná a vznikají kyslík, jód a voda.

Příklad 2.38. Vyčíslete redoxní rovnici, kdy vstupujícími látkami je sulfid arsenitý a kyselina dusičná a vznikají kyselina sírová, kyselina trihydrogenarseničná, oxid dusičitý a voda.

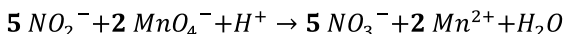
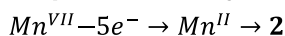
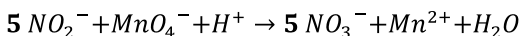
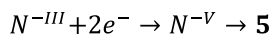
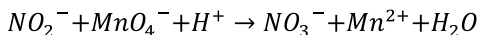
2.5.2.3 IONTOVÉ ROVNICE

U těchto rovnic musíme kromě počtu atomů a vyměňovaných elektronů, hlídat i nábojovou bilanci.

Tzn. že součet nábojů na levé straně musí odpovídat součtu nábojů na pravé straně rovnice.

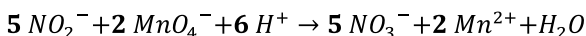
Příklad 2.39. Dusitan reaguje s manganistanem v kyselém prostředí, vzniká dusičnan a sůl manganatá.

Řešení:

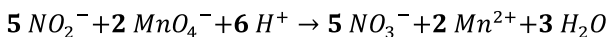


Dopočteme stechiometrický koeficient pro H^+ ionty:

$$-5 + (-2) + x = -5 + 4 + 0 \rightarrow x = 6$$



Dopočteme molekulu vody:



Příklad 2.40. Chromitá sůl reaguje s peroxidem vodíku v alkalickém prostředí, vzniká chroman.

Příklad 2.41. Napište iontovou rovnici oxidace jodidových iontů dichromanovými ionty v kyselém prostředí.

2.5.3 CHEMICKÉ VÝPOČTY

2.5.3.1 HMOTNOSTNÍ ZLOMEK

Příklad 2.42. Jaký je hmotnostní zlomek KOH v roztoku, který vznikl rozpuštěním 50 g této látky ve 150 g vody?

Řešení:

- Hmotnostní zlomek w je definován jako podíl hmotnosti části soustavy (rozpuštěné látky) k celkové hmotnosti soustavy:

$$w_A = \frac{m_A}{m_A + m_B + \dots + m_N} = \frac{m_A}{\sum_{i=A}^N m_i} = \frac{m_A}{m_s}$$

- Pro hydroxid draselný tedy:

$$w_{\text{KOH}} = \frac{50}{(50 + 150)} = 0,25$$

- Hmotnostní zlomek hydroxidu draselného je 0,25.

Příklad 2.43. Kolik gramů vody bude potřeba, aby z 65 g KBr byl připraven roztok, ve kterém je hmotnostní zlomek této soli 0,05?

Řešení:

- Vyjdeme z definice hmotnostního zlomku a sestavíme následující rovnici:

$$0,05 = \frac{65}{65 + x}$$

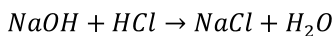
$$x = \mathbf{1235\ g\ vody}$$

- Pro přípravu roztoku je potřeba 1235 g vody.

Příklad 2.44. Jaký bude hmotnostní zlomek NaCl v soustavě, která vznikla neutralizací roztoku připraveného rozpouštěním 50 g NaOH v 550 ml vody plynným chlorovodíkem?

Řešení:

- Napíšeme rovnici a pod jednotlivé reaktanty vyznačíme jejich relativní molekulové hmotnosti z tabulek:



$$40 \quad 36,5 \quad 58,5$$

- Zápis využijeme pro sestavení dvou přímých úměr:



$$40\ \text{g} \quad 36,5\ \text{g} \quad 58,5\ \text{g}$$

$$50\ \text{g} \quad x\ \text{g} \quad y\ \text{g}$$

$$\frac{50}{40} = \frac{x}{36,5} \quad \frac{50}{40} = \frac{y}{58,5}$$

$$x = \mathbf{45,6\ HCl} \quad y = \mathbf{73,1\ NaCl}$$

- Hmotnost roztoku vypočítáme jako součet hmotností NaOH, NaCl a vody:

$$m_{\text{roztoku}} = 50 + 45,6 + 550 = \mathbf{645,6\ g}$$

- Hmotnostní zlomek NaCl vypočteme jako podíl reakcí vzniklého NaCl a hmotnosti roztoku:

$$w = \frac{73,1}{645,6} = \mathbf{0,113}$$

- Hmotnostní zlomek chloridu sodného je 0,113.

Příklad 2.45. Jaký bude hmotnostní zlomek síranu měďnatého v roztoku, který vznikl rozpouštěním 50 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ve 450 g vody?

Řešení:

- V tabulkách nalezneme relativní molekulové hmotnosti pentahydrátu síranu měďnatého a síranu měďnatého:

$$M_r(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 249,7 \quad M_r(\text{CuSO}_4) = 159,6$$

- Pomocí přímé úměrnosti vypočteme hmotnost síranu měďnatého v 50 g pentahydrátu:

$$249,7\ \text{g}\ \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \dots\dots\dots 159,6\ \text{g}\ \text{CuSO}_4$$

$$50,0\ \text{g}\ \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \dots\dots\dots x\ \text{g}\ \text{CuSO}_4$$

$$\frac{50}{249,7} = \frac{x}{159,6}$$

$$x = \mathbf{31,96\ g}$$

- Hmotnost roztoku vypočteme jako součet vody a pentahydrátu síranu měďnatého:

$$m = 450 + 50 = \mathbf{500\ g}$$

- Hmotnostní zlomek CuSO_4 je dán jako podíl hmotnosti síranu a hmotnosti roztoku:

$$w_{\text{CuSO}_4} = \frac{31,96}{500} = \mathbf{0,0639}$$

- Hmotnostní zlomek síranu měďnatého je 0,0639.

Příklad 2.46. Sloučenina dusíku a kyslíku obsahuje 63,636 % dusíku a 36,364 % kyslíku. Vypočítejte její stechiometrický vzorec.

Řešení:

- Vycházíme ze 100 g sloučeniny, je procentuální obsah prvků obsažených v této sloučenině číselně shodný s hmotnostním obsahem.

- Využijeme vztah pro výpočet látkového množství:

$$n = \frac{m}{M}$$

- Pro náš příklad:

$$n_N = \frac{63,636}{14,007} = 4,543 \quad n_O = \frac{36,364}{16} = 2,273$$

- Dělíme nejmenší z čísel a získáme poměr celých čísel, které udávají počty atomů dusíku a kyslíku:

$$\frac{4,543}{2,273} = 1,999 \quad \frac{2,273}{2,273} = 1$$

- Z toho plyne, že stechiometrický vzorec sloučeniny je N_2O .

Příklad 2.47. Jaký bude hmotnostní zlomek chlorovodíku v roztoku, který vznikl z 200 g vodného roztoku HCl, ve kterém byl $w_{HCl} = 0,15$, když bylo do soustavy přidáno 95 g vody.

Příklad 2.48. Jaký je hmotnostní zlomek roztoku, který byl připraven ze 650 g roztoku síranu měďnatého, ve kterém byl hmotnostní zlomek $CuSO_4$ roven 0,04, bylo-li k němu přidáno 35 g pentahydrátu síranu měďnatého?

Příklad 2.49. Jaký je hmotnostní zlomek $AgNO_3$ v roztoku, který vznikl rozpuštěním 2g dusičnanu stříbrného ve 198 g vody.

Příklad 2.50. Kolik gramů jodidu draselného je rozpuštěno v roztoku, ve kterém je hmotnostní zlomek této látky 0,12, když víte, že pro jeho přípravu bylo použito 245 g vody?

Příklad 2.51. Sloučenina boru s vodíkem obsahuje 78,14 % boru a 21,86 % vodíku. Molekulová hmotnost látky je 27,67. Vypočítejte sumární vzorec sloučeniny.

Příklad 2.52. Kolik gramů KNO_2 bylo izolováno ze 750 g 15% roztoku této látky po odpaření veškeré vody?

Příklad 2.53. Jaké procento síranu železnatého obsahuje heptahydrát této soli?

Příklad 2.54. V jakém hmotnostním poměru musí být smísena voda a chlorid sodný, aby vznikl jeho 10% roztok?

2.5.3.2 OBJEMOVÉ PROCENTO

Příklad 2.55. Roztok ethanolu o objemu 900 ml byl připraven zředěním 400 ml absolutního ethanolu. Vypočítejte koncentraci roztoku v objemových %.

Řešení:

- Objemové procento je definováno jako poměr objemu výchozí složky k celkovému objemu soustavy a vynásobené 100x.

- V našem příkladu:

$$\frac{400 \cdot 100}{900} = 44,4 \text{ obj. \%}$$

- Roztok obsahuje 44,4 obj. % ethanolu.

Příklad 2.56. Roztok obsahuje 35 hmot. % methanolu. Přepočtete tento údaj na objemová procenta.

Řešení:

- Při výpočtu vycházíme z objemu 1000 ml (cm^3) a ze vztahu:

$$m = \rho \cdot V$$

- Nejprve vypočítejte hmotnost uvedeného objemu methanolu (35 hmot.%):

$$m = 0,9433 \cdot 1000 = \mathbf{943,3\text{ g}}$$

- 35 % hmotnosti roztoku je tvořeno methanolem:

$$943,3 \cdot \frac{35}{100} = \mathbf{330,16\text{ g (100\% methanolu)}}$$

- Objem methanolu dosadíme do upraveného vztahu

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{330,16}{0,7917} = \mathbf{417,03\text{ cm}^3}$$

- Dopočteme objemová procenta methanolu v roztoku:

$$\frac{417,03 \cdot 100}{1000} = \mathbf{41,7\text{ obj. \%}}$$

- Roztok obsahuje 41,7 obj. % methanolu.

Příklad 2.57. Vypočítejte, jaká je molarita roztoku methanolu o koncentraci 18,38 obj.%, hustota čistého methanolu je $0,7917\text{ g/cm}^3$.

Řešení:

- Vypočítáme relativní molekulovou hmotnost methanolu pomocí tabulek:

$$M_r(\text{CH}_3\text{OH}) = \mathbf{32}$$

- Pro výpočet zvolte libovolný objem roztoku methanolu. Výhodné je vyjít z 1 dm^3 . Z definice objemového procenta plyne, že 1000 cm^3 obsahuje 18,38 obj.%:

$$1000 \cdot \frac{18,38}{100} = \mathbf{183,8\text{ cm}^3\text{ methanolu}}$$

- Vypočteme hmotnost methanolu v roztoku:

$$m = \rho \cdot V = 0,7917 \cdot 183,8 = \mathbf{145,51\text{ g}}$$

- Dosadíme do výpočtu pro látkové množství:

$$\frac{417,03 \cdot 100}{1000} = \mathbf{41,7\text{ obj. \%}}$$

- Roztok methanolu je 4,55 M.

Příklad 2.58. Přepočtěte na objemová procenta koncentraci 6,606 M roztoku methanolu, hustota čistého methanolu je $0,7917\text{ g/cm}^3$.

Řešení:

- Vypočítáme relativní molekulovou hmotnost methanolu pomocí tabulek:

$$M_r(\text{CH}_3\text{OH}) = \mathbf{32}$$

- Z definice molarity plyne, že 1000 cm^3 uvažovaného roztoku obsahuje 6,606 molu methanolu:

$$m = M \cdot n = 32 \cdot 6,606 = \mathbf{211,39\text{ g methanolu}}$$

- Dosadíme do objem čistého methanolu:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{211,39}{0,7917} = \mathbf{267,0\text{ cm}^3}$$

- Vypočítáme objemová procenta v roztoku:

$$\frac{267 \cdot 100}{1000} = \mathbf{26,7\text{ obj. \%}}$$

- Roztok obsahuje 26,7 obj. % methanolu.

Příklad 2.59. Kolik ml absolutního ethanolu je potřeba na přípravu 1200 ml roztoku, který obsahuje 50 obj. % ethanolu.

Příklad 2.60. K 500 cm³ roztoku methanolu o koncentraci 29 obj. % ($\rho = 0,9607 \text{ g/cm}^3$) bylo přidáno 200 g vody. Vyjádřete koncentraci připraveného roztoku v hmotnostních procentech, hustota methanolu je 0,7917 g/cm³.

Příklad 2.61. Roztok ethanolu o koncentraci 12,44 obj. % má hustotu 0,9819 g/cm³. Vypočítejte molární koncentraci tohoto roztoku, hustota absolutního ethanolu je 0,7893 g/cm³

Příklad 2.62. Vypočítejte, jaká je koncentrace roztoku ethanolu ve vodě v obj. %, když roztok obsahuje 5 molů ethanolu, hustota čistého ethanolu je 0,7893 g/cm³.

2.5.3.3 LÁTKOVÉ MNOŽSTVÍ

Příklad 2.63. Vypočítejte látkové množství:

a) S₈ v 80 g síry

b) S v 80 g síry

c) H₂S v 70 g sulfanu

d) Vody ve 249,868 g CuSO₄·5H₂O.

Řešení:

a) S₈ v 80 g síry

- V tabulce vyhledáme střední relativní atomovou hmotnost síry $\overline{A}_r(S) = 32,06$.

- Vypočteme molekulovou hmotnost:

$$\overline{M}_r(S_8) = 32,06 \cdot 8 = \mathbf{256,48}$$

- Dopočteme látkové množství:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{80}{256,48} = \mathbf{0,312 \text{ mol}}$$

- V 80 g síry je obsaženo 0,312 molu S₈.

b) S v 80 g síry

- V tabulce vyhledáme střední relativní atomovou hmotnost síry $\overline{A}_r(S) = 32,06$.

- Dopočteme látkové množství:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{80}{32,06} = \mathbf{2,495 \text{ mol}}$$

- V 80 g síry je obsaženo 2,495 molu S.

c) H₂S v 70 g sulfanu

- V tabulce vyhledáme střední relativní atomovou hmotnost vodíku a síry:

$$\overline{A}_r(H) = 1,008 \quad \overline{A}_r(S) = 32,060$$

- Vypočteme střední relativní molekulovou hmotnost:

$$\overline{M}_r(H_2S) = 2 \cdot 1,008 + 32,060 = \mathbf{34,076}$$

- Dopočteme látkové množství:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{70}{34,076} = \mathbf{2,054 \text{ mol}}$$

- V 70 g sulfanu je obsaženo 2,054 molů H₂S.

d) Vody ve 249,868 g CuSO₄·5H₂O

- S pomocí tabulky zjistíme střední relativní molekulovou hmotnost pentahydrátu síranu měďnatého:

$$\overline{M}_r(CuSO_4 \cdot 5H_2O) = \mathbf{249,68}$$

- Při porovnání hmotnosti ze zadání s tabulkou zjistíme, že hodnoty jsou číselně totožné
- Tudíž je uvedená hmotnost zároveň i molární hmotností pentahydrátu síranu měďnatého:
1 mol $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ obsahuje **5 molů H_2O**
- V 249,68 g pentahydrátu síranu měďnatého je obsaženo 5 molů H_2S .

Příklad 2.64. Vypočítejte hmotnost jednoho atomu beryllia, pokud víte, že $\overline{A_r}(\text{Be}) = 9,01218$.

Řešení:

- Vycházíme ze vztahu:

$$A_r({}_Z^AX) = \frac{m({}_Z^AX)}{m_u}$$

- V našem příkladě:

$$9,01218 = \frac{m(\text{Be})}{1,66057 \cdot 10^{-27}}$$

$$m(\text{Be}) = 9,01218 \cdot 1,66057 \cdot 10^{-27}$$

$$m(\text{Be}) = \mathbf{1,4965 \cdot 10^{-26} \text{ kg}}$$

- Jeden atom beryllia má hmotnost $1,4965 \cdot 10^{-26}$ kg.

Příklad 2.65. Vypočítejte, jakou hustotu bude mít za normálních podmínek oxid uhelnatý.

Řešení:

- S pomocí tabulek zjistíme relativní molekulovou hmotnost oxidu uhelnatého:

$$M_r(\text{CO}) = 28,01$$

- Z definice plyne, že 1 mol oxidu uhelnatého (plynu) bude mít za normálních podmínek objem 22,41 dm³ a hmotnost 28,01 g.
- Hustotu tak v našem příkladě dopočteme:

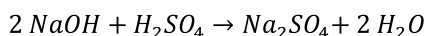
$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{28,01}{22,41} = \mathbf{1,25 \text{ g/cm}^3}$$

- Hustota oxidu uhelnatého je za normálních podmínek 1,25 g/cm³.

Příklad 2.66. Vypočítejte, kolik gramů NaOH je třeba na neutralizaci 1,5 molu kyseliny sírové.

Řešení:

- Napíšeme rovnici reakce:



- Z rovnice reakce je zřejmé, že hydroxid sodný reaguje s kyselinou sírovou v molárním poměru **2:1**, to znamená, že na neutralizaci **1,5 molu** kyseliny sírové musí být použity **3 moly** hydroxidu sodného.
- S využitím relativních atomových hmotností vypočteme relativní molekulovou hmotnost hydroxidu sodného:

$$M_r(\text{NaOH}) = \mathbf{40}$$

- Dosadíme molekulovou hmotnost do vztahu:

$$m = n \cdot M = 3 \cdot 40 = \mathbf{120 \text{ g}}$$

- Pro neutralizaci 1,5 molu kyseliny sírové je třeba 120 g hydroxidu sodného.

Příklad 2.67. Vypočítejte molární hmotnost:

- H_2
- NaCl
- K_2CO_3
- CCl_4

Příklad 2.68. Vypočítejte látkové množství:

- a) N_2 ve 30 g dusíku
- b) N ve 30 g dusíku
- c) CO_2 v 50 g oxidu uhličitého
- d) Vody ve 278,0 g $FeSO_4 \cdot 7H_2O$.

Příklad 2.69. Kolik molekul se nachází ve 126,9045 g jodu.

Příklad 2.70. Jakou hustotu bude mít za normálních podmínek oxid siřičitý?

Příklad 2.71. Jaká byla čistota Zn, jestliže rozpuštěním 5 g technického Zn v HCl vzniklo 1,68 l H_2 (měřeno za standardních podmínek) Doprovodné nečistoty s HCl poskytují vodík.

2.5.3.4 MOLÁRNÍ KONCENTRACE

Příklad 2.72. Kolik ml 64% kyseliny dusičné ($\rho = 1,3866 \text{ g/cm}^3$) je potřeba na přípravu 1000 ml jejího 2M roztoku?

Řešení:

- Z definice molarity plyne, že 1000 ml 2M roztoku kyseliny dusičné obsahuje **2 moly** kyseliny dusičné
- V tabulkách nalezneme relativní molekulovou hmotnost kyseliny dusičné:

$$M_r(HNO_3) = 63$$

- Dopočteme hmotnost kyseliny dusičné:

$$m = n \cdot M = 2 \cdot 63 = \mathbf{126 \text{ g}}$$

- Za využití nepřímé úměrnosti dopočteme množství 64% roztoku kyseliny dusičné:

$$126 \text{ g} \dots\dots\dots 100\% \text{ kyselina dusičná}$$

$$x \text{ g} \dots\dots\dots 64\% \text{ kyselina dusičná}$$

$$\frac{x}{126} = \frac{100}{64}$$

$$x = \mathbf{196,9 \text{ g } 64\% \text{ kyseliny dusičné}}$$

- Vypočteme objem roztoku:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{196,9}{1,3866} = \mathbf{142 \text{ ml } 64\% \text{ kyseliny dusičné}}$$

- Na přípravu 1000 ml 2M roztoku je potřeba 142 ml 64% kyseliny dusičné.

Příklad 2.73. Kolik ml 20% kyseliny chlorovodíkové ($\rho = 1,0980 \text{ g/cm}^3$) a kolik ml vody je potřeba na přípravu 2 l jejího 1,117 M roztoku o hustotě $1,0181 \text{ g/cm}^3$?

Řešení:

- Látkové množství kyseliny chlorovodíkové obsažené v 2 litrech 1,117 M roztoku vypočítáme:

$$n = V \cdot c = 2 \cdot 1,117 = \mathbf{2,234 \text{ molu } HCl}$$

- V tabulkách nalezneme relativní molekulovou hmotnost kyseliny chlorovodíkové:

$$M_r(HCl) = 36,5$$

- Dopočteme hmotnost kyseliny chlorovodíkové:

$$m = n \cdot M = 2,234 \cdot 36,5 = \mathbf{81,54 \text{ g}}$$

- S pomocí nepřímé úměrnosti dopočteme množství 20% roztoku kyseliny chlorovodíkové:

$$81,54 \text{ g} \dots\dots\dots 100\% \text{ kyselina chlorovodíková}$$

$$x \text{ g} \dots\dots\dots 20\% \text{ kyselina chlorovodíková}$$

$$\frac{x}{81,54} = \frac{100}{20}$$

$$x = \mathbf{407,7 \text{ g } 20\% \text{ HCl}}$$

- Hmotnost přepočteme na objem roztoku:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{407,7}{1,0181} = \mathbf{371,3 \text{ ml } 20\% \text{ HCl}}$$

- Pro výpočet hmotností vody je nutné třeba znát jeho celkovou hmotnost:

$$m = \rho \cdot V = 1,0181 \cdot 2000 = \mathbf{2036,2 \text{ g}}$$

- Dopačteme hmotnost vody:

$$m = 2036,2 - 407,7 = \mathbf{1628,5 \text{ g}}$$

- Vzhledem k tomu, že hustota vody je za běžných podmínek téměř rovna 1, vypočtená hmotnost vody je číselně rovna jejímu objemu.

- Na přípravu roztoku je potřeba 371,3 ml 20% kyseliny chlorovodíkové a 1628,5 ml vody.

Příklad 2.74. Kolik gramů kyseliny sírové obsahuje 500 ml jejího 0,25 M roztoku?

Řešení:

- V tabulkách nalezneme relativní molekulovou hmotnost kyseliny sírové:

$$M_r(\text{H}_2\text{SO}_4) = \mathbf{98,1}$$

- Dopačteme hmotnost kyseliny sírové:

$$m = n \cdot M = 0,25 \cdot 98,1 = \mathbf{24,5 \text{ g}}$$

- S pomocí přímé úměrnosti dopačteme hmotnost kyseliny sírové:

1000 ml.....24,5 g kyseliny sírové

500 ml.....x g kyseliny sírové

$$\frac{500}{1000} = \frac{x}{24,5}$$

$$x = \mathbf{12,25 \text{ g kyseliny sírové}}$$

- Na přípravu 500 ml 0,25 M roztoku je potřeba 12,25 g kyseliny sírové.

Příklad 2.75. Vypočtete molární zlomek složek roztoku obsahujícího 20 g hydroxidu sodného ve 100 g vodného roztoku. Kolik molárních procent NaOH roztok obsahuje?

Řešení:

- V roztoku skládajícím se z 20 g NaOH a 100–20 = 80 g vody vypočteme nejprve látková množství složek:

$$n(\text{NaOH}) = \frac{m}{M} = \frac{20}{40} = \mathbf{0,5 \text{ molu NaOH}} \quad n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m}{M} = \frac{80}{18} = \mathbf{4,44 \text{ molu H}_2\text{O}}$$

- Použijeme příslušné molární zlomky k výpočtu celkového počtu molů složek roztoku:

$$n_s = 0,5 + 4,44 = \mathbf{4,94}$$

$$x(\text{NaOH}) = \frac{n(\text{NaOH})}{n_s} = \frac{0,5}{4,94} = \mathbf{0,10}$$

$$x(\text{H}_2\text{O}) = 1 - x(\text{NaOH}) = \mathbf{0,90}$$

- Ze získaného výsledku vyplývá, že roztok obsahuje 10 mol.% NaOH.2

Příklad 2.76. Vypočítejte molaritu a procentuální koncentraci roztoku NaOH, jestliže 500 g tohoto roztoku obsahuje 136,52 g NaOH a hustota roztoku je 1,2411 g/cm³.

Příklad 2.77. Kolik gramů plynného chlorovodíku je třeba na neutralizaci 500 ml 0,1 M roztoku hydroxidu sodného? Jaká bude jeho výsledná molarita, bude-li objem po reakci zředěn na 1000 ml?

Příklad 2.78. Jaká je molární koncentrace ethanolu v roztoku, který obsahuje 40 obj.% této látky? ($\rho = 0,7907 \text{ g/cm}^3$; $M_r(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 46,0$).

Příklad 2.79. Kolik ml 20% kyseliny sírové ($\rho = 1,1394 \text{ g/cm}^3$) a kolik ml vody je potřeba na přípravu 1 l jejího 2,064 M roztoku o hustotě 1,1243 g/cm³?

Příklad 2.80. Kolik ml 26% kyseliny fosforečné ($\rho = 1,1529 \text{ g/cm}^3$) je potřeba na přípravu 1 l jejího 2 M roztoku?

2.5.3.5 VÝPOČTY Z CHEMICKÉHO VZORCE

Příklad 2.81. Vypočítejte, ve které z následujících sloučenin je nejvyšší zastoupení síry: $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; PbS .

Řešení:

- V tabulce nalezneme relativní molekulové hmotnosti:

$$M_r(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 322,0 \quad M_r(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 249,6 \quad M_r(\text{PbS}) = 239,3$$

- S využitím relativních molekulových hmotností sloučenin a atomové hmotnosti síry ($A_r(\text{S}) = 32,1$) vypočteme procentuální obsah ve sloučeninách:

$$\% \text{obsah prvku} = \frac{A_r(\text{prvku})}{M_r(\text{sloučeniny})} \cdot 100 \quad \% \text{obsah S} = \frac{A_r(\text{S})}{M_r(\text{sloučeniny})} \cdot 100$$

$$\text{obsah S v } \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O} = \frac{32,1}{322,0} \cdot 100 = \mathbf{10,0 \%}$$

$$\text{obsah S v } \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = \frac{32,1}{249,6} \cdot 100 = \mathbf{12,9 \%}$$

$$\text{obsah S v } \text{PbS} = \frac{32,1}{239,3} \cdot 100 = \mathbf{13,4 \%}$$

- Nejvíce síry obsahuje sulfid olovnatý.

Příklad 2.82. Vypočítejte stechiometrický vzorec sloučeniny, která obsahuje 27,047 % sodíku; 16,482 % dusíku a 56,471 % kyslíku.

Řešení:

- Za prvé musíme zjistit v jakém molárním poměru jsou jednotlivé prvky v neznámé sloučenině:

$$\text{Na: } \frac{27,047}{22,99} = 1,176 \quad \text{N: } \frac{16,482}{14,01} = 1,176 \quad \text{O: } \frac{56,471}{16,0} = 3,529$$

- Získané hodnoty podělíme nejmenší z nich, abych získali poměr malých čísel:

$$\text{Na: } \frac{1,176}{1,176} = \mathbf{1} \quad \text{N: } \frac{1,176}{1,176} = \mathbf{1} \quad \text{O: } \frac{3,529}{1,176} = \mathbf{3}$$

1: 1: 3

- Stechiometrický vzorec sloučeniny je NaNO_3 .

Příklad 2.83. Dva neznámé oxidy byly podrobeny termickému rozkladu a žháný do konstantní hmotnosti. Hmotnost A vzorku se z původní 3,6852 g snížila na 3,4308 g. Hmotnost vzorku B klesla z 3,5476 g na 3,2855 g. Určete oba oxidy víte-li, že jedním neznámým je oxid stříbrný a druhým oxid rtuťnatý a v průběhu reakce došlo k úniku veškerého kyslíku.

Řešení:

- V tabulce nalezneme relativní molekulové hmotnosti a vypočteme hmotnostní zlomek kyslíku:

$$M_r(\text{Ag}_2\text{O}) = 231,8 \quad \text{pro } \text{Ag}_2\text{O} \text{ platí: } w_{\text{O}} = \frac{16}{231,8} = \mathbf{0,0690}$$

$$M_r(\text{HgO}) = 216,6 \quad \text{pro } \text{HgO} \text{ platí: } w_{\text{O}} = \frac{16}{216,6} = \mathbf{0,0739}$$

- Vypočteme hmotnost kyslíku, která unikla při rozkladu:

$$\text{pro vzorek A platí: } 3,6852 - 3,4308 = \mathbf{0,2544}$$

$$\text{pro vzorek B platí: } 3,5476 - 3,2855 = \mathbf{0,2621}$$

- Hmotnostní zlomek kyslíku ve vzorku A a B:

$$\text{vzorek A: } w_{O(A)} = \frac{0,2544}{3,6852} = \mathbf{0,0690}$$

$$\text{vzorek B: } w_{O(B)} = \frac{0,2621}{3,5476} = \mathbf{0,0739}$$

- Z porovnání teoretické a praktické hodnoty plyne, že vzorek A obsahoval oxid stříbrný a vzorek B oxid rtuťnatý.

Příklad 2.84. Vypočítejte, která z následujících sloučenin má nejvyšší obsah železa: a) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$; b) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; c) FeCO_3 .

Příklad 2.85. Oxid uhličitý lze připravit reakcí uhličitánů s kyselinou chlorovodíkovou. Vypočítejte, která z uvedených látek bude pro přípravu oxidu uhličitého nejvýhodnější, s ohledem na hmotnostní poměr oxidu uhličitého z navážky 100 g uhličitanu: a) CaCO_3 ; b) Na_2CO_3 ; c) K_2CO_3 ; d) NaHCO_3 .

Příklad 2.86. Vypočítejte procentuální zastoupení jednotlivých prvků v heptahydrátu síranu železnatého.

Příklad 2.87. Analýzou bylo zjištěno, že zkoumaná látka obsahuje 43,40 % sodíku, 11,32 % uhlíku a 45,28 % kyslíku. Vypočítejte stechiometrický vzorec uvedené sloučeniny.

Příklad 2.88. Byly analyzovány vzorky dvou kovů. Vzorek A obsahoval 7,168 % kyslíku a vzorek B 7,387 % kyslíku. Vypočítejte relativní atomové hmotnosti obou kovů, jestliže oba oxidy mají obecný vzorec MO . V periodické tabulce vyhledejte určené kovy.

Příklad 2.89. Určete relativní molekulovou hmotnost a vzorec sloučeniny obsahující pouze kyslík, dusík a vodík. Zastoupení prvků je následující: 43,75 % dusíku, 50,00 % kyslíku a 6,25 % vodíku. Ze stechiometrického vzorce vypočítejte molekulový, víte-li, že molekulová hmotnost sloučeniny je 64.

Příklad 2.90. Určete relativní molekulovou hmotnost a vzorec oxidu, víte-li, že:

- a) stechiometrický vzorec je totožný s molekulovým;
- b) kov sloučený s kyslíkem je v oxidačním stavu I;
- c) oxid se termicky rozkládá na kov a kyslík;
- d) termickým rozkladem 1,9574 oxidu vzniklo 1,8223 g kovu.

2.5.3.6 ŘEDĚNÍ ROZTOKŮ

Příklad 2.91. Kolik ml 50% HNO_3 ($\rho = 1,3100 \text{ g/cm}^3$) a kolik ml vody je potřeba na přípravu 1,5 l jejího 20% roztoku ($\rho = 1,1150 \text{ g/cm}^3$).

Řešení:

- Hmotnost 1500 ml 20% roztoku kyseliny:

$$m = \rho \cdot V = 1,1150 \cdot 1500 = \mathbf{1672,5 \text{ g } 20\% \text{ HNO}_3}$$

- Přepočteme na bezvodou kyselinu dusičnou:

$$m_{\text{HNO}_3(100\%)} = \frac{1672,5 \cdot 20}{100} = \mathbf{334,5 \text{ g}}$$

- S pomocí přímé úměrnosti dopočteme hmotnost 50% roztoku:

50 g bezvodé HNO_3 ve 100 g 50% roztoku

334,5 g bezvodé HNO_3 v x g 50% roztoku

$$\frac{334,5}{50} = \frac{x}{100}$$

$$x = \mathbf{669 \text{ g } 50\% \text{ HNO}_3}$$

- Z vypočtené hmotnosti převedeme na objem:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{669}{1,31} = \mathbf{510,7 \text{ ml } 50\% \text{ kyseliny dusičné}}$$

- Vypočteme hmotnost vody:

$$1672,5 - 669 = \mathbf{1003,5 \text{ g vody}}$$

- Vzhledem k tomu, že hustota vody je v laboratorních podmínkách téměř rovna 1, vypočtená hmotnost vody je rovna jejímu objemu.

- Na přípravu roztoku je potřeba 510,7 ml 50% kyseliny dusičné a 1003,5 ml vody.

Příklad 2.92. Kolik gramů vody je nutné odpařit z 250 g 8% roztoku bromidu draselného, aby jeho koncentrace vzrostla na 12%?

Řešení:

- Vypočítáme hmotnost bromidu draselného ve 250 g jeho 8% roztoku:

$$\frac{250 \cdot 8}{100} = \mathbf{20 \text{ g KBr}}$$

- V nově vzniklé roztoku bude toto množství tvořit 12 % hmotnosti, s pomocí přímé úměrnosti dopočteme hmotnost 100% roztoku:

$$20 \text{ g} \dots\dots\dots 12 \%$$

$$x \text{ g} \dots\dots\dots 100 \%$$

$$\frac{x}{20} = \frac{100}{12}$$

$$x = \mathbf{166,7 \text{ g}}$$

- Dopočteme hmotnost vody:

$$250 - 166,7 = \mathbf{83,3 \text{ g vody}}$$

- Je potřeba odpařit 83,3 g vody.

Příklad 2.93. Kolik gramů $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ je nutné přidat k 550 g 6% roztoku FeCl_3 , aby jeho koncentrace vzrostla na 12%? ($M_r(\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 270,3$; $M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18,0$)

Příklad 2.94. Jaká je výsledná koncentrace roztoku, které vznikl z 250 g 10% roztoku kyseliny chlorovodíkové, do něhož bylo přidáno 50 dm³ plynného chlorovodíku? ($M_r(\text{HCl}) = 36,5$)

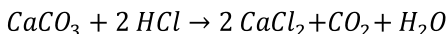
Příklad 2.95. Vypočítejte jaká bude koncentrace roztoku v hmot. %, pokud smísíme 450 ml 11 M kyseliny sírové ($\rho = 1,5874 \text{ g/cm}^3$) s 250 ml jejího 15% roztoku ($\rho = 1,1020 \text{ g/cm}^3$).

2.5.3.7 VÝPOČTY Z CHEMICKÝCH ROVNIC

Příklad 2.96. Uhličitan vápenatý reagoval s přebytkem kyseliny chlorovodíkové. Jaká byla jeho navážka, jestliže se průběhu reakce uvolnilo 40 dm³ oxidu uhličitého? Objem je přepočítán na normální podmínky.

Řešení:

- Napíšeme rovnici reakce:



- Navážku dopočteme pomocí přímé úměry:

$$100,1 \text{ g} \dots\dots\dots 22,4 \text{ dm}^3$$

$$x \text{ g} \dots\dots\dots 40,0 \text{ dm}^3$$

$$\frac{x}{100,1} = \frac{40,0}{22,4}$$

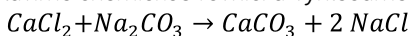
$$x = \mathbf{178,8 \text{ g}}$$

- Bylo naváženo 178,8 g uhličitanu vápenatého.

Příklad 2.97. Z roztoku chloridu vápenatého byl vysrážen uhličitan vápenatý roztokem uhličitanu sodného. Jaké množství chloridu vápenatého bylo v roztoku, bylo-li na srážení spotřebováno 32 ml 0,25 M roztoku Na₂CO₃?

Řešení:

- Sestavíme chemickou rovnici a vyhledáme poměr látkových množství:



$$n(\text{CaCl}_2) = n(\text{Na}_2\text{CO}_3)$$

- Uhličitan sodný je rozpuštěn v roztoku o dané látkové koncentraci. Jeho látkové množství vyjádříme pomocí koncentrace:

$$\frac{m(\text{CaCl}_2)}{M(\text{CaCl}_2)} = c(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot V(\text{Na}_2\text{CO}_3)$$

$$m(\text{CaCl}_2) = c(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot V(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot M(\text{CaCl}_2)$$

$$m(\text{CaCl}_2) = 0,25 \cdot 0,032 \cdot 111 = 0,888 \text{ g}$$

- V roztoku bylo 0,888 g chloridu vápenatého.

Příklad 2.98. Kolik ml 10% amoniaku ($\rho = 0,9575 \text{ g/cm}^3$) a kolik ml 20% roztoku kyseliny sírové ($\rho = 1,1394 \text{ g/cm}^3$) je třeba pro přípravu 55 g síranu amonného?

Příklad 2.99. Jaké množství zinku zreagovalo se zředěnou kyselinou sírovou, jestliže se v průběhu reakce za normálních podmínek uvolnilo 29,5 dm³ vodíku?

Příklad 2.100. Oxid vápenatý se získává termickým rozkladem uhličitanu vápenatého, který je hlavní složkou vápence. Druhým produktem této reakce je oxid uhličitý. Napište rovnici a vypočtěte, jaké množství oxidu vápenatého vznikne z 900 kg suroviny, která obsahuje 95 % CaCO₃.

[20;23;24;25;26]

3 ORGANICKÁ CHEMIE

Organická chemie se zabývá **chemií uhlíku** a jeho sloučeninami. Organické sloučeniny na rozdíl od anorganických sloučenin obsahují jen několik prvků z periodické tabulky. Kromě uhlíku a vodíku je to především kyslík, síra, dusík nebo halogeny [1;2;27].

3.1 ZÁKLADNÍ POJMY

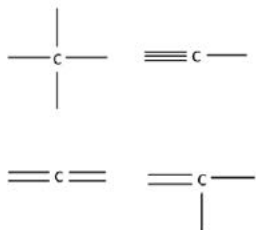
3.1.1 FUNKČNÍ SKUPINA

Funkční skupina je charakteristická skupina, tento pojem je odvozen z představy, že na organické sloučeniny lze nahlížet jako na kombinaci uhlíkatého skeletu a funkčních skupin. Tyto charakteristické skupiny dávají sloučenině základní chemické vlastnosti, zatímco uhlíkatý zbytek tyto vlastnosti víceméně modifikuje [1;2].

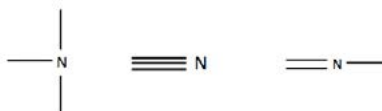
3.1.2 VAZNOST

Vaznost je **počet kovalentních vazeb**, jimiž se atom určitého prvku dokáže zapojit do molekuly. Součet atomů d lichou vazností musí být vždy sudý. Většina prvků v organických sloučeninách má tento počet stálý, Obrázek 37 [28;29].

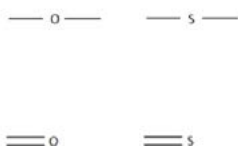
Čtyřvazné – C



Trojvazné – N



Dvojvazné – O, S



Jednovazné – X, H



Obrázek 37 Vaznost atomů

3.1.3 IZOMERIE

Existence dvou nebo více sloučenin (izomerů), které mají stejný sumární vzorec, ale **liši se uspořádáním** atomů nebo skupin atomů v molekule a svými fyzikálními a chemickými vlastnostmi. Existuje např. izomerie řetězce, polohová, geometrická, konformační, optická... [6].

3.1.3.1 KONSTITUČNÍ IZOMERY

Konstituční izomery se liší povahou a pořadím atomů a vazeb v molekulách, tudíž konstitucí [30].

- **Řetězové izomery** se liší strukturou řetězce.
- **Polohové izomery** mají na uhlíkovém řetězci odlišně umístěný atom nebo skupinu atomů jiných prvků než vodíku a uhlíku.
- **Skupinové izomery** mají ve svých molekulách různé funkční skupiny, proto se liší i odlišnými chemickými vlastnostmi.
- **Tautomery** jsou sloučeniny, které se vzájemně odlišují polohou jednoho atomu vodíku a dvojně vazby.

3.1.3.2 KONFIGURAČNÍ IZOMERY

Neboli prostorové izomery, jsou izomery, které mají stejný molekulový vzorec, stejnou konstituci, ale odlišují se konfigurací – prostorovým uspořádáním atomů v molekulách.

- **Geometrické izomery** – cis (Z) /trans (E), liší se konfigurací na dvojných vazbách nebo na cyklech, vazba π zamezuje otáčení, proto lze rozlišovat pouze dva typy.
- **Optické izomery** – mají schopnost stáčet rovinu polarizovaného světla; optická aktivita látky bývá způsobena přítomností asymetrického atomu uhlíku, tudíž jeden z izomerů stáčí rovinu polarizovaného světla doleva a druhý doprava; jednotlivé izomery se označují jako **optické antipody**.
- **Konformery** – vyskytují se v necyklických sloučeninách, v nichž jsou atomy spojeny jednoduchou vazbou σ , proto může docházet k otáčení atomů nebo skupin atomů okolo jednoduché vazby; jednotlivé molekuly se tak mohou lišit vzájemnou orientací substituentů spojených právě jednoduchou vazbou, taková uspořádání se nazývají **konformační izomery**. U cyklických sloučenin s jednoduchými vazbami se můžeme setkat také s konformačním uspořádáním (židlíčková, vaničková, nebo twistová konformace) [31].

3.1.4 TYPY VZORCŮ

K popisu složení a struktury organických sloučenin se používají sumární a různé typy strukturních vzorců:

- **Souhrnné (sumární) vzorce** – vyjadřují přesný počet zastoupení atomů, avšak nikoli jejich spojení v molekule.
- **Strukturní vzorce** – vyjadřují spojení atomů v molekule vazbami i charakter těchto vazeb.
- **Racionální vzorce** – používají se zejména u derivátů uhlovodíku ve strukturních vzorcích vyznačují volné valenční elektrony vázaných atomů.
- **Perspektivní vzorce** – jedná se o prostorové uspořádání atomů i vazeb v molekulách, jedná se o geometrické vzorce konformační či konfigurační [28;29].

3.1.5 INDUKČNÍ A MEZOMERNÍ EFEKT

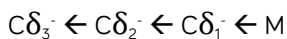
3.1.5.1 INDUKČNÍ EFEKT

V řadě organických sloučenin se vyskytují polární vazby. K vzniku polární vazby dochází, pokud je na atom uhlíku navázán atom prvku, který má vyšší nebo nižší elektronegativitu než samotný uhlík. Čím je rozdíl elektronegativit větší, tím je vazba polárnější:

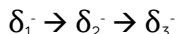
$C^{\delta+} - Cl^{\delta-}$ atom halogenu má větší elektronegativitu než atom uhlíku

$C^{\delta-} - Li^{\delta+}$ atom lithia má elektronegativitu menší než atom uhlíku.

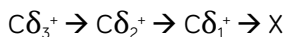
Pokud takový atom vytvoří prvek s uhlíkem, který má v porovnání s nižší elektronegativitou, získá parciální záporný náboj (δ_1^-). Tento atom uhlíku je vůči sousednímu uhlíkovému atomu elektronově přesycen, a proto na něj část své elektronové hustoty přesune (δ_2^-). Obdobná je i situace mezi druhým a třetím uhlíkem, s tím rozdílem, že posun elektronové hustoty je menší (δ_3^-):



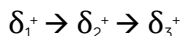
M – atom elektropozitivního prvku



V případě prvku s vyšší elektronegativitou, než má uhlík, dojde k posunu elektronů také, ale opačným směrem:



X – atom elektronegativnějšího prvku



Naznačené posuny elektronů, vyvolané přítomností polární kovalentní vazby, se nazývají **indukční efekt**. Značíme ho symbolem I.

Atomy nebo atomové skupiny, které odpuzují vazebné elektrony, mají indukční efekt kladný **+I**. Tyto atomy zvyšují elektronovou hustotu v řetězci.

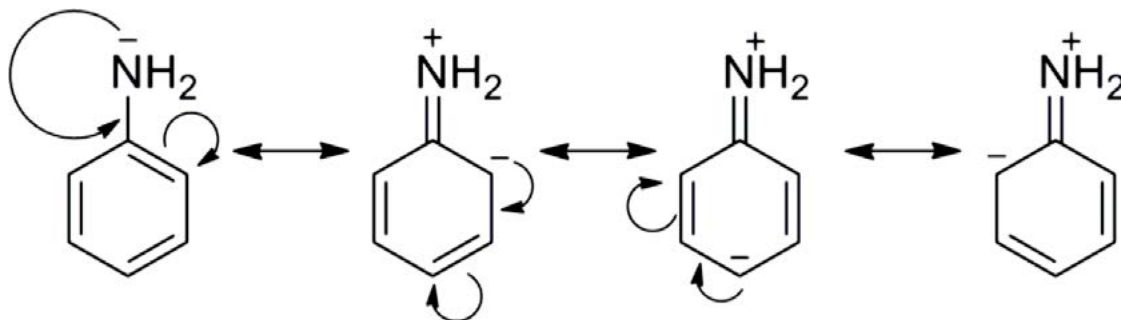
Atomy nebo atomové skupiny, které přitahují vazebné elektrony, mají indukční efekt záporný **-I**. V důsledku toho v řetězci snižují elektronovou hustotu [32].

3.1.5.2 MEZOMERNÍ EFEKT

Kromě indukčního efektu existuje i tzv. **mezomerní efekt**, který se za určitých okolností šíří prostřednictvím elektronů násobných vazeb a na kterých se často podílejí i volné elektronové páry.

Dochází k němu v systémech s konjugovanými vazbami (střídá se jednoduchá vazba s vazbou násobnou a dochází k delokalizaci elektronů) nebo tam, kde se váže na uhlík násobnou vazbou: atom s volným elektronovým párem (halogen, $-\text{NH}_2$, $-\text{OH}$) nebo atom s parciálním kladným nábojem ($-\text{NO}_2$, $-\text{CN}$).

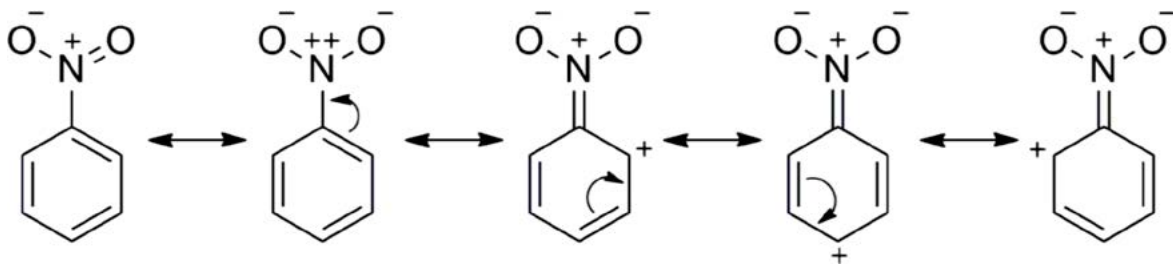
Může dojít ke dvěma různým situacím. Pokud se na atom uhlíku, který je součástí konjugovaného systému, váže atom s volným elektronovým párem, snaží se tento elektronový pár do konjugace vstoupit. Tím se zvyšuje elektronová hustota vazby C-X a zároveň její pevnost. Vyvolá se posun π -elektronů a vznik parciálních záporných nábojů na dalších atomech uhlíku – Obrázek 38.



Obrázek 38 Kladný mezomerní efekt [33]

Kladný mezomerní efekt: $-\text{F}$, $-\text{Cl}$, $-\text{Br}$, $-\text{I}$, $-\text{OH}$, $-\text{OR}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{NHR}$, $-\text{NR}_2$, $-\text{SH}$, $-\text{SROV}$. Obecně atomy vázané jednoduchou vazbou a nesoucí alespoň jeden volný elektronový pár

Pokud se na atom uhlíku, který je součástí konjugovaného systému, váže atom s parciálním kladným nábojem, pak tento atom odčerpává elektrony ze systému. Tím se snižuje elektronová hustota a vytváří se parciální kladné náboje v řetězci – Obrázek 39.



Obrázek 39 Záporný mezomerní efekt [33]

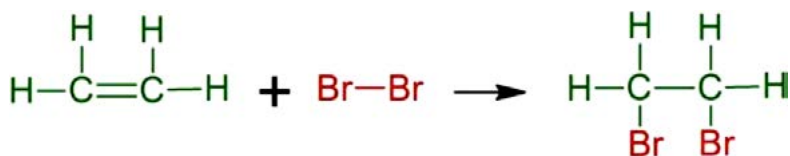
Záporný mezomerní efekt: $-\text{CH}=\text{O}$, $-\text{RC}=\text{O}$, $-\text{C}(\text{OH})=\text{O}$, $-\text{C}(\text{OR})=\text{O}$, $-\text{C}(\text{NH}_2)=\text{O}$, $-\text{NO}_2$, $-\text{SO}_3\text{H}$, $-\text{C}\equiv\text{H}$. Obecně atomy vázané násobnou vazbou a nesoucí alespoň jeden volný elektronový pár [32;33].

3.1.6 TYPY ORGANICKÝCH REAKCÍ

Organické sloučeniny se vyznačují velkým počtem reakcí. Většina těchto reakcí probíhá pomaleji než u anorganických sloučenin. Některé lze uskutečnit pouze za vyšší teploty nebo vyššího tlaku, jiné vyžadují přítomnost katalyzátoru. Při organických reakcích vzniká mnoho vedlejších produktů, a i jejich průběh je složitější [29;33].

3.1.6.1 ADICE

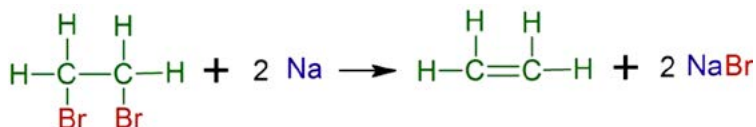
S adicí se můžeme setkat pouze u sloučenin s násobnou vazbou, jelikož dochází ke slučování dvou nebo více částic v jednu bez odštěpení jiných a tím se snižuje násobnost chemické vazby. Zároveň hybridizace reakčního centra se zvyšuje – Obrázek 40 [28;29;33],



Obrázek 40 Adice [33]

3.1.6.2 ELIMINACE

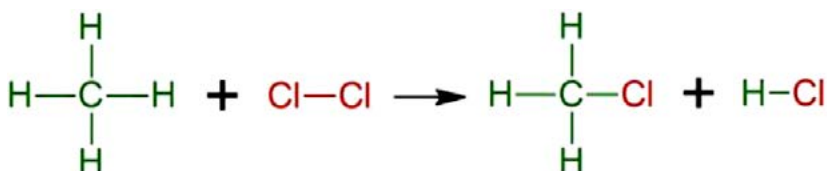
Eliminace je reakce kdy se hybridizace reakčního centra snižuje a často se vytváří násobná vazba, tudíž je to opak adice. Při této reakce dochází ke štěpení jedné částice na dvě nebo více jednodušších částic – Obrázek 41 [28;29;33].



Obrázek 41 Eliminace [33]

3.1.6.3 SUBSTITUCE

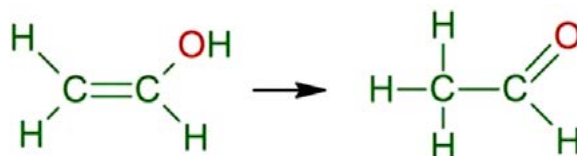
Při substituci dochází k přerušení jedné vazby a vytvoření jiné vazby na témže atomu. Atom, případně skupina atomů v molekule je tedy nahrazena atomem jiným, případně skupinou atomů. Při této reakci nedochází ke změně hybridizace reakčního centra – Obrázek 42 [28;29;33].



Obrázek 42 Substitute [33]

3.1.6.4 PŘESMYK (TAUTOMERIE)

Při přesmyku dochází k přeskupování atomů uvnitř molekuly. Jedná se o přeměnu sloučeniny v její izomer, tudíž přemístění atomů nebo skupin atomů na jiné místo – Obrázek 43 [28;29;33].



Obrázek 43 Přesmyk [33]

3.1.6.5 DĚLENÍ REAKCÍ PODLE ZPŮSOBU ZÁNÍKU PŮVODNÍCH VAZEB

- **Homolýza** (symetrické štěpení) – vznik reaktivních částic radikálů;
- **Heterolýza** (nesymetrické štěpení) – vznik nových, elektricky nabitých částic – elektrofilů a nukleofilů. Tímto rozdělením vznikají činidla, která působí na substrát:
 - radikálové – např. $\text{H}\cdot$, $\text{Cl}\cdot$, $\text{CH}_3\cdot$;
 - elektrofilní – např. H^+ , Cl^+ , CH_3^+ ;
 - nukleofilní – např. H^- , Cl^- , CH_3^- [28;29;33].

3.1.6.6 CHEMICKÉ DĚJE

- **Hydrogenace** – reakce s vodíkem;
- **Dehydrogenace** – odštěpení vodíku;
- **Hydratace** – reakce s vodou;
- **Dehydratace** – odštěpení vody;
- **Halogenace** (chlorace, bromace...) – reakce s halogenem;
- **Nitrace** – reakce s kationtem NO_2^+ ;
- **Sulfonace** – reakce s kyselinou sírovou;
- **Oxidace** – oxidační číslo centrálního prvku u organických reakcí uhlíku se zvyšuje;
- **Redukce** – oxidační číslo centrálního prvku u organických reakcí uhlíku se snižuje;
- **Kondenzace** – spojení dvou molekul za současného odštěpení jednoduché molekuly, nejčastěji vody;
- **Solvolýza** – reakce molekul s reakčním prostředím, např. hydrolýza;
- **Katalýza** – reakce, která je umožněna, urychlena nebo usměrněna k určitým produktům působením katalyzátorů, většina organických reakcí je katalyzována kyselinami, bázemi, kovy ... [1;6;28;29;33].

3.1.7 DĚLENÍ ORGANICKÝCH SLOUČENIN

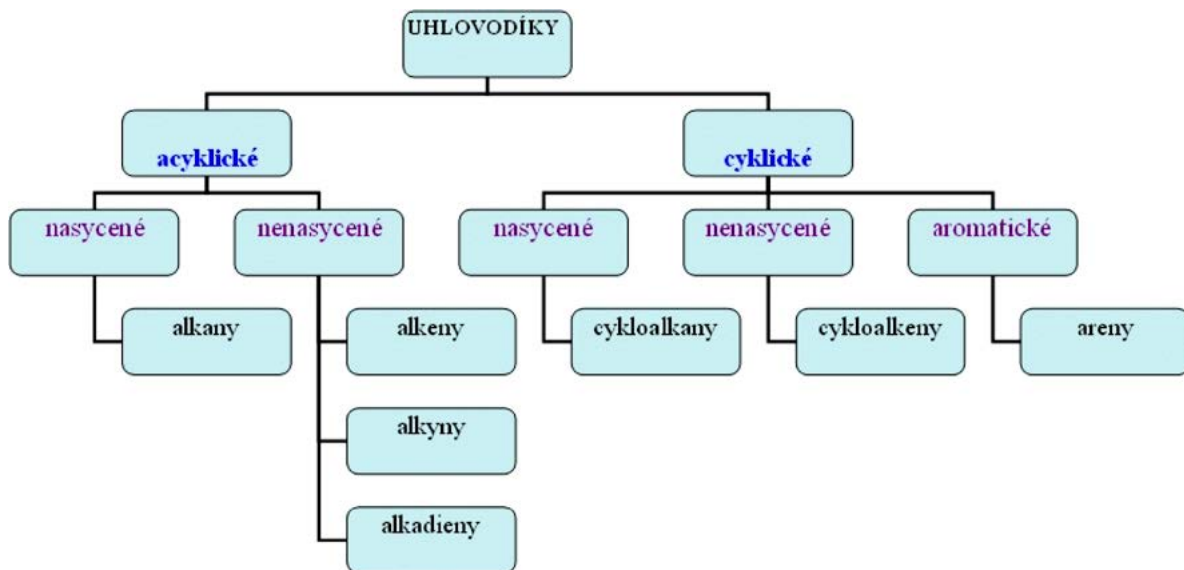
Hlavní rozdělení je založeno na složení atomů v molekule:

- **Uhlovodíky** – molekuly obsahují pouze atomy uhlíku a vodíku;
- **Deriváty uhlovodíků** – v molekule je obsažen jiný typ atomu.

Uhlíkové atomy mají schopnost se spojovat v řetězce různého tvaru i délky – Obrázek 44. Řetězce jsou otevřené (**acyklické**), v tom případě obsahují na koncích uhlíkové atomy, které spolu nejsou spojeny. Řetězce jsou uzavřené (**cyklické**), a pak jsou jejich uhlíkové atomy spojeny do cyklu neboli kruhu.

Kritériem třídění uhlovodíků jsou kromě tvaru řetězce i vazby v uhlovodíku. Uhlovodíky **nasycené** obsahují ve svých molekulách pouze jednoduché vazby. Uhlovodíky **nenasycené** obsahují dvojné nebo trojné vazby. Uhlovodíky **aromatické** jsou cyklické uhlovodíky s pravidelným rozmístěním násobných vazeb, tudíž mají aromatický charakter.

Cyklické uhlovodíky se dělí na alicyklické a aromatické. Alicyklické uhlovodíky mohou být nasycené nebo nenasyčené. Podle počtu cyklů se dělí na monocyklické a vícecyklické. Také aromatické uhlovodíky mohou být monocyklické a vícecyklické [28;34].



Obrázek 44 Uhlovodíky [35]

Deriváty uhlovodíků obsahují v molekule heteroatomy. Podle typů heteroatomů se dělí na kyslíkaté, dusíkaté a siřné nebo halogenderiváty. Jsou odvozeny od uhlovodíků náhradou atomu vodíku jiným atomem nebo skupinou atomů, která se označuje jako funkční či charakteristická skupina. Na uhlovodíkovém zbytku může být vázáno více funkčních skupin [28;34].

3.2 ZÁKLADY ORGANICKÉHO NÁZVOSLOVÍ

Základní princip organického názvosloví lze shrnout do čtyř rozvětvených kroků:

Nalezení hlavní funkční skupiny;

Nalezení základního uhlovodíkového řetězce, nebo základního kruhu:

- nejdelší řetězec či kruh (obsahuje uhlovodík i dvojně vazby, pak je třeba uplatnit pravidlo násobných vazeb);
- nejrozvětvenější řetězec či kruh;
- řetězec či kruh, jehož boční řetězce mají nejnižší lokanty (souvisí s číslováním řetězců);
- řetězec či kruh, jehož první boční řetězec má nejvyšší počet uhlíků;
- řetězec či kruh s nejméně rozvětvenými bočními řetězci;
- řetězec či kruh s nejvyšším počtem násobných vazeb:
- jeli počet násobných vazeb stejný, pak je základním ten delší;
- jeli počet násobných vazeb stejný a řetězce jsou stejně dlouhé, pak podle nejvyššího počtu dvojných vazeb;
- řetězec či kruh s nejvyšším počtem dvojných vazeb;

Obsahuje-li molekula cyklické i nocyklické jednotky, pak se rozhodování o základním řetězci řídí pravidly:

- za základ se bere nejsubstituovanější jednotka;
- menší jednotka je substituentem na větším základním uhlovodíku;

Očíslování základního uhlovodíkové řetězce:

- pokud je přítomna hlavní skupina, pak má nejnižší možný lokant;
- je takové, aby substituenty měly, co nejmenší lokanty (případně nejnižší podle abecedy);
- je takové, aby násobné vazby měly, co nejmenší lokanty;
- je takové, aby dvojné vazby měly, co nejmenší lokanty [2].

3.2.1 HOMOLOGICKÁ ŘADA

Počet uhlíků	Název
1	Methan
2	Ethan
3	Propan
4	Butan
5	Pentan
6	Hexan
7	Heptan
8	Oktan
9	Nonan
10	Dekan

Obrázek 45 Homologická řada

3.3 ORGANICKÁ CHEMIE KOLEM NÁS

3.3.1 MAKROMOLEKULÁRNÍ LÁTKY

Makromolekulární chemie vychází z organické chemie a zabývá se **polymery**. V molekule se opakuje mnohonásobně jedna nebo více základních stavebních jednotek, tzv. **monomerů**.

Polymery můžeme rozdělit:

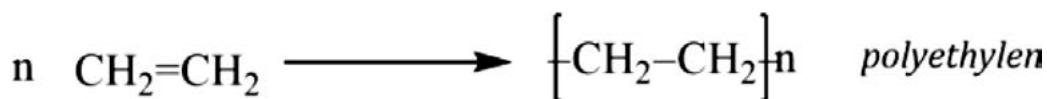
- **Podle původu** na přírodní a syntetické;
- **Podle chování při zahřívání:**
 - **Termoplasty** – jsou ty, které při zahřívání měknou, taví se a po ochlazení získávají zpět své původní vlastnosti. Opakovaný ohřev nezpůsobuje změnu jejich struktury. Převážně jsem patří lineární polymery jako polyetylen či polystyren;
 - **Termosety** – při první ohřevu přechází do plastického stavu, další ohřev však způsobuje vytvrzení tohoto materiálu, tudíž dochází k vytvoření 3D struktury a jejich tvar už nelze ohřevem změnit, např. fenolformaldehydové polymery, aminoplasty..;
- **Podle větvení:**
 - **Lineární polymery** – základem je vlákno, většinou jde o termoplasty, které jsou dobře rozpustné a taví se;
 - **Větvené polymery** – základní vlákno obsahuje postranní řetězce;
 - **Sít'ované polymery** – podle hustoty sítě se vyskytují řídce sít'ované, které tvoří můstky, jsou elastické, např. kaučuk a hustě sít'ované, ty jsou tvrdé, nerozpustné, např. termosety.

3.3.1.1 ZÁKLADNÍ TERMINOLOGIE

- **Monomer** – základní stavební jednotka.
- **Homopolymer** – skelet polymeru je tvořen monomery stejného typu.
- **Heteropolymer** – skelet polymeru je tvořen monomery odlišného typu, někdy se také nazývají jako kopolymer.
- **Polymerační stupeň** – počet monomerních jednotek vázaných v polymeru, zapisuje se jako dolní index $]_n$.
- **Polyreakce** – polymery vznikají polymerací, polyadicí nebo polykondenzací.

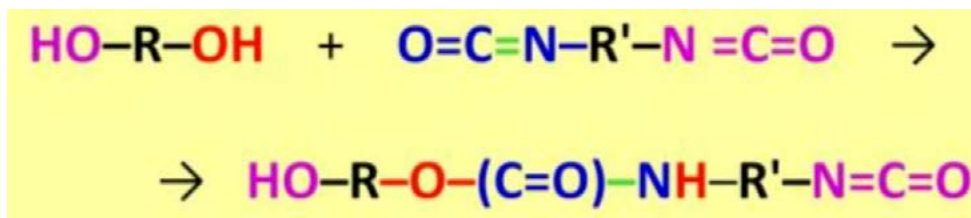
3.3.1.2 POLYREAKCE

- **Polymerace**
 - Polymerace je typ adice, kdy dojde ke spojování velkého počtu monomerů za vzniku produktu (polymeru) s jinými vlastnostmi, než měly původní monomery.
 - Během polymerace nevznikají žádné vedlejší produkty
 - Fáze polymerace:
 - **Iniciace** – první fáze, kde dochází k tvorbě radikálů, např. termickým nebo fotolytickým štěpením tzv. iniciátorů = zahajují polymeraci;
 - **Propagace** – druhá fáze, kdy vzniklý radikál reaguje s molekulou monomeru. Dochází ke vzniku radikálů monomeru, který reaguje s dalšími molekulami monomerů.
 - **Terminace** – poslední fáze, při které dochází k vymizení radikálů z reakční směsi a tím k zastavení polymerace.



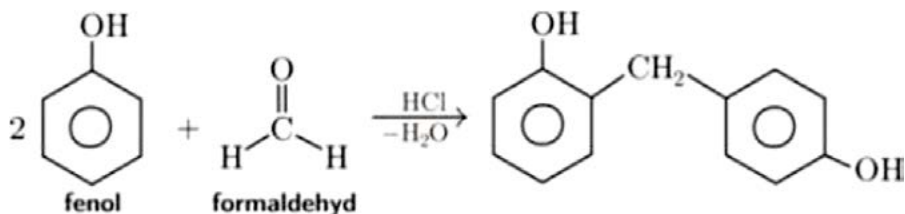
Obrázek 46 Polymerace [37]

- **Polyadice**
 - Při polyadici dochází u monomerů k molekulovému přesmyku, vedlejší produkt nevzniká. Tudiž polymery vznikají ze dvou různých monomerů s různými dvěma funkčními skupinami, podmínkou pro reakce je slabě kyselé prostředí. Typickým příkladem je např. polyurethan – Obrázek 47.



Obrázek 47 Polyadice [38]

- **Polykondenzace**
 - Polykondenzační reakce se účastní dva stejné nebo různé monomery, podmínkou pro reakci jsou alespoň dvě funkční skupiny na každé jednotce. Zároveň vzniká nízkomolekulární produkt (amoniak, voda, alkohol a podobně).



Obrázek 48 Polykondenzace [39]

3.3.1.3 TYPICKÉ PŘÍKLADY

Mezi nejznámější polymery patří syntetické ale i přírodní: polyethylen, polypropylen, polyvinylchlorid, polystyren, polyakrylonitril, polytetrafluorethylen, polyisopren, polychloropren, polysiloxany, polyvinylacetát, polymethylmethakrylát, polyurethan, polyethylentereftalát, polyamidy, celulóza, hemicelulózy... [40;41].

3.3.2 ALKALOIDY

Výskyt a vlastnosti:

- Význam alkaloidů v tělech rostlin není zcela přesně znám.
- Považují se za vedlejší produkty metabolismu aminokyselin v rostlinách [6].

Nejvýznamnější alkaloidy:

- **Morfin**
 - Získává se spolu s několika dalšími alkaloidy podobné struktury ze zaschlé šťávy nezralých makovic, tzv. opia. Má výrazný účinek na centrální nervový systém, tlumí mozkovou činnost, zejména vnímání bolesti. Z hlediska toxikomanie je významný derivát morfinu – heroin.
- **Nikotin**
 - Alkaloid obsažený v kořenech a listech tabáku (3-6 %). Je to prudce jedovatá hnědá kapalina, působící na srdeční činnost a cévní systém. Používá se k výrobě některých účinných přípravků k ochraně zemědělských kultur. Nikotin je jednou z mnoha negativně působících složek tabákového dýmu.
- **Kofein**
 - Kofein je alkaloid obsažený v zrnkách kávy, v listech čaje a také v kakau. Na lidský organismus působí podobně jako nikotin. Má také výrazné účinky močopudné.
- **Kokain**
 - Získává se z listů jihoamerické rostliny koky pravé. Jeho užití v medicíně nemá větší praktický význam pro nebezpečí návyku. Působí na centrální nervový systém [1;6].

3.3.3 DETERGENTY

Mezi detergenty řadíme prací a čisticí prostředky. Používají se k namáčení a praní jako prostředky na mytí nádobí, jsou účinnými složkami šamponů, holicích krémů, zubních past a odmašťovacích prostředků. Aktivní složkou detergentů jsou sloučeniny, které se nazývají **tenzidy**.

Podstata účinku tenzidů spočívá ve schopnosti snižovat povrchové napětí vody a umožnit tak smáčení povrchu nečistoty a její odstranění z povrchu textilie nebo jiného materiálu. Molekuly tenzidů se skládají ze dvou částí: hydrofobní a hydrofilní – umožňuje rozptýlení nečistoty ve vodě. Nejběžnějšími tenzidy v moderních detergencích jsou sodné soli alkylbenzensulfonových kyselin. Kromě tenzidů obsahují moderní detergenty další přísady k zvýšení účinnosti: např. sírany, fosforečnany nebo křemičitany, enzymy, dále parfém, barviva, opticky zjasňující látky...

Používáním syntetických detergentů vznikají značné ekologické problémy související se znečišťováním vod. Proto se výroba detergentů v současnosti orientuje na přípravky, které se po použití snadno rozloží v přírodě, např. estery nenasycených kyselin a sacharidů [1;2].

3.3.4 LÉČIVA

Jedná se o biologicky účinné látky k léčení, prevenci nebo diagnostice různých chorob. V současnosti kromě léčiv přírodního původu převážně syntetické přípravky.

Nejvýznamnější skupiny léčiv:

- **Anestetika**
 - Látky tlumící činnost centrálního nervového systému. Mohou působit jako narkotika, tj. látky způsobující ztrátu vědomí, nebo jako lokální anestetika vyvolávající místní znecitlivění
- **Analgetika**
 - Látky tlumící bolest, nevyvolávají však ztrátu vědomí. Mezi účinná analgetika patří morfin, kyselina acetylsalicylová nebo heterocyklická sloučenina amidopyrin.
- **Sedativa a hypnotika**
 - Sedativa a hypnotika jsou látky působící na centrální nervový systém. Mají uklidňující účinky (sedativa) nebo vyvolávají spánek (hypnotika). Často používaná sedativa jsou např. přípravky Rudotel a Diazepam. K nejčastěji používaným hypnotikům se řadí deriváty kyseliny barbiturové.
- **Antibiotika**
 - Látky velmi složité struktury produkované některými mikroorganismy. Jejich léčebný účinek spočívá v zamezení nebo přímo v ničení jiných mikroorganismů. Jejich účinek je většinou specifický, to znamená, že jsou účinné jen proti určitému druhu mikroorganismů. Typickými příklady jsou: penicilin, streptomycin, chloramfenikol a tetracykliny [1;6]

3.3.5 PESTICIDY

Chemické látky používané jako ochrana proti živočišným škůdcům a rostlinným chorobám. Mají význam v zemědělské výrobě, při ochraně potravin a v preventivním lékařství. Podle biologického účinku se dělí na řadu skupin: herbicidy, insekticidy, fungicidy a rodenticidy. Nevýhodou používání pesticidů je jejich podíl na znečišťování životního prostředí.

Nejvýznamnější skupiny pesticidů:

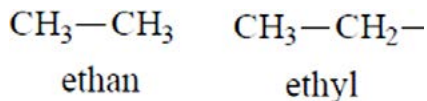
- **Herbicidy**
 - Látky, které ničí plevel. Působí buď totálně nebo selektivně. Jejich účinnost značně závisí na způsobu použití a volbě vhodného vegetačního období plevelů. Patří mezi ně např. trichloroctan sodný nebo defolianty.
- **Insekticidy**
 - Látky, které hubí hmyz. Jejich účinek není selektivní a většinou působí na široké spektrum hmyzu. Významnými insekticidy jsou některé chlorované deriváty uhlovodíků či organofosfáty, které jsou však velmi jedovaté i pro teplokrevné živočichy.
- **Fungicidy**
 - Chemické prostředky ochraňující rostliny proti napadení různými houbami a plísněmi. Významnými organickými fungicidy jsou některé nitroderiváty benzenu, mezi anorganické fungicidy patří např. sloučeniny mědi, rtuti nebo síry [1;42].

3.4 PŘÍKLADY Z ORGANICKÉ CHEMIE

3.4.1 UHLOVODÍKY

3.4.1.1 ALKANY

Alkany obsahují v molekule **pouze jednoduché vazby**. Názvy nerozvětvených alkanů se tvoří připojením koncovky **-an** ke kmeni příslušné řecké nebo latinské číslovky vyjadřující počet atomů uhlíku. Odpojením atomu vodíku na konci řetězce dostaneme jednovazné **zbytky**, tzv. **alkyly**. Jejich název dostaneme, když místo koncovky **-an** v názvu alkanu dáme koncovku **-yl** – Obrázek 46 [2;36].



Obrázek 49 Vznik uhlovodíkového zbytku – alkylu.

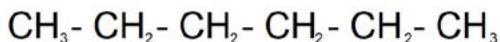
3.4.1.2 ALKENY A ALKYNY

Alkeny jsou uhlovodíky, které ve své molekule obsahují **dvojnou vazbu C=C**. **Alkyny** jsou alifatické uhlovodíky obecného vzorce $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$. Ve své molekule obsahují **trojnou vazbu**. Jejich název se odvodí z názvu příslušného alkanu přidáním koncovky **-en** u alkenů a **-yn** u alkynů spolu s číselným lokantem označujícím polohu násobné vazby. Číslování se zvolí tak, aby tento lokant byl co nejmenší [2;36].

3.4.1.3 DIENY

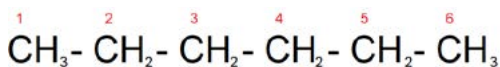
Je-li přítomno více násobných vazeb používá se přípony **-dien**, **-trien**, **-diyn**, **-enyn**, **-dienyn** apod. V číslování platí zásada nejmenších lokantů, pokud je možná volba pak má dvojná vazba přednost před trojnou [2;6;32;36].

Příklad 3.1. *Pojmenujte sloučeninu:*



Řešení:

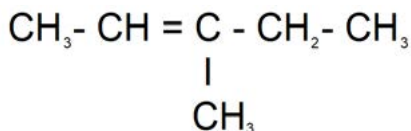
- Určíme si hlavní řetězec a očíslováme ho lokanty.



- V našem případě je celá zobrazená sloučenina hlavním řetězcem, který má šest uhlíků, z homologické řady vyčteme tedy název.

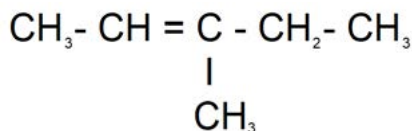
- V tomto případě šest uhlíků má hexan, tudíž se jedná o sloučeninu **hexan**.

Příklad 3.2. *Pojmenujte sloučeninu:*

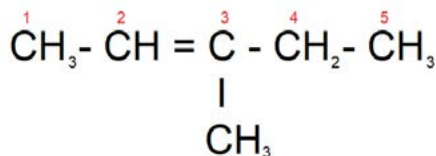


Řešení:

- Jako první si určíme hlavní řetězec:

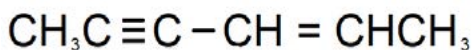


- Určíme si, kolik má hlavní řetězec uhlíků: 5 → sloučenina od PENTANU
- Podíváme se, zda sloučenina obsahuje násobné vazby, pokud ano, řetězec očíslováme tak, aby byl lokant, co nejnižší:



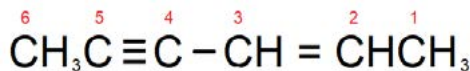
- Tudíž název nyní je: PENT-2-EN (dvojná vazba na druhém uhlíku).
- Avšak tam máme ještě uhlovodíkový zbytek na 3. uhlíku je navázáno CH₃, CH₃ je alkylový zbytek od methanu, tudíž -METHYL.
- A nyní dáme dohromady celý název, methyl je navázán na 3. uhlík: 3-METHYL-PENT-2-EN

Příklad 3.3. *Pojmenujte sloučeninu:*



Řešení:

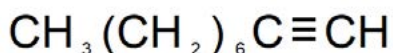
- Určíme si hlavní řetězec a očíslováme ho lokanty:



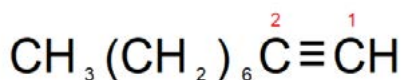
- Číslováme zprava, jelikož dosáhneme nižších čísel lokantů
- Určíme si, kolik má hlavní řetězec uhlíků: 6 → sloučenina od HEXANU
- Podíváme se, zda sloučenina obsahuje násobné vazby:
- Obsahuje jednu dvojnou na 2. uhlíku: HEX-2-EN
- Obsahuje i jednu trojnou na 4. uhlíku: HEX-2-EN-4-YN
- Nic dalšího vzorec neobsahuje, takže výsledný název je: HEX-2-EN-4-YN

Příklad 3.4. *Pojmenujte sloučeninu.*

Řešení:

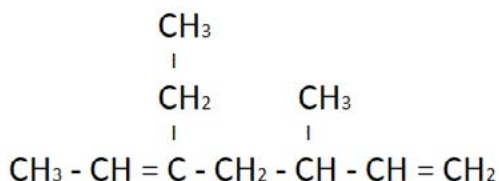


- Určíme si hlavní řetězec a očíslováme ho lokanty:



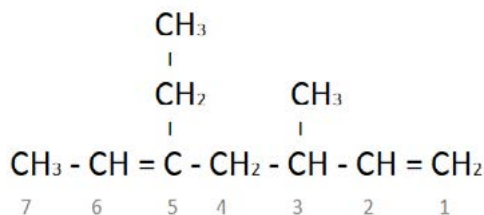
- Číslováme zprava, jelikož dosáhneme nižších čísel lokantů
- Určíme si, kolik má hlavní řetězec uhlíků: 9 → sloučenina od NONANU
- Podíváme se, zda sloučenina obsahuje násobné vazby:
- Obsahuje jednu trojnou na 1. uhlíku: NON-1-YN
- Nic dalšího vzorec neobsahuje, takže výsledný název je: NON-1-YN

Příklad 3.5. *Pojmenujte sloučeninu.*



Řešení:

- Určíme si hlavní řetězec a očíslovíme ho lokanty:

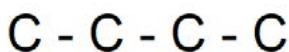


- Číslováme zprava, jelikož dosáhneme nižších čísel lokantů
- Určíme si, kolik má hlavní řetězec uhlíků: 7 → sloučenina od HEPTANU
- Podíváme se, zda sloučenina obsahuje násobné vazby:
- Obsahuje **dvě** dvojné na 1. a 5. uhlíku: HEPTA-1,5-DIEN
- Podíváme se, zda sloučenina obsahuje uhlovodíkové zbytky
- Obsahuje -CH₃ na 3. uhlíku: methyl → **3-METHYL**-HEPTA-1,5-DIEN
- Obsahuje -CH₂-CH₃ na 5. uhlíku: ethyl → **5-ETHYL**-3-METHYL-HEPTA-1,5-DIEN
- Ethyl jde v názvu před methyl, jelikož řadíme podle abecedy.
- Nic dalšího vzorec neobsahuje, takže výsledný název je: 5-ETHYL-3-METHYL-HEPTA-1,5-DIEN

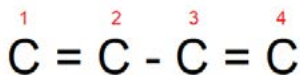
Příklad 3.6. *Napište vzorec sloučeniny: buta-1,3-dien*

Řešení:

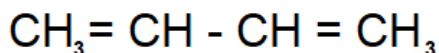
- Uhlovodík je odvozen od BUTANU – 4 uhlíky



- Koncovka dien, říká že sloučenina obsahuje dvě dvojné vazby, a to na 1. a 3. uhlíku:



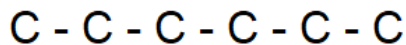
- Pokud tam nejsou v názvu žádné uhlovodíkové zbytky, dopočítáme počty vodíků a máme výsledný vzorec:



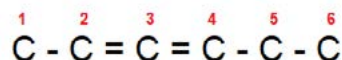
Příklad 3.7. Napište vzorec sloučeniny: hexa-2,3-dien

Řešení:

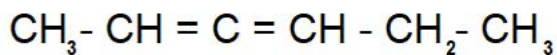
- Uhlovodík je odvozen od HEXANU – 6 uhlíků



- Koncovka dien, říká že sloučenina obsahuje dvě dvojné vazby, a to na 2. a 3. uhlíku:



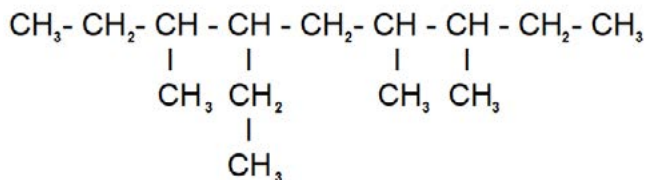
- Pokud tam nejsou v názvu žádné uhlovodíkové zbytky, dopočítáme počty vodíků a máme výsledný vzorec:



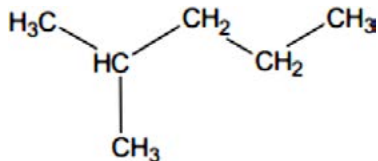
Příklad 3.8. Napište vzorec sloučeniny: okt-1,4-dien

Příklad 3.9. Napište vzorec sloučeniny: 3-ethyl-2,5-dimethylhexan

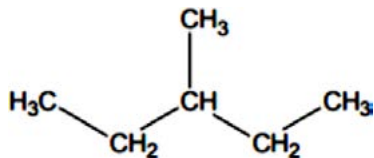
Příklad 3.10. Pojmenujte sloučeninu:



Příklad 3.11. Pojmenujte sloučeninu:



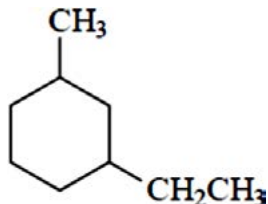
Příklad 3.12. Pojmenujte sloučeninu:



3.4.1.4 CYKLOALKANY

Cykloalkany jsou uhlovodíky obecného vzorce C_nH_{2n} . Ve své molekule obsahují opět pouze jednoduché vazby C–C a C–H. Na rozdíl od alkanů však mají cyklickou strukturu [6].

Příklad 3.13. *Pojmenujte sloučeninu:*



Řešení:

- Určíme si, kolik je v cyklu uhlíků: 6 → sloučenina od HEXANU
- Je to cyklické → CYKLOHEXAN
- Podíváme se, zda sloučenina obsahuje násobné vazby:
- Žádné neobsahuje, tak se podíváme se, zda sloučenina obsahuje uhlovodíkové zbytky
- Ethyl jde v názvu před methyl, jelikož řadíme podle abecedy.
- Obsahuje $-CH_2-CH_3$: ethyl → přiřadíme uhlíku lokant 1: **1-ETHYL**-CYKLOHEXAN
- Obsahuje $-CH_3$: methyl → na 3. lokantu: **1-ETHYL-3-METHYL**-CYKLOHEXAN
- Ethyl jde v názvu před methyl, jelikož řadíme podle abecedy.
- Nic dalšího vzorec neobsahuje, takže výsledný název je: **1-ETHYL-3-METHYL-CYKLOHEXAN**

Příklad 3.14. *Pojmenujte sloučeninu.*



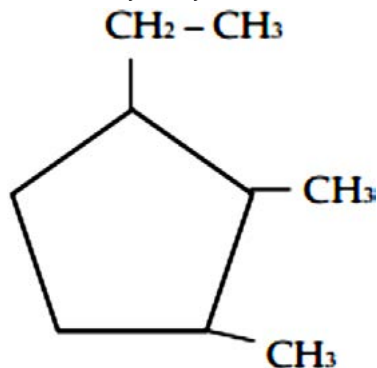
Řešení:

- Určíme si, kolik je v cyklu uhlíků: 5 → sloučenina od PENTANU
- Je to cyklické → CYKLOPENTAN
- Podíváme se, zda sloučenina obsahuje násobné vazby:
- Jelikož obsahuje začneme číslovat lokanty od umístění vazeb: dvojná vazba 1. a 3. uhlíku: CYKLOPENTA-1,3-DIEN
- Nic dalšího vzorec neobsahuje, takže výsledný název je: **CYKLOPENTA-1,3-DIEN**

Příklad 3.15. *Pojmenujte sloučeninu.*



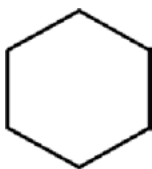
Příklad 3.16. *Pojmenujte sloučeninu.*



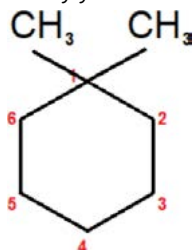
Příklad 3.17. *Napište vzorec sloučeniny: 2-butyl-4-ethyl-1,1-dimethyl-cyklohexan*

Řešení:

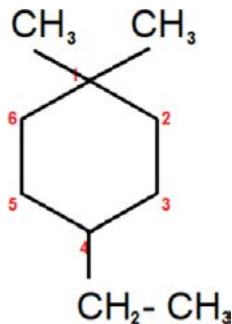
- Uhlovodík je odvozen od HEXANU – 6 uhlíků
- Jedná s o CYKLOHEXAN, tudíž v uhlíky budou spojeny v cyklus:



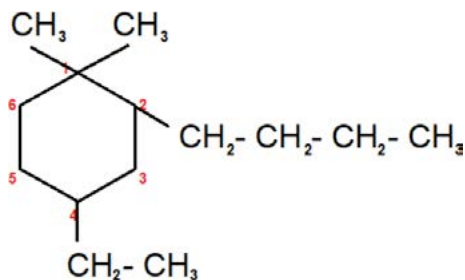
- Podle koncovky, žádné dvojné vazby neobsahuje, tak se začneme měřit na uhlíkové zbytky: 1,1-dimethyl → dva methyly budou na prvním uhlíku:



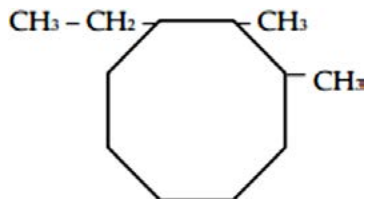
- Podle koncovky, žádné dvojné vazby neobsahuje, tak se začneme měřit na uhlíkové zbytky: 4-ethyl → ethyl bude na čtvrtém uhlíku:



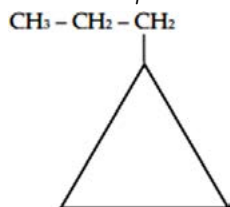
- Podle koncovky, žádné dvojné vazby neobsahuje, tak se za měříme na uhlíkové zbytky: 2-butyl → butyl bude na druhém uhlíku:



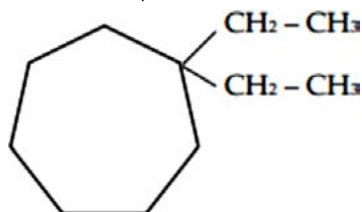
Příklad 3.18. Napište vzorec sloučeniny:



Příklad 3.19. Napište vzorec sloučeniny:

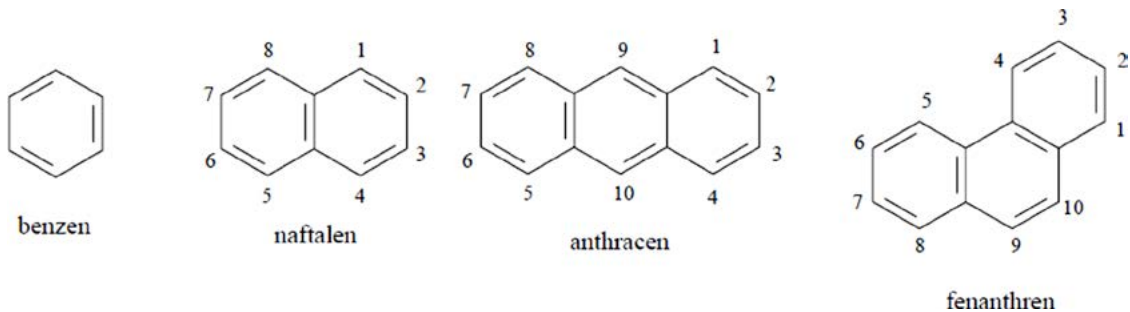


Příklad 3.20. Napište vzorec sloučeniny:

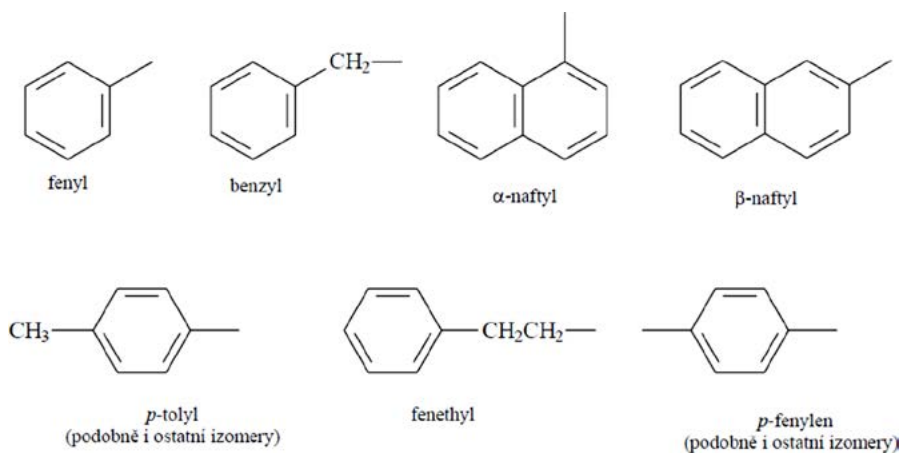


3.4.1.5 AROMATICKÉ UHLOVODÍKY (ARENY)

Základním arenem je benzen. Je to tzv. jednojadrný aren. Jeho šestičlenný kruh se též nazývá benzenové jádro. Uhlovodíky, které mají dvě a více těchto jader spojených dohromady společnou stranou se nazývají kondenzované aromatické uhlovodíky [6].

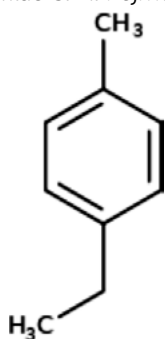


Obrázek 50 Základní areny a jejich číslování [1]

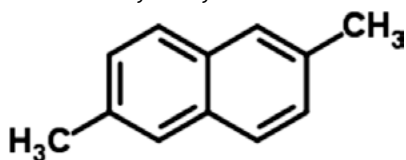


Obrázek 51 Uhlíkové zbytky arenů [1]

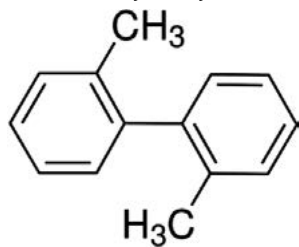
Příklad 3.21. Pojmenujte sloučeninu:



Příklad 3.22. Pojmenujte sloučeninu:



Příklad 3.23. Pojmenujte sloučeninu:



Příklad 3.24. Napište vzorec: 9,10-dimethyl-anthracen

Příklad 3.25. Napište vzorec: 2-fenyl-naftalen

Příklad 3.26. Napište vzorec: ethenyl-benzen

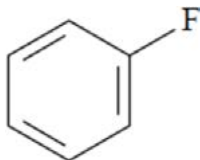
3.4.2 DERIVÁTY UHLOVODÍKŮ

Názvosloví derivátů uhlovodíků se tvoří z názvu příslušných uhlovodíků, ke kterým se přidávají předpony a (nebo) přípony označující příslušnou charakteristickou skupinu nebo substituent [1;6].

3.4.2.1 HALOGENERIVÁTY UHLOVODÍKŮ

Přítomnost molekuly v halogenu se označuje **předponou halogen**. Předpony vyjadřující druh halogenu se řadí podle abecedy. Halogenderiváty lze rovněž pojmenovat příponou halogenid [1;6].

Příklad 3.27. Napište název sloučeniny:



Příklad 3.28. Napište název sloučeniny:



Příklad 3.29. Napište vzorec sloučeniny: chlor-methyl-benzen

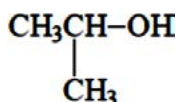
Příklad 3.30. Napište vzorec sloučeniny: 3-chlor-prop-1-en

3.4.2.2 ALKOHOLY A FENOLY

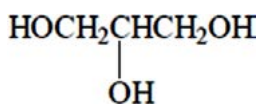
Alkoholy jsou sloučeniny, které na alkyl-skupině mají vázaný hydroxyl. Lze je tedy obecně napsat R-OH. Jsou celkem čtyři možnosti, jak alkohol pojmenovat: alkanol, alkylalkohol, hydroxyalkan, případně pomocí triviálního názvu.

Fenoly jsou sloučeniny, které mají na aromatickém jádře navázanou skupinu OH [1;2].

Příklad 3.31. Napište název sloučeniny:



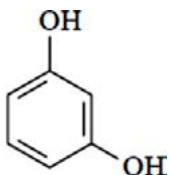
Příklad 3.32. Napište název sloučeniny:



Příklad 3.33. Napište vzorec sloučeniny: butan-1-ol

Příklad 3.34. Napište vzorec sloučeniny: prop-2-en-1-ol

Příklad 3.35. Napište název sloučeniny:

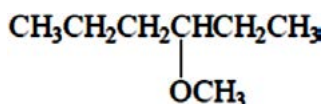


Příklad 3.36. Napište vzorec sloučeniny: 2-methylbenzen-1-ol

3.4.2.3 ETHERY

Ethery jsou sloučeniny obecného vzorce $R-O-R'$, kde R a R' mohou být různé alkyly nebo aryly. Podle toho, zda jsou řetězce stejné, tak se jedná o symetrické ethery. V případě, že každý řetězec je jiný – nesymetrické ethery. Název vzniká připojení **přípony – ether**, případně předponou **oxa-** (**-ethoxy**, **-methoxy**) [1;2;6].

Příklad 3.37. Napište název sloučeniny:



Příklad 3.38. Napište název sloučeniny:

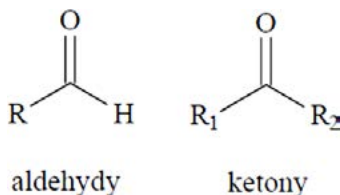


Příklad 3.39. Napište vzorec sloučeniny: 1,4-dioxa-cyklohexan (1,4-dioxan)

Příklad 3.40. Napište vzorec sloučeniny: ethoxy-ethan / diethylether

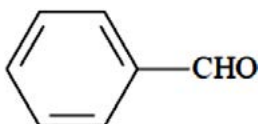
3.4.2.4 ALDEHYDY A KETONY (KARBONYLOVÉ SLOUČENINY)

Aldehydy a ketony se rovněž označují souhrnným názvem karbonylové sloučeniny. Ve své molekule obsahují karbonylovou skupinu $C=O$. U aldehydů názvosloví vzniká alkan-al, případně alkyl-aldehyd /alkan-karbaldehyd. V případě ketonů koncovka -on, alkan-on nebo alkyl-keton.

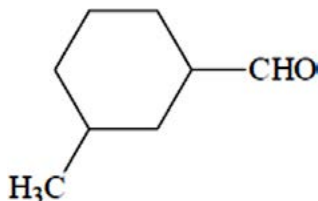


Obrázek 52 Karbonylové sloučeniny [1]

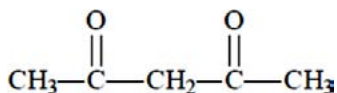
Příklad 3.41. Napište název sloučeniny:



Příklad 3.42. Napište název sloučeniny:



Příklad 3.43. Napište název sloučeniny:



Příklad 3.44. Napište vzorec sloučeniny: 4-oxo-pentanal

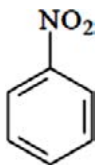
Příklad 3.45. Napište vzorec sloučeniny: naftalen-2-karbaldehyd

Příklad 3.46. Napište vzorec sloučeniny: propanon (dimethylketon /aceton)

3.4.2.5 NITROSLOUČENINY

Nitrosloučeniny dostaneme, pokud v molekule atom uhlíkovíku nahradíme atom vodíku nitro-skupinou – NO₂. Názvy nitrosloučenin se vytvoří přidáním předpony **nitro-** k názvu základního uhlíkovíku.

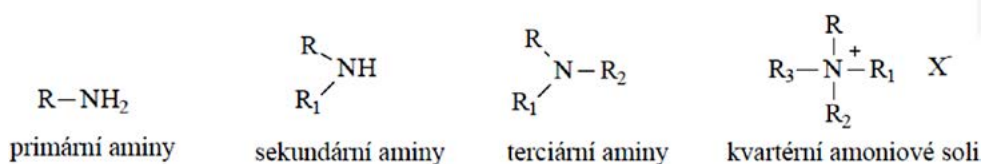
Příklad 3.47. Napište název sloučeniny:



Příklad 3.48. Napište vzorec sloučeniny: trinitro-toluen (2-methyl-1,3,5-trinitorbenzen)

3.4.2.6 AMINY

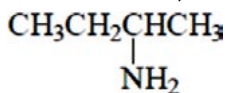
Aminy jsou deriváty amoniaku, v němž je jeden nebo více vodíků nahrazeno alkyly nebo aryly.



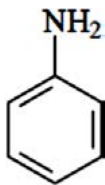
Obrázek 53 Aminy [1]

Názvy primárních aminů se tvoří podle vzoru **alkan-amin** nebo **alkyl-amin**. Pokud aminoskupina není hlavní skupinou pak se používá předpona **amino-**. V názvu sekundárních a terciárních aminů se používá písmeno **N** jako **lokant**. Názvy solí se tvoří připojením **koncovky amonium** a názvem odpovídajícího aniontu.

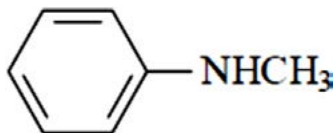
Příklad 3.49. Napište název sloučeniny:



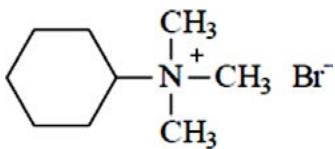
Příklad 3.50. Napište název sloučeniny:



Příklad 3.51. Napište název sloučeniny:



Příklad 3.52. Napište název sloučeniny:



Příklad 3.53. Napište vzorec sloučeniny: 4-methyl-benzen-amin

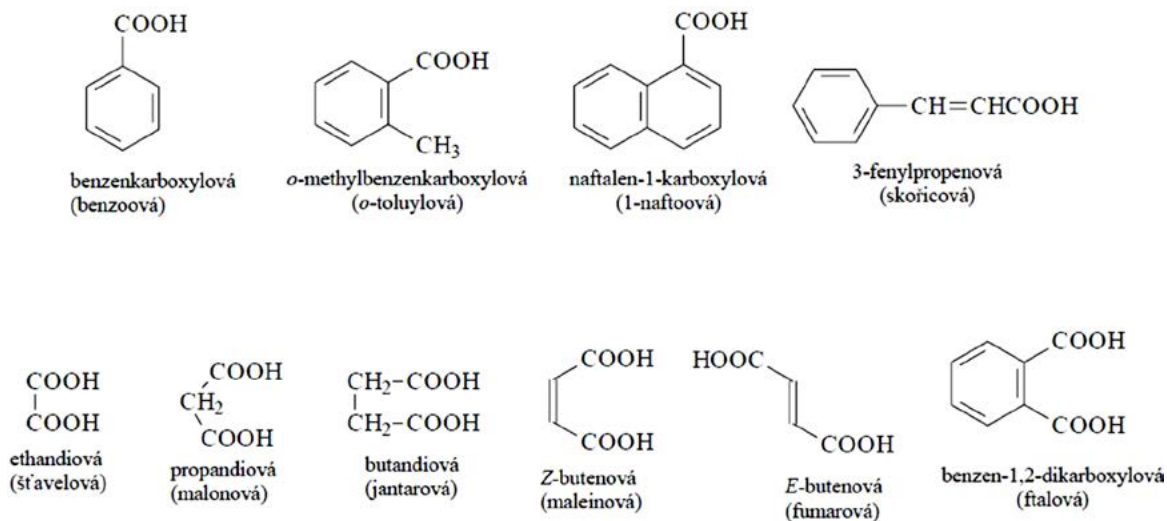
Příklad 3.54. Napište vzorec sloučeniny: methyl-amin (methan-amin)

Příklad 3.55. Napište vzorec sloučeniny: N-ethyl-N-methyl-ethan-amin

Příklad 3.56. Napište vzorec sloučeniny: methyl-amonium-chlorid

3.4.2.7 KARBOXYLOVÉ KYSELINY

Karboxylové kyseliny obsahují ve své molekule jednu nebo více **karboxyskupin** $-\text{COOH}$. Většinou se u karboxylových kyselin používá spíše triviální název než klasický.



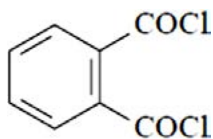
Obrázek 54 Karboxylové kyseliny [1]

3.4.3 FUNKČNÍ DERIVÁTY UHLOVODÍKŮ

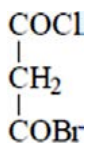
3.4.3.1 ACYLHALOGENIDY

Acylhalogenidy vznikají spojením karbonylu s halogenem. A jejich název se tvoří koncovkou $-\text{halogenid}$, tudíž: alkan-oyl-halogenid, případně jako halogenkarbonyl-.

Příklad 3.57. Napište název sloučeniny:



Příklad 3.58. Napište název sloučeniny:



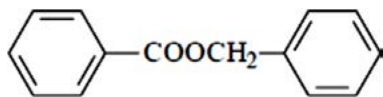
Příklad 3.59. Napište vzorec sloučeniny: ethanoyl-chlorid (acetyl-chlorid)

Příklad 3.60. Napište vzorec sloučeniny: butanoyl-bromid

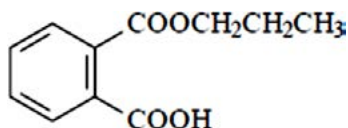
3.4.3.2 ESTERY KARBOXYLOVÝCH KYSELIN

Estery karboxylových kyselin odvodíme náhradou hydroxyly v karboxylové skupině za alkoxy nebo aryloxykupinu [1;6].

Příklad 3.61. Napište název sloučeniny:



Příklad 3.62. Napište název sloučeniny:

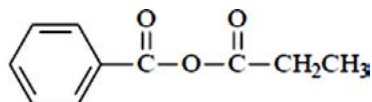


Příklad 3.63. Napište vzorec sloučeniny: ethyl-ethanoát (ethyl-acetát)

3.4.3.3 ANHYDRIDY KARBOXYLOVÝCH KYSELIN

Anhydridy karboxylových kyselin lze odvodit tak, že odtrhneme vodu ze dvou karboxylových skupin [1;2].

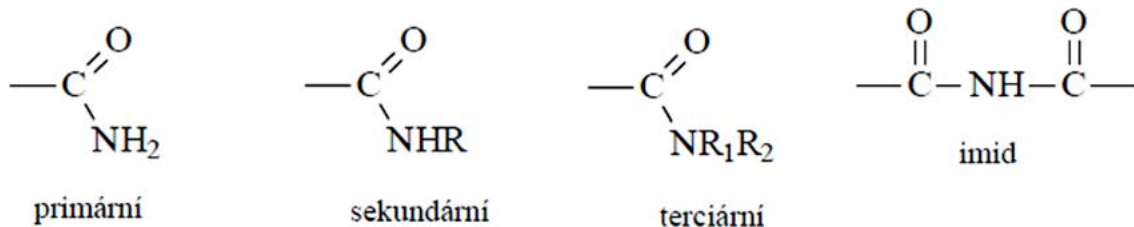
Příklad 3.64. Napište název sloučeniny:



Příklad 3.65. Napište vzorec sloučeniny: ethan-anhydrid (anhydrid kyseliny octové, acetanhydrid)

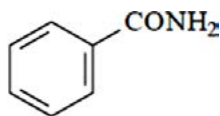
3.4.3.4 AMIDY KARBOXYLOVÝCH KYSELIN

Amidy se dělí do tří skupin podle počtu vodíkových atomů na dusíku na primární, sekundární a terciární. Názvosloví vzniká koncovkou **-amid**. Sloučeniny, u kterých je dusík vázán ke dvěma karboxylovým skupinám se nazývají imidy [1;6].

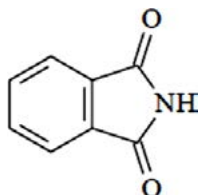


Obrázek 55 Amidy karboxylových kyselin [1]

Příklad 3.66. Napište název sloučeniny:



Příklad 3.67. Napište název sloučeniny:



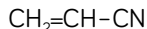
Příklad 3.68. Napište vzorec sloučeniny: butanimid

Příklad 3.69. Napište vzorec sloučeniny: ethan-amid (acteamid)

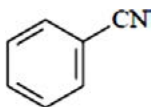
3.4.3.5 NITRILY

Nitrily se rovněž zařazují mezi funkční deriváty karboxylových kyselin, ve své molekule obsahují nitrilovou skupinu CN a koncovku –**nitril**, případně předponu **kyan**– [1].

Příklad 3.70. Napište název sloučeniny:



Příklad 3.71. Napište název sloučeniny:



Příklad 3.72. Napište vzorec sloučeniny: 3-kyan-cyklohexan-karboxylová kyselina

Příklad 3.73. Napište vzorec sloučeniny: propan-dinitril

3.4.4 SUBSTITUČNÍ DERIVÁTY UHLOVODÍKŮ

Substituční deriváty karboxylových kyselin jsou sloučeniny, u nichž je vodík v řetězci karboxylové kyseliny nahrazen substituentem. Mezi nejvýznamnější zástupce této skupiny sloučenin patří halogenkyseliny, hydroxykyseliny, aminokyseliny, oxokyseliny a nenasycené karboxylové kyseliny [6].

3.4.4.1 HALOGENKyseliny

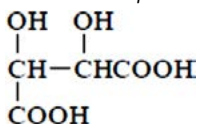
Tyto kyseliny odvodíme náhradou jednoho nebo více vodíků v řetězci nebo cyklu v molekule karboxylové kyseliny za halogen [6].

Příklad 3.74. Napište vzorec sloučeniny: 2,4-dichlor-fenoxy-ethanová kyselina (herbicid)

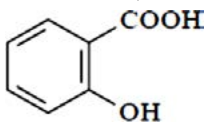
3.4.4.2 HYDROXYKyseliny

Hydroxykyseliny se odvodí náhradou vodíku v molekule karboxylové kyseliny hydroxylem [1].

Příklad 3.75. Napište název sloučeniny:



Příklad 3.76. Napište název sloučeniny:



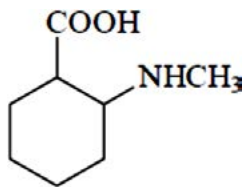
Příklad 3.77. Napište vzorec sloučeniny: 2-hydroxypropanová kyselina (kyselina mléčná)

Příklad 3.78. Napište vzorec sloučeniny: 3-karboxy-3-hydroxy-pentadiová kyselina (kyselina citrónová)

3.4.4.3 AMINOKYSELINY

Aminokyseliny se odvodí náhradou vodíku v molekule karboxylové kyseliny za aminoskupinu [1].

Příklad 3.79. Napište název sloučeniny:

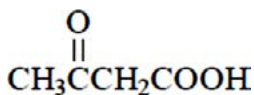


Příklad 3.80. Napište vzorec sloučeniny: 2-amino-benzen-karboxylová kyselina

3.4.4.4 OXOKYSELINY

Tyto kyseliny lze rozdělit na aldehydokyseliny a ketokyseliny, ve své molekule obsahují kromě karboxylové skupiny také skupinu aldehydickou nebo ketonickou [1;2].

Příklad 3.81. Napište název sloučeniny:



Příklad 3.82. Napište vzorec sloučeniny: 3-oxo-cyklohexan-karboxylová kyselina

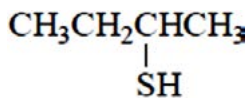
3.4.5 ORGANICKÉ SLOUČENINY OBSAHUJÍCÍ SÍRU

Mezi tyto sloučeniny se obvykle řadí takové, které obsahují ve své molekule vazbu C-S [1].

3.4.5.1 THIOLY

Thioly jsou sirnou analogií alkoholů a mají obecný vzorec R-SH. Název je tvořen koncovkou -thiol, případně předponou sulfanyl-.

Příklad 3.83. Napište název sloučeniny:

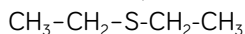


Příklad 3.84. Napište vzorec sloučeniny: sulfanyl-ethanová kyselina

3.4.5.2 SULFIDY

Sulfidy jsou sirná analogie etherů [1].

Příklad 3.85. Napište název sloučeniny:

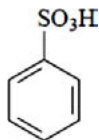


Příklad 3.86. Napište vzorec sloučeniny: methyl-sulfanyl-cyklohexan (cyklo-hexyl-methyl-sulfid)

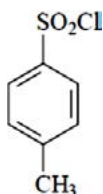
3.4.5.3 SULFONOVÉ KYSELINY A JEJICH FUNKČNÍ DERIVÁTY

Sulfonové kyseliny mají obecný vzorec $R-SO_3H$. Od ní se odvozují její funkční deriváty: sulfonylchloridy $R-SO_2Cl$, sulfonáty $R-SO_2OR'$ a sulfoamidy $R-SO_2NH_2$ [1;2].

Příklad 3.87. Napište název sloučeniny:



Příklad 3.88. Napište název sloučeniny:



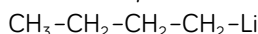
Příklad 3.89. Napište vzorec sloučeniny: methyl-3-nitro-benzen-sulfonát

Příklad 3.90. Napište vzorec sloučeniny: 4-methyl-benzen-sulfo-amid

3.4.6 ORGANOKOVOVÉ SLOUČENINY

Organokovové sloučeniny jsou sloučeniny, které ve své molekule obsahují vazbu uhlík-kov [1;2].

Příklad 3.91. Napište název sloučeniny:



Příklad 3.92. Napište vzorec sloučeniny: tetraethyl-plumbium (tetraethyl-olovo)

3.4.7 URČENÍ VZORCE

Příklad 3.93. Analýzou bylo zjištěno, že uhlovodík obsahuje 85,71 % uhlíku a 14,29 % vodíku. Vypočítejte jeho stechiometrický vzorec. Stanovte molekulový vzorec této látky, víte-li, že relativní molekulová hmotnost je 84.

Řešení:

- Molární poměr získáme jako podíl jejich procentuálního obsahu a jejich relativní atomové hmotnosti:

$$C: \frac{85,71}{12,00} = 7,143 \quad H: \frac{14,29}{1,00} = 14,290$$

- Získané hodnoty podělíme nejmenší z nich, abych získali poměr malých čísel:

$$C: \frac{7,143}{7,143} = 1 \quad H: \frac{14,290}{7,143} = 2$$

$$1:2$$

- Pro určení molekulové vzorce je třeba vypočítat koeficient, kterým se vynásobí relativní molekulová hmotnost útvaru, popsaného vzorcem stechiometrickým CH_2 :

$$M_r(CH_2) = 14,0 \rightarrow \frac{84}{14} = 6$$

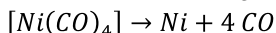
$$CH_2 \cdot 6 = C_6H_{12}$$

- Stechiometrický vzorec uhlovodíku je CH_2 a molekulový vzorec C_6H_{12} .

Příklad 3.94. Vypočítejte, která z následujících sloučenin má nejvyšší obsah kyslíku: a) kyselina octová; b) methanol; c) formaldehyd (methanal); d) dimethylether.

Příklad 3.95. Jaká bude procentuální koncentrace roztoku ethanolu, který vznikl z 550 ml jrho 20% roztoku ($\rho = 0,9686 \text{ g/cm}^3$) a 350 ml bezvodého ethanolu ($\rho = 0,7893 \text{ g/cm}^3$)?

Příklad 3.96. Tetrakarbonyl nikl se rozkládá při teplotě nad 230°C . Probíhající děj vyjadřuje rovnice:



Vypočítejte kolik niklu se vyloučilo, pokud v průběhu reakce vzniklo 80 dm^3 oxidu uhelnatého.

Příklad 3.97. Vypočítejte pH 0,15 M roztoku kyseliny octové (ethanové) ($K_a = 1,75 \cdot 10^{-5}$).

Řešení:

- Kyselina octová je slabá kyselina, proto i v roztocích je disociována částečně. Disociaci kyseliny octové vystihuje rovnice:

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

- Přiřadíme koncentraci $[\text{CH}_3\text{COO}^-] = x$, bude i koncentrace $[\text{H}^+] = x$. A koncentrace nedisociované kyseliny $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ bude $= 0,15 - x$:

$$1,75 \cdot 10^{-5} = \frac{x \cdot x}{0,15 - x} \rightarrow x = 1,622 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$$

- pH vypočítáme jako záporný dekadický logaritmus:

$$\text{pH} = -\log 1,622 \cdot 10^{-3} = 2,79$$

Příklad 3.98. Jaká musí být molární koncentrace kyseliny propionové (propanové) ($K_a = 1,33 \cdot 10^{-5}$), aby její roztok měl $\text{pH} = 2,4$.

Příklad 3.99. Vypočítejte standardní slučovací teplo propanu, známe-li:

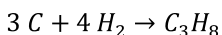
$$\text{Propan: } \Delta H_{\text{spal}}^0 \text{C}_3\text{H}_8 (\text{g}) = -2220 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{Grafit: } \Delta H_{\text{spal}}^0 \text{C} (\text{s}) = -393,7 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{Voda: } \Delta H_{\text{sluč}}^0 \text{H}_2\text{O} (\text{l}) = -285,8 \text{ kJ/mol}$$

Řešení:

- Napíšeme rovnice reakce, když by propan vznikl přímou syntézou uhlíku a vodíku:



- Vycházíme ze vztahu pro výpočet reakčního tepla:

$$\Delta H^0 = \sum \Delta H_{\text{spal}}^0 (\text{reaktantů}) - \sum \Delta H_{\text{spal}}^0 (\text{produktů})$$

- Pro výpočet si musíme uvědomit, že slučovací teplo vody je rovno spalnému teplu vodíku:

$$\Delta H^0 = 3 \cdot (-393,7) + 4 \cdot (-258,8) - (-2220) = -104,3 \text{ kJ}$$

- Vzhledem k tomu, že v průběhu reakce vznikne právě 1 mol, je reakční teplo shodné se standardním slučovacím teplem této sloučeniny, tedy -104 kJ/mol .

Příklad 3.100. Vypočítejte standardní spalné teplo benzenu, známe-li:

$$\text{Benzen: } \Delta H_{\text{sluč}}^0 \text{C}_6\text{H}_6 (\text{l}) = +49,0 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{Grafit: } \Delta H_{\text{spal}}^0 \text{C} (\text{s}) = -393,7 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{Voda: } \Delta H_{\text{sluč}}^0 \text{H}_2\text{O} (\text{l}) = -285,8 \text{ kJ/mol}$$

$$[1;2;6;20;32;33;36;43-52]$$

4 BIOCHEMIE

4.1 ÚVOD

Moderní vědní obor, který chemickými metodami zkoumá **biologické děje**. Zabývá se jak chemickou stavbou živých organismů, tak chemickými přeměnami probíhajícími v živých organismech. Můžeme říci, že je to **chemie života – životních dějů** [6].

4.2 VZNIK A VÝVOJ

Biochemie vznikla z organické chemie. Původně se organická chemie zabývala jednoduchými přírodními látkami, které byly získávány z různých přírodních zdrojů. Rozvoj přístrojové techniky umožnil chemikům studovat stále složitější organické látky nejen v baňkách a zkumavkách, ale i přímo v živých tělech., a to vyústilo k rozdělení na dva obory: organická chemie a biochemie.

Postupně vznikla mikrobiologie a nakonec molekulární biologie, která studuje biologické problémy na úrovni biomakromolekul. **Biomakromolekuly** jsou molekuly biologicky významných látek jsou složeny z několika set až z mnoha tisíc atomů a jejich molární hmotnosti dosahují hodnoty i přes 1 000 000 g/mol!. Jejich stavba je složitá a snadno se naruší vlivem vnějších podmínek [6].

4.3 VÝZNAM BIOCHEMIE A JEJÍ ČLENĚNÍ

Biochemie je hraniční obor, který spojuje chemii a biologii, protože se zabývá chemickými pochody ve zdravých a nemocných tělech, má velký význam pro medicínu a farmacii. **Biochemie statická** se zabývá studiem látek, které tvoří živé organismy. **Biochemie dynamická** je funkční, která se zabývá studiem chemických změn, ke kterým dochází v živých tělech [6].

4.4 CHEMICKÉ SLOŽENÍ ŽIVÝCH ORGANISMŮ

Zkoumáním živých organismů se zjistilo, že jsou tvořeny stejnými chemickými prvky, které nacházíme v přírodě neživé. Složení organismů se od složení zemské kůry liší pouze různým zastoupením těchto prvků [6].

4.4.1 BIOGENNÍ PRVKY

Prvky, z nichž jsou organismy vytvořeny a které jsou pro život organismů nezbytné. Je známo, že 97 % celkové hmotnosti živých organismů tvoří pět prvků: uhlík, vodík, dusík, kyslík a fosfor, jsou to tzv. **makroprvky**. Do další skupiny biogenních prvků (**mikroprvků**) patří hořčík, vápník, sodík, draslík, železo, síra a chlor. A poslední skupinu tvoří **stopové prvky**: zinek, měď, mangan, jod, kobalt, bor, fluor, chrom, molybden, křemík, hliník...

Z chemických sloučenin jsou v živých organismech zastoupeny jak látky anorganické, tak organické nízkomolekulární, tak makromolekulární (biopolymery). Kromě vody jsou přítomny v živých organismech i další anorganické látky – oxid uhličitý, amoniak a anorganické soli. Z organických sloučenin obsažených v živých organismech jsou nejvýznamnější bílkoviny, sacharidy, lipidy a nukleové kyseliny [1;6].

4.4.2 BÍLKOVINY

Nazýváme je také **proteiny**. Jsou nejvýznamnější součástí živých těl, jelikož jsou přítomny ve všech organismech od virů až po člověka a tvoří přes 50 % jejich hmoty. Jsou nejsložitější součástí živých systémů, které jsou stavebním materiálem buněk a současně řídí a realizují veškeré dění v buňkách. Jsou odpovědné za jedinečné vlastnosti života – replikace, evoluce, adaptace.

Chemicky je můžeme považovat za makromolekulární polykondenzáty aminokyselin. Jsou to tedy přirozené polymery aminokyselin, které obsahují alespoň 100 aminokyselinových zbytků [1;6;53;54].

4.4.2.1 ROZDĚLENÍ BÍLKOVIN

Bílkoviny lze rozdělit dle několika kritérií, podle chemického složení se dělí na jednoduché, složené pouze z aminokyselinových jednotek, a složené, obsahující i nebílkovinnou složku. Složené se dále mohou dělit na:

- **Lipoproteiny** (obsahují lipidovou složku)
- **Glykoproteiny** (obsahují sacharidovou složku)
- **Fosfoproteiny** (obsahují zbytky kyseliny fosforečné)
- **Metaloproteiny** (obsahují kationty kovů)
- **Hemoproteiny** (obsahují krevní barvivo hem)
- **Nukleoproteiny** (obsahují části nukleových kyselin)

Anebo podle terciární struktury bílkovin je můžeme rozdělit na **fibrilární** (skleroproteiny) a **globulární** (sferoproteiny). Proteiny se mohou dělit dle jejich rozpustnosti na **albuminy**, ty jsou rozpustné ve vodě a na **globuliny**, které jsou rozpustné ve slabých roztocích kyselin, zásad a solí [33].

4.4.3 SACHARIDY

Sacharidy (**glycidy**), nesprávně uhlohydráty, tvoří další biologicky významnou skupinu chemických látek. Opět se jedná o přírodní látky, které jsou přítomné ve všech organismech. Slouží především jako zásoba chemické energie a jako stavební látky. Rozpustné sacharidy mají zpravidla sladkou chuť a nazývají se též **cukry**.

V rostlinách vznikají při fotosyntéze, při které dochází v telených rostlinách působením slunečního záření k reakci oxidu uhličitého s vodou a vzniká kyslík a glukóza, kterou pak rostliny přeměňují na složitější sacharidy.

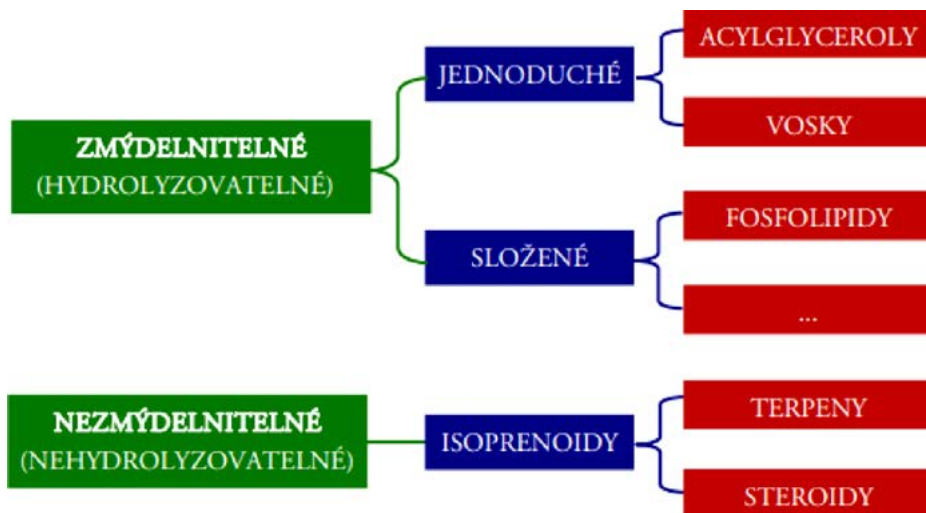
Živočiškové sacharidy musí přijímat v potravě. Jsou to základní živiny, které se složitostí své molekuly ztrácí sladkou chutí [1;55–57].

4.4.3.1 ROZDĚLENÍ SACHARIDŮ

Molekula sacharidu je tvořena monosacharidy, které podle počtu jednotek dělíme na: monosacharidy, oligosacharidy a polysacharidy. Z chemického hlediska jsou sacharidy hydroxyaldehydy tzv. **aldózy** a hydroxyketony tzv. **ketózy** [33].

4.4.4 LIPIDY

Jejich společnou vlastností je **nerozpustnost ve vodě** a rozpustnost v organických rozpouštědlech. Svoji rozpustností se lipidy výrazně odlišují od ostatních přírodních látek, které jsou zpravidla rozpustné ve vodě. Z chemického hlediska jsou lipidy estery vyšší mastných karboxylových kyselin. Jsou to různé **tuky, oleje**, některé **vitamíny, hormony**, které mohou být rostlinného, živočišného i mikrobiálního původu. Rozdělení lipidů je zobrazené na Obrázku 50 [1;33;56–58].



Obrázek 56 Rozdělení lipidů [33]

4.4.5 NUKLEOVÉ KYSELINY

Jsou to vysokomolekulární biopolymery, které jsou spolu s bílkovinami považovány za nejvýznamnější složky živých organismů. Nukleové kyseliny mají řídicí funkci, **nesou genetickou informaci**. Nukleové kyseliny jsou podobné jako bílkoviny a polysacharidy složeny z menších jednotek, které se volně kombinují. Základní stavební jednotkou nukleových kyselin jsou **nukleotidy**. Každý nukleotid je složen ze tří částí – z kyseliny fosforečné, pentózy a dusíkaté báze [1;2;6].

4.5 BIOCHEMICKÉ DĚJE

Základní vlastností živých soustav je jejich schopnost přijímat, přeměňovat a využívat látky a energie z okolního prostředí. Přijímané látky i energie potřebuje organismus k biosyntéze látek potřebných pro život a k přeměně na užitečnou práci a teplo. Přeměna látek v živých soustavách se uskutečňuje ve vnitrobuněčných strukturách a je přesně řízena **enzymy** [1;2].

4.5.1 ENZYMY

Enzymy jsou vlastně biokatalyzátory, které se podílejí na řízení metabolismu a jsou mnohem účinnější než katalyzátory chemické. Jedná se o složité bílkoviny, které kromě bílkovinné části apoenzymu mají i část nebílkovinnou – koenzym. Spojením právě těchto dvou látek vzniká účinný enzym. Apoenzym je obvykle globulární bílkovina, který určuje specifčnost enzymu. Koenzym je nízkomolekulární organická látka, nejčastěji to bývá vitamín [1;2;6].

Enzymy můžeme rozdělit do 6 základních tříd:

- **Oxidoreduktázy** – katalyzují oxidačně redukční děje, příkladem je skupina enzymů – dehydrogenázy;
- **Transferázy** – katalyzují přenos funkční skupiny z jednoho substrátu na druhý, příkladem jsou aminotransferázy;
- **Hydrolázy** – katalyzují hydrolýzu substrátu, tzn. hydrolytické štěpení substrátu za účasti vody. Příkladem je kyselá nebo alkalická fosfatáza;
- **Lyázy** – katalyzují separaci vazby v molekule substrátu, především C-C a C-N vazeb bez účasti vody, příkladem jsou dekarboxylázy kyselin;
- **Isomerázy** – katalyzují vnitřní přestavbu molekuly substrátu pomocí tzv. isomerizační reakce, příkladem je glukóza-6-fosfatisomeráza.
- **Ligázy** – katalyzují tvorbu vazby mezi molekulami substrátu, tzn. spojení dvou molekul kovalentní vazbou za spotřeby ATP (adenosintrifosfátu), příkladem je acetyl-CoA karboxyláza [53;54;59].

4.6 PŘÍKLADY Z BIOCHEMIE

Příklad 4.1. Zjistěte, zda dané materiály obsahují škrob na základě jodoškrobové reakce. Výsledné materiály rozdělte do skupin z hlediska výsledku barevné reakce.

Chemikálie: Lugolův roztok (1 g jodidu draselného rozpustíte v 30 ml vody a doplňte do 100 ml, případně jodová tinktura z lékárny).

Pomůcky: sada zkumavek ve stojánku nebo Petriho misky, případně malé nádoby např. kelímky od jogurtů

Postup: Na každý vzorek materiálu přidejte kapku roztoku jodu a sledujte zabarvení.

Příklad 4.2. Zjistěte, zda dané materiály obsahují redukující sacharidy na základě Fehlingovy zkoušky. Výsledné materiály rozdělte podle obsahujících sacharidů uvedených na jednotlivých potravinách.

Chemikálie: pentahydrát síranu měďnatého – 5% roztok, hydroxid sodný 10% roztok, destilovaná voda.

Pomůcky: kádinky, třecí miska s tloučkem, sada zkumavek ve stojánku, odměrné válce či pipety, rychlovarná konvice, vodní lázeň, držák na zkumavky, pH papírky.

Postup:

Do každé kádinky dejte přibližně stejné množství potravin, které rozmačkejte, případně nadrté pomocí třecí misky. Drcené množství suroviny nechte 10 minut vyluhovat v 50 ml horké vody, kapalné vzorky se louhovat nemusí.

Do každé zkumavky odlijte 7 ml výluhu a přidejte 2 ml 10% roztoku hydroxidu sodného, zamíchejte a ověřte pH papírkem, zda je vzniklý roztok zásaditý, případně přidejte další 2 ml 10% roztoku hydroxidu sodného.

V rychlovarné konvici uvařte 300 ml destilované vody, vroucí vodu nalijte do velké kádinky a do této lázně vložte zkumavky tak, aby voda nenatekla dovnitř. Do každé zkumavky přidejte 1 ml 5% pentahydrátu síranu měďnatého a zamíchejte. Po 5–10 minutách pozorujte barevné změny a zaznamenejte.

Příklad 4.3. Zjistěte, zda dané materiály obsahují bílkoviny (peptidovou vazbu) na základě Biuretovy reakce.

Chemikálie: pentahydrát síranu měďnatého – 5% roztok, hydroxid sodný 10% roztok, destilovaná voda.

Pomůcky: sada zkumavek ve stojánku, rychlovarná konvice, kádinky, třecí miska s tloučkem, pH papírky, skleněné tyčinky, filtrační papír

Postup: Pokud není vzorek kapalný, tak ho nejprve rozdrcený vyluhujte cca v 10 ml horké vody. Poté odlijte 7 ml a přidejte 2 ml 10% roztoku hydroxidu sodného, zamíchejte, v případě, že vzorek není alkalický, tak přidejte další množství 10% roztoku hydroxidu sodného.

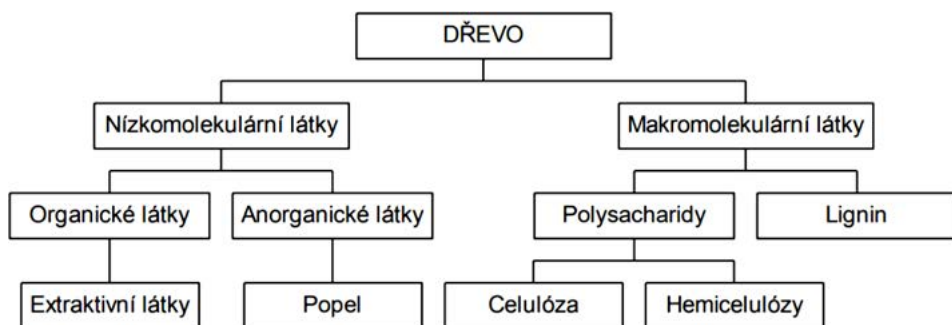
Přilijte 1 ml 5% roztoku síranu měďnatého a zamíchejte, vznikne modrá sraženina. Po 5 minutách pozorujte barevné změny, ty si poznamenejte a rozhodněte o přítomnosti bílkovin.

[1;2;60–64]

5 APLIKOVANÁ CHEMIE

5.1 CHEMIE DŘEVA

Dřevo z chemického hlediska se dá charakterizovat jako trojrozměrný kompozit, který je složen ze vzájemně propojených sítí celulózy, hemicelulózy a ligninu s menším zastoupením extraktivních a minerálních látek, Obrázek 57 [65].

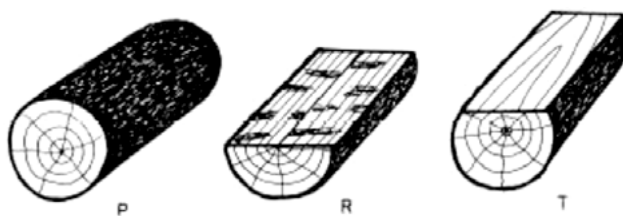


Obrázek 57 Chemické složení dřeva

Zastoupení jednotlivých složek je variabilní podle druhu dřeviny, jejího stáří, ročního období, klimatických podmínek, zdravotního stavu a podle místa odběru (jádro, běl, letní či jarní dřevo, směr odběru vzorku, části rostliny; větve, kůra apod.).

Hlavní chemickou sloučeninou v živém stromě je sice voda, ale v suché dřevní hmotě jsou všechny buněčné stěny tvořeny především makromolekulárními látkami. Elementární složky dřeva tvoří zejména uhlík, kyslík a vodík, kůra a listy mají odlišné složení, kde může být i stopové množství dusíku. Kromě těchto prvků se ve dřevu nachází i další látky.

Rozsahy jednotlivých hlavních složek jsou variabilní, ale zjednodušeně lze říct, že dřevo obsahuje přibližně 35–50 % celulózy, 20–35 % hemicelulózy a 15–35 % ligninu [65–67].



Obrázek 58 Základní řezy dřeva [67]

Dřevo je anizotropní materiál, který má odlišnou strukturu a vlastnosti v jednotlivých anatomických směrech. Vlastnosti dřeva je možné posuzovat ve třech základních směrech, a to axiálním (podélném), tangenciálním a radiálním, popřípadě i v odvozených směrech, které jsou kombinací základních směrů. Základní řezy dřevem jsou znázorněny na Obrázku 58 [66;67–69].

5.1.1 MINERÁLNÍ LÁTKY

Anorganické látky jsou bezpodmínečně nutné pro růst rostliny. V dřevě jsou anorganické neboli minerální látky jednak rozpuštěné v rostlinných šťávách, ale také vázané na mastné, uronové či pryskyřičné kyseliny, a to především pokud jsou kovového charakteru.

Množství minerálních látek se mění podle druhu dřeva, ale je také závislé na části rostliny, na klimatických podmínkách růstu, na roční období nebo na půdních podmínkách. Extrakcí pomocí vody jsou minerální látky sníženy jen zřídka. Po spálení organické části zůstávají minerální látky jako popel.

Bohužel složení popela není shodné se složením původních minerálních látek, neboť při spálení soli organických kyselin přechází v uhličitany. Tudíž popel dřeva je tvořen primárně uhličitany, ale v menší míře i sírany, křemičitany, fosforečnany či chloridy [65;68–70].

5.1.2 EXTRAKTIVNÍ LÁTKY

Extraktivní látky mají ve dřevu svou určitou funkci, terpeny, třísloviny, stilbeny, některé glykosidy, tuky, vosky apod. zvyšují odolnost dřeva proti biotickému poškození, a to hydrofóbností či svou potenciální toxicitou. Další, cukernaté alkoholy, rozpustné nízkomolekulové frakce polysacharidů, vitamíny, proteiny apod. jsou zásobními látkami, případně metabolity, a naopak mohou stabilitu vůči biotickým vlivům snižovat, protože většinou mají vlastnosti substrátu. Dále mohou extraktivní látky ovlivňovat vlastnosti dřeva jako je jeho výhřevnost, barevnost a další.

Toto množství látek, je možné z něj vyextrahovat specifickými rozpouštědly organického charakteru nebo vodou. Získané látky se označují jako extraktivní a jsou zejména organického původu. Obsah a složení extraktivních látek je variabilní dle druhu dřeva, mění se podle druhu převládajících buněk, např. parenchymatické buňky obsahují tuky a některé glukany, pokud se v epitelových buňkách nachází ve větším množství pryskyřičných kyselin.

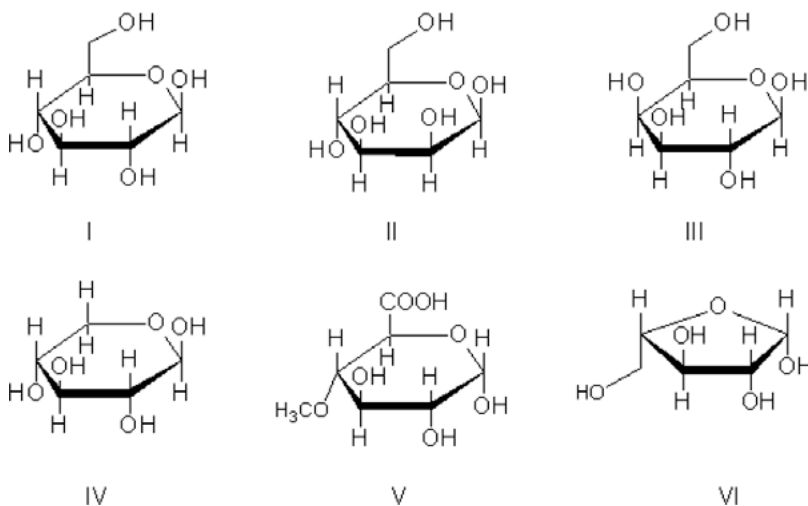
Stanovují se pomocí extrakce. Extraktivní látky rozdělujeme do skupin podle chemické povahy a struktury, anebo podle polarit a tím dominantní rozpustnosti v rozpouštědlech. Extraktivní látky se mohou stanovovat pomocí nepolárních rozpouštědel, jako ether, petroether, benzen či toluen. Tato rozpouštědla slouží převážně k odstranění tuků, mastných kyselin a jejich esterů, pryskyřic, pryskyřičných kyselin či vosků a sterolů. Kromě nepolárních rozpouštědel se používá vody (polárního rozpouštědla), ať už horké nebo studené, do které přechází převážně soli a sacharidy. Mezi další polární rozpouštědla patří dále např. ethanol, který vzorek zbavuje tříslovin, glukosidů či barviv. Polární rozpouštědla dobře vnikají do buněčných prostor, způsobují částečné zbožtnání buněčné stěny. Rozpouští mastné a pryskyřičné kyseliny (vosky a pryskyřice), v menší míře rozpouští tuky, ale také část sacharidických látek, tříslovin a ligninu o nízkém polymeračním stupni [65;68–70].

5.1.3 HEMICELULÓZY

Hemicelulózy představují skupinu látek polysacharidického charakteru, rozpustných ve ředěných loužích a snadno hydrolyzovatelných zředěnými kyselinami. Hemicelulózy lze rozdělit na nativní hemicelulózy, ty se nacházejí přímo v rostlinných materiálech, a na hemicelulózy ve vláknech, které jsou izolované z rostlinných zdrojů chemickou cestou. Z důvodu, že nativní hemicelulózy jsou ve dřevě vázány převážně ve formě lignin–sacharidického komplexu, mají úplně jiné vlastnosti než hemicelulózy v izolovaných vláknech.

Z chemického hlediska jsou hemicelulózy pentózy a hexózy (L-ramnóza, L-fukóza, L-arabinóza, D-xylóza, D-manóza, D-glukóza a D-galaktóza), některé jsou tvořeny i polyuronovými kyselinami (4-O-methyl- α -D-glukuronovou a α -D-glukuronovou). Hemicelulózy ovlivňují fyzikální i chemické vlastnosti dřeva, tak i zpracování dřeva.

Složení a zastoupení hemicelulóz ve dřevu jehličnatých a listnatých rostlin se liší. V listnatém dřevu je v hemicelulózách nejvíce zastoupená skupina xylanů, které se od xylanů jehličnanů liší tím, že mají vázané acetylové skupiny. Xylanové řetězce u jehličnatých dřevin jsou kratší a méně rozvětvené. U hemicelulóz jehličnanů je nejvíce zastoupená skupina glukomananů, které se od mananů listnáčů liší tím, že jejich hlavní řetězec molekuly je tvořený jedním druhem monosacharidu. Základní stavební jednotky hemicelulóz jsou uvedeny na Obrázku 59.



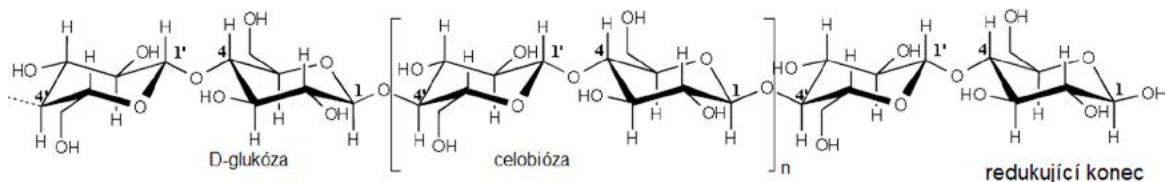
Obrázek 59 Základní stavební jednotky hemicelulóz (I – β -D-glukopyranóza, II – β -D-manopyranóza, III – β -D-galaktopyranóza, IV – β -D-xylopyranóza, V – 4-O-methyl- α -D-glukuronová kyselina, VI – α -L-arabinofuranóza) [71]

Při současném trendu komplexního a účinnějšího využití biomasy se v posledních letech věnuje pozornost k využití hemicelulóz jako zdrojů biopolymerů použitelných v oblastech: obalový průmysl, potravinářství, biomedicína, farmacie, k výrobě papíru. V současné době se zkoumají i různé chemické modifikace hemicelulóz s cílem zlepšit vlastnosti původních hemicelulóz, jako jsou termoplastické vlastnosti, snížení krystalinity apod. [65;69;71;72].

5.1.4 CELULÓZA

Dřevo se skládá z hlavních složek a doprovodných složek. Význam celulózy spočívá především v tom, že je to nejrozšířenější, obnovitelný a biodegradovatelný polymer. Celulóza je jednou z hlavních složek dřeva, která je obsažena v dřevinách téměř z poloviny, 35–50 %. Samozřejmě záleží, o jaký typ dřeva se jedná (jehličnany obecně obsahují více celulózy než listnáče), jeho stáří, lokalitu apod.

Základní stavební jednotkou je celobióza, Obrázek 60, která se skládá ze dvou β -D-glukopyranózových jednotek, vázaných 1,4- β -D-glykosidovou vazbou, které jsou navzájem pootočené o 180° . Tato vazba umožňuje lineární prodlužování řetězce. Řetězec celulózy probíhá přes krystalická a amorfní místa. Celulóza obsahuje až cca 70 % krystalického podílu. Čím větší je délka polymerního řetězce celulózy, tím je vyšší pevnost dřeva. Řetězce celulózy jsou delší u jehličnatých dřevin a mohou obsahovat 5000 až 12000 jednotek. Řetězce celulóзовé makromolekuly navzájem postranně drží sekundární vodíkové vazby. Tyto sekundární spojení jsou příčinou anizotropie pružnostních a pevnostních vlastností celulózy a mají vliv na anizotropii mechanických vlastností dřeva jako celku.



Obrázek 60 Řetězec celulózy [71]

Přestože je celulóza chemicky stabilní sloučenina, podléhá různým typům degradace, jako je působení kyselin či alkálií, zvýšené teplotě, mechanickému působení nebo radiaci.

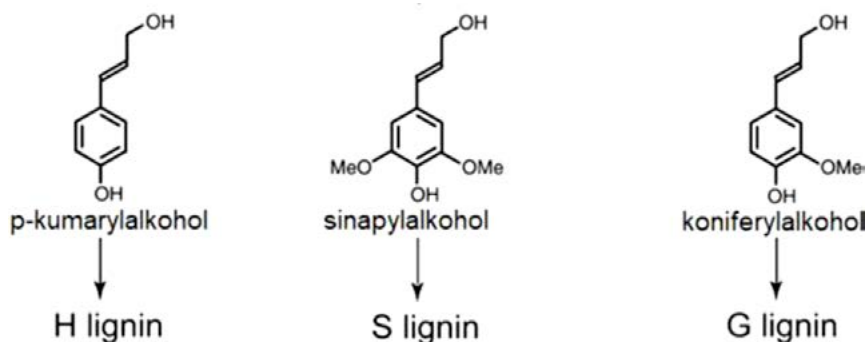
Izolace celulózy je velmi závislá na spojení látek v buněčné stěně. Chemické sloučeniny, jako tuky, vosky, proteiny a pektiny, lze snadno odstranit extrakcí organickými rozpouštědly a zředěnými alkáliemi. Celulóza je pojena prostřednictvím různých polysacharidických vazeb s hemicelulózami a prostřednictvím hemicelulóz i s ligninem. Jejich separace vyžaduje intenzivní chemické působení.

Hlavní průmyslový význam celulózy spočívá v tom, že je zdrojem pro přípravu buničiny, jedná se o procesy, při kterých probíhá delignifikace, tudíž se z větší části odstraní lignin, ale i hemicelulózy a extrahovatelné látky. Lignocelulózové materiály mají využití při výrobě bioethanolu 2. generace [65;68;71–73].

5.1.5 LIGNIN

Lignin je jednou z hlavních složek dřeva, 15–35 %, a je tedy nejrozšířenějším aromatickým polymerem na Zemi a druhým nejrozšířenějším polymerem po celulóze. Jeho rozložení v buněčné stěně nebo v jednotlivých částech stromu není rovnoměrné. Lignin je charakteristickou chemickou i morfologickou složkou tkání vyšších rostlin, kde se převážně vyskytuje ve vodivostních pletivech, které zajišťují, jak transport kapalin, tak i pevnostní vlastnosti. Vedle mechanické funkce má také funkci ochrannou, mechanicky zabraňuje penetraci mikroorganismů do dřeva.

Z hlediska chemického složení a struktury se jedná o velmi nepravidelný, náhodně zesíťovaný trojrozměrný polymer, který je složen z fenylypropanových jednotek spojených dvěma typy vazeb, tj. uhlík-uhlík (C–C) a etherového typu (C–O–C), a obsahujících dva základní typy funkčních skupin, tj. hydroxylové (–OH) a methoxylové (–OCH₃). Jednotlivé struktury ligninu jsou znázorněny na Obrázku 61.



Obrázek 61 Znázornění struktury ligninu [71]

Lignin v rostlinných materiálech, v jeho nativním stavu, je schopen vytvářet s polysacharidy chemické vazby, tyto vazby ovlivňují vlastnosti dřeva v nativním stavu i při jeho zpracování různými metody.

Lignin má vysoký energetický obsah, který ho činí výborným palivem. Tento energetický potenciál ligninu je v dnešní době využíván zejména v celulózo-papírenské oblasti. Teoreticky lze říct, že energie potřebná k izolaci ligninu ze dřeva odpovídá míře čistoty buničiny bohaté na celulózu, která je výstupní surovinou rozvláknování v celulózo-papírenském průmyslu. Energetické využití ligninu však není jediným a optimálním využitím této makromolekulární látky. Možnosti využití různě reaktivních ligninů lze přiřadit do těchto oblastí: energie spalování, papírenský a dřevozpracující průmysl, fragmentace na chemické suroviny, výroba pojiv a adheziv, použití derivátů ligninu, přísada do polymerů, karbonizace, zemědělství, biochemické zpracování a výroba kopolymerů či polymerů s novými vlastnostmi [65;68;69;71–73].

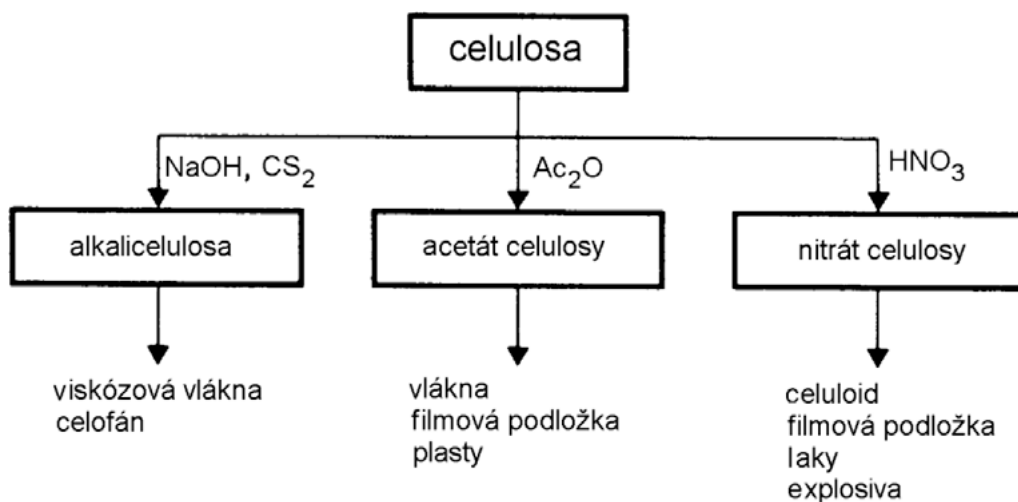
5.2 FILMOTVORNÉ LÁTKY

5.2.1 DERIVÁTY CELULÓZY

Makromolekula celulózy je polysacharidem, skládá se z glukózových jednotek vzájemně spojených kyslíkovými můstky, avšak stočených v řetězci vůči sobě o 180° – celobióza. Surovinou pro výrobu těchto derivátů jsou vlákna bavlny, dřevo, textilní a průmyslové odpady. Deriváty se dělí na estery a ethery celulózy, případně jejich kopolymery [74–77].

5.2.1.1 ESTERY CELULÓZY

Estery celulózy jedná se o alkoholické OH-skupiny jsou polární skupiny, které mohou být vyměněny za nukleofilní skupiny nebo sloučeniny v silně kyselém roztoku. Prvním krokem nukleofilní substituce je tvorba oxoniového iontu. Přítomnost tří OH-skupin na každé glukóзовé jednotce umožňuje tvorbu mono-, di- a tri- esterů. Nejdůležitějšími jsou nitráty, xantáty a acetáty celulózy – jejich využití je technologické i komerční – Obrázek 62 [77;78].



Obrázek 62 Estery celulózy [78]

Nitrát celulózy

Nitrát celulózy je jedním z nejdůležitějších esterů, jde o ester kyseliny dusičné. V závislosti na míře nitrace je používán k přípravě plastických hmot (celuloid), laků, lepidel, výbušnin. Výchozí surovinou pro výrobu nitrátu je chemická buničina nebo bavlněné lintry.

Trinitrocelulóza – nejvýše možný ester kyseliny dusičné s obsahem dusíku 14,14 %. Průmyslová nitrocelulóza – lakařská surovina s obsahem dusíku 10,5–12,5 %.

Surová celulóza se nejprve pere alkáliemi, poté se přidávají chlornany, musí se tedy vypořádat s kyselinou chlorovodíkovou a vodou, a nakonec se suší na obsah vlhkosti 1 %. Následně se v nitrénech nitruje směsí kyseliny dusičné, kyseliny sírové a vody. Po skončení reakce se splachuje velkým množstvím vody do stabilizátoru, kde se varem s roztokem sody odstraní zbytky kyselin, takto se získá nitrocelulóza s velkou molekulovou hmotností. Podle stupně nitrace rozlišujeme TYP E – nitrocelulóza rozpustná v esterech a TYP A – nitrocelulóza [78–81].

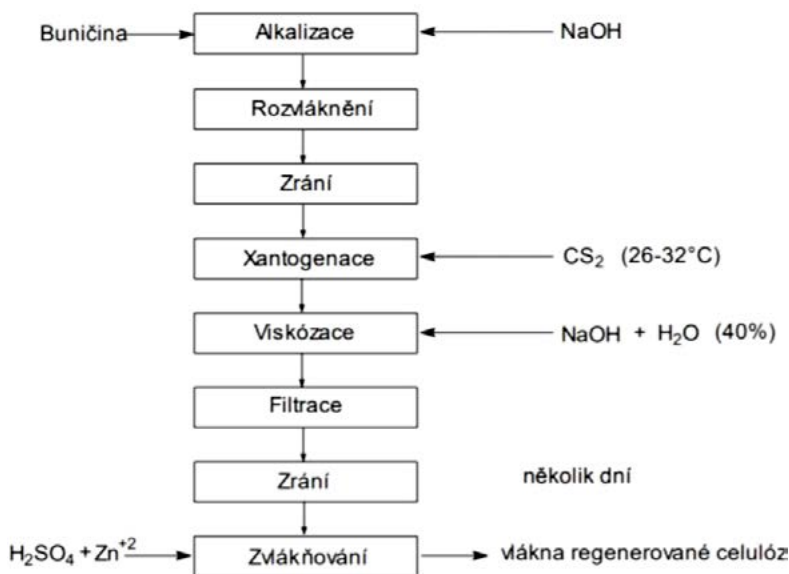
Xantát celulózy

Je velmi důležitým intermediátem při výrobě regenerované celulózy, je velmi obtížně zařazován (popisován), jde o ester dithiokarbonové kyseliny (xantogenové kyseliny), která je teoreticky anorganickou kyselinou, existující pouze ve formě organických esterů a odpovídajících solí.

Výroba xantátu celulózy začíná od alkalicelulózy, která reaguje se sirouhlíkem a výsledným produktem je sodný xantát celulózy. Reakční mechanismus je komplikovaný, protože probíhá mnoho různých reakcí vedle sebe. První

reakcí je obvykle tvorba dithiokarbonátu, který je velmi nestabilní a reaguje spontánně s celulózą a rozkládá se na trithiokarbonát, sulfid a uhličitan, navíc se tvoří karbonylsulfid jako nestabilní meziprodukt.

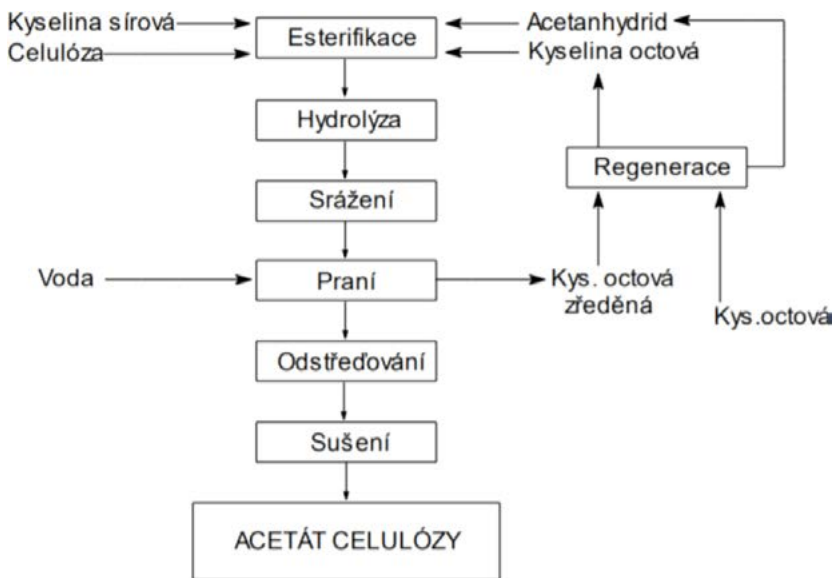
Nejvíce se xantát používá jako viskóza, výroba viskózy je zobrazena na Obrázku 63 [78;79;83;84].



Obrázek 63 Výroba viskózy [78]

Acetát celulózy

Acetát celulózy je nejdůležitější ester odvozený od organické kyseliny, vyrábí se z celulózy působením acetylačních činidel (kyselina octová, anhydrid kyseliny octové) v přítomnosti kyseliny sírové nebo chloridu zinečnatého. Od nitrátu celulózy se liší: octan celulózy se rozpouští ve směsi anhydridu a kyseliny octové + sírové, takže zreagovaná celulóza přejde do roztoku, ze kterého se vysráží vodou – Obrázek 64. Obsah acetylu v acetylcelulóze je ve větším rozmezí než obsah dusíku v nitrocelulóze a je méně hořlavý.



Obrázek 64 Výroba acetátu celulózy [78]

Používá se pro výrobu laků, plastických hmot, filmů a vláken. Technické vlastnosti acetátu celulózy jsou určovány stupněm substituce, důležitý je také stupeň polymerace vyjádřený viskozitou, který ovlivňuje chování produktu a jeho zpracovatelnost. Surovinou pro technickou výrobu acetylcelulózy jsou bavlněné liny a chemická buničina. Surovinou pro nátěrové hmoty na bázi acetylcelulózy jsou pouze disemiacetáty celulózy s obsahem 51–57,5 % kyseliny octové [75;77–79;82].

Acetobutyrátní celulózy

Směsný název pro ester celulózy, který vzniká působením anhydridu kyseliny máslové a octové na celulózu. Přibližně třetina acetylovaných skupin je nahrazena zbytkem kyseliny máselné $-\text{OCOC}_3\text{H}_7$. Oproti acetátu celulózy má tyto výhody: rozpustný ve větším počtu rozpouštědel a mísitelný s nitrocelulózou a běžnými změkčovadly; filmy jsou vláčnější a odolnější proti vodě. Používá se jako acetylcelulóza na izolační a impregnační laky, kabely a fólie [77;84;85].

Sulfát celulózy

Sulfát celulózy získává se s velmi malým výtěžkem, s maximálním stupněm substituce 1,5. Tento derivát je používán jako změkčovadlo laků a tiskařských inkoustů. Jedná se o ionogenní sloučenina a je tedy schopná tvořit sole a má vlastnosti iontoměničů [77;84;85].

Estery s organickými kyselinami

S obecně uspokojivými výtěžky jsou tyto estery získávány esterifikací s anhydridy nebo chloridy kyselin v indiferentních rozpouštědlech. Přestože alifatické estery celulózy mají žádoucí vlastnosti (nízký bod tání, vysokou resistenci vůči vodě), jen několik z nich se vyrábí ve větším množství, a to většinou jako směsné estery pro přípravu laků, filmů a plastů. Příklady těchto derivátů jsou estery s kyselinou: alifatickou monokarbonovou, s hexafluoromáselnou, ftalovou, akrylovou... [77;84;85].

Další estery celulózy

Dalšími deriváty jsou estery celulózy obsahující fosfor, jedná se o **fosfáty, fosfity**, které se používají z důvodu retardace hoření textilií.

Nitrit celulózy je velmi reaktivní sloučenina, která umožňuje přeeesterifikaci [77;84;85].

5.2.12 ETHERY CELULÓZY

Sodíkový atom v alkoholátu celulózy se nahrazuje reaktivními etherifikačními činidly. Nejdůležitějšími ethery celulózy jsou methylcelulózy, dimethylsulfáty, ethylchloridy, diethylsulfáty nebo benzylchloridy. Rozpustnost etherů celulózy je závislá na stupni etherifikace. Méně alkylové ethery jsou rozpustné ve vodě, výše alkydové se rozpouštějí v organických rozpouštědlech. Všem etherům je společná jejich nezmýditelnost.

Základní reakce tvorby etherů běží podobně jako při esterifikaci přes tvorbu oxoniového iontu. Přebytek alkoholické komponenty vede ke tvorbě etherů. OH-skupiny celulózy nejsou příliš reaktivní, výchozí materiál je tedy převáděn na alkalixelulózy. První proces tedy probíhá jako reakce alkalizované celulózy s alkylhalogenidy [77;84;85].

Methylcelulóza

Je zajímavá svou rozpustností. Je-li etherifikovaná méně než polovina OH- skupin, pak se rozpouští ve studené vodě. Slouží hlavně jako ochranný koloid (pro zahuštění vodné fáze) do latexů, nebo jako stabilizátor emulzí [77;84;85].

Ethylcelulóza

Ethylcelulóza je výbornou, ale drahou lakařskou surovinou. Jsou to bílá menší zrnka rozpustná v četných rozpouštědlech kromě lakového benzínu. Mísí se s nitrocelulózou, s přírodními i syntetickými pryskyřicemi kromě alkydu, acetylcelulózy a chlorkaučuku. Filmy jsou stále na světle, vláčné a tažné. Jejich dobrá odolnost proti teplu se využívá do laku na žárovky [77;84;85].

Benzylcelulóza

Benzylcelulóza se vyrábí z alkalické celulózy a benzylochloridu za mírnějšího zahřívání. Hlavní výhodou oproti ethylcelulóze je dobrá odolnost proti vodě a alkáliím. Rozpouští se ve směsi toluen:ethanol v poměru 9:1. Nevýhodou je nízká světlostalost, proto nepoužívá do bílých emailů. Používá se převážně jako filmotvorná složka do izolačních laků [77;84;85].

5.2.1.3 KOPOLYMERY CELULÓZY

Graft (roubované) kopolymery celulózy

Roubované kopolymery jsou sloučeniny mající základní řetězec přírodního polymeru, který nese boční řetězce syntetického polymeru, které jsou s ním kovalentně svázány. Roubováním se mění vlastnosti a chování celulózy. Roubovací reakce mohou být iniciovány radikálově, iontově, nebo mohou probíhat jako kondenzační či adiční reakce [77;84;85].

5.2.2 ROSTLINNÉ OLEJE

Oleje, které jsou organické, dělíme na: mastné, minerální a etherické.

Surovinou pro lakařský průmysl jsou oleje mastné, tedy triglyceridy vyšších mastných kyselin. Vázané mastné kyseliny tvoří v oleji až 97 %. Rostlinné oleje jsou triglyceridy smíšené, což znamená, že molekula oleje je tvořena různými druhy mastných kyselin. Hlavními složkami oleje jsou glycerin + mastné kyseliny a vedlejší součásti (volné mastné kyseliny, fosfatidy, barviva, mýdla a vitamíny). Volné mastné kyseliny se vyskytují v surových olejích a způsobují kyselost oleje → rafinace. Získávají se ze semen nebo z plodů rostlin extrakcí nebo lisováním za různých teplot, čistí se rafinací hydroxidem nebo kyselinou sírovou. Mastné kyseliny v olejích jsou nenasycené nebo nasycené. Čím více má olej nasycených kyselin, tím je nevysychavější a naopak čím více nenasycených kyselin, tím snadněji vytváří pevný film. Na rychlost zasychání má vliv i počet dvojných vazeb – stupeň nasycenosti.

Chemismus zasychání olejů je proces založený na **oxopolymeračním** vytváření filmu, jedná se o růst molekuly původního triglyceridu síťováním přes kyslíkové můstky až do stavu trojrozměrné sítě, tudíž výsledkem je přeměna tekutého oleje v nerozpustný a nevratný film. V první fázi síťování dochází k difuzi kyslíku do filmu oleje, následuje vznik peroxidického radikálu, tento peroxidický radikál reaguje s řetězcem jiné mastné kyseliny a z mastné kyseliny je vytržen vodík za vzniku hydroperoxidu a nového radikálu, vzniklý hydroperoxid se pomocí sikativ rozpadá na radikály. Radikály se v konečné fázi rekombinují za vzniku vazby.

Rostlinné oleje můžeme rozdělit **podle počtu dvojných vazeb** se rozdělují nenasycené mastné kyseliny v olejích takto: kyselina olejová – s jednou dvojnou vazbou; kyselina linolová – se dvěma dvojnými vazbami; kyselina linolenová – se třemi dvojnými vazbami v izolované poloze; kyselina eleostearová – se třemi dvojnými vazbami v konjugované poloze a kyselina hydroxyolejová – nenasycené hydroxykyseliny.

Anebo podle jodového čísla se dělí na: **nevysychavé** (s velkým podílem kyseliny olejové, např. olivový, podzemnicový, kokosový...); **polovysychavé** (s větším podílem kyseliny linolové, např. makový, sojový, slunečnicový...) a **vysychavé** (obsahují velký počet kyseliny linolové, linolenové nebo eleostearové, např. lněný, tungový, dehydratovaný ricinový) [86–88].

5.2.2.1 LNĚNÝ OLEJ

Získává se ze semen lnu hlavně lisováním. Obsahuje hlavní dvě nenasycené kyseliny – linolovou a linolenovou. Zasychá poměrně rychle po **sikativaci**. Kyselina linolenová způsobuje žloutnutí filmů, které jsou navlhle a měkké [88].

5.2.2.2 TUNGOVÝ (DŘEVNÝ) OLEJ

Získává se z jader pryšcovitých stromů pěstovaných v Číně, Indii a Brazílii pro vysoký obsah kyseliny eleostearové. Zasychá velmi rychle a vytváří matný film, podobný ledovým květům. Jeho výborné vlastnosti vyniknou teprve po tepelné polymeraci a při sváření alkylfenolickými pryskyřicemi. Filmům propůjčuje větší tvrdost, hutnost a zvýšenou odolnost proti vodě [88].

5.2.2.3 RICINOVÝ OLEJ

Získává se z plodů skočce. Obsahuje asi 87 % kyseliny ricinové, která způsobuje jeho rozpustnost v polárních rozpouštědlech a pro existenci pouze jediné dvojné vazby je to olej nevysychavý. Slouží k přípravě nevysychavých typů alkydových pryskyřic [88].

5.2.2.4 DEHYDRATOVANÝ RICINOVÝ OLEJ (RICINENOVÝ)

Vyrábí se z nevysychavého oleje dehydratací. Přičemž vznikne olej obsahující směs kyseliny ricinenové a kyseliny linolové. Vlastnosti má podobné lněnému nebo tungovému oleji [88].

5.2.2.5 PERILOVÝ OLEJ

Získává se ze semen jednoleté rostliny perily pěstované v Indii, Číně a Japonsku. Svými fyzikálními a chemickými parametry i vůní je téměř nerozeznatelný od lněného oleje. Obsahuje až 50 % kyseliny linolenové, proto filmy silně žloutnou [88].

5.2.2.6 OITICIKOVÝ OLEJ

Lisuje se z jader brazilských stromů *Licania ridiga*. Olej je máslovité konzistence, zahřátím se ztekucuje. Obsahuje jako hlavní složku ketokyselinu likanovou. Olej je reaktivní a svými vlastnostmi se podobá tungovému oleji [88].

5.2.2.7 DALŠÍ ROSTLINNÉ OLEJE

Stilingový olej pochází ze semen stilingového stromu (Čína, Kalifornie). Pro obsah kyselin linolové a linolenové se podobá lněnému oleji.

Sojový olej má největší význam při přípravě alkydových pryskyřic a epoxysterů. Má nepatrný obsah kyseliny linolenové, což má výhodu v nízkém žloutnutí filmů. Na druhé straně je obsažena kyselina linolová, proto je méně reaktivní a jen polovysychavý.

Slunečnicový olej má podobné vlastnosti jako olej sojový.

Tallový olej má původ při výrobě celulózy sulfátovým způsobem, při níž odpadá jako vedlejší produkt. Surový tallový olej má značný obsah pryskyřičných kyselin. Po čištění a vakuové destilaci se získá olej s nízkým obsahem těchto kyselin a ten je pak vhodný pro výrobu alkydových pryskyřic → tallové alkydy [88].

5.2.2.8 ZPŮSOBY ÚPRAVY ROSTLINNÝCH OLEJŮ

Z hlediska makromolekulární chemie jsou rostlinné oleje v původním stavu monomery. Využitím aktivity dvojných vazeb mastných kyselin olejů se mění jejich vlastnosti do té míry, jak lakařský průmysl potřebuje. Se vzrůstem molekulové hmotnosti se zlepšují u filmů z oleje jejich mechanické vlastnosti, tak chemická odolnost.

Jde o tyto procesy modifikace:

- Polymerace – bez přístupu vzduchu za vyšší teploty, nebo účinkem kyslíku při vyšší teplotě.
- Kopolymerace – maleinanhydridem, styrenem nebo cyklopentadienem
- Konjugace – proces, při kterém se převedou izolované dvojné vazby mastných kyselin olejů na konjugované vazby, které rychleji zasychají, jsou světlejší a mají malou viskozitu.
- Selektivní extrakce – provádí se za účelem izolace žádaného triglyceridu. [87;88].

5.2.2.9 VLASTNOSTI ROSTLINNÝCH OLEJŮ

Filmy z polymerovaných olejů mají vyšší lesk, větší pevnost a stálost na povětrnosti. Nátěrové vrstvy se lépe rozlévají při natírání. Kopolymerované oleje jsou viskózní produkty rychle zasychající, vysoce lesklé, se zvýšenou odolností proti vodě a alkáliím, avšak menší vláčností filmů [87].

5.2.3 PŘÍRODNÍ PRYSKYŘICE

Jsou pestré směsi látek, které vznikají jako výměšky rostlin nebo hmyzu. Chemickým složením jsou to směsi různých kyselin a vyšších alkoholů, dále esterů provázených barviv, cukry, vosky a jinými látkami. Kyseliny obsažené v pryskyřicích – **pryskyřičné kyseliny**. Pryskyřičné alkoholy – **rezinoly**. Pryskyřičné estery – **reziny**.

Jsou nerozpustné ve vodě, ale rozpustné v řadě organických rozpouštědel, zahříváním měknou. Podle stáří pryskyřice jsou rozděleny na: **fosilní** – tvrdé, uchované pod nánosem půdy jako zkameněliny a **recentní** – měkčí, čerstvé, získané ze stromů [84;87;89].

5.2.3.1 SKUPINA KOPÁLŮ

Nejstarším zvláštním druhem přírodních pryskyřic skupiny kopálů je **jantar**. Jantar je typicky fosilní pryskyřice mající původ v jehličnatých stromech, které před miliony let pokrývaly území Pobaltí. Jantaru a všem pryskyřicím skupiny kopálů je vlastní jejich nerozpustnost a nesnášenlivost s oleji, proto se před zpracováním musí vytavit za extrémně vysokých teplot 300–380 °C, při vysoké teplotě dojde k depolymeraci a dekarboxylaci. Při tomto tavicím procesu činí ztráta materiálu u kopálů 15–35 %, u jantaru 30–60 %. Oddestilované látky jsou nepotřebné – kopálové oleje [84;87;89].

5.2.3.2 KOPÁLY

Jsou pryskyřicí vytvářenou asi 1000 let ze starých kopálovníků, rostoucích v tropických pásmech: na březích veletoků Afriky (Zanzibar, Madagaskar), v západní Africe (Kongo – kongokopál, Sierra-Leone), na Novém Zélandu – kaurikopál a v jihovýchodní Asii – manilakopál.

Jejich předností je jejich velká tvrdost, výborná brusitelnost, nelepivost, dobrá odolnost vyšší teplotě, netečnost k vodě a slabším roztokům alkalií. Nevýhodou je obtížná a nebezpečná zpracovatelnost. Dříve se kopálů používalo do kvalitních olejových laků na podlahy, do brusných laků, na portály... Dnes má své místo kongokopál v restaurátorských lacích [84;87;89].

5.2.3.3 ŠELAK

Je jedinou pryskyřicí, která vznikla působením zvířecího organismu. Jde o produkt látkové výměny živočišné, vylučovaný samičkami mšic na keříkových rostlinách v Indii a Číně, jejichž větve napichují, sají z nich šťávy a po přetvoření v těle zpět vylučují nové pryskyřičné produkty. Surový šelak se čistí propíráním vodou, pro zbavení barviv a nečistot. Šelak obsahuje vosk, který je vítán v lihových šelakových politurách, v nichž působí jako plastifikátor, druhy zbavené vosky se rozpouštějí v lihu beze zbytku [84;87;89].

5.2.3.4 PRYSKYŘICE BENZOE

Je vylučována pouze z nemocných poraněných stromů sturače benzoového. Jde o patologický výron, vonící po vanilce, který je však zdravotně nezávadný [84;87;89].

5.2.3.5 SANDRAK

Je druh recentní pryskyřice, těžená z cypřišů, zvaných zerav sandrakový, rostoucích v severní Africe a Austrálii. Protože nedává zcela hladký povrch, sloužil v minulosti jako roztok, kde tato vlastnost byla vítána – retušovací lak na negativy i pozitivy, lak na školní tabule, plakáty... [84;87;89].

5.2.3.6 AKAROID

Jedná se o druh recentní pryskyřice, prýstíci z australských tropických stromů. Od ostatních pryskyřic se rozezná podle vzhledu, tmavě červené barvy a podle zvláštního zápachu. Slouží jako pojivo barevných lihových laků na kůži a dřevo. Křehkost filmů se koriguje přísadou změkčovadel [84;87;89].

5.2.3.7 DAMARA

Je tropická pryskyřice dovážená z Malajsie a Indonésie. Existuje několik druhů: bílá damara (nežloutnoucí, do olejových laků), hnědá a černá damara (nejtvrdší přírodní pryskyřice, do olejových, matných a tvrdých laků) a celloamar (damarová pryskyřice zbavená extrakcí vosku, proto může být použita jako tvrdá pryskyřice do nitrolaků) [84;87;89].

5.2.3.8 KALAFUNA

Není přímo přírodním produktem, nýbrž výrobkem průmyslu, zpracovávají pryskyřice, jelikož se získává oddestilováním těkavé terpentýnové silice z terpentýnového balzámu. Činí největší podíl ze světové produkce přírodních pryskyřic. Kromě přímého použití k výrobě laků slouží i k výrobě modifikovaných pryskyřic, které dnes již úplně vytlačily kopály. Kalafunu tvoří cyklické molekuly. Obsahuje převážně kyselinu abietovou a levopimarovou. Zušlechťení kalafuny je založeno na reaktivitě karboxylové skupiny → vznik mýdel a esterů a na aktivitě dvojných vazeb → **maleinizace** [84;87;89].

5.2.3.9 PŘÍRODNÍ KAUČUK

Jsou to makromolekulární látky s velkou viskozitou, pevností a elasticností. Smyslem úprav kaučuku je snížení viskozity jejich roztoku, aby mohly být získány co nejkonzentrovější roztoky. Přírodní kaučuk se skládá z uhlovodíků izoprenového charakteru [84;87;89].

5.2.3.10 CHLORKAUČUK

Ze všech kaučukových surovin se v nátěrových hmotách používá nejvíce chlorovaný kaučuk, jedná se o produkt chlorace přírodního kaučuku. Princip výroby chlorovaného kaučuku spočívá v chlorování přírodního kaučuku, který je rozpuštěn v tetrachlormethanu. Po provedené chloraci se roztok uvede do horké vody, tam se vyloučí práškový chlorovaný produkt, který se poté pere a suší. Chlorkaučukové nátěry slunečním světlem žloutnou a stárnutím křehnou [84;87;89].

5.2.3.11 CYKLIZOVANÝ KAUČUK (CYKLOKAUČUK)

Cyklizace se provádí různými způsoby, působením halových sloučenin kovů (chlorid cínatý, chlorid titaničitý) na roztok přírodního kaučuku nebo působením kyseliny sírové při teplotě cca 130 °C. Roztoky jsou dobře pigmentované a lze ho kombinovat s alkydy [84;87;89].

5.2.3.12 ŠKROB

Patří mezi další významné rostlinné polymery, které našly využití v lakařském a polygrafickém průmyslu. Je obsažen v bramborech, kukuřici, rýži a obilovinách. Používá se například jako plnidlo při výrobě papíru nebo také k výrobě dextrinových lepidel. Jde o složitý polysacharid složený z 20 % z amylozy a z 80 % z amylopektinu [87;90].

5.2.3.13 ŽELATINA

Je makromolekulární látka živočišného původu, kterou lze získat tepelným zpracováním kolagenu (kosti a kůže zvířat – dobytka). Po zpracování kolagenu se želatina dále distribuuje ve formě plátek či ve formě prášku. Ve studené vodě želatina nabobtná, ve vodě teplejší než 30 °C se rozpouští. Po ochlazení tuhne na gel. V polygrafii se želatina používala k výrobě světlocitlivých fotografických vrstev na bázi halogenidů stříbra [75;87].

5.2.4 SYNTETICKÉ PRYSKYŘICE

Jsou makromolekulární látky připravené polykondenzací, polymerací, kopolymerací, případně polyadici. Podle svého chování při zahřívání se dělí pryskyřice na: **termoplasty**, které působením tepla měknou a chemicky se přitom nemění a **reaktoplasty**, které působením tepla tvrdnou a stávají se nerozpustnými a netavitelnými [76;85].

5.2.4.1 FENOLICKÉ PRYSKYŘICE

Všechny pryskyřice vyrobené z fenolických sloučenin, tedy nejen z fenolu, ale i z kresolů, xylenolů, alkylfenolů, arylfenolů, vícemocných fenolů. Fenolická jádra jsou po kondenzační reakci s formaldehydem spojena buď methylenovými nebo etherovými můstky. Reakce fenolů s formaldehydem probíhají chemismem, který závisí na prostředí kondenzace, molárních poměrech výchozích složek a substituentech na fenolickém jádře. Typické fenolické pryskyřice jsou rezoly, novolaky, etherifikované rezoly, plastifikované rezoly, alkylfenolické pryskyřice, modifikované pryskyřice...

Rezoly při jejich výrobě jsou výchozí složky čisté fenoly, směsi s kresoly nebo xylenoly s formaldehydem. Vznikají v alkalickém prostředí za nadbytku formaldehydu. Molární poměr fenol:formaldehyd je 1:1,5–2. Pryskyřice jsou nahnědlé kusy nebo roztoky v alkoholech s aromatickými uhlovodíky. Jejich vytvrzení probíhá při vyšší teplotě 120–220 °C nebo za studena pomocí kyselin.

Novolaky vznikají v kyselém prostředí při molárním poměru fenol:formaldehyd, 1:0,6-0,8. Nátěry rychle fyzikálně prosychají, rozpouští se snadno v alkoholech. Filmy jsou křehké a odolávají slabším kyselinám a mají nízkou světlostálost.

Etherifikací methylolové skupiny rezolu alkoholem, vznikají na řetězci pryskyřice – **etherifikované rezoly**, které propůjčí filmu zlepšenou elasticitu a pryskyřici zvýšenou rozpustnost v uhlovodících. Pryskyřice se dodávají jako roztoku v butanolu s 50% obsahem sušiny. Jsou tvrditelné při vyšší teplotě 180–200 °C. Vzniklé filmy jsou vhodné pro elektroizolační účely, kombinují se s alkydy či epoxidy.

Plasitifikované rezoly, zabudováním některých složek do rezolu se zlepší snášlivost s oleji, rozpustnost v levnějších rozpouštědlech, vláčnost a přilnavost filmu. Molekula rezolu nabývá plastifikací tvarů podle toho, jakých dalších složek bylo použito za vytvoření tzv. chromanového kruhu. Pryskyřice se dodávají jako roztoky v butanolu a xylenu. Jsou tvrditelné při 180–200 °C, snášejí se dobře s alkydy, epoxidy a aminoplasty. Filmy vynikají výbornou vláčností, přilnavostí, tvrdostí a odolností proti vodě, alkáliím, rozpouštědlům a plynům. Používají se pro kvalitní vypalovací laky a nátěrové hmoty do chemických provozů, jako konzervované laky a izolační laky.

Alkylfenolické pryskyřice jsou to čisté fenolické pryskyřice, někdy nazývané **alkylrezoly**. Podle přípravy se dělí: **reaktivní**, které vznikají při reakci složek v alkalickém prostředí a získá se pryskyřice, která při zahřátí na teplotu 180–240 °C s oleji reaguje s mastnými kyselinami a během této reakce dojde k chemické vazbě mezi vysychavým olejem a pryskyřicí; a **nereaktivní** – vznikají kondenzací substituovaných fenolů s formaldehydem v kyselém prostředí, výsledkem jsou pryskyřice novolakového typu. Bod měknutí u reaktivních typů 60–80 °C, u nereaktivních 125–135 °C. Laky z nich jsou světlostálé, rychle zasychají a vyznačují se trvanlivostí a odolností proti vodě a chemikáliím.

Typ, který je kvantitativně nejdůležitější fenolickou pryskyřicí používanou v lakařském průmyslu jsou **fenolické pryskyřice modifikované kalafunou**. Jsou to v podstatě nízkomolekulární fenolformaldehydové kondenzáty, v nichž převládá 4 až 5-násobné množství kalafuny. Byly zavedeny 1917 jako tzv. **umělé kopály**. Mají stálou chemickou strukturu, snadnou bezztrátovou zpracovatelnost, příznivé antioxidační účinky proti stárnutí. Při společném zahřátí rezolu a kalafuny dojde k řadě reakcí, jejichž výsledkem je chromanový kruh. Jsou to světlejší, kalafuně podobné pryskyřice o bodu měknutí 95–130 °C [74;87;88].

5.2.4.2 AMINOPRYSKYŘICE

Močovino-formaldehydové pryskyřice

Struktura a vlastnosti závisí na: reakčním prostředí, molárních poměrech složek, typu katalyzátoru a hodnotě pH během reakce, teplotě a době kondenzační reakce. Kondenzace močoviny s formaldehydem probíhá přes mnoho mezistupňů za odštěpování vody i formaldehydu z methylolových skupin a tím dochází ke zvětšení molekuly. Močovino-formaldehydové pryskyřice jsou rozpustné ve vodě a mají význam pro kombinaci s vodou ředitelnými alkydy. Tyto pryskyřice jsou dodávány jako roztoky a jsou důležitou složkou vypalovacích nátěrových hmot. Samotné filmy jsou velmi křehké, proto se používají v kombinaci s nevysychavými alkydy – zlepšují lesk, světlostálost a přilnavost [87;91].

Melamin-formaldehydové pryskyřice

Při reakci melaminu s formaldehydem vznikají mezistupně a výše molekulární útvary, které se pak spojují přes methylenové nebo methyletherové můstky. Produkty čisté melaminové pryskyřice jsou velmi tvrdé a křehké, nerozpustné v běžných rozpouštědlech, a proto se etherifikují butanolem. Oproti močovinným pryskyřicím mají rychlejší vytvrzování, vyšší odolnost povětrnosti, proti vodě a chemikáliím a vyšší lesk a stálost na světle. Nátěrové hmoty tvrditelné kyselinami jsou primárně určeny na dřevo [87;91].

5.2.4.3 POLYESTEROVÉ PRYSKYŘICE

Nasycené polyester

Alkydové pryskyřice jsou polyester z vícefunkčních nasycených alkoholů a vícesytných nasycených kyselin: $ALcohol + aCID = ALKYD$. Podle obsahu olejové složky se dělí na: **dlouhé** (60–70 % oleje), **střední** (50–60 % oleje) a **krátké alkydy** (30–50 % oleje). Podle toho, zda se používají jen mastné kyseliny (jednostupňový způsob) nebo oleje (dvoustupňový způsob) se musí řídit i výrobní postup. Alkydové pryskyřice tvoří nejdůležitější skupinu syntetických nátěrových hmot, jsou snášenlivé s velkým počtem jiných filmotvorných složek, filmy mají dobrou přilnavost a odolnost povětrnosti [84;87;88].

Nenasycené polyester

Nenasycené polyester jsou produkty skládající se z lineárního řetězce polyesterů, které mají reaktivní dvojné vazby umístěné v určitých intervalech podél řetězce. Výchozími složkami jsou nenasycené, nasycené kyseliny a alkoholy, styren jako reaktivní ředidlo. Pro lakařské účely je důležitá přítomnost nasycené kyseliny, která vhodně sníží přílišnou reaktivitu pryskyřice a křehkost filmu. Esterifikace je provedena v tavenině od 180–230 °C. Nátěrové hmoty z nenasycených polyesterů poskytují po vyleštění tvrdý a vysoce lesklý film. Laky a emaily jsou určeny především pro povrchovou úpravu dřeva a hudebních nástrojů [84;87;88].

Alkydové pryskyřice rozpustné ve vodě

Novější druhy pryskyřic, které umožňují ekologickou povrchovou úpravu. K dosažené rozpustnosti ve vodě se připravují pryskyřice s vysokým číslem kyselosti, které se pak neutralizují. Vysokého čísla kyselosti se dosahuje použitím tří funkčních kyselin nebo dodatečnou adicí maleinové kyseliny na nenasycené dvojné vazby mastných kyselin. Polyesterové pryskyřice rozpustné ve vodě se používají pro základní nátěry, pro vrchní nátěry jsou pryskyřice připravovány bez mastných kyselin při teplotě 180 °C 6 hodin, poté je pryskyřice ochlazená na 60 °C a převedena do vodného roztoku aminu [84;87;88;91].

5.2.4.4 ALDEHYDICKÉ PRYSKYŘICE

Vznikají kondenzací vlastních molekul vlivem silnějších alkálií, **aldolizace**. Jsou to tvrdé kusy, rozpustní v alkoholech, esterech a ketonech za přítomnosti nepravých rozpouštědel (aromátů). Slouží jako náhražka šelaku. Filmy aldehydických pryskyřic jsou na světle velmi stálé, ale odolnost proti vodě je velmi malá, proto se používají jako pojiva politur [78;88].

5.2.4.5 KETONICKÉ PRYSKYŘICE

Výchozí složkou jsou **cykloalifatické ketony** (cyklohexanon nebo methylcyclohexanon) a formaldehyd. Vznikají za podpory alkalických katalyzátorů tak, že atom kyslíku skupiny jedné molekuly reaguje s α -methylenovou skupinou molekuly za odštěpení vody. Jedná se o tvrdé, velmi světlé až vodojasné pryskyřice, o bodu měknutí 80–120 °C, světlostálé, odolné povětrnosti, rozpustné v rozpouštědlech, nejlépe v xylenu. Zvyšují přilnavost chemickou odolností, lesk a tvrdost [78;88].

5.2.4.6 SULFOAMIDOVÉ PRYSKYŘICE

Nejčastěji se k přípravě používá p-toluensulfamid, jehož kondenzací s formaldehydem bez katalyzátoru vzniká pryskyřice, která jako jediná má známou strukturu: **1,3,5-tri-para-toluen-sulfo-hexahydrotriazin**. Jde o nízkomolekulární, termoplastickou, velmi světlou, křehkou pryskyřice, vzhledem podobnou kalafuně, o bodu měknutí 60–85 °C. Snáší se s nitrocelulózou, u které nahrazují část zvláčňovadel, filmy jsou odolné k vodě. Přídavek této pryskyřice zlepšuje mechanické i chemické vlastnosti řady nátěrových hmot [87;88].

5.2.4.7 SILIKONOVÉ PRYSKYŘICE

Chlorsilany jsou základní surovinou pro výrobu silikonů a vznikají reakcí křemíku s methylchloridem. Hydrolyzou chlorsilanů vznikají silanoly a jejich kondenzací pak silikon, případně **polysiloxany** jsou silikonové pryskyřice, které jsou částečně zesíťované. Jsou stále proti oxidaci, odolné vysokým teplotám, mají hydrofobizační účinky, malé povrchové napětí. Rozpouštějí se zásadně jen v nepolárních rozpouštědlech a zpravidla se pigmentují hliníkovým kovovým pigmentem [87;89].

5.2.4.8 ETHYLSILIKÁTY

Tvoří velmi významnou skupinu pojiv s organicky vázaným křemíkem. Pod pojmem ethylsilikát se rozumí **ethylestery kyseliny křemičité**. Ethylsilikát se vyrábí z ferrosilicia přes chlorid křemičitý a následující alkoholýzou ethanolem. Ethylsilikátové nátěry jsou dvousložkové, skládají se z hydrolyzátu jako pojiva a zinkového prachu jako pigmentu. Vykazují vysokou antikorozi ochranu na oceli nebo litině, jsou absolutně nerozpustné v organických rozpouštědlech, mají vysokou teplotní odolnost až 400 °C s teplotními špičkami až 600 °C [80;87].

5.2.4.9 ALKALICKÉ SILIKÁTY – VODNÍ SKLO

Organicky vázaný křemík má mnohostranné využití, existuje však i skupina silikátů rozpustných ve vodě. Alkalické silikáty jsou ve vodě rozpustné křemičitany sodíku, draslíku a lithia. Používají se pro úpravu dřeva, kovů a skla [80;84;87].

5.2.4.10 POLYMERÁTOVÉ PRYSKYŘICE

Lakařsky důležité jsou dvě hlavní skupiny: pryskyřice **na bázi substituovaného ethylenu** a pryskyřice **indenové** a **kumaronové**. Velká většina polymerátových pryskyřic vzniká radikálovou polymerací svých monomerů. Pro výrobu nátěrových hmot se používá polymerátů jako roztoků v organických rozpouštědlech nebo jako vodných disperzí.

Nátěrový film se tvoří odpařením rozpouštědla. Polymeráty lze vhodně kombinovat s jinými filmotvornými složkami. Mají optimální odolnost k vodě. Vysoká viskozita polymerátů vyžaduje mnoho rozpouštědel, lze připravit roztoky jen o nízké sušině. Filmy těchto pryskyřic mají malou přilnavost. Viskozita latexů není tolik závislá na velikosti molekuly, proto roztoky mají vysokou sušinu při malé viskozitě. Obsah ve vodě rozpustných stabilizátorů a emulgátorů, které zůstanou ve filmu, je příčinou malé odolnosti proti vodě [87;92;93].

Polyvinylchlorid

Chlorovodík a acetylen dává za katalýzy rtuťnatých solí základní monomer – vinylchlorid, který se polymeruje na polyvinylchlorid. Chlorací vzniká chlorovaný polyvinylchlorid. Film je tvrdý, odolný vodě a chemikáliím, používá se pro ochranné nátěry proti korozi, kyselinám, louhům, solím a vodě [87;94].

Kopolymer polyvinylchloridu

Kopolymerací polyvinylchloridu s dalšími monomery získáme vlastnosti, které jsou výhodné pro nátěrové hmoty. **Kopolymer vinylchlorid-vinylacetát**, působí v něm relativně delší postranní skupiny jako zvláčňovadlo, čímž se zlepší rozpustnost, odolnost proti chemikáliím však klesá. **Kopolymer vinylchlorid-butylakrylát** je vláčnější, snadno rozpustný, snášenlivý s jinými filmotvornými složkami, filmy jsou hutné a téměř bez pórů [87].

Polyvinylacetát

Připravuje se z acetyleny a kyseliny octové za katalýzy rtuťnatých solí, vinylacetát se polymeruje za vzniku polyvinylacetátu. Jsou to čiré, vodojasné, termoplastické hmoty, stále na světle, dobře rozpustné. Polyvinylacetátové latexy byly prvními disperzními pojivy pro výrobu vodou ředitelných nátěrových hmot [87].

Polyvinylalkohol

Polymerát se připraví nejsnáze alkoholýzou polyvinylacetátu methanolem nebo ethanolem s obsahem vody a kyselého katalyzátoru. Vzniklé filmy dobře odolávají rozpouštědlům a olejům. Používá se jako ochranný koloid do latexů, má zahušťovací vlastnosti [87;92].

Polyvinylacetáty

Acetál je souhrnný název pro skupinu sloučenin, které vznikají **působením aldehydů na alkoholy**, podobně vznikají i polyvinylacetáty. Podle druhu aldehydu pak vznikají: s formaldehydem **polyvinylformály**, s acetaldehydem **polyvinylacetáty** a s butyraldehydem **polyvinylbutyraly**. Hydroxylové skupiny zlepšují rozpustnost pryskyřic v alkoholech a zvyšují přilnavost těchto pryskyřic [87;92;93].

Polyvinylethery

Monomery těchto lakařsky cenných surovin vznikají **Reppeho syntézou** alkoholů s acetylenem. Vinylethery v alkalickém prostředí snadno polymerují. Podle stupně polymerace a délky řetězce alkoholu vznikají olejovité až elastické hmoty. **Polyvinylmethylether** je průhledná viskózní světlotálá kapalina, rozpustná ve studené vodě, používá se jako zahušťovací prostředek do vodných fází. **Polyvinylethylether** slouží jako výborné změkčovadlo pro nátěry, zvyšuje přilnavost a v přebytku se vypocuje [87;93;94].

Polystyren

Patří mezi nejstarší používané syntetické polymeráty. Při syntéze styrenu se vychází z **ethylbenzenu**, jehož dehydrogenací vzniká styren. Má mimořádnou odolnost k vodě, čirost filmu, vynikají chemickou odolnost proti kyselinám a zásadám. Jelikož film je vytvářen fyzikálně, tak neodolává rozpouštědlům a minerálním olejům [87].

Polyakryláty

Pro lakařské účely mají význam **estery kyseliny akrylové** a **methakrylové**. Základní kyseliny se připravují z ethylenu nitrilovou syntézou a esterifikací s různými alkoholy vznikají výchozí monomery. Se stoupajícím počtem uhlíkových atomů se zvyšuje bod měknutí, ohebnost, odolnost proti nízkým teplotám a vodě, klesá však mechanická pevnost a odolnost proti olejům. Obecně jsou tyto pryskyřice vodojasné, nemění barvu, prakticky nestárnou, jejich filmy jsou výborně přilnavé [87;95].

Polyisobutylene

Vzniká ze svého monomeru **isobutylenu** působením kyseliny sírové kationovou polymerací. Bezbarvý polymer kaučukovitého charakteru, rozpustný jen v nepolárních rozpouštědlech, snáší se s parafiny i minerálními oleji. Filmy jsou odolné UV paprskům, mořské vodě, chemickým účinkům a nízkým teplotám [87;93].

Kumaron-indenové pryskyřice

Jsou to směsné polymery z **indenu** a **kumaronu**, kde indenový polymer mírně převládá. Ze směsi se musí odstranit fenoly, pyridin a cyklopentadien a vyčištěná směs indenu a kumaronu se polymeruje za katalytického účinku kyseliny sírové. Pryskyřice mají bod měknutí 100–170 °C, jsou neutrální, nezmýditelné, stálé ve vodě a odolné kyselinám a alkáliím. Mají sklon ke žloutnutí a k poměrně rychlému stárnutí na povětrnosti [87;88].

5.2.4.11 EPOXIDOVÉ PRYSKYŘICE

Žádná jiná skupina syntetických pryskyřic nemá tak široké možnosti formulací a použití. Nejčastěji se vyrábí z **epichlorhydrinu** a **difenylolpropanu**. Jsou charakterizovány přítomností epoxidových (oxiranových) skupin. Podle možnosti síťování rozeznáváme i typy pryskyřic – za studena tvrditelné, vypalovací, na vzduchu schnoucí, práškové, vodou ředitelné, jednosložkové. Mají dobré elektroizolační vlastnosti, nejsou odolné UV záření [87;96].

5.2.4.12 EPOXYESTERY

Vznikají **esterifikací** části **hydroxylových skupin** a **adicí mastných kyselin na epoxidové skupiny** za vyšší teploty 200–220 °C. Rozpustné v nejlépe ve směsi xylen + butanol + methylisobutylketon nebo xylen + lakový benzín. Film síťuje autooxidační reakcí přes nenasycené mastné kyseliny za sikativace [87;96].

5.2.4.13 POLYURETHANY

Isokyanáty reagují velmi snadno s **alkoholy** za vzniku urethanů. Dvousložkové polyurethanové nátěry poskytují vrstvy, které za normálních teplot zasychají podle typů složek od 10 minut do 6 hodin. Vyznačují se velmi dobrou odolností vůči vodě, chemikáliím, mechanickému namáhání a vyšší teplotám. Filmy mají výbornou přilnavost a elektroizolační vlastnosti [87].

5.2.4.14 POJIVA NA BÁZI KAUKČUKU

Při přípravě syntetických pryskyřic se vychází z isoprenu jako základu kaučuku. V syntéze kaučuku byla provedena celá řada prací a získáno mnoho různých výrobků. **Butadien-styrenové kopolymery** se na trhu vyskytují jako latexy nebo jako pryskyřice pro přípravu rozpouštědlových nátěrových hmot. **Latexy syntetických pryskyřic** jejichž základním složením je styren a butadien, styren a akrylonitril nebo butadien a akrylonitril potřebují při použití přísad antioxidantů pro omezení oxidace. **Kapalné polybutadienové kaučuky** umožňují vytvářet povlaky se specifickými vlastnostmi [88].

5.2.4.15 ASFALTY

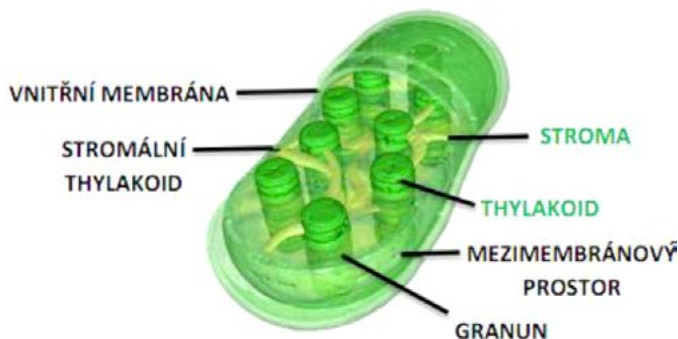
Jsou to černé, silně viskózní až pevné látky, které se dobře rozpouštějí v benzínu, xylenu, sirouhlíku a chloroformu, jen velmi málo se rozpouštějí v alkoholu a etheru a nerozpouštějí se ve vodě, zředěných kyselinách a zásadách. Syntetické asfalty alias **smoly** můžeme rozdělit: **kamenouhelná smola** je produkt destilace kamenouhelného dehtu, vhodná pro výrobu laku na kov; **petrolejová smola** je produkt destilace ropy upravuje se vakuovou destilací nebo fukáním, čím je tvrdší, tím je méně rozpustná a hůře zpracovatelná; **parafinová smola** se připravuje z parafinového gáče (odpad při výrobě benzínu), nátěry jsou vhodné jako ochrana proti korozi a vodě [87;88].

5.3 FOTOSYNTÉZA A VÝŽIVA ROSTLIN

5.3.1 FOTOSYNTÉZA

Fotosyntéza je biologický děj, při němž je absorbovaná energie slunečního záření přeměněna v energii chemických vazeb organických látek.

První fáze fotosyntézy (světelná nebo primární), světelná energie je absorbovaná fotosyntetickými pigmenty využita k vytvoření (adenosintrifosfátu) **ATP** a redukováných forem redukujících ekvivalentů ferredoxinu a (nikotinamadenindinukleotidfosfát) **NADPH**, v této fázi se také uvolňuje kyslík. Produkty světelné fáze jsou použity k tvorbě organických látek v druhé fázi (sekundární, syntetická nebo temnostní).

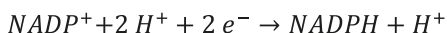


Obrázek 65 Průřez chloroplastem [99]

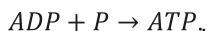
Podmínkou pro průběh první fáze fotosyntézy je přítomnost světelného záření, protože světelná fáze se uskutečňuje v membráně **thylakoidů** (v chloroplastech – Obrázek 65) a dochází při ní k **fotolýze vody** (světelnému rozkladu) a tvorbě ATP. Primární fáze fotosyntézy se účastní 2 komplexy zvané **fotosystémy**, jejichž základem je **chlorofyl A**. Tyto komplexy jsou soubory barviv (pigmentů) a přenašečů elektronů e^- .

Základem **fotosystému I** jsou 2 molekuly **chlorofylu A P₇₀₀** (absorbující světlo vlnové délky do 700 nm). Tyto částice přejdou pohlcením světelného kvanta do excitovaného (vybuzeného) stavu, přičemž uvolní 2 elektrony e^- , které jsou dále využity:

- k **redukci koenzymu NADP**:

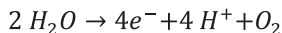


- k **cyklické fosforylaci**: Elektrony se vrací zpět do chlorofylu A P₇₀₀ a jejich energie je využita k syntéze ATP:

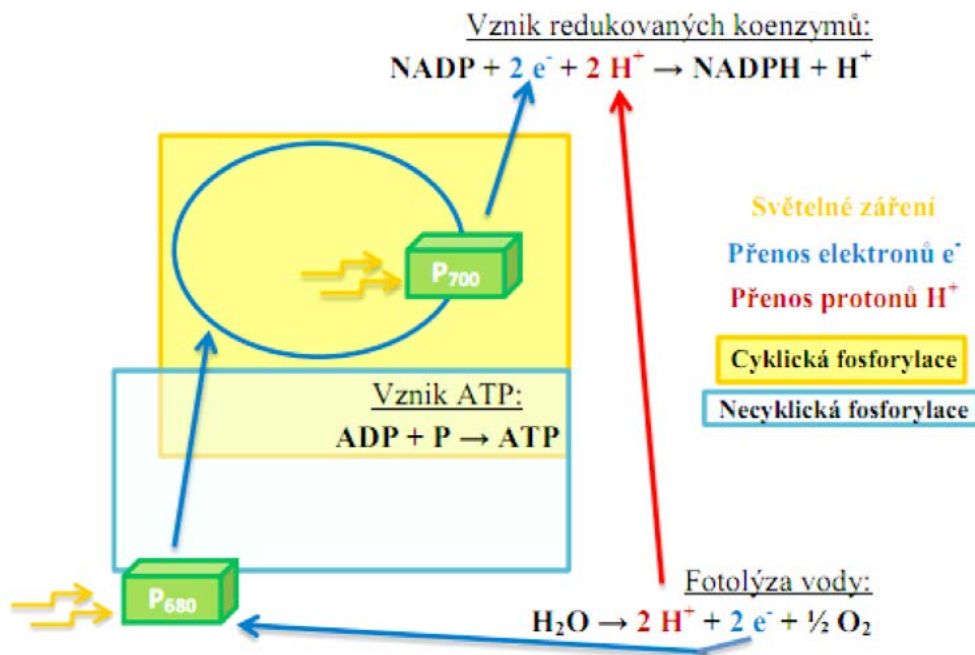


Hlavní složkou **fotosystému II** je **chlorofyl A P₆₈₀** (pohlcující světlo vlnové délky do 680 nm). Ozářením dojde k uvolnění 2 elektronů, které jsou systémem přenašečů přeneseny do fotosystému I, kde nahradí chybějící elektrony a jejich energie je využita k syntéze adenosintrifosfátu ATP – jedná se o **necyklickou fosforylaci**.

Elektronový deficit u **chlorofylu A P₆₈₀** způsobí **fotolýzu vody** (světelný rozklad) – Obrázek 66. Znamená to, že každé 2 molekuly vody se rozpadnou za vzniku čtyř elektronů e⁻ (doplňujících elektronový deficit u chlorofylu A P₆₈₀), čtyř protonů H⁺ (účastnících se vzniku redukovaných koenzymů NADPH + H⁺) a molekuly kyslíku O₂ (uvolněného jako odpadního produktu z buňky do prostředí):



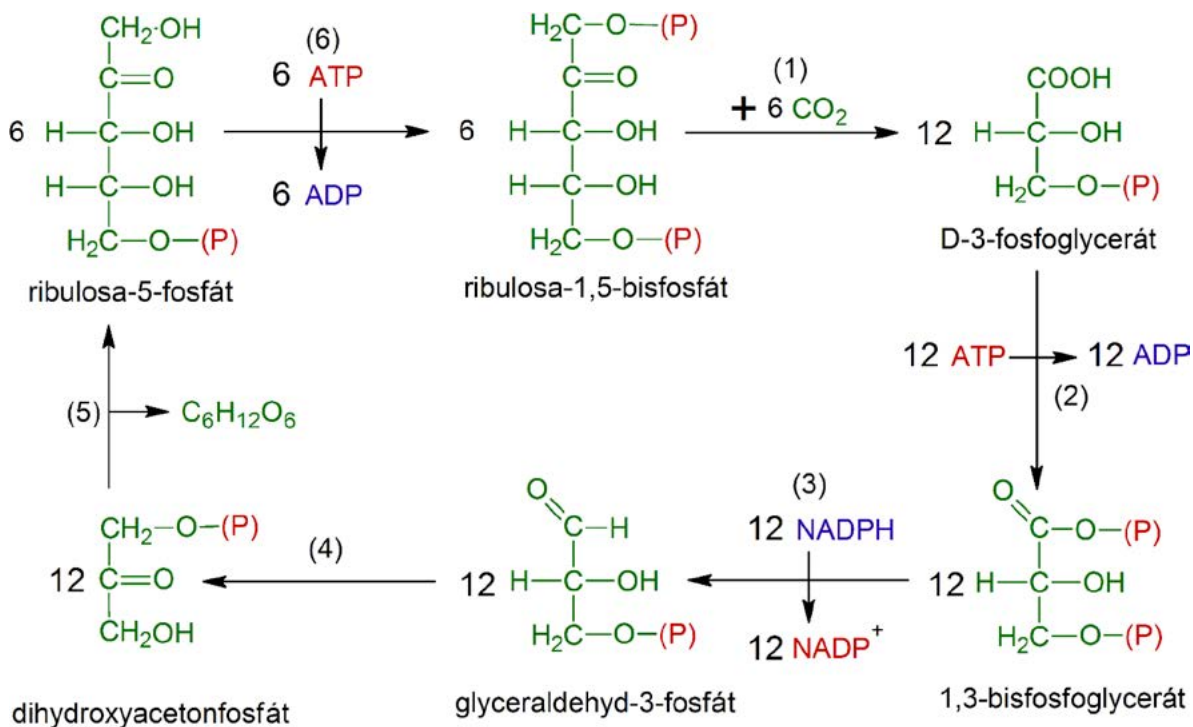
Výslednými produkty primární fáze fotosyntézy jsou redukované koenzymy NADH + H⁺, ATP a kyslík.



Obrázek 66 Fotolýza vody [99]

Druhá fáze **sekundární (temnostní) fotosyntézy** může probíhat i za nepřístupu světelného záření, a tak bývá označována jako temnostní. Odehrává se ve stromatu (základní hmotě chloroplastů) a dochází při ní k postupné redukci oxidu uhličitého CO₂ na sacharid D-glukosu C₆H₁₂O₆ za využití redukovaných koenzymů NADPH + H⁺ a adenosintrifosfátu ATP (produktů primární fáze fotosyntézy). Sekundární fáze může probíhat třemi různými způsoby, přičemž nejběžnější je **Calvinův cyklus**.

Energeticky chudý oxid uhličitý CO₂ je převeden (za pomoci enzymu rubisco, nejrozšířenějšího proteinu na Zemi) na aktivovanou formu D-3-fosfoglycerát, ve které je fosforylován a následně redukován za vzniku glyceraldehyd-3-fosfátu. Část molekul glyceraldehyd-3-fosfátu se spojuje za vzniku glukosa-6-fosfátu (po odštěpení fosfátu se z něj stává D-glukosa – finální produkt fotosyntézy) a zbytek se mění na ribulosu-1,5-bisfosfát, která znovu vstupuje do cyklu.

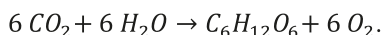


Obrázek 67 Calvinův cyklus [99]

Jednotlivé kroky v **Calvinově cyklu** (Obrázek 67):

- 1) 6 molekul ribulosa-1,5-bisfosfátu se slučuje s oxidem uhličitým a vzniká 12 molekul **D-3-fosfoglycerátu**.
- 2) Fosforylací D-3-fosfoglycerátu (za přeměny 12 molekul adenosintrifosfátu ATP na 12 molekul adenosindifosfátu ADP) vzniká **1,3-bisfosfoglycerát**.
- 3) 12 molekul 1,3-bisfosfoglycerátu se díky redukcí 12 molekul nikotinamidadenindukleotidfosfátu NADPH přemění na 12 molekul **glyceraldehyd-3-fosfátu**.
- 4) Izomerací glyceraldehyd-3-fosfátu vzniká **dihydroxyacetonfosfát**.
- 5) Z 12 molekul dihydroxyacetonfosfátu vznikne 1 molekula **glukosy** a 6 molekul **ribulosa-5-fosfátu**.
- 6) Molekuly ribulosa-5-fosfátu jsou fosforylovány (přeměnou 6 molekul adenosintrifosfátu ATP na stejný počet molekul adenosindifosfátu ADP) na **ribulosa-1,5-bisfosfát**.

Pojem fotosyntéza značí **fotosyntetickou asimilaci oxidu uhličitého**, neboť nejvíce energie je použito k redukcí oxidu uhličitého a k syntéze asimilátů sacharidového typu:

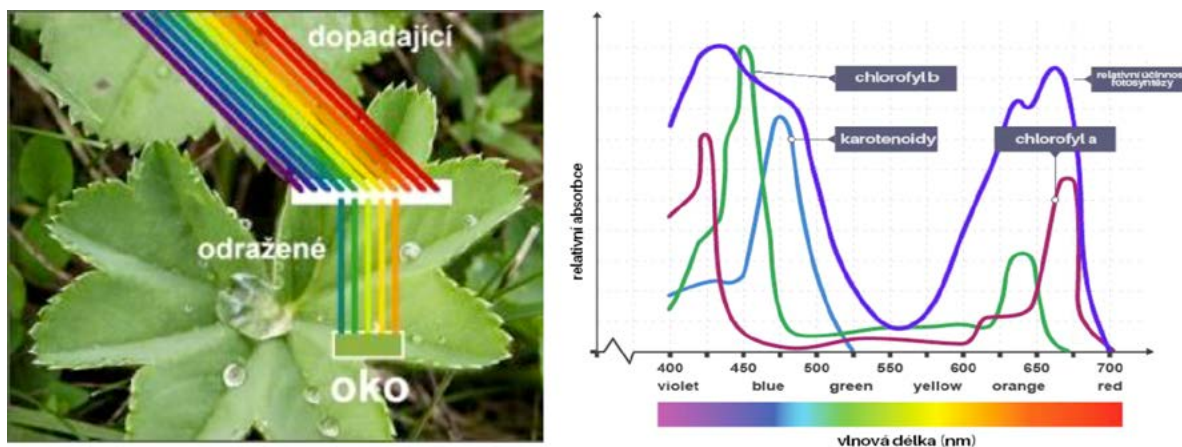


Energie uložená v chemických vazbách monosacharidů je pohotově dostupná pro ostatní procesy primárního metabolismu. V sacharidech se energie transportuje z chloroplastů do cytoplazmy a dále do těch buněk, pletiv a orgánů, které vůbec nejsou schopny fotosyntetizovat (kořeny, zásobní pletiva...) nebo je míra této schopnosti jejich potřebě nedostačující (velmi mladé vyvíjející se listy...). Na delší vzdálenosti (z listu do kořene...) jsou sacharidy transportovány ve formě sacharózy (disacharid) a několika oligosacharidů. Ve formě ATP se energie z těchto látek opět získává v procesech souborně označovaných jako dýchání neboli respirace. V zásobních polysacharidech může být energie uložena řadu let.

Při fotosyntetické asimilaci CO₂ se však nejen ukládá energie do relativně stabilních chemických vazeb, ale zvyšuje se množství organicky vázaného uhlíku a vznikají uhlíkaté řetězce pro syntézu dalších organických látek. Produkty světelné fáze fotosyntézy – ATP, redukovaný ferredoxin a NADPH se však využívají v chloroplastu

bezprostředně také k asimilaci anorganicky vázaného N a S a k syntéze mastných kyselin. Tyto procesy jsou pro život rostliny neméně důležité, vzniklé produkty – aminokyseliny a mastné kyseliny však nepředstavují pohotově použitelný a transportovatelný zdroj energie.

Fotosyntéza probíhá v zelených částech rostliny, především v buňkách listového mezofylu, ve funkčně specializovaných plastidech – chloroplastech [1;42;97–99].



Obrázek 68 Fotosyntéza [98;99]

5.3.2 PŘÍJEM ŽIVIN ROSTLINAMI

Živina je prvek nezbytný pro růst rostlin, popř. dokončení vývojového cyklu. Úkolem výživy rostlin v užším slova smyslu je objasnit procesy začleňování látek s nízkou chemickou energií do látek organických za spoluúčasti energie získané jinými metabolickými procesy rostlin, které by vedly k tvorbě další biomasy.

Právě **autotrofní organismy** mají schopnost přetvářet anorganické látky za účasti kinetické sluneční energie, kterou tímto způsobem transformují na energii chemickou.

Vedle základních biogenních molekul jako je H_2O a CO_2 , které jsou zdrojem C (45 %), O (45 %), H (6 %) musí mít rostlina k dispozici další **biogenní prvky**, které se stávají živinami převážně v iontové formě. Živinami pak označujeme takové prvky, které živý organismus potřebuje k zajištění svých životních funkcí. Je-li tento prvek alespoň jednou v ontogenetickém cyklu rostliny nezbytnou živinou, pak je jednoznačně biogenní povahy. Z praktického hlediska však není možné provádět tak úzkou specifikaci, a proto se běžně biologicky nejdůležitější prvky mohou rozdělit do skupin – Obrázek 69.

1 H Hydrogen	6 C Carbon	8 O Oxygen	Základní biogenní prvky	
7 N Nitrogen	15 P Phosphorus	19 K Potassium	Makroprvky	
12 Mg Magnesium	16 S Sulfur	20 Ca Calcium	Makroprvky	
5 B Boron	17 Cl Chlorine	25 Mn Manganese	26 Fe Iron	Mikroprvky
28 Ni Nickel	29 Cu Copper	30 Zn Zinc	42 Mo Molybdenum	

Obrázek 69 Biologicky nejdůležitější prvky [97]

Makroelementy vyskytující se od desetin po desítky procent (dusík 1,5 %, fosfor 0,2 %, draslík 1,0 %, hořčík 0,2 %, síra 0,1 % a vápník 0,5 %), obecně mají větší podíl než 0,05 % v sušině rostlin. **Mikroelementy** mají menší podíl než 0,05 % v sušině rostlin (bor 0,002 %, železo max. 0,01 %, mangan max. 0,005 %, zinek max. 0,002 %, měď max. 0,0006 %, molybden max. 0,00001 % a chlor max. 0,01 %). **Užitečné prvky**, požadavek na tyto prvky je specifický podle druhu rostliny, většinou se jedná o sodík, chlór, křemík, hliník, titan... **Ostatní prvky** jsou obsaženy v rostlinách jako důsledek zvýšeného přirozeného obohacení nebo pod vlivem antropogenní činnosti člověka: kadmium, olovo, chrom, arsen, beryllium, nikl... [97–99].

5.3.2.1 ROZDĚLENÍ ŽIVIN PODLE FYZIOLOGICKÝCH A BIOCHEMICKÝCH VLASTNOSTÍ

Živiny C, H, O, N, S jsou přijímány ve formách CO_2 , HCO_3^- , H_2O , O_2 , NO_3^- , NH_4^+ , SO_4^{2-} , SO_2 . Biochemické funkce v rostlině: hlavní složky organických látek, základní prvky enzymatických procesů a zúčastňují se oxidačně-redukčních reakcí.

Živiny P, B a Si jsou přijímány ve formách fosfátů, kyseliny borité, borátů, silikátů. Biochemické funkce v rostlině: esterifikace nativních alkoholových skupin a fosfátové estery se zúčastňují přenosu energie.

Živiny K, Na, Mg, Ca, Mn a Cl mají příjem ve formách iontů z půdního roztoku. Biochemické funkce v rostlině: vyznačují se nespecifickými funkcemi, které řídí osmotický potenciál; specifikují činnost enzymových proteinů – aktivují enzymy a vyrovnávají nedifuzní a difuzní anionty.

Živiny Fe, Cu, Zn, a Mo jsou přijímány ve formách iontů nebo chelátů z půdních roztoků. Biochemické funkce v rostlině: převládají v chelátových formách inkorporovaných do protetických skupin a umožňují elektronový transport se změnami valence [97–99].

5.3.2.2 BIOGENNÍ PRVKY V ROSTLINÁCH

Dusík

Nedostatek způsobuje: omezení růstu a tvorby orgánů; snížení fotosyntézy; snížení příjmu ostatních živin; kratší doba vegetace, rychlejší dozrávání, snížení výnosu a kvality; světlejší zabarvení porostu, žloutnutí až opad starších listů

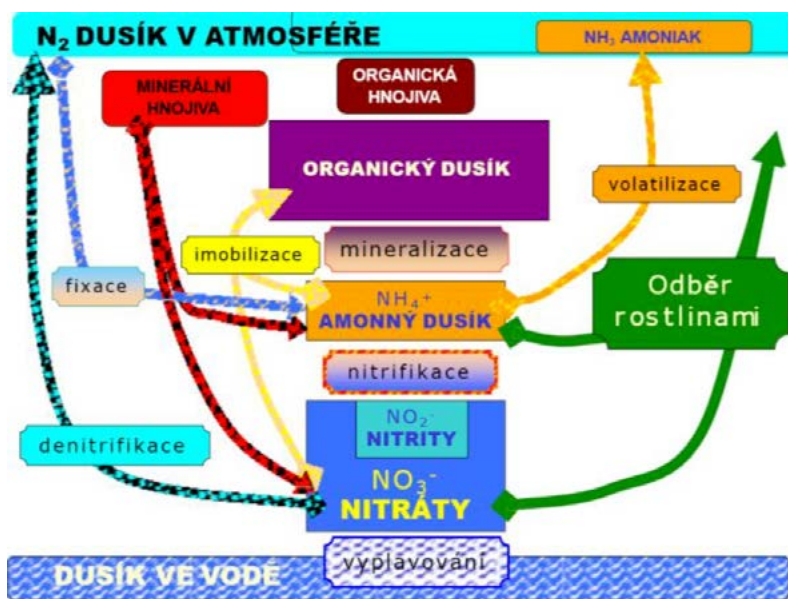
Nadbytek způsobuje: horší vzcházení (zeleniny, řepa, jeteloviny); přerůstání porostu, nižší mechanická pevnost pletiv – poléhání; vyšší vlhkost v porostu – mikroklima pro napadení chorobami; větší náchylnost k vymrzání (ozimy, dřeviny); vyšší obsah nitrátů v rostlinné produkci.

Základní stavební prvek (aminokyselin, bílkovin, chlorofylu, enzymů, nukleových kyselin), který **stimuluje růst rostlin** a příjem dalších živin („motor růstu“). Příjem N-NO_3^- , N-NH_4^+ je 0,2–6 % v rostlině a je dobře pohyblivý.

Dusík v rostlině tvoří stavební sloučeniny (aminokyseliny, bílkoviny), kořeny slouží k příjmu živin a vody dusíku v bílkovinách a enzymech, rostlinná pletiva jsou součástí růstových regulátorů a v listech je obsažen chlorofyl. Příjem dusíku ovlivňuje sama rostlina nebo vnější prostředí jako je pH půdy, teplota půdy, aerace nebo obsah dalších iontů.

Denitrifikace jsou procesy, při nichž vznikají z dusičnanů (nitrátů) redukovanější formy dusíku až elementární dusík. Pravou denitrifikaci způsobují fakultativně anaerobní mikroorganismy, které během rozkladu využívají kyslík nitrátů a dochází postupně k redukci: $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2$.

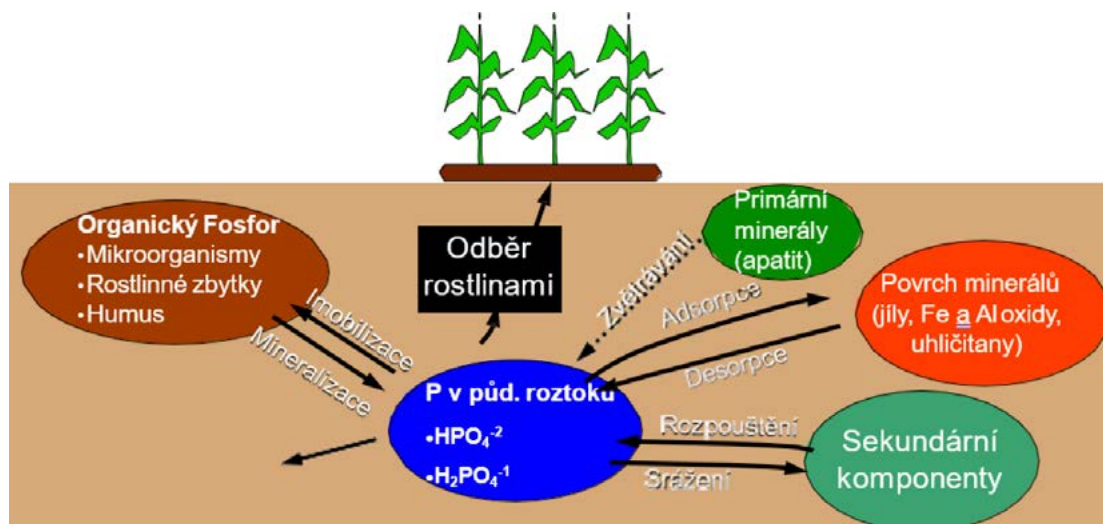
Fixace dusíku – schopnost mikroorganismů poutat vzdušný dusík: $\text{N}_2 + 8\text{H}^+ + 8\text{e}^- \rightarrow 2\text{NH}_3 + \text{H}_2$ [97;100].



Obrázek 70 Dusík

Fosfor

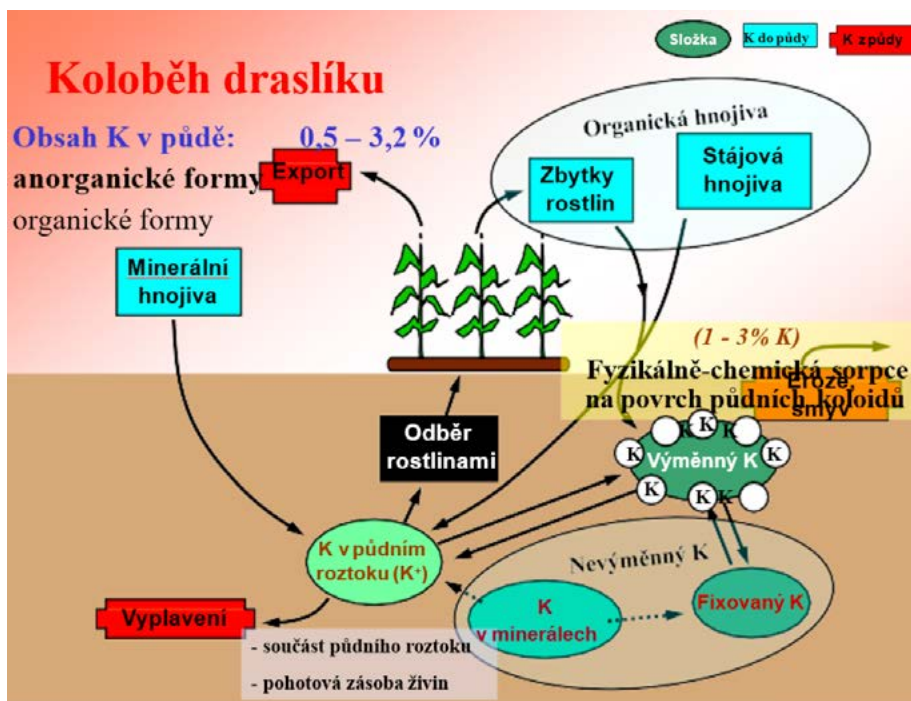
Obsah fosforu je rovnoměrný během vegetace. Rozhodující je příjem na počátku vegetace, který je značně ovlivněn tvorbou kořenů a prokořeněním celého půdního profilu, kdy rostlina přechází na autotrofní výživu. Přijatý fosfor dobře pohyblivý v rostlinách. Nároky jednotlivých rostlin na fosfor se výrazně neliší. Odběr se pohybuje v rozmezí 20–40 kg fosforu/ha [97;101].



Obrázek 71 Fosfor

Draslík

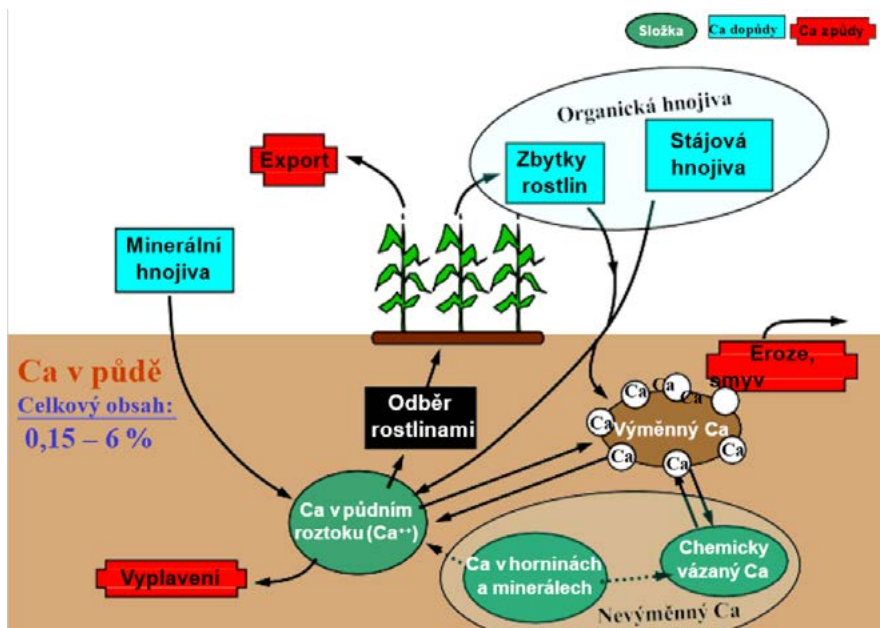
Draslík ovlivňuje fotosyntézu, konkrétně transport elektronů a fosforylaci. Přenos asimilátů (K^+ pumpa) přispívá k lepšímu vyzrání pletiv. Draslík podporuje tvorbu a aktivitu enzymů, působí příznivě na vybarvení květů a plodů a stimuluje růst pletiv. Nežádoucím vlivem draslíku je snížení skladovatelnosti plodů (stárnutí pletiv). Ovlivňuje osmotický tlak v buňkách, turgor buněk a hospodaření s vodou neboli příjem a výdej vody rostlinou [97;102].



Obrázek 72 Draslík

Vápník

Celkový obsah vápníku se pohybuje v rozmezí 0,15–6 % i více. Vápník má dvojitý význam. Jednak vliv na fyzikální a chemické půdní vlastnosti mezi které patří pH, sorpce a rozpustnost živin do struktury půdy, poměr vody a vzduchu v půdě, aktivita mikroorganismů, mineralizace a humifikace, ale i příjem a využití živin rostlinou. Druhým významem je vápník jako živina [97;103].

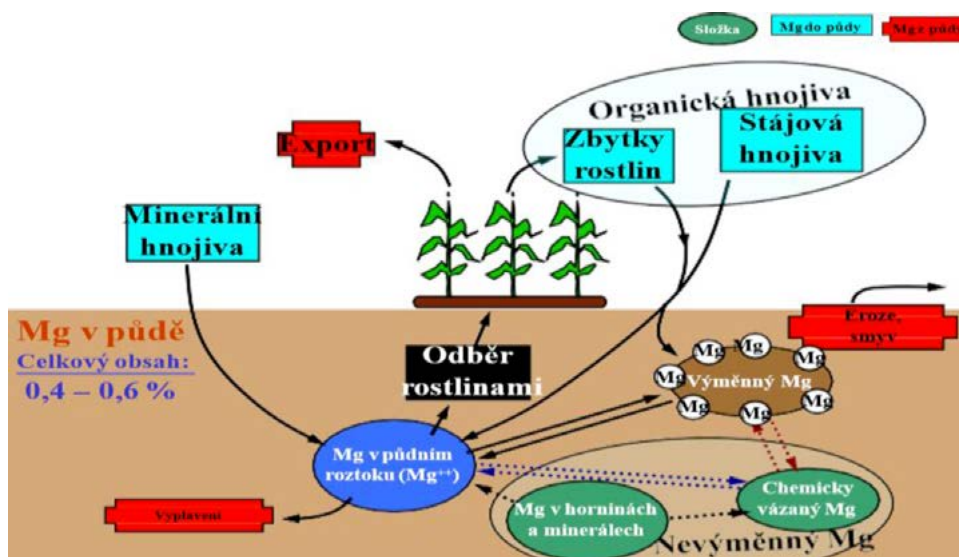


Obrázek 73 Vápník

Hořčík

Hořčík je základní stavební prvek chlorofylu a složka zásobních látek. Aktivuje enzymové systémy (fotosyntéza, ATP, rubisco). Ovlivňuje syntézu bílkovin a ostatních organických sloučenin. Příjem kationtu Mg^{2+} obsah v rostlinách $< 0,5 \%$ je dobře pohyblivý.

Latentní nedostatek vápníku způsobí, že neprobíhají všechny biochemické reakce. Odbourávání chlorofylu starších listů, světlejší zbarvení a nerovnoměrné rozdělení chlorofylu (chlorózy).



Obrázek 74 Hořčák

Celkový obsah: 0,4–0,6 % můžeme rozdělit na: Mg nevýměnný, který je součástí minerálů a nerozpustných sloučenin – uhličitů; Mg výměnný je poután výměnnou sorpcí na půdní částice (sorpční půdní komplex); a Mg vodorozpustný je obsažen v půdním roztoku [97;104].

Železo

Obsah železa v půdě je 0,2–5 %. Příjem probíhá převážně pomocí Fe^{2+} , Fe^{3+} . Při aerobních podmínkách je zdroj železa v oxidech – goethit, hematit; zároveň je obsažen v půdním roztoku < 0,01–0,5 mg/l. Pokud bude pH > 3,5 způsobují to především Fe organické komplexy. Železo je obsaženo i ve spodních vodách a v tocích o koncentraci 0,1–10 mg/l. Pokud bude pH < 3,5, většinou se jedná o lesní půdy, a způsobují to Fe^{3+} , $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$, FeOH^{2+} . Při anaerobních podmínkách Fe^{3+} oxidy přechází na Fe^{2+} a dochází ke zvýšení koncentrace.

Obsah železa v rostlinách souvisí s přenosem elektronů $\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}^{3+}$. Obsahují ferredoxin, který poutá cysteinové molekuly. Dále je železo obsažené v enzymech: cytochromoxidáza, peroxidáza či kataláza. Všechny tyto složky vedou k tvorbě chlorofylu [97;105].

Mangan

V půdě je obsaženo 0,002–0,08 % manganu, z toho přístupný (aktivní) podíl: 25–350 mg/kg. Vyskytuje se ve formách oxidu manganu, křemičitanech, uhličitanech anebo v oxidech železa. Je také součástí organických komplexů, ovšem v nich je málo stabilní. Půdní roztok obsahuje výměnné kationty Mn^{2+} , k jejichž ztrátám dochází vyplavením orné půdy 10–800 g/rok.

V rostlině má mangan za funkci přenos elektronů Mn^{2+}/Mn^{3+} ; má význam při syntéze vitamínu C, syntéze bílkovin. Slouží jako aktivátor enzymů i při Krebsově cyklu. Má funkci při katalýze fotolýzy vody. Redukuje nitráty v rostlině a zvyšuje pevnost pletiv. Fyziologická potřeba manganu je 15–25 mg/kg a jeho obsah v rostlině se pohybuje v rozmezí 5–1100 mg/kg. Příjem je v podobě manganatých kationtů jejich příjem může být inhibován pomocí: Mg^{2+} , Ca^{2+} , Zn^{2+} , $Fe^{2+,3+}$. Mangan má malou pohyblivost v rostlině, částečně selektivní příjem a jeho nedostatek způsobuje tzv. pihovité listy – Obrázek 75 [97:106].



Obrázek 75 Nedostatek manganu – pihovité listy [107]

Bór

Obsah bóru v půdě je 0,0005–0,0080 %, v písčité půdě je obsah bóru 5–20 mg/kg a v humózní půdě je bóru až 30–80 mg/kg. Bór je vázán v organických látkách, je obsažen v jílových minerálech. V půdním roztoku je jeho obsah 0,01–1 mg/l jako H_3BO_3^0 , H_4BO_4^- a jeho ztráty vyplavením se pohybují v rozmezí 10–200 g/ha.

V rostlině je obsah bóru 5–100 mg/kg, který je přijmut z H_3BO_3^0 . Tento příjem je pasivní a pohyb bóru je pouze xylémem. Funkce bóru v rostlině je regulace metabolismu cukrů a tvorba ribonukleových kyselin, což má vliv na aktivitu komponent membrán a na integritu membrán. Nedostatek způsobuje cukrovku – Obrázek 76 [97;108].



Obrázek 76 Nedostatek bóru [109]

Zinek

Nezatížené půdy obsahují 10–80 mg/kg zinku, zatížené půdy: až 5 000 mg/kg, z toho přístupný podíl zinku je 3–25 mg/kg, zemědělské půdy mají pH v rozmezí 5–7,5, obsah zinku 0,001–0,4 mg/l. Při aerobních podmínkách je vazba zinku závislá na pH. Hodnota $\text{pH} > 7$ je vázán na oxidy železa, manganu a hliníku, při slabě kyselém pH je zinek vázán na organické látky a u $\text{pH} < 5$ na jílové minerály. Nedostatek zinku způsobuje žloutnutí až zrudnutí listů, malolistost – Obrázek 77 [97;110;111].



Obrázek 77 Nedostatek zinku – žloutnutí listů [111]

Měď

Obsahu mědi v nezatížené půdě 2–40 mg/kg, v zatížené půdě 1 000 mg/kg, z toho přístupný podíl mědi je 1–10 mg/kg. Měď v ornice je vázána převážně pomocí organických látek nebo na oxidech manganu a železa, menší podíl je obsažen v křemičtanech. V podorníci je pH neutrální a měď je vázána na oxidy manganu a železa. Při anaerobních podmínkách sedimenty způsobují vznik sulfidů CuS a CuS_2 . Ztráty vyplavení se u orné půdy pohybují 10–90 g/ha a u kyselé lesní až 110 g/ha. Nedostatek mědi způsobuje usychání listů – Obrázek 78 [97;112;113].



Obrázek 78 Nedostatek mědi – usychání listů [113]

Molybden

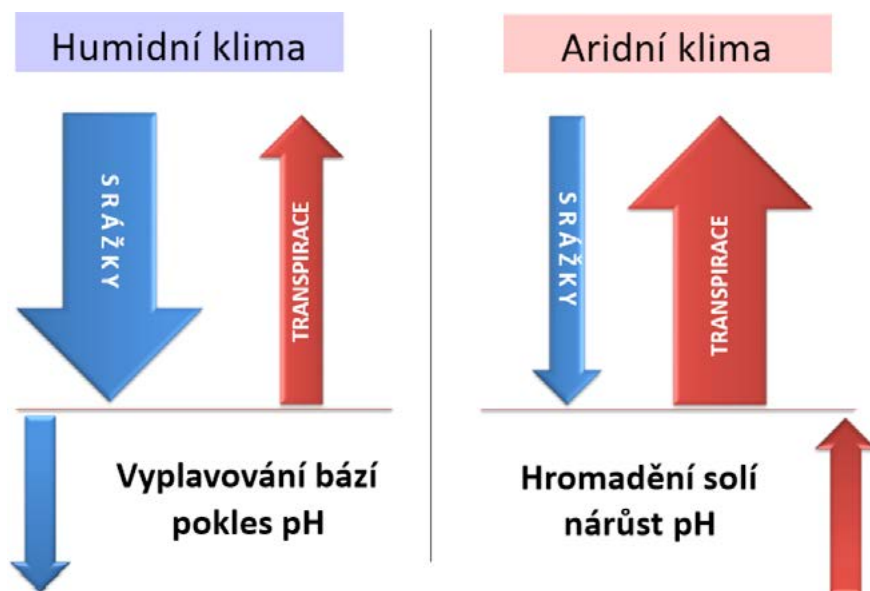
Při aerobních podmínkách se vyskytuje jako MoO_4^{2-} , je vázán především prostřednictvím oxidů železa, méně často oxidy hliníku nebo organickými látkami. Obsah molybdenu se pohybuje v rozmezí 0,2–5 mg/kg, z toho přístupný podíl činí 0,02–0,2 mg/kg. V půdním roztoku je obsaženo 2–10 g/l molybdenu, nižší obsahy jsou v písčité půdě.

Fyziologická potřeba molybdenu se pohybuje okolo 0,00001 %. Příjem molybdenu je kořeny a nadzemní částí rostliny. Molybden se snadno pohybuje xylémem a floémem. Molybden je v synergii s fosforem a zároveň

v antagonii se sírou. Funkce molybdenu souvisí s enzymy spojenými s přeměnou dusíku a jeho symbiotickou a nesymbiotickou fixací dusíku a zároveň snížením toxicity manganu, zinku, mědi, kobaltu a niklu [97;113;114].

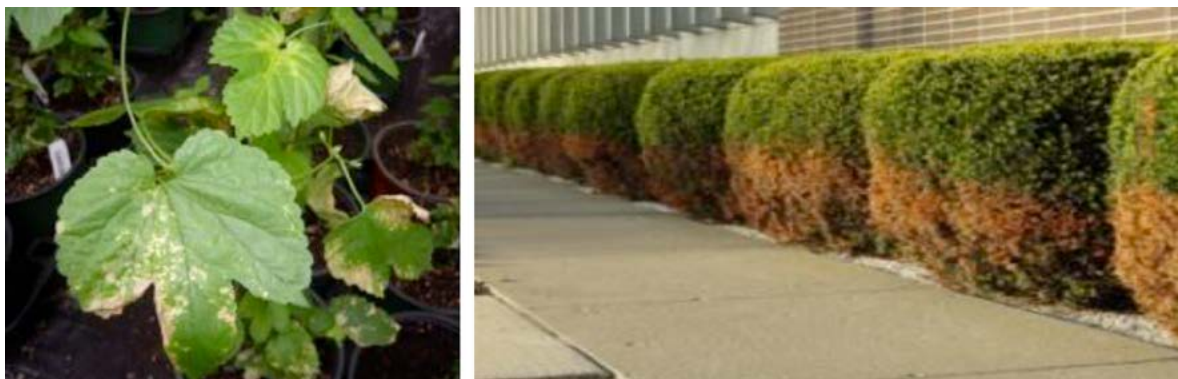
Chlór

Není pevně poután, proto jsou sloučeniny lehce rozpustné, jeho obsah je 0,02–0,0002 %. Hlavními zdroji chlóru jsou spady a hnojiva. Jelikož je snadno rozpustný v aridním klimu způsobuje zasolení půd – Obrázek 79.



Obrázek 79 Zasolení půd způsobené chlórem [113]

Fyziologická potřeba rostliny je 0,01 % chloru, může tak být zastoupen až 2 % v sušině rostlin. Funkce chlóru je jeho účast při fotolýze vody, ovlivnění aktivity ATP a regulace otevírání průduchů. Nadbytek chlóru u citlivých plodin způsobuje žloutnutí až tzv. rezivění – Obrázek 80 [97;113].



Obrázek 80 Nedostatek chlóru [115]

5.3.3 HNOJIVA

5.3.3.1 ORGANICKÁ HNOJIVA

Organická, někdy označovaná jako **statková** hnojiva jsou zdrojem organických látek, živin (makroprvků i mikropvků), mikroorganismů růstových a stimulačních látek. Můžeme je rozdělit na **stájová hnojiva** – chlévský hnůj, močůvka, hnojůvka a kejda. A na **ostatní hnojiva** – kompostovaná chlévská mrva, komposty, zelené hnojení a sláma [116].

5.3.3.2 MINERÁLNÍ HNOJIVA

Minerální hnojiva jsou koncentrovaná, průmyslová hnojiva většinou se jedná o výrobky chemického průmyslu, z části výroby stavebnictví (např. pálené vápno), hutnictví (např. Thomasova moučka). Z přírodních surovin se vyrábí z fosfátů, draselných minerálů, vápenců, dolomitů... Zdrojem dusíku je přímá syntéza amoniaku z dusíku a vodíku. V procesu výroby se většinou omezuje množství vedlejších složek surovin, a zabývá se koncentrací obsahu živin, ty se transformují do využitelných forem pro rostliny [116].

Dusíkatá hnojiva

Hnojiva s dusíkem, konkrétně amonným, nitrátovým (ledkovým), organickým (amidovým), s dvěma i více formami dusíku, nebo s pozvolně působícím.

Příkladem je ledek amonný s vápencem (27 % dusíku), močovina (46 % dusíku), ledek vápenatý (15 % dusíku), ledek amonný (34 % dusíku), dusíkaté vápno (19 % dusíku), síran amonný (21 % dusíku) a další [117].

Fosforečná hnojiva

Hnojiva s fosforem rozpustným ve vodě, např. superfosfáty, Amofos... Hnojiva s fosforem rozpustným v kyselině citrónové, např. citrofosfát, většina NPK hnojiv... Hnojiva s fosforem nerozpustným, např. celkovým – mleté fosfáty jednoduchý superfosfát (8 % fosforu), trojitý superfosfát (21 % fosforu) [118].

Draselná hnojiva

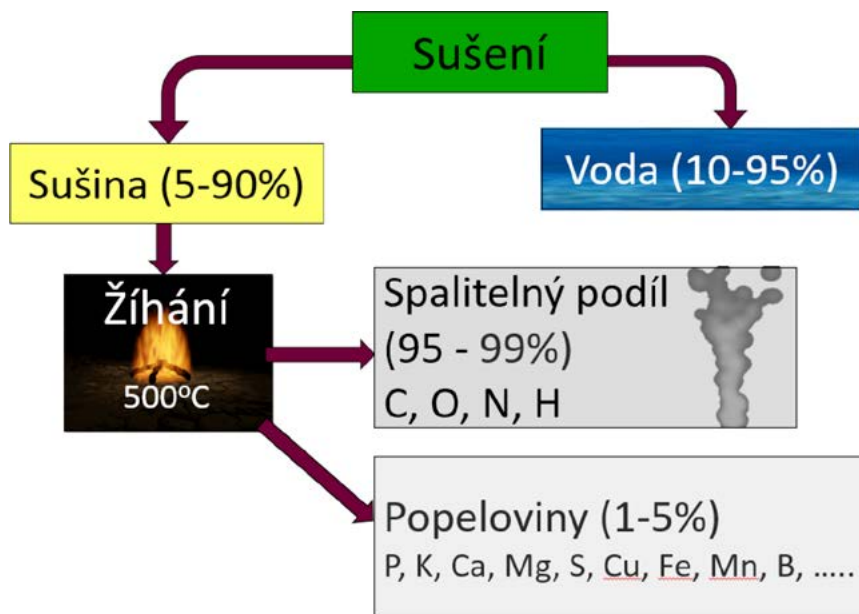
Chloridová draselná hnojiva jsou ta hnojiva, kde účinnou složkou je chlorid draselný, např. draselné soli, Korn-Kali, Kamex... Převážná část draslíku je dodávána v této skupině hnojiv. Dalším typem jsou síranová draselná hnojiva, kde účinnou složkou je síran draselný, např. síran draselný, Kalimagnezia, Patentkali... Těmito hnojivy je dodáván draslík, ale také síra, používají se u rostlin, které nesnášejí chlór [119].

Vápenatá hnojiva

Typickým vápenatým hnojivem je mletý vápenec, např. dolomitický vápenec, dolomit, jehož chemický vzorec $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (uhličitan vápenato-hořečnatý), zároveň je klencovým minerálem [120].

5.3.3.3 URČOVÁNÍ DÁVEK HNOJIVA

Určení dávek hnojiva může být pomocí rozborů rostlin (převážně u dusíku) a půdy (převážně pro fosfor, draslík a vápník) – Obrázek 81.



Obrázek 81 Rozbory rostlin a půdy

Další metodou je agrochemické zkoušení půd (AZP), případně bilance organických látek, anebo pomocí speciálních systémů určených pro precizní hospodaření.

Zařízení pro agrochemické zkoušení je zobrazeno na Obrázku 82 a systém odběru vzorků je uveden v Tabulce 2.

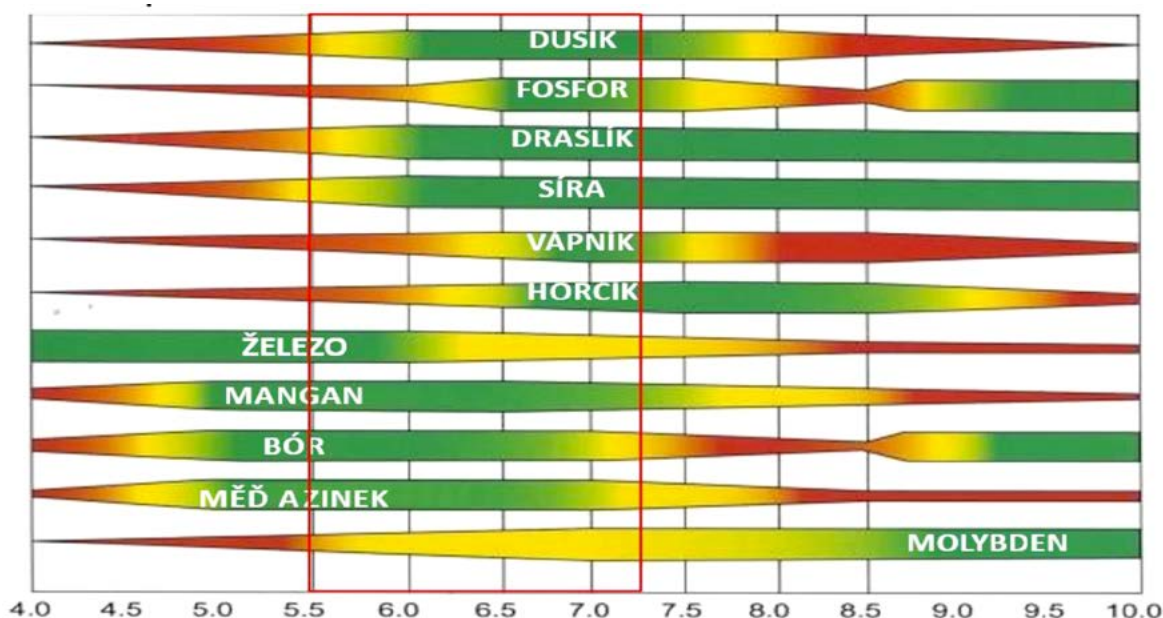


Obrázek 82 Zařízení pro agrochemické zkoušky

Tabulka 2 Systém odběru vzorků půdy – AZP

Typ zemědělské půdy	Hustota odběrové sítě	Hloubka vpichu
Ornice	1 vzorek (30 vpichů) ze 7–10 ha	0–30 cm
Trvalé travní porosty	1 vzorek (30 vpichů) ze 7–10 ha	do 15 cm bez drnové vrstvy
Vinice	1 vzorek ze 2 ha	0–30 / 30–60 cm
Chmelnice	1 vzorek ze 3 ha	do 40 cm, přičemž vrstva 0–10 cm se vyhazuje
Sady	1 vzorek ze 3 ha	do 30 cm

Dalším parametrem ovlivňující přístupnost živin je hodnota pH půdy – Obrázek 83. Koncentrace H^+ a OH^- iontů nemá přímý vliv na růst rostlin. Má však výrazný přímý vliv na celou řadu faktorů bezprostředně související s růstem rostlin. Význam půdního pH, má vliv na přístupnost živin, rozpustnost všech sloučenin v půdě, podíl iontů vázaných v půdním, sorpčním komplexu, mikrobiální aktivitu a strukturu půdy. Interpretace naměřených hodnot pH pro vybrané půdní druhy jsou uvedeny v Tabulce 3 [98;99;116].



Obrázek 83 Vliv pH půdy na přístupnost živin [98]

Tabulka 3 Interpretace naměřených hodnot pH půdních druhů

Půdní druh	Kultura	
	Orná půda	Trvalé travní porosty
Písčité	5,5	5,0
Hlinito-písčité	6,0	5,0
Písčito-hlinité	6,5	5,2
Hlinité – jíly	7,0	5,5

5.4 KONTAMINACE PŮDY

Půda tvoří nejsvrchnější vrstvu zemské kůry. Je prostoupená vodou, vzduchem a organismy. Vzniká v procesu pedogeneze pod vlivem vnějších faktorů a času. Půda je produktem přeměn minerálních a organických látek, přičemž zaniká procesem eroze.

Jedná se o samotný přírodní útvar vzniklý z povrchových zvětralin zemské kůry a z organických zbytků za působení půdotvorných faktorů, který je životním prostředím půdních organismů, stanovištěm planě rostoucí vegetace, slouží k pěstování kulturních rostlin. Zároveň je regulátorem koloběhu látek, může fungovat jako úložiště, ale i zdroj potenciálně rizikových látek [98;121].

5.4.1 OCHRANA PŮDY

Půdu jako jednu ze základních složek životního prostředí je třeba chránit. Lidskou činností jsou půdy různou měrou přeměňovány, kultivovány, ale i poškozovány. Dva základní způsoby degradace půdy: 1. **Zhoršení fyzikálních vlastností** jako eroze půd, zábor půd, trvalé uzavření povrchu, zhutnění půd, desertifikace nebo zamokření; 2. **Zhoršení chemických vlastností** konkrétně kontaminace, acidifikace, eutrofizace a salinizace [121].

5.4.1.1 EROZE

Proces, při kterém dochází k narušování povrchu materiálů (půda, hornina, stavební materiál...). **Půdní eroze** je proces, kdy působením vody, větru, ledu a jiných činitelů dochází k rozrušování půdy, odnosu částic a jejich usazování. **Přirozená eroze** je kompenzována zvětráváním a tvorbou půdy. **Zrychlená (abnormální) eroze** vzniká, pokud dochází k intenzivnější erozi, většinou za ni bývá zodpovědná lidská činnost, její důsledky: zhoršení produkčních a mimoprodukčních funkcí půdy, fyzikálně chemických vlastností, snížení obsahu živin a organické hmoty, mechanické poškození plodin, znečištění vodních toků, kontaminace podzemních vod, zanesení akumulčních nádrží, poškození budov, komunikací a zvýšené finanční náklady. Erozi podle příčiny odnosu materiálu dělíme na **erozi vodní, větrnou, ledovcovou, pobřežní**... [121].

5.4.1.2 DESERTIFIKACE

Desertifikací se rozumí rozšiřování pouští v důsledku lidské činnosti. Provází lidstvo již tisíce let, ale v posledních desetiletích značně narůstá její intenzita. V Africe je dominantním typem degradace půdy, která stojí za zmiňovanými 80 % poškozených půd na tomto kontinentu. Hlavními příčinami jsou odlesňování a intenzivní pastva, následkem je ztráta vegetačního krytu povrchu půdy a následná zrychlená mineralizace půdní organické hmoty. Poškozený povrch půdy pak není schopen odolávat vlivům eroze, především větrné. Nápravná opatření se nejvíce soustředí na ochranu půd před erozí [121].

5.4.1.3 ZÁBOR PŮDY

Extrémní jev, který nevratně ohrožuje půdu, má hlavní dvě příčiny: výstavbu budov a těžbu surovin. **Zastavění a nepropustné překrytí povrchu (sealing)** vede k narušení koloběhu živin, výrazně narušuje hydrologický režim, což může vést ke zvýšené pravděpodobnosti povodní. V případě silničních sítí a parkovišť je nepřímým důsledkem překrytí i vstup organických kontaminantů rozmrazovacích solí do okolní půdy. Existuje několik mechanismů, jak omezit negativní důsledky – využití polopropustných povrchů, zasakování srážkové vody... **Těžba nerostných surovin**, velmi problematické jsou především velkoplošné lomy. Nápravným opatřením jsou rekultivace, těžbou vzniknou vnitřní výsypky, kterými opět zazemňujeme lom a výsypky vnější mimo těžební jámu [121].

5.4.1.4 ZHUTNĚNÍ PŮDY

Pedokompakce může mít přirození i antropogenní příčiny. Jedná se o změnu prostorového uspořádání půdy, při kterém dochází ke snížení pórovitosti, nárůstu objemové hmotnosti, snížení schopnosti infiltrace a retenční kapacity půdy, tudíž jde o důsledek transportu jemných jílnatých částic, které postupně zanášejí póry. Toto nadměrné zatěžování ovlivňuje orniční vrstvu, kterou je třeba opět nakypřit, ale i podorničí, kam běžná agrotechnika nezasahuje, tvorba podorničních prahů. Ovlivňuje i kořenový systém rostlin a v důsledku horšího provzdušnění dochází k redukci mikrobiálních společenstev [121].

5.4.2 KONTAMINACE PŮDY

Kontaminace půdy je definována jako zvýšení obsahu rizikového prvku, látky v půdě oproti požadovým hodnotám nebo jako překročení daných legislativních limitů pro obsahy konkrétních látek v půdách. Kontaminace dle původu se dělí na geogenní a antropogenní [42;121].

5.4.2.1 GEOGENNÍ KONTAMINACE PŮDY

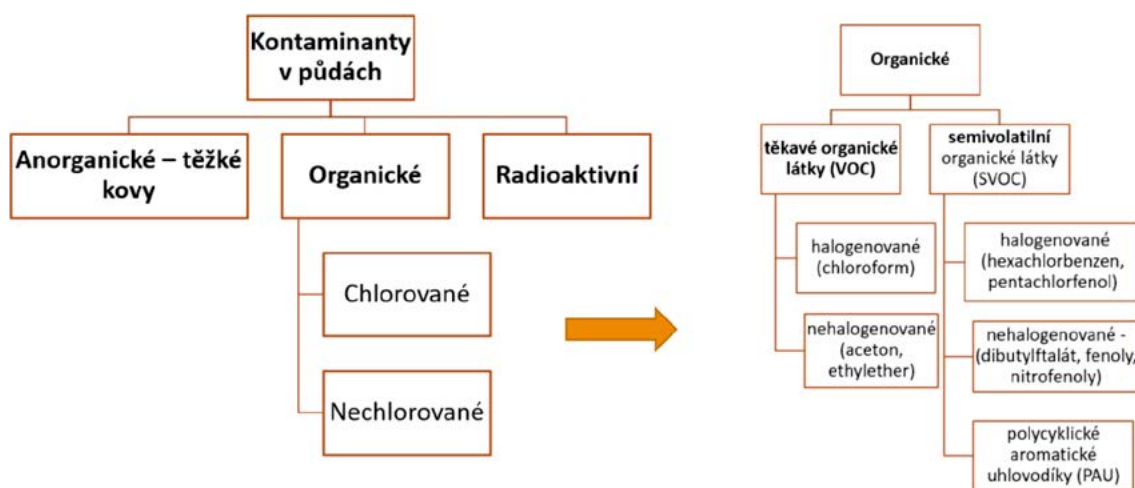
Souvisí s obsahem prvků ve zvětrávané hornině. Rizikové prvky mohou být rozptýleny v celém tělese dané horniny – **litogenně podmíněná kontaminace** (přírozená, primární). Pokud je zvýšený obsah rizikových prvků vázán na žíly v horninách – **chalkogenně podmíněná kontaminace** (přírozená, druhotná) [121].

5.4.2.2 ANTROPOGENNÍ KONTAMINACE PŮDY

Zahrnuje celou řadu variant kontaminací způsobených lidskou činností. Jedná se o depozice původem z průmyslu, dopravy i ze spalování odpadů v domácnostech, aplikaci umělých hnojiv (kadmium ve fosfátových hnojivech), pesticidů..., úniky škodlivých látek do půdy při nehodách, či aplikace kalů a digestátů. Podle lokálnosti ji dělíme na **bodovou kontaminaci** a **rozptýlenou** (difúzní) **kontaminaci** [121].

5.4.2.3 KONTAMINANTY

Kontaminanty v půdách chemického původu jsou zobrazeny na Obrázku 84.



Obrázek 84 Kontaminanty chemického původu [121;122]

Kontaminace rizikovými prvky (Pb, Hg, Cd, Cu, Zn, As, Cr, Ni, Co...) bývá často geogenního původu, ale může být i antropogenního (olovo podél silnic, měď na vinicích...). Do skupiny rizikových prvků patří i řada prvků esenciálních, pro růst rostlin nezbytných, které jsou ve vysokých dávkách jsou toxické – Tabulka 4.

Tabulka 4 Kontaminace rizikovými prvky

Prvek	Formy	Vliv
As	AsO_4^{3-}	Toxický pro rostliny i živočichy
Be	Be^{2+}	Toxický pro rostliny i živočichy
Cd	Cd^{2+}	Toxický pro živočichy
Co	Co^{2+}	Živina pro rostliny i živočichy; Toxický pro rostliny i živočichy
Cr	Cr^{3+} , CrO_4^{2-}	Živina pro živočichy; Cr^{6+} karcinogenní
Cu	Cu^{2+}	Živina pro rostliny i živočichy; Toxický pro rostliny i živočichy
Hg	Hg^{2+} , $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$	Toxický pro živočichy
Mo	MoO_4^{2-}	Živina pro rostliny i živočichy; Toxický pro rostliny i živočichy
Ni	Ni^{2+}	Živina pro rostliny i živočichy; Toxický pro rostliny i živočichy
Pb	Pb^{2+}	Toxický pro rostliny i živočichy
Se	SeO_4^{2-}	Živina pro živočichy; Toxický pro rostliny i živočichy
Sn	Sn^{4+}	Živina pro živočichy; Toxický pro živočichy

Kontaminace cizorodými organickými látkami, jejich původ je **většinou antropogenní**, minimální geogenní. Jedná se o různé ropné deriváty, minerální oleje, pesticidy, rozpouštědla, detergenty, léčiva...

Mezi **speciální případy kontaminace** patří kontaminace radioaktivními látkami, zasolení půdy, acidifikace a eutrofizace.

Acidifikace neboli okyselování půd je přirozený proces, jehož intenzita je podmíněna především klimatickými a geologickými poměry. Nejkyselejší půdy se utváří na kyselých horninách v prostředí nízkých průměrných ročních teplot, a tedy pomalého zvětrávání a v oblastech vysokých úhrnů srážek.

Eutrofizace bývá v prostředí, kde je zvýšen stav živin v ekosystému oproti stavu normálnímu, přirozenému. Může se jednat o zvýšení obsahu dusíku, ale i fosforu či draslíku, nebo o nevyváženou zásobu živin, často dusíku na úkor hořčíku.

Zasolení půdy neboli **salinizace** je speciální případ chemické degradace půd. Jedná se tedy o zvýšení koncentrace rozpustných solí v určitých půdních horizontech.

Kontaminace těžkými kovy, těžké kovy jsou definovány jako skupina prvků mezi mědí a olovem v periodické tabulce prvků s hustotou větší než 5 g/cm^3 . Nejnebezpečnější Cd, Pb, Hg, Cr; mírné nebezpečné Cu, Zn, Ni. Sestupné pořadí škodlivosti cizorodých látek:

- pro rostlinnou výrobu: Hg, Cu, Ni, Pb, Cd, Co
- pro živočišnou výrobu: Cd, Hg, Pb, As [121–124].

5.4.2.4 POSUZOVÁNÍ KONTAMINACE

Při posouzení hraje klíčovou roli u rizikových prvků jejich forma (vodorozpustné, poutané v sorpčním komplexu, vázané na organickou hmotu, v oxidech, uhličitanech, sulfidech, fosforečnanech nebo ve struktuře silikátů). U kontaminace organickými látkami hraje klíčovou roli jejich struktura a stabilita molekul [123].

5.4.2.5 METODY STANOVENÍ KONTAMINACE

Kontaminace se stanovuje titračně pomocí odměrné analýzy nebo instrumentálně.

Titrace je běžná laboratorní metoda kvantitativní analýzy, která se zakládá na stanovení neznámé koncentrace známého objemu vzorku změřením objemu titračního standardu, který jsme spotřebovali, aby látky právě a beze zbytku zreagovaly (tzv. bod ekvivalence). Aby se jednoznačně a přesně zjistilo, kdy nastal bod ekvivalence, přidává se do titrovaného roztoku tzv. indikátor [123;124].

Odběr vzorků půdy

Odběr vzorku půdy při vzorkování půd se odebírají vzorky v terénu: upraveným rýčem, spirálovým vrtákem nebo trubkovým vzorkovačem. Hloubka vzorkování se volí s ohledem na analyt a na způsob, jakým je půda obdělávána. Běžně se vzorkuje do hloubky 15 až 25 cm. Terénní vzorky se odebírají poměrně velké, cca 0,5–1 kg. Přímo v terénu se dobře promísí, kvartují a podstatně menší část, tzv. laboratorní vzorek, se transportuje do laboratoře [123;124].

Úprava vzorku před extrakcí

Vzorek se upravuje pomocí sušení volně na vzduchu nebo lyofilizací. Poté je vzorek přesítován přes síto s oky 2 mm (odstranění hrubého písku, jíl je < 2 µm). Po přesítování následuje mletí nebo rozetření v misce a uchování v uzavřených prachovnicích, což zaručí ochranu před světlem a teplem [123;124].

Příprava vzorků půd do analýzy

Extrakce probíhá pomocí organického rozpouštědla (Soxhlet, ultrazvuková, mikrovlnná, extrakce na třepačce), následuje čištění vzorků (např. rozkladem kyselinou sírovou) a frakcionace analytů sloupcovou kapalinovou chromatografií (silikagel) a zakoncentrování [123;124].

5.4.2.6 OPATŘENÍ PROTI KONTAMINACI PŮDY

Solidifikace (zpevnění) je technologický proces, spočívající ve stabilizaci vhodnými přísadami, které sníží možnost vyluhování nebezpečných prvků a sloučenin z matrice.

Vitrifikace je označení pro zatavení do podoby skla, čímž se zamezí šíření kontaminace do okolního prostředí.

Opatření ke **snížení acidifikace** je možné rozdělit do tří skupin. 1. **Snížování emisí a depozice acidifikantů**, 2. **Biologická opatření** jsou v případě zemědělských půd chápána jako omezené opracování půdy, výběr a střídání plodina ponechávání posklizňových zbytků... 3. **Chemická úprava** je aplikace hnojiv za účelem udržení či zvýšení pH půdy a zásoby živin, případně vápnění vede ke zvýšení hodnot pH.

Jedinou **možností nápravy zasolené půdy** již poškozené je vymývání solí vodou, což je použitelné spíše u mimořádných havárií [121;123–125].

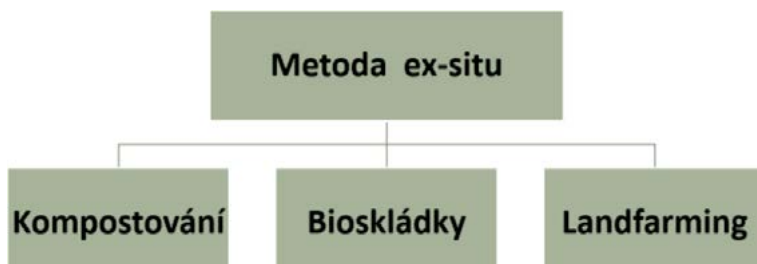
5.4.2.7 TECHNOLOGIE BIOLOGICKÝCH METOD DEKONTAMINACE PŮD

Metoda in-situ

Degradace znečištění probíhá přímo v lokalitě kontaminace. Využívá se přirozené skladby mikroorganismů v lokalitě. Při nedostačujících podmínkách se upraví skladba mikroorganismů, množství kyslíku a dalších živin potřebných pro život organismů, jako je dusík, fosfor a potřebné pH. Metoda je vhodná pro dekontaminaci lokalit znečištěných především ropnými, aromatickými a polyaromatickými uhlovodíky [123;124].

Metoda ex-situ

Technologie čištění kontaminovaných pevných materiálů po vytěžení – Obrázek 85 (kontaminovaná zemina, sedimenty), demolcích (kontaminovaný stavební materiál) či vznikajících při technologických procesech (kaly s obsahem ropných látek) obsahují postupy založené na fyzikálních, chemických a biologických principech. Čištění materiálu probíhá mimo místo původní kontaminace nebo jeho vzniku.



Obrázek 85 Metoda ex-situ [123]

Kompostování, kontaminovaná půda je po vytěžení smísená s kypřícím činidlem a organickým materiálem (piliny, odpady z rostlinné a živočišné výroby), které jsou přidávány pro zvýšení porozity a obsahu organické složky, která bude podporovat biologický rozklad.

Kontaminovaná půda je smísená s různým materiálem podporujícím zlepšení půdních vlastností a jsou tvořeny speciální **bioskládky**.

Landfarmingem se nazývá použití pro odstranění polutantů snadno rozložitelných za aerobních podmínek. Provádí se obvykle na dekontaminačních plochách izolovaných od okolního prostředí nepropustnou fólií nebo vrstvou jílu [123;124;126].

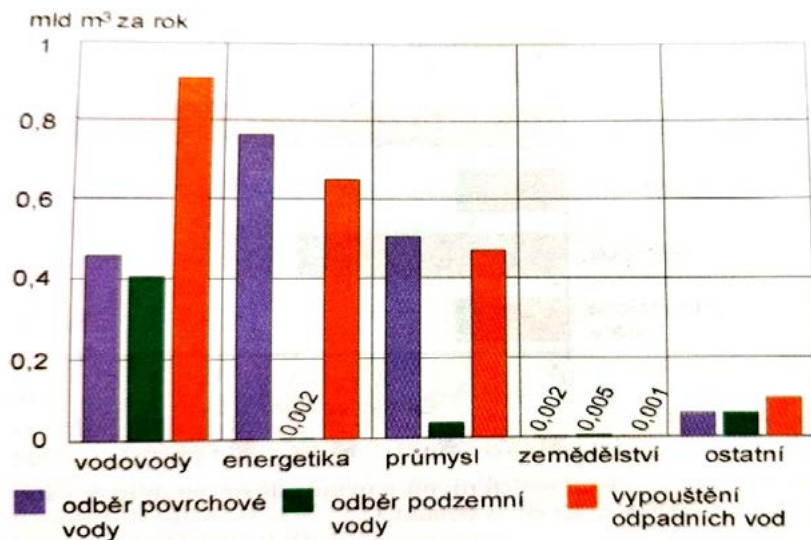
5.5 ZNEČIŠTĚNÍ VODY

5.5.1 OHROŽENÍ VODY

Vodní toky a nádrže znečišťují různé **odpadní vody** průmyslové, komunální, látky vyplavené z polí i nečistoty u dopravy. Toxické látky ničí život ve vodě a narušují až znemožňují **samočisticí** procesy. Ty spočívají zejména v rozkladu organických látek vodními bakteriemi. Podporuje je provzdušňování vody, protože tyto bakterie potřebují ke svému životu kyslík. I malá množství toxických látek obvykle znečistí velké množství vody. Zvláště nebezpečné je znečištění povrchových vod v době sucha, kdy je vody ve vodních tocích i nádržích málo a koncentrace škodlivin stoupá. Na vodních tocích občas dochází k haváriím, při nichž se do vody dostávají různé látky, mění se vlastnosti vody a ve vodě hyne vše živé. Nejčastější příčinou havárií je doprava a únik různých chemických látek. Na menších vodních tocích dochází občas i k haváriím způsobeným zemědělstvím zvláště vyplavením silážních tekutin. Kyselost vody stoupne tak, že zahynou všechny ryby i mnohé další organismy. Toxické látky se často zadržují v usazeninách, odkud se zvolna uvolňují do vody. Znečištění vodních toků proto mívá dlouhodobé důsledky.

Vypouštění odpadů z potravinářského průmyslu, komunální odpady, a zejména vyplavování zbytků hnojiv z polí je příčinou **eutrofizace vod**. Znamená to, že následkem vysokého obsahu živin přemnoží řasy a sinice a vodní hladina jimi zarůstá. Tím se znemožní výměna plynů mezi vodou a ovzduším a ve vodě přitom ubývá kyslík, protože ho organismy spotřebovávají k dýchání. Při nedostatku kyslíku začnou převažovat hnilobné procesy – převládají některé bakterie a další mikroorganismy, které k životu kyslík nepotřebují.

Odběry a vypouštění vody v České republice v jednotlivých oblastech hospodářství v roce 2021 jsou na Obrázku 86 [1;42;127].



Obrázek 86 Znečištění vody [42]

Velmi nebezpečné je znečišťování podzemních vod, které má dlouhodobé následky. Dochází k němu zejména při přehnojování polí a při ropných haváriích způsobených například poškozením ropovodů nebo úniky ropy ze skladů.

Z celosvětového hlediska je velmi nebezpečné znečišťování oceánů a moří. Způsobují je jednak znečištěné vodní toky, jednak námořní doprava, zvláště při haváriích ropných tankerů. Nečistoty narušují základní vztahy v mořských ekosystémech, snižují odolnost a poškozují zdravotní stav organismů. Klesají výtěžky z rybolovů, často je znemožněno i koupání a tento stav ovlivňuje hospodářství přímořských zemí. Narušování výměny kyslíku a oxidu uhličitého mezi vodou a ovzduším může mít dalekosáhlé následky i pro život na souši.

Přestože je na Zemi obrovské množství vody, je množství zdrojů sladké vody omezené a nerovnoměrně rozdělené, takže je v některých oblastech voda vzácná. Nedostatek pitné vody se pak stává omezujícím faktorem pro život lidí i pro rozvoj výroby. Přesto se s vodou často zbytečně plýtvá. V naší republice v současné době každý občan jen v domácnosti průměrně spotřebuje asi 160 litrů vody denně. Protože pitná voda se používá nejen v domácnostech, ale i v mnoha dalších oblastech, je průměrná spotřeba vody na osobu a den vyšší – asi 260 litrů [1;42;128;129].

5.5.2 POLUTANTY VE VODĚ

Jako znečištění označujeme obecně každou změnu přirozených fyzikálních a chemických vlastností vody, která snižuje její kvalitu se zřetelem k použitelnosti. Jako znečištěnou označujeme vodu, která není pitná. Obecně můžeme ve vodách rozlišit znečištění dvojího typu: **allochtonní** (nepůvodní, cizí) **znečištění**, které se do povrchových i podzemních vod dostává zvenci, z okolních systémů, obklopujících zmíněné vody, např. antropogenní znečištění. Podle charakteru přísunu, kterým se antropogenní znečištění dostává do vod se ve vodohospodářské praxi dělí znečištění na: **bodové** – odpadní vody ze závodů nebo větších sídlištních celků jsou soustředěny do jedné kanalizace, která pak vyúsťuje do recipientu; **rozptýlené** – odpadní vody z domů či menších celků ústí jednotlivě na delším úseku toku a **plošné** – např. splachy z hnojených polí. A **autochtonní znečištění**, které má zdroj uvnitř systému (odumření rostlinných či živočišných organismů). Z hlediska časového rozlišujeme: **znečištění havarijní** (akutní) – havárie nebo úniky znečišťujících látek, **trvalé** (chronické) – např. vypouštění vyčištěné odpadní vody se zbytkovým znečištěním a **periodické** (kampaňové) – dočasně produkované znečištění, např. odpadní vody z cukrovarů.

Mezi polutanty patří velké množství látek rozmanitého chemického složení (anorganické, organické) a původu (přírodní, antropogenní): kyseliny a zásady; anionty (např. sulfidy, sulfáty, kyanidy); detergenty; splachy a zemědělská hnojiva; potravinářské odpadní vody; plyny (např. chlór, amoniak); oteplené vody; kovy (např. kadmium, zinek, olovo); živiny (zejména fosfáty a dusičnany); oleje a olejové disperzanty; organické toxické odpady (např. formaldehydy, fenoly); patogeny; pesticidy; PCB; radionuklidy; toxické metabolity produkované mikroorganismy... [130].

5.5.3 MIKROPLASTY

Mikroplasty (MP) jsou definovány jako plastové částičky menší než 5 mm, přičemž spodní hranice není jasně stanovena. Koncentrace se pohybují od 10^{-2} do 10^8 částic/ m^3 . Nejčastěji detekovanými mikroplasty jsou [131]:

$$PE \approx PP > PS > PVC > PET.$$

5.5.4 PŘÍSTUPY K HODNOCENÍ KVALITY VODY

Analytický přístup je fyzikálně-chemické hodnocení (stanovení míry přítomnosti látek v toku). **Holistický přístup** je biologické hodnocení (hodnocení prostřednictvím biomonitorů). **Alternativní metody** hodnotí změny pohyblivosti vody (analýza kapkového obrazu).

Způsob odběru vody může být přímý odběr do vzorkovnic, tzv. kalovka (odběr vody při hladině), zonální vzorkovač (hloubkově orientované odběry) a čerpací zařízení (stacionární, mobilní) [132].

5.5.5 FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉ PARAMETRY VODY

Teplota vody ovlivňuje: množství kyslíku ve vodě, biochemické procesy a život organismů, spjatých s vodním prostředím.

Chuť vody POUZE u vzorků pitných vod, které jsou bakteriologicky nezávadné a neobsahují toxické látky. Rozlišují se základní chutě: slaná, sladká, kyselá, hořká či příchutě, např. kovová, houbovitá, mdlá, železitá, zatuchlá, zemitá...

Konduktivita vody je schopnost vody vést elektrický proud. Hodnotu konduktivity ovlivňuje míra přítomnosti kationů a anionů, uvolněných v průběhu disociace elektrolytů. Míru přítomnosti kationů a anionů ve vodě zvyšuje výskyt znečišťujících látek v toku.

Barva vody je optická vlastnost vyvolávající změnu spektrálního složení procházejícího viditelného světla. Při hodnocení vody se rozlišuje barva: **zdánlivá**, která je vyvolaná rozpuštěnými a nerozpuštěnými suspendovanými látkami, je stanovována v původním nefiltrovaném a neodstředňovaném vzorku; **skutečná**, která je způsobena jen rozpuštěnými látkami, stanovuje se ve zfiltrovaném vzorku vody.

Přírodní vody jsou zbarveny především huminovými kyselinami, fulvokyselinami (žlutohnědě), železem (červeně). Přítomnost sinic a řas – zelená, zelenomodrá barva. Antropogenní původ barvy – průmyslové odpadní vody, vody z výroby celulózy, odpadní vody, vody z barvení, vody z čistíren odpadních vod.

Průhlednost vody je vlastnost vody, která je ovlivněna barvou a zákalem. Poskytuje přibližnou informaci o kvalitě vody. Měří se u povrchových a odpadních vod.

Veškeré látky obsažené ve vodě lze rozdělit na **rozpuštěné** a **nerozpuštěné**. Pitná voda nesmí nikdy obsahovat nerozpuštěné látky. **Rozpuštěné látky** odpaření známého objemu přefiltrované vody, vysušením při 105°C do konstantní hmotnosti, či žháním → ztráta žháním. **Nerozpuštěné látky** jsou látky pevné nebo koloidně suspendované, zachytí se na filtru, který je sušen a následně žhán při 550°C do konstantní hmotnosti → ztráta žháním.

Tabulka 5 Pach vody

Stupeň pachu	Charakteristika pachu	Vnější projev
0	žádný	pach nelze zjistit
1	velmi slabý	pach nezjistí spotřebitel, může jej však zjistit odborník
2	slabý	pach zjistí spotřebitel, je-li na něj upozorněn
3	znatelný	pach lze zjistit, může proto být příčinou nechuti spotřebitele
4	zřetelný	pach vzbuzuje pozornost a tím i nechť spotřebitele k požívání vody
5	velmi silný	pach je tak silný, že vodu nelze pít

Měření **pH vody** slouží ke zjištění míry kyselosti nebo zásaditosti vody. Používají pH metr nebo univerzální indikátorový papírek.

Obsah rozpuštěného kyslíku je jedním z nejvýznamnějších indikátorů jakosti vody, má přímý vliv na podmínky pro život organismů, podmiňuje průběh odbourávání organického znečištění, ovlivňuje veškeré biochemické reakce.

CHSK chemická spotřeba kyslíku udává množství kyslíku, které se za přesně definovaných podmínek spotřebuje na oxidaci organických látek ve vodě silným oxidačním činidlem. Jde o důležitý ukazatel organického znečištění vody a je nedílnou součástí každého rozboru všech druhů vod. Hodnota CHSK se udává jako hmotnostní koncentrace kyslíku, která je ekvivalentní spotřebě silného oxidačního činidla na 1 litr vody v mg/l, u odpadních vod v g/l.

BSK biochemická spotřeba kyslíku značí množství kyslíku spotřebovaného mikroorganismy při biochemické oxidaci organických, popř. anorganických látek (amoniakální dusík, dusitany) ve vodě za aerobních podmínek, vyjadřuje se v mg/l. Stanovuje se u vod povrchových a odpadních a je základním ukazatelem, který se v těchto vodách stanovuje. Závisí na teplotě při inkubaci, době inkubace, druhu mikroorganismů, jejich počtu, přítomnosti biogenních prvků, přítomnosti toxických či inhibičních látek, koncentraci kyslíku, pH prostředí. Na celém světě se používá metoda pětidenní BSK₅ (zředovací – standardizovaná metoda) [126;132–135].

5.5.6 CHEMICKÉ ZNEČIŠTĚNÍ VODY

Do přírodního prostředí se dostávají: jako odpady z průmyslové činnosti z havárií (ropné látky) nebo cíleně (pesticidy).

Ropa a ropné produkty – tyto látky na hladině vody vytvářejí tenký film, který zabraňuje okysličování a poškozuje peří a srst živočichů.

Tenzidy a detergenty, jedná se o čisticí a mycí prostředky, které obsahují tzv. tenzidy, tedy povrchově aktivní látky, které zabraňují výměně plynů a jsou jedovaté.

PCB – polychlorované bifenylly, tyto látky jsou součástí mazadel, nátěrových hmot a hydraulických kapalin. Jedná se o toxické a karcinogenní látky, které se hromadí v tukové tkáni. Vážným způsobem poškozují nervovou soustavu, kůži a imunitu.

Hnojiva a pesticidy

Dioxiny

Těkavé chlorované látky, tzv. AOX; **polycyklické aromatické uhlovodíky** – PAU a **fenoly**

Těžké kovy se do vodních toků dostávají z odpadů a imisí. Kumulují se v organismech hlavně u ryb a vodních ptáků.

Tyto látky se stanovují metodami: **GC-MS** plynová chromatografie s hmotnostní spektrometrií; **HPLC-PDA** vysokoúčinný kapalinový chromatograf s detektorem fotodiodového pole; **HPLC-UV** vysokoúčinný kapalinový chromatograf v UV-VIS spektru, **HPLC-MS** vysokoúčinný kapalinový chromatograf s hmotnostní spektrometrií [128;132;135;136].

5.5.6.1 ZNEČIŠTĚNÍ ORGANICKÝMI LÁTKAMI

Původ organických látek v povrchových vodách může být z několika důvodů. V **přírodním prostředí** dochází k vyluhování humusových látek z půdy a sedimentů. **Antropogenní činností** jako je komunální znečištění, zemědělství, průmysl. **Mírou biochemického rozkladu**, kdy látky podléhající biochemickému rozkladu a látky rezistentní.

Specifické organické látky = **xenobiotika** jsou látky, které jsou umělého původu a stojí tak mimo přirozené ekosystémy [135;136].

5.5.6.2 ZNEČIŠTĚNÍ ANORGANICKÝMI LÁTKAMI

Základní anorganické látky, sledované jako ukazatele jakosti vody. Jsou to jednak tzv. **nutrienty**: sloučeniny dusíku, fosforu nebo draslíku. Dále **ostatní anorganické látky**, které jsou sledované jako sloučeniny síry, chloru či fluoru. A v poslední řadě nežádoucí **těžké kovy** [135;136].

5.5.7 ČIŠTĚNÍ VODY

Čistírna odpadních vod **ČOV** je zařízení, kde se čistí odpadní voda z průmyslových podniků, zemědělské výroby, bytů a domů. Nejčastějším typem používaných ČOV v ČR je mechanicko-biologická čistírna odpadních vod.

Odpadní voda je voda, jejíž kvalita byla zhoršena lidskou činností.

Znečišťující látky mohou být rozpuštěné (různé soli), nerozpuštěné (písek), biologicky rozložitelné (tuky) nebo nerozložitelné (plasty).

Znečištění vody je velký celosvětový problém, který je příčinou onemocnění a úmrtí [127;129;137].

5.5.7.1 MECHANICKÉ ČIŠTĚNÍ

Mechanickým čištěním se z vody odstraňují tuhé látky a plyny. Jedním ze způsobů mechanického čištění je **cezení**, cezením se odstraňují největší plovoucí nečistoty, k tomu se používají česle.

Dalším způsobem mechanického čištění je **sedimentace**.

Filtrace je druh oddělování určitých látek průtokem přes filtrační vrstvu, kterou může být zrnitý materiál, například: štěrky, písek nebo filtrační síťovina [127;137].

5.5.7.2 BIOLOGICKÉ ČIŠTĚNÍ

Slouží k odstranění znečišťujících látek, které jsou rozpuštěny nebo rozptýleny v odpadních vodách a neprobíhá u nich sedimentace. Probíhá za pomoci **mikroorganismů**, ty využívají látky z odpadní vody v rámci svých životních procesů a jsou od ní oddělitelné obvykle sedimentací. Tyto mikroorganismy se souhrnně nazývají aktivovaný kal, ten má velkou účinnost k odstranění organického znečištění a také k odstranění dusíku a fosforu [127;137].

5.5.7.3 CHEMICKÉ ČIŠTĚNÍ

Hlavním chemickým procesem čištění je **neutralizace**, při ní je upravováno pH vody. Vznikají dobře rozpustné soli nebo málo rozpustné sloučeniny, které z vyčištěné vody vypadávají. Používá se sedimentace nebo filtrace, ale i srážení, oxidace a redukce a spalování.

Při **srážení** se ve vodě dobře rozpustné sloučeniny přemění na málo rozpustné sraženiny, které jsou odstraněny sedimentací a filtrací, popřípadě flotací (oddělované látky jsou vynášeny na hladinu a odstraňovány). **Oxidace** se uplatňuje při hygienickém zabezpečení pitné vody, při chemickém odplyňování vody, při odželezování a odmanganování vody, při čištění průmyslových odpadních vod apod. **Redukcí** se zneškodňují chromové odpadní vody. Zvláště nebezpečné kapalné odpady se zneškodňují **spalováním**.

Hygienické zabezpečení vody je posledním technologickým postupem při výrobě pitné vody je její zabezpečení po stránce zdravotní. K tomu se používají různé dezinfekční prostředky, např. chlór, oxid chloričitý a ozón [127;137].

5.5.7.4 FILTRACE VODY – TYPY FILTRŮ

Filtrační konvice podle typu filtru odstraní konvice mechanické nečistoty, chlór, ropné produkty, pesticidy, dusičnany, těžké kovy nebo i bakterie. Některé konvice vodu změkčují a upravují její pH.

Průtokové filtry pod dřez v domácnosti nejčastěji využívané, praktické řešení, schované pod linkou, filtrovanou vodu čepujete přes samostatný kohoutek nebo trojcestnou baterii. Jsou efektivnější než filtrační konvice. Je na výběr mezi základními, baktericidními a změkčovacími filtry, k dostání jsou i varianty pro odstranění dusičnanů.

Reverzní osmóza pod dřez, pokročilé, neefektivnější řešení vůbec, které zbaví vodu až 99,9 % všech obsažených látek. Výsledkem je voda, která se složením přibližuje destilované. Některé jednotky vodu částečně znovu mineralizují. Výhodou reverzní osmózy je, že nemusíte řešit, co vaše zdrojová voda obsahuje – prostě z ní odstraňuje vše a její filtrační schopnost neklesá ani ke konci životnosti výměnných vložek. Nevýhodou je, že spotřebovává více vody. K dispozici i baktericidní a změkčovací variant [127;137].

5.6 ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ

Vzduch je směs, která tvoří zemská atmosféra, vzdušný obal zeměkoule. Celkové množství vzduchu v atmosféře je $5,3 \cdot 10^{18}$ kg [129].

5.6.1 SLOŽENÍ VZDUCHU

Hlavní složkou vzduchu je **dusík** 78,08 % a **kyslík** 20,95 %. Dalším více zastoupeným prvkem je **argon** 0,93 % a sloučenina **oxid uhličitý** 0,033 %. **Ostatní plyny** tvoří 0,002 % jsou to neon, helium, krypton, oxid siřičitý, methan, vodík, oxid dusný, xenon, ozón, oxid dusičitý, jód, oxid uhelnatý, amoniak a radon [129;138].

5.6.2 CHEMIE ATMOSFÉRY

Chemické změny škodlivin v atmosféře mají velký vliv jak na jejich dobu setrvání, tak i na jejich škodlivost nebo způsob působení. Tyto chemické přeměny můžeme rozdělit na **reakce homogenní**, probíhající výhradně v plynné fázi, **heterogenní**, probíhající na povrchu tuhých částic v kapalně fázi v kapičkách vody.

Veškeré chemické změny látek, emitovaných do ovzduší, se odehrávají v **troposféře**. **Troposférou** nazýváme asi 10 km silnou vrstvu zemské atmosféry, která je od vyšších vrstev oddělena teplotní inverzí v tropopauze. Nad tropopausou se **ve stratosféře nachází ozónová vrstva**, která působí jako filtr krátkovlnného záření. Na základě těchto skutečností můžeme troposféru považovat za fotochemický reaktor, který Slunce současně vyhřívá a ozařuje zářením o vlnových délkách nad 300 nm [129;139].

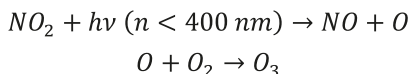
5.6.3 ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ

Znečištění ovzduší je způsobeno: **chemickým, fyzikálním a biologickým činitelem**, který změní přírodní vlastnosti zemské atmosféry.

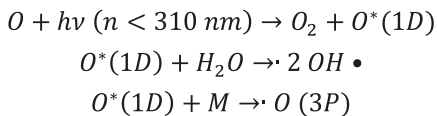
Hlavními látkami a ději, které znečištění ovzduší způsobují jsou: **skleníkový efekt, znečištění pevnými částicemi, zvýšené UV-záření, kyselé deště, zvýšené množství přízemního ozónu a znečištění způsobené oxidy dusíku**.

5.6.3.1 PRIMÁRNÍ FOTOCHEMICKÉ REAKCE

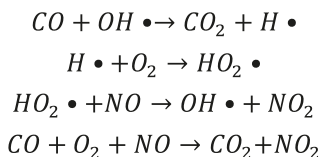
Fotolýza NO_2



Fotolýza ozónu – poskytuje vybuzené kyslíkové atomy $\text{O}^*(1\text{D})$, které srážkou s molekulou vody dávají 2 radikály $\text{OH}\cdot$, srážkou s inertní molekulou (např. N_2) ztrácejí svou energii:

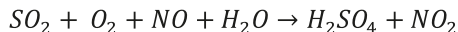
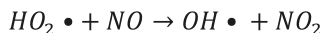
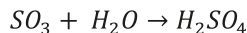
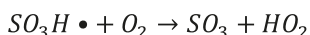


Reakce CO



V přítomnosti NO se obnovují radikály $\text{OH}\cdot$, jinak vzniká z $\text{HO}_2\cdot$ peroxid vodíku. První reakce je nejpomalejším krokem, snížení koncentrace CO na polovinu trvá řádově několik měsíců.

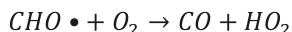
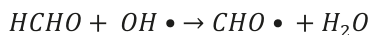
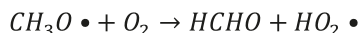
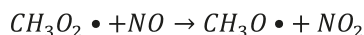
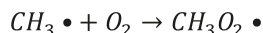
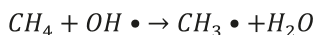
Reakce SO₂ a NO₂



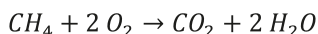
Oxidace SO₂ je tedy obdobou odbourávání CO. Snížení koncentrace SO₂ na polovinu trvá několik dnů. Na rozdíl od těchto reakcí je odstraňování NO₂ z atmosféry reakcí likvidující radikály:



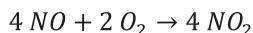
Oxidaci parafinů můžeme ukázat na příkladu methanu:



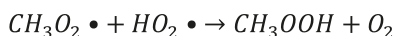
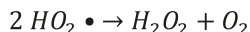
CO podléhá oxidaci podle výše uvedeného schématu, radikály HO₂ reakcí s NO obnovují radikál OH. Souběžně probíhá i dříve popsaná fotolýza HCHO. Sumární rovnice oxidace methanu má tvar:



se současně probíhající vedlejší reakcí:



při nedostatku NO převažují reakce mezi peroxyradikály, které ruší řetězový průběh reakcí [139]:



5.6.3.2 ZDROJE ZNEČIŠTĚNÍ VZDUCHU

Antropogenní zdroje znečištění vzduchu jsou tepelné elektrárny; řízené spalování lesů, používané v zemědělství nebo lesnictví; motorová vozidla; námořní lodě i emise vznikající v přístavech; spalování fosilních paliv; elektrárny a průmyslové závody; nevhodné obdělávání půdy; a výpary z nátěrů, sprejů na vlasy, aerosolových sprejů a rozpouštědel.

Přírodní zdroje znečištění ovzduší mohou být prach z přírodních zdrojů, obvykle z oblastí Země pokrytých řídkou vegetací, nebo zcela bez vegetace; písek z pouští; bioplyn, konkrétně methan, uvolňovaný v průběhu; trávení potravy zvířaty; radioaktivní plyn radon, uvolňující se ze zemské kůry; kouř a oxid uhelnatý, vznikající při lesních požárech; a sopečná aktivita, díky níž se uvolňují částice síry, chloru a popela.

Smog je specifický stav znečištění ovzduší, vznikající při nepříznivých meteorologických stavech vzájemným působením vzdušné vlhkosti, tuhých částic (zejména popílku a sazí) a ostatních plyných škodlivin. Tento stav je zvláště nebezpečný pro zdraví obyvatel městských a průmyslových aglomerací. **Kyselý** (také Londýnský) **smog** vzniká v oblastech spalování paliv (zvláště tuhých) s vyššími obsahy síry, především v komunálním otopu, kdy spaliny jsou nízkými komíny rozptýlovány do nízké nadzemní vrstvy. **Fotosmog** (smog Los Angeleského typu) vzniká při inverzních stavech atmosféry v oblastech s vysokou hustotou automobilového provozu [139].

5.6.3.3 KONTROLA ZNEČIŠŤOVÁNÍ A ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ

Emise

Měření koncentrace škodlivin v místě jejich vypouštění do volného ovzduší (komíny, větrací šachty, výfuková potrubí...). Vždy probíhá měření emisí [139].

Imise

Škodliviny rozptýlené a pozměněné reakcemi v ovzduší. Do ovzduší se dostává velké množství škodlivin, asi 90 % plyných látek a zbytek tuhé a kapalné částice. **Principem imisního měření** je převedení stanovované složky do roztoku a její stanovení klasickými titračními nebo elektrochemickými metodami [139].

Chlor

Chlor se stanoví kolorimetricky měřením úbytku zbarvení kyselého roztoku methylované [140].

Oxidy dusíku – NO_x

Zdroj NO je spalování fosilních paliv ve stacionárních emisních zdrojích (vytápění, elektrárny) a v motorových vozidlech. **NO₂** pochází ze specifických technologických průmyslových procesů, např. z výroby kyseliny dusičné, aplikace výbušnin a sváření.

Ke **stanovení NO_x** jsou používány následující metody: chemiluminiscenční, fotometrická a coulometrická.

Oxidy dusíku zvyšují oxidační potenciál atmosféry a nepříznivě působí na vnitřní orgány. Předpokládá se, že NO_x se v krvi váží na červené krevní barvivo a zhoršují přenos kyslíku z plic do tkáně. Ve vyšších koncentracích působí NO_x dráždivě na dýchací cesty [139;140].

Oxid uhelnatý – CO

Převážná část je produkována nedokonalým spalováním fosilních paliv. Ke stanovení, CO se používají: infračervená spektrometrie, chromatografická metoda a titrační metody.

Oxid uhelnatý je silně toxický. S krevním barvivem vytváří velmi pevný karboxyhemoglobin, což vede k omezení přenosu kyslíku z plic do krevního oběhu. V ovzduší přechází fotochemickou oxidací na CO₂. Oxidace probíhá velmi pomalu [139;140].

Sloučeniny síry SO₂

Patří mezi hlavní znečišťující součásti ovzduší. Při běžných koncentracích, cca 0,1 mg/m³, oxid siřičitý dráždí oči a horní cesty dýchací. Při koncentraci 0,5 mg/m³ působí na činnost mozkové kůry a při 2,5 mg/m³ dochází ke snížení průchodnosti v plicích.

Ke stanovení SO₂ v ovzduší lze použít následující metody: fluorimetrická, coulometrická, fotometrická a titrační [139;140].

Oxid sírový – SO₃

Okamžitě reaguje se vzdušnou vlhkostí a vytváří aerosol kyseliny sírové. Hlavním zdrojem SO₃ je oxidace SO₂. Stanoví fotometrickou a turbidimetrickou metodu. Obě metody určené ke stanovení průměrných koncentrací používají k zachycení aerosolu papírový filtr preparovaný roztokem hydroxidu draselného. Přes filtr umístěný v držáku se prosaje odměřené množství vzduchu. Potom se filtr vylouží vodou a do vodného roztoku se dostanou síranové ionty z rozpustných síranů [139;140].

Sulfan – H₂S

Zdrojem sulfanu v ovzduší jsou biochemické procesy při rozkladu organických látek a vulkanická činnost. V menší míře to jsou emise z průmyslu při výrobě sulfátové celulózy, při rafinaci ropy, v koksovárnách.

Fluorimetrická metoda je založena na oxidaci sulfanu na oxid siřičitý. Fotometrická metoda je založena na tvorbě methylenové modři, novější na reakci H₂S s jodičnanem.

Sulfan se v malých koncentracích (pod 0,1 mg/m³) projevuje nepříjemným, obtížným zápachem. Ve vyšších koncentracích se uplatňuje jeho toxicita. Sulfan ochrnuje čichové nervy, takže zápach mizí a dochází rychle ke smrtelné otravě [139;140].

Polétavý prach PM_{10} , $PM_{2,5}$

Polétavý prach (z anglického názvu „particulate matter“) je pojem pro mikročástice o velikosti několika mikrometrů (μm). Částice mají své specifické označení podle velikosti – například PM_{10} označuje polétavý prach o velikosti 10 mikrometrů.

Polétavý prach **vzniká** téměř výhradně jako produkt lidské činnosti – při spalovacích procesech, tavení rud, ale také z půdy zbavené vegetačního krytu. Čím menší průměr částice má, tím déle zůstává v ovzduší.

Vliv polétavého prachu na zdraví, částice velikosti okolo 10 μm jsou zachyceny v horních cestách dýchacích, menší mohou pronikat do dolních dýchacích cest. Vůbec nejnebezpečnější jsou částice menší než 2,5 μm , tyto se mohou dostat až do plicních sklípků. Způsobuje kardiovaskulární onemocnění, choroby dýchacích cest, snižuje délku života a zvyšuje kojeneckou úmrtnost. V důsledku navázaných těkavých látek může způsobovat rakovinu [139;140].

Prachové částice

Stanovují se gravimetricky. Při tomto měření se částice shromažďují na filtru ze skelných mikrovláken, přes který se po dobu 24 hodin prosává známé množství vzduchu, běžně 2000 m^3 . Filtr se zváží před a po expozici a výsledky se udávají v g/m^3 [139;140].

Ozón

Přízemní ozón je látka vznikající sekundárně v ovzduší. Malé množství se vyskytuje přirozeně po bouřce nebo v horském prostředí. Obecně tedy neexistuje emisní zdroj produkující ozón. Na jeho vzniku se podílí především oxidy dusíku a těkavé organické látky, které vstupují do fotochemických reakcí. Ozón je velmi silné oxidační činidlo a může reagovat s mnoha látkami na biochemické úrovni. Má schopnost oxidovat sulfhydrylové skupiny aminokyselin enzymů a bílkovin a také polynenasycené mastné kyseliny na peroxidy mastných kyselin. Na základě jeho vlivu dochází k dráždění očí, nosu, krku, tlaku na hrudi, kašli, zvýšené produkci hlenu, únavě a bolestem hlavy [139;140].

Těkavé (volatilní) organické látky (VOC)

Mezi tyto látky řadíme, alifatické i aromatické uhlovodíky a jejich halogenové deriváty, terpeny a aldehydy. Jejich zdrojem je především průmyslová výroba a doprava. V ovzduší se podílí na vzniku přízemního ozónu. Mohou způsobovat dráždění očí a dýchacích cest, bolesti hlavy, ztrátu koordinace, nevolnost, poškození jater, ledvin [139;140].

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)

V prostředí přetrvávají velice dlouho (jsou tedy perzistentní), neboť odolávají přirozeným rozkladným procesům. Vznikají převážně při nedokonalém spalování organických látek (uhlí, olejů, nafty, benzínu a plastů) v nevhodných spalovacích zařízeních. Vliv na zdraví, tyto sloučeniny mají mutagenní a karcinogenní vlastnosti, ohrožují zdravý vývoj plodu. Mezi PAU znečišťující ovzduší patří například benzo(a)pyren [139;140].

Těžké kovy

Olovo jeho zdrojem v ovzduší jsou spalování fosilních paliv, výroba železa a oceli a metalurgie neželezných kovů. Z přírodních zdrojů je částečně zastoupeno zvětrávání hornin a vulkanická činnost.

Nikl se v atmosféře vyskytuje v různých sloučeninách a je součástí hlavně frakcí menších než 10 μm . Jeho zdrojem je spalování těžkých ropných olejů, těžba niklových rud a rafinace niklu, spalování odpadu a výroba železa a oceli.

Kadmium uniká do ovzduší převážně při výrobě železa, oceli, metalurgii neželezných kovů, spalování odpadů a fosilních paliv

Arsen je součástí anorganických i organických sloučenin. Je emitován ze spalovacích procesů (hnědé a černé uhlí, těžké topné oleje) a z výroby železa, oceli, mědi a zinku. K přírodním zdrojům řadíme vulkanickou činnost, požáry lesů, zvětrávání minerálů a činnost mikroorganismů [139;140].

5.6.4 INDEX KVALITY OVZDUŠÍ A ZDRAVOTNÍ RIZIKA

Na základě vypočteného indexu kvality ovzduší (IKO) můžeme hodnotit stav ovzduší a míru zátěže všemi škodlivinami. Stanoví se z ročních, 24hodinových nebo krátkodobých koncentrací látek v ovzduší [140].

Tabulka 6 Index kvality ovzduší

Úroveň	Stav ovzduší	Barva znázornění
1.	čisté ovzduší – zdraví příznivé ovzduší	Svěží zelená
2.	vyhovující ovzduší – zdravé ovzduší	Matná zelená se žlutým nádechem
3.	mírně znečištěné ovzduší – zdravotně přijatelné ovzduší	Matně žlutá
4.	znečištěné ovzduší – ovzduší ohrožující citlivé osoby	Matná okrová
5.	silně znečištěné ovzduší – ovzduší ohrožující celou populaci	Matná červená
6.	ovzduší zdraví škodlivé – velmi silně znečištěné ovzduší	Jasně karmínová

Tabulka 7 Zdravotní rizika

Škodlivina	Zdravotní rizika
Oxid uhličitý (CO ₂)	Koncentrace 3–5 % v ovzduší je životu nebezpečná po půlhodinovém pobytu, 8–10 % způsobuje rychlou ztrátu vědomí
Oxid uhelnatý (CO)	Způsobuje poruchy srdce, mozku, zrakové a sluchové potíže
Oxid siřičitý (SO ₂)	Pro rostliny a živočichy toxický, plyn s dráždivými účinky, způsobuje dýchací potíže, změny plicní kapacity
Oxidy dusíku (NO _x)	Dráždivé účinky, způsobuje záněty průdušek (bronchitida, plicní edém)
Oxid dusný (N ₂ O)	Při delším vystavení působení tohoto plynu způsobuje nervové poškození a poruchy krvetvorby, poruchy paměti
Olovo (Pb)	Toxický kov, chronická otrava se projevuje nechutenstvím, bolestmi břicha, kloubů, způsobuje problémy s chováním, nižší IQ, nesoustředěnost
Ozón (O ₃)	Dráždivý účinek na dýchací orgány, působí na centrální nervovou soustavu, způsobuje buněčné a strukturální změny
Pevné částice (PM)	Srdeční a plicní choroby, změny v imunitním systému, alergické reakce

5.6.4.1 MOŽNOSTI OMEZENÍ ZNEČIŠTĚNÍ VZDUCHU

Vybavení továren zařízeními pro zachycování emisi např. prachové filtry, katalyzátory, odsiřovací či nenitrifikační zařízení, v dopravě změna paliva, omezení rychlosti či zlepšení plynulosti provozu. Evropské země zavádějí v centrech velkých měst nízko-emisní zóny, do kterých mohou vjíždět jen automobily, které vypouštějí jen nepatrné množství škodlivin. Vzrostlá zeleň působí jako filtr, který zachycuje jemné částice prachu [129].

5.6.4.2 LEGISLATIVA OCHRANY OVZDUŠÍ

Základním zákonem, zabezpečujícím ochranu ovzduší v ČR, je Zákon 86/2002 a jeho novela č. 92/2004, kterými se mění a doplňuje první „porevoluční“ zák. č. 309/91. Jejich účelem je ochrana venkovního ovzduší před vnášením znečišťujících látek, omezování příčin a následků znečišťování ovzduší a zlepšování kvality ovzduší.

Emisní limit je nejvyšší přípustné množství znečišťující látky vypouštěné do ovzduší ze zdroje znečišťování, vyjádřené jako koncentrace znečišťující látky v odpadních plynech, hmotnostní tok této látky, hmotnostní množství této látky vztažené na jednotku produkce nebo stupeň znečišťování ovzduší tímto zdrojem způsobovaný (tmavost kouře).

Jako **imisní limit** se označuje nejvyšší přípustná hmotnostní koncentrace znečišťující látky obsažená v ovzduší.

Depoziční limit je nejvyšší přípustné množství znečišťující látky usazené po dopadu na jednotku plochy zemského povrchu za jednotku času. Úplatu za znečišťování ovzduší tvoří základní sazba a přírážka, která se platí při překročení emisního limitu [141].

5.7 PŘÍKLADY Z APLIKOVANÉ CHEMIE

Příklad 5.1. Vypočtěte sušinu a vlhkost vzorku dřeva, když víte navážku 2,5 g a hmotnost po sušení 1,25 g.

Řešení:

- Nejprve vypočteme sušinu ve vzorku podle následujícího vztahu:

$$x_S = \frac{m_{a.s.}}{m_{v.s.}} \cdot 100 = \frac{1,25}{2,5} \cdot 100 = 50 \%$$

- Ze sušiny dopočteme vlhkost vzorku:

$$x_V = 100 - x_S = 100 - 50 = 50 \%$$

Příklad 5.2. Vypočtěte obsah ligninu vzorku dřeva, když víte: $m_{\text{filtračního papíru}} = 1,0 \text{ g}$; $m_{\text{lignin po sušení}} = 1,3 \text{ g}$; $m_{a.s.} = 3 \text{ g}$; $m_{v.s.} = 3,3 \text{ g}$.

Řešení:

- Obsah ligninu vypočteme pomocí vztahu:

$$x_{KLL} = \frac{\Delta m}{m_{a.s.}} \cdot 100 = \frac{1,3 - 1}{3} \cdot 100 = 20 \%$$

Příklad 5.3. Vypočtěte obsah celulózy vzorku dřeva, když víte: $m_{\text{frity}} = 65,4 \text{ g}$; $m_{\text{po sušení}} = 65,9 \text{ g}$; $m_{a.s.} = 1,05 \text{ g}$ a $m_{v.s.} = 1,1 \text{ g}$.

Řešení:

- Obsah celulózy dopočteme podle vztahu:

$$x_{SC} = \frac{\Delta m}{m_{a.s.}} \cdot 100 = \frac{65,9 - 65,4}{1,05} \cdot 100 = 47,6 \%$$

Příklad 5.4. Vypočtěte obsah holocelulózy a hemicelulóz vzorku dřeva, když víte: $m_{\text{frity}} = 49,4 \text{ g}$; $m_{\text{po sušení}} = 52,6 \text{ g}$; $m_{a.s.} = 5,05 \text{ g}$, $m_{v.s.} = 5,3 \text{ g}$, a obsah celulózy byl 38 %.

Řešení:

- Obsah celulózy dopočteme podle vztahu:

$$x_{hol(W)} = \frac{\Delta m}{m_{a.s.}} \cdot 100 = \frac{52,6 - 49,4}{5,05} \cdot 100 = 63,4 \%$$

- A z toho pak dopočteme zastoupení hemicelulóz:

$$x_{hem} = x_{hol(W)} - x_{SC} = 63,4 - 38 = 25,4 \%$$

Příklad 5.5. Vypočtěte obsah popela vzorku dřeva, když víte: $m_{a.s.} = 3,0 \text{ g}$; $m_{v.s.} = 3,6 \text{ g}$; $m_{\text{popel}} = 0,15 \text{ g}$.

Řešení:

- Obsah popela dopočteme dle vztahu:

$$x_P = \frac{m_P}{m_{a.s.}} \cdot 100 = \frac{0,15}{3} \cdot 100 = 5 \%$$

Příklad 5.6. Vypočtěte sušinu a vlhkost vzorku dřeva, když víte navážku 2 g a hmotnost po sušení 1,8 g.

Příklad 5.7. Vypočtěte obsah ligninu vzorku dřeva, když víte: $m_{\text{filtračního papíru}} = 0,9 \text{ g}$; $m_{\text{lignin po sušení}} = 1,4 \text{ g}$; $m_{a.s.} = 2 \text{ g}$; $m_{v.s.} = 2,4 \text{ g}$.

Příklad 5.8. Vypočtěte obsah celulózy vzorku dřeva, když víte: $m_{\text{frity}} = 68,2 \text{ g}$; $m_{\text{po sušení}} = 68,7 \text{ g}$; $m_{a.s.} = 1,1 \text{ g}$ a $m_{v.s.} = 1,2 \text{ g}$.

Příklad 5.9. Vypočtete obsah holocelulózy a hemicelulóz vzorku dřeva, když víte: $m_{\text{frity}} = 45,4 \text{ g}$; $m_{\text{po sušení}} = 48,2 \text{ g}$; $m_{\text{a.s.}} = 5,0 \text{ g}$, $m_{\text{v.s.}} = 5,2 \text{ g}$, a obsah celulózy byl 36 %.

Příklad 5.10. Vypočtete obsah popela vzorku dřeva, když víte: $m_{\text{a.s.}} = 5,0 \text{ g}$; $m_{\text{v.s.}} = 5,4 \text{ g}$; $m_{\text{popel}} = 0,3 \text{ g}$.

Příklad 5.11. Vypočtete koncentraci pigmentu v pojivu tzv. OKP, když znáte objem pigmentu 0,3 ml a objem pojiva 100 ml.

Řešení:

- Koncentraci pigmentu dopočteme podle vztahu:

$$OKP = \frac{V_p}{V_p + V_{poj}} \cdot 100 = \frac{0,3}{0,3 + 100} \cdot 100 = \mathbf{0,30 \%}$$

Příklad 5.12. Vypočtete kritickou koncentraci pigmentu tzv. KOKP, když znáte hustotu pigmentu $1,25 \text{ g/cm}^3$ a spotřeba oleje je 120 g/100 g pigmentu.

Řešení:

- Kritickou koncentraci pigmentu dopočteme podle vztahu:

$$KOKP = \frac{10000/\rho}{100/\rho + a/0,93} = \frac{10000/1,25}{100/1,25 + 120/0,93} = \mathbf{38,27}$$

Příklad 5.13. Vypočtete koncentraci pigmentu v pojivu tzv. OKP, když znáte objem pigmentu 1,8 ml a objem pojiva 200 ml.

Příklad 5.14. Vypočtete kritickou koncentraci pigmentu tzv. KOKP, když znáte hustotu pigmentu $1,8 \text{ g/cm}^3$ a spotřeba oleje je 50 g/100 g pigmentu.

Příklad 5.15. Rozlište vybraná průmyslová hnojiva.

Chemikálie: vzorky hnojiv, vybraná činidla Tabulka 8, 20% kyselina chlorovodíková, destilovaná voda.

Tabulka 8 Činidla [1]

Dokazujeme	Činidlo	Důkaz
Kation Na^+	Na očko platinového drátku vložte vzorek do nesvítivého plamene.	Žluté zbarvení plamene
Kation K^+	Na očko platinového drátku vložte vzorek do nesvítivého plamene.	Červenofialové zbarvení plamene.
Kation Ca^{2+}	Přidejte nasycený roztok uhličitanu sodného nebo 20% roztok kyseliny sírové.	Bílá sraženina uhličitanu nebo síranu vápenatého.
Kation NH_4^+	Přidejte 30% roztok hydroxidu draselného, směs zahřejte a do ústí zkumavky vložte vlhký fenolftaleinový papírek.	Papírek zčervená působením reakce unikajícího amoniaku s vodou.
Anion Cl^-	Přidejte 2% roztok dusičnanu stříbrného.	Bílá sraženina chloridu stříbrného.
Anion SO_4^{2-}	Přidejte 10% roztok chloridu barnatého.	Bílá sraženina síranu barnatého.
Anion NO_3^-	Přidejte koncentrovanou kyselinu sírovou a měděný plíšek, směs opatrně zahřejte.	Uniká hnědý plyn oxid dusičitý a vzniká modrý roztok měďnaté soli.
Uhličitany (pevná složka)	Nerozpustný vzorek po přidání kyseliny chlorovodíkové šumí – unikající plyn dokažte kapkou vápenné vody na skleněné tyčince.	Uniká oxid uhličitý, vápenná voda se bíle kalí (vzniká uhličitán vápenatý).
Anion CO_3^{2-}	Přidejte vápennou vodu.	Bílá sraženina uhličitanu vápenatého.
Anion PO_4^{3-}	Přidejte molybdenovou soluci (7,5 g molybdenanu amonného se rozpustí za tepla v 50 ml vody a doplní se 30% roztokem kyseliny dusičné na objem 100 ml.	Žlutá sraženina molybdatofosforečnanu amonného.

Pomůcky: zkumavky, kahan, pH papírky.

Postup:

U jednotlivých vzorků popište vzhled barvu předložených hnojiv.

1 g hnojiva rozpustíte v destilované vodě ve zkumavce (10 ml). Jestliže se hnojivo při laboratorní teplotě nerozpustí, zahříváte zkumavku a ověříte pH pomocí indikátorového papírku.

Pokud se vzorek ani po zahřátí nerozpustí, přidejte ke vzorku hnojiva roztok kyseliny chlorovodíkové.

Vzniklé roztoky rozdělíte do zkumavek a proveďte důkazy přítomnosti jednotlivých iontů.

Příklad 5.16. Stanovte a seřadte půdní texturu.

Chemikálie: destilovaná voda.

Pomůcky: nůž; plastová podložka; měřítko.

Postup:

Přibližně 10 g zeminy navlhčíme pomocí destilované vody, použijeme takové množství, abychom dosáhli soudržnosti hmoty, aniž by se půda lepila na ruce. Pokud je těsto správně připravené po naříznutí docílíme čistého řezu. Vyzkoušíme, jestli ze vzniklé hmoty můžeme vytvořit na plastové podložce vlákna o průměru 3 mm. Pokud ano, zkusíme tato vlákna stočit do kroužku, přičemž nesmí dojít k popraskání a přerušení struktury. Musíme být schopni vytvořit vlákna o délce cca 10 cm.

Dále ověříme, zda je možné tato vlákna vytvořit o průměru 1 mm. Z připravené hmoty při tomto měření odstraníme větší zrna např. písku.

Tento postup zopakujeme několikrát pro každý vzorek a seřadíme vzorky podle půdní textury.

Příklad 5.17. Stanovte dusičnanové a amonné ionty v půdě

Chemikálie: Nesslerovo reakční činidlo; 2,3-dimethoxystrachnin; koncentrovaná kyselina sírová.

Pomůcky: lžička; kapátko; porcelánová destička.

Postup:

Stanovení dusičnanů:

Na keramickou destičku kápneme 3 kapky půdního extraktu. Přidáme 2 kapky roztoku 2,3-dimethoxystrachninu a 7 kapek koncentrované kyseliny sírové. Necháme 15 minut reagovat, poté srovnáme intenzitu získaného žlutého zbarvení s příslušnou barevnou stupnicí.

Stanovení amonných iontů:

Samotné stanovení obsahu těchto iontů provedeme smícháním 4 kapek půdního extraktu se 2 kapkami Nesslerova činidla na porcelánové destičce. Necháme reagovat 1 minutu. Protřepeme a srovnáme vzniklé žluto-oranžové zbarvení s příslušnou barevnou stupnicí.

Příklad 5.18. Určete obsah rozpuštěných látek při 105 °C a 550 °C a ztrátu žíhání. Když víte, že hmotnost odparku v odpařovací misce činí 52,68 g; hmotnost po žíhání činila 52,66 g; hmotnost prázdné odpařovací misky byla 52,63 a objem vzorku k analýze byl 1020 ml.

Řešení:

- Jako první dopočteme rozpuštěné látky při 105 °C podle vztahu:

$$\rho(RL\ 105) = \frac{(m_{RL105} - m_{om}) \cdot V_0}{1000} = \frac{(52,68 - 52,63) \cdot 1020}{1000} = 0,051\ g/l \rightarrow 51\ mg/l$$

- Následně dopočteme látky po žíhání při 550 °C:

$$\rho(RL\ 550) = \frac{(m_{RL550} - m_{om}) \cdot V_0}{1000} = \frac{(52,68 - 52,66) \cdot 1020}{1000} = 0,0204\ g/l \rightarrow 20,4\ mg/l$$

- Jako poslední dopočteme ztrátu při žíhání:

$$\rho(Z\check{Z})_{RL} = (\rho_{RL105} - \rho_{RL550}) = (51 - 20,4) = 30,6\ mg/l$$

Příklad 5.19. Určete obsah nerozpuštěných látek při 105 °C a 550 °C a ztrátu žihání. Když víte, že hmotnost filtru v kelímku s nerozpuštěnými látkami činí 51,42 g; hmotnost po žihání činila 49,84 g; hmotnost prázdného kelímku byla 49,72 g; hmotnost filtračního papíru 0,93 a objem vzorku k analýze byl 876 ml.

Řešení:

- Jako první dopočteme nerozpuštěné látky při 105 °C podle vztahu:

$$\rho(NL\ 105) = \frac{(m_{NL105} - m_{fp} - m_{kelímku}) \cdot V_0}{1000} = \frac{(51,42 - 0,93 - 49,72) \cdot 876}{1000} = 0,067\ g/l \rightarrow 67\ mg/l$$

- Následně dopočteme nerozpuštěné látky po žihání při 550 °C:

$$\rho(NL\ 550) = \frac{(m_{NL550} - m_{kelímku}) \cdot V_0}{1000} = \frac{(49,84 - 49,72) \cdot 876}{1000} = 0,018\ g/l \rightarrow 18\ mg/l$$

- Jako poslední dopočteme ztrátu při žihání:

$$\rho(Z\check{Z})_{NL} = (\rho_{NL105} - \rho_{NL550}) = (67 - 18) = 49\ mg/l$$

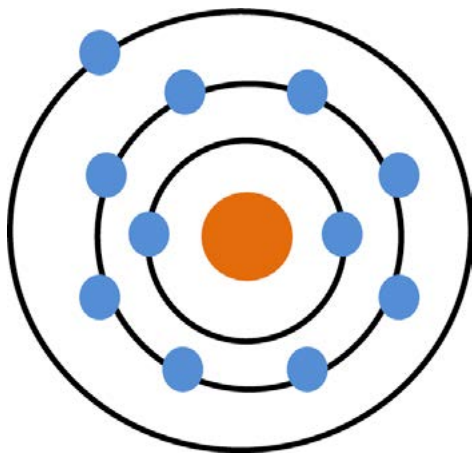
Příklad 5.20. Určete obsah rozpuštěných látek při 105 °C a 550 °C a ztrátu žihání. Když víte, že hmotnost odparku v odpařovací misce činí 58,73 g; hmotnost po žihání činila 58,71 g; hmotnost prázdné odpařovací misky byla 58,68 a objem vzorku k analýze byl 936 ml.

Příklad 5.21. Určete obsah nerozpuštěných látek při 105 °C a 550 °C a ztrátu žihání. Když víte, že hmotnost filtru v kelímku s nerozpuštěnými látkami činí 51,42 g; hmotnost po žihání činila 49,84 g; hmotnost prázdného kelímku byla 49,72 g; hmotnost filtračního papíru 0,93 a objem vzorku k analýze byl 876 ml.

[1;87;127;142].

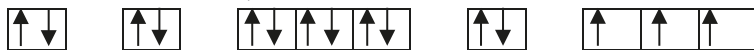
ŘEŠENÍ PŘÍKLADŮ

- Příklad 1.1.** [Uhlík – C – 6 protonů, 2 elektronové vrstvy, 4 elektrony ve valenční vrstvě]
Příklad 1.2. [Vápník – Ca – 20 protonů, 3 elektronové vrstvy, 10 elektronů ve valenční vrstvě]
Příklad 1.3. [Nikl – Ni – 28 protonů, 3 elektronové vrstvy, 18 elektronů ve valenční vrstvě]
Příklad 1.4. [Selen – Se – 34 protonů, 4 elektronové vrstvy, 6 elektronů ve valenční vrstvě]
Příklad 1.5. [Hliník – Al – 13 protonů, 3 elektronové vrstvy, 3 elektrony ve valenční vrstvě]
Příklad 1.6. [Sodík – Na – 11 elektronů, 3 elektronové vrstvy, 1 elektron ve valenční vrstvě]



- Příklad 1.7.** [Draslík – K – 19 elektronů, 3 elektronové vrstvy, 9 elektronů ve valenční vrstvě]
Příklad 1.8. [Berylium – Be – 4 elektronů, 2 elektronové vrstvy, 2 elektrony ve valenční vrstvě]
Příklad 1.9. [Molybden – Mo – 40 elektronů, 4 elektronové vrstvy, 12 elektronů ve valenční vrstvě]
Příklad 1.10. [Antimon – Sb – 51 elektronů, 4 elektronové vrstvy, 23 elektronů ve valenční vrstvě]

- Příklad 1.11.** $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$
 $[Ne] 3s^2 2p^3$



- Příklad 1.12.** $1s^2 2s^2 2p^3$
 $[He] 2s^2 2p^3$



- Příklad 1.13.** $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$
 $[Ar] 4s^1$



- Příklad 1.14.** $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3 4s^2 3d^6$
 $[Ar] 4s^2 3d^6$



- Příklad 1.15.** $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3 4s^2 3d^{10}$
 $[Ar] 4s^2 3d^{10}$



- Příklad 1.16. $[pH = 0,60]$
- Příklad 1.17. $[pH = 0,89]$
- Příklad 1.18. $[pH = 0,30]$
- Příklad 1.19. $[pH = 0,50]$
- Příklad 1.20. $[pH = 12,62]$
- Příklad 1.21. $[pH = 11,70]$
- Příklad 1.22. $[pH = 11,31]$
- Příklad 1.23. $[pH = 11,90]$
- Příklad 1.24. $[c = 0,0225 \text{ mol/l}]$
- Příklad 1.25. $[c = 1,41 \text{ mol/l}]$

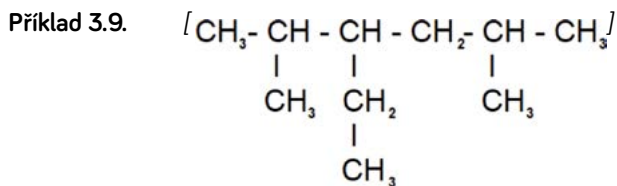
- Příklad 2.1. $[Fe_2O_3]$
- Příklad 2.2. $[CdO]$
- Příklad 2.3. $[Li_2O]$
- Příklad 2.4. $[Al_2O_3]$
- Příklad 2.5. $[oxid \text{ titaničitý}]$
- Příklad 2.6. $[oxid \text{ uhličitý}]$
- Příklad 2.7. $[oxid \text{ boritý}]$
- Příklad 2.8. $[oxid \text{ manganistý}]$
- Příklad 2.9. $[Ca(OH)_2]$
- Příklad 2.10. $[NaOH]$
- Příklad 2.11. $[hydroxid \text{ lithný}]$
- Příklad 2.12. $[hydroxid \text{ železitý}]$
- Příklad 2.13. $[HCl]$
- Příklad 2.14. $[H_2Se]$
- Příklad 2.15. $[kyselina \text{ sirovodíková} / \text{sirovodík} / \text{sulfan}]$
- Příklad 2.16. $[kyselina \text{ bromovodíková} / \text{bromovodík}]$
- Příklad 2.17. $[Ca(CN)_2]$
- Příklad 2.18. $[KI]$
- Příklad 2.19. $[sulfid \text{ cíničitý}]$
- Příklad 2.20. $[tellurid \text{ železitý}]$
- Příklad 2.21. $[H_2SeO_4]$
- Příklad 2.22. $[H_2SO_3]$
- Příklad 2.23. $[kyselina \text{ boritá}]$
- Příklad 2.24. $[kyselina \text{ chlorná}]$

- Příklad 2.25. $[Fe(AsO_3)_3]$
- Příklad 2.26. $[Ag_2SO_3]$
- Příklad 2.27. $[chloristan\ hořečnatý]$
- Příklad 2.28. $[síran\ barnatý]$
- Příklad 2.29. $[2\ NaOH + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + 2\ H_2O]$
- Příklad 2.30. $[Ca_3P_2 + 6\ H_2O \rightarrow 3\ Ca(OH)_2 + 2\ PH_3]$
- Příklad 2.31. $[Al(OH)_3 + 3\ HNO_3 \rightarrow Al(NO_3)_3 + 3\ H_2O]$
- Příklad 2.32. $[N_2 + 3\ H_2 \rightarrow 2\ NH_3]$
- Příklad 2.33. $[3\ Ba(NO_3)_2 + Al_2(SO_4)_3 \rightarrow 3\ BaSO_4 + 2\ Al(NO_3)_3]$
- Příklad 2.34. $[Fe_2(SO_4)_3 + 6\ NaOH \rightarrow 2\ Fe(OH)_3 + 3\ Na_2SO_4]$
- Příklad 2.35. $[3\ Cu + 8\ HNO_3 \rightarrow 3\ Cu(NO_3)_2 + 2\ NO + 4\ H_2O]$
- Příklad 2.36. $[5\ H_2SO_4 + 2\ P \rightarrow 2\ H_3PO_4 + 5\ SO_2 + 2\ H_2O]$
- Příklad 2.37. $[5\ H_2O_2 + 2\ HIO_3 \rightarrow 5\ O_2 + I_2 + 6\ H_2O]$
- Příklad 2.38. $[As_2S_3 + 28\ HNO_3 \rightarrow 3\ H_2SO_4 + 2\ H_3AsO_4 + 28\ NO_2 + 8\ H_2O]$
- Příklad 2.39. $[5\ NO_2^- + 2\ MnO_4^{2-} + 6\ H^+ \rightarrow 5\ NO_3^- + 2\ Mn^{2+} + 3\ H_2O]$
- Příklad 2.40. $[2\ Cr^{3+} + H_2O_2 + OH^- \rightarrow 2\ CrO_4^{2-} + H_2O]$
- Příklad 2.41. $[6\ I^- + Cr_2O_7^{2-} + 14\ H^+ \rightarrow 3\ I_2 + 2\ Cr^{3+} + 7\ H_2O]$
- Příklad 2.42. $[w_{KOH} = 0,25]$
- Příklad 2.43. $[m_{H_2O} = 1235\ g]$
- Příklad 2.44. $[w_{HCl} = 0,113]$
- Příklad 2.45. $[w_{CuSO_4} = 0,0639]$
- Příklad 2.46. $[N_2O]$
- Příklad 2.47. $[w_{HCl} = 0,102]$
- Příklad 2.48. $[w = 0,071]$
- Příklad 2.49. $[w_{AgNO_3} = 0,01]$
- Příklad 2.50. $[m_{KI} = 4,74\ g]$
- Příklad 2.51. $[B_2H_6]$
- Příklad 2.52. $[m_{KNO_2} = 112,5\ g]$
- Příklad 2.53. $[54,68\ \%]$
- Příklad 2.54. $[9:1]$
- Příklad 2.55. $[44,4\ obj.\ \%]$
- Příklad 2.56. $[41,7\ obj.\ \%]$
- Příklad 2.57. $[4,55\ M]$
- Příklad 2.58. $[26,7\ obj.\ \%]$
- Příklad 2.59. $[x = 600\ ml]$

- Příklad 2.60.** [13,04 hmot. %]
- Příklad 2.61.** [0,214 M]
- Příklad 2.62.** [29,14 obj.%]
- Příklad 2.63.** [a) 0,312 mol; b) 2,495 mol; c) 2,054 mol; d) 5,00 mol]
- Příklad 2.64.** [1,4965·10⁻²⁶ kg]
- Příklad 2.65.** [1,25 g/cm³]
- Příklad 2.66.** [120 g]
- Příklad 2.67.** [a) 2,02 g/mol; b) 58,44 g/mol; c) 138,20 g/mol; d) 98,07 g/mol]
- Příklad 2.68.** [a) 1,07 molu; b) 2,14 molu; c) 1,14 molu; d) 7,00 molů]
- Příklad 2.69.** [3,011·10²³]
- Příklad 2.70.** [2,86 g/dm³]
- Příklad 2.71.** [98 %]
- Příklad 2.72.** [V = 142 ml]
- Příklad 2.73.** [371,3 ml 20% HCl; 1628,5 ml vody]
- Příklad 2.74.** [12,25 g]
- Příklad 2.75.** [10 mol.% NaOH]
- Příklad 2.76.** [8,47 M; 27,3%]
- Příklad 2.77.** [1,823 g HCl; 0,05 M]
- Příklad 2.78.** [6,88 M]
- Příklad 2.79.** [888,5 ml 20% H₂SO₄ a 111,8 ml vody]
- Příklad 2.80.** [653,9 ml 26% kyseliny fosforečné]
- Příklad 2.81.** [PbS]
- Příklad 2.82.** [NaNO₃]
- Příklad 2.83.** [Vzorek A – oxid stříbrný; Vzorek B – oxid rtuťnatý]
- Příklad 2.84.** [a) 27,95 %; b) 20,10 %; c) 48,21 %; nejvíce železa je obsaženo v uhličitanu železitém]
- Příklad 2.85.** [a) 12,0 %; b) 11,3 %; c) 8,7 %; d) 14,3 %; nejvíce uhlíku je vázáno v NaHCO₃, je nejvhodnější]
- Příklad 2.86.** [Fe: 20,10 %; S: 11,52 %; O: 63,34 %; H: 5,04 %]
- Příklad 2.87.** [Na₂CO₃]
- Příklad 2.88.** [oxid A A_r = 207,2 – olovo; oxid B A_r = 200,6 – rtuť]
- Příklad 2.89.** [NOH₂; N₂O₂H₄]
- Příklad 2.90.** [M_r = 231,8; Ag₂O]
- Příklad 2.91.** [V = 510,7 50% kyseliny dusičné; V = 1003,5 ml vody]
- Příklad 2.92.** [83,3 g vody]
- Příklad 2.93.** [68,75 g heptahydrátu chloridu železitého]
- Příklad 2.94.** [32,1% roztok HCl]

- Příklad 2.95. [53,2% roztok H_2SO_4]
- Příklad 2.96. [$m = 178,8 \text{ CaCO}_3$]
- Příklad 2.97. [0,888 $CaCl_2$]
- Příklad 2.98. [$2 NH_3 + H_2SO_4 \rightarrow (NH_4)_2SO_4$; 148,3 ml 10% roztoku amoniaku; 179 ml 20% kyseliny sírové]
- Příklad 2.99. [$Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2$; 86,1 g zinku]
- Příklad 2.100. [$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$; 479,2 kg oxidu vápenatého]

- Příklad 3.1. [hexan]
- Příklad 3.2. [3-methyl-pent-2-en]
- Příklad 3.3. [hex-2-en-4-yn]
- Příklad 3.4. [non-1-yn]
- Příklad 3.5. [5-ethyl-3-methyl-hepta-1,5-dien]
- Příklad 3.6. [$CH_3=CH-CH=CH_3$]
- Příklad 3.7. [$CH_3-CH=C=CH-CH_2-CH_3$]
- Příklad 3.8. [$CH_2=CH-CH_2-CH=CH-CH_2-CH_2-CH_3$]



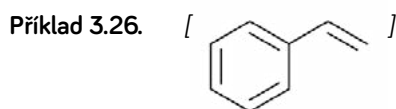
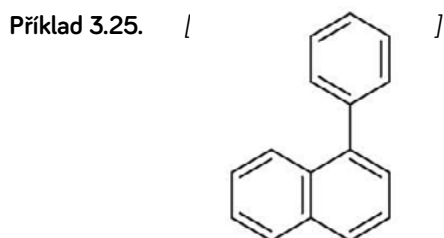
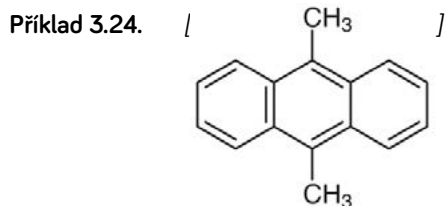
- Příklad 3.10. [4-ethyl-3,6,7-trimethylnonan]
- Příklad 3.11. [2-methylpentan]
- Příklad 3.12. [3-methylpentan]
- Příklad 3.13. [1-ethyl-3-methyl-cyklohexan]
- Příklad 3.14. [cyklopenta-1,3-dien]
- Příklad 3.15. [cyklopropan]
- Příklad 3.16. [1-ethyl-2,3-dimethyl-cyklopentan]
- Příklad 3.17.
$$\begin{array}{c} \begin{array}{c} CH_3 \quad CH_3 \\ \diagdown \quad / \\ \text{Cyclohexane ring} \\ | \\ CH_2 - CH_3 \end{array} \quad CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3 \end{array}$$

- Příklad 3.18. [1-ethyl-2,3-dimethyl-cyklooktan]
- Příklad 3.19. [1-propyl-cyklopropan]
- Příklad 3.20. [1,2-diethyl-cykloheptan]

Příklad 3.21. [1-ethyl-4-methyl-benzen]

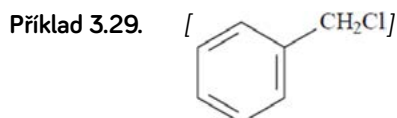
Příklad 3.22. [2,6-dimethyl-naftalen]

Příklad 3.23. [2,2'-dimethylbifeny]



Příklad 3.27. [fluor-benzen]

Příklad 3.28. [brom-cyklohexan]



Příklad 3.30. [$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2\text{Cl}$]

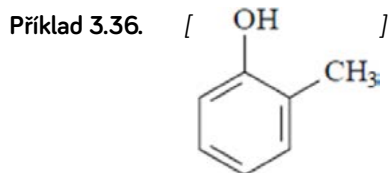
Příklad 3.31. [propan-2-ol]

Příklad 3.32. [propan-1,2,3-triol]

Příklad 3.33. [$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$]

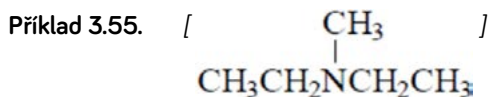
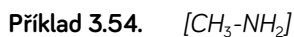
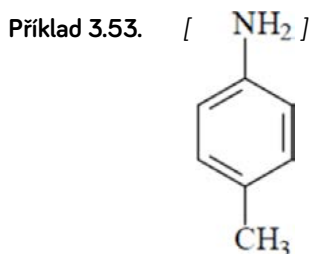
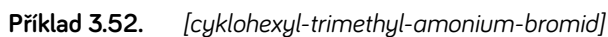
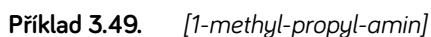
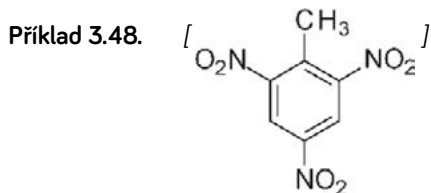
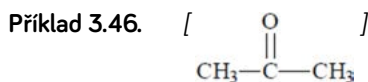
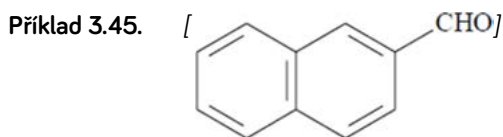
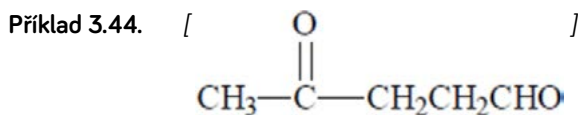
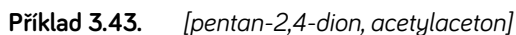
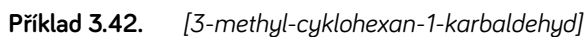
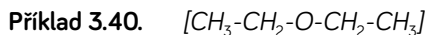
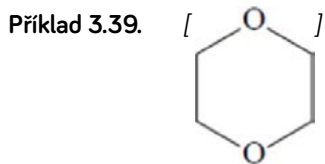
Příklad 3.34. [$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{OH}$]

Příklad 3.35. [benzen-1,3-diol]



Příklad 3.37. [3-methoxyhexan]

Příklad 3.38. [oxa-cyklopropan / oxiran / epoxyethan / ethylenoxid]



Příklad 3.57. [benzen-1,2-dikarbonyl-dichlorid]

Příklad 3.58. [propan-dioly-bromid-chlorid]

Příklad 3.59. [CH_3COCl]

Příklad 3.60. [$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COBr}$]

Příklad 3.61. [fenyl-methyl-benzen-karboxylát]

Příklad 3.62. [2-propyl-oxy-karbonyl-benzen-karboxylová kyselina]

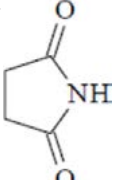
Příklad 3.63. [$\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$]

Příklad 3.64. [anhydrid kyseliny benzenkarboxylové a propanové]

Příklad 3.65. [$\text{CH}_3\text{C}(=\text{O})\text{O}\text{C}(=\text{O})\text{CH}_3$]

Příklad 3.66. [benzen-karboxamid / benzamid]

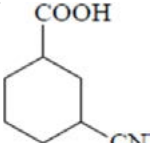
Příklad 3.67. [benzen-1,2-dikarboximid]

Příklad 3.68. [

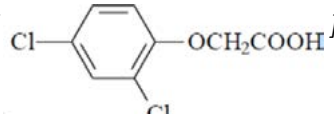
Příklad 3.69. [CH_3CONH_2]

Příklad 3.70. [propen-nitril]

Příklad 3.71. [benzen-karbonitril]

Příklad 3.72. [

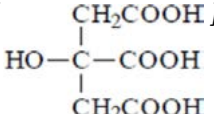
Příklad 3.73. [$\text{CN}-\text{CH}_2-\text{CN}$]

Příklad 3.74. [

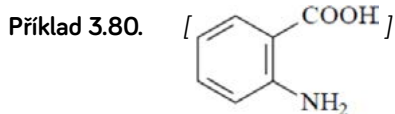
Příklad 3.75. [2,3-dihydroxy-butandiová kyselina (kyselina vinná)]

Příklad 3.76. [2-hydroxy-benzen-karboxylová kyselina (kyselina salicylová)]

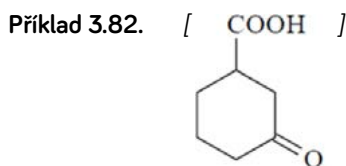
Příklad 3.77. [$\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$]

Příklad 3.78. [

Příklad 3.79. [2-methyl-amino-cyklohexan-karboxylová kyselina]



Příklad 3.81. [3-oxo-butanová kyselina]



Příklad 3.83. [butan-2-thiol]

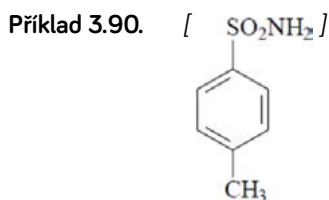
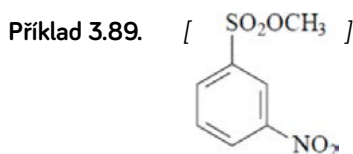
Příklad 3.84. [HS-CH₂-COOH]

Příklad 3.85. [ethyl-sulfanyl-ethan (diethyl-sulfid)]



Příklad 3.87. [benzen-sulfonová kyselina]

Příklad 3.88. [4-methyl-benzen-sulfonyl-chlorid]



Příklad 3.91. [butyl-lithium]

Příklad 3.92. [(CH₃CH₂)₄Pb]

Příklad 3.93. [Stechiometrický vzorec CH₂; molekulový vzorec C₆H₁₂]

Příklad 3.94. [a) 53,3 %; b) 50,0 %; c) 53,3 %; d) 34,8 %; nejvíce je u kyseliny octové a formaldehydu]

Příklad 3.95. [c = 47,3 %]

Příklad 3.96. [52,4 g niklu]

Příklad 3.97. [pH = 2,79]

Příklad 3.98. [M = 1,19]

Příklad 3.99. [ΔH° = -104,3 kJ/mol]

Příklad 3.100. [ΔH° = -3268,6 kJ/mol]

Příklad 4.1. [Škrob je polysacharid tvořený spojením mnoha glukózových jednotek. Skládá se ze dvou složek amylozy a amylopektinu. Důkaz škrobu v potravinách a dalších materiálech je založen na reakci jodu s amylozou. **Důkazem přítomnosti škrobu je modrofialové zabarvení** – Obrázek.

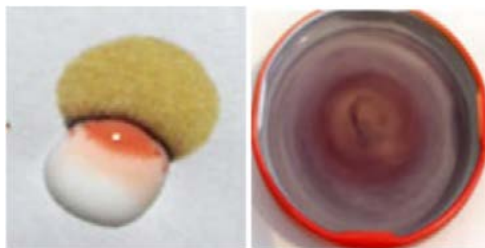


Negativní důkaz škrobu – cukr, mléko, Rama, sůl



Pozitivní důkaz škrobu – bábovka, mouka, pomazánkové máslo, rýže

Zatímco rozpustný škrob, obsažený v lepidlech a některých pudincích reaguje pouze do růžového zbarvení – Obrázek, to je způsobeno produkty hydrolýzy škrobu, tzv. dextriny.



Důkaz dextrinu – lepidlo Herkules a puding

Příklad 4.2. [Monosacharidy a disacharidy s volným poloacetalovým hydroxylem mají redukční vlastnosti, a jsou schopny redukovat měď z oxidačního čísla II na oxidační číslo I. **Důkazem přítomnosti redukujících sacharidů je červenooranžová (žlutá / nahnědlá) sraženina oxidu měďného** – Obrázek.



**Důkaz redukujících sacharidů:
pozitivní – glukosa, negativní – sacharosa, škrob**

Příklad 4.3. [Principem reakce je tvorba růžově až fialově zbarvených komplexů měďnatých iontů s rozpustnými bílkovinami v zásaditém prostředí. Ligandem jsou dusíkové atomy vždy dvou sousedících peptidových vazeb v molekule bílkoviny. **Důkaz přítomnosti bílkovin je fialové či růžové zbarvení roztoku, přítomnost modré sraženiny nevadí** – Obrázek.



Příklad 5.1. $[x_s = 50 \%, x_v = 50 \%]$

Příklad 5.2. $[x_{KLL} = 20 \%]$

Příklad 5.3. $[x_{SC} = 47,6 \%]$

Příklad 5.4. $[x_{hol(W)} = 63,4 \%; x_{hem} = 25,4 \%]$

Příklad 5.5. $[x_p = 5 \%]$

Příklad 5.6. $[x_s = 90 \%, x_v = 10 \%]$

Příklad 5.7. $[x_{KLL} = 25 \%]$

Příklad 5.8. $[x_{SC} = 45,5 \%]$

Příklad 5.9. $[x_{hol(W)} = 56 \%; x_{hem} = 20 \%]$

Příklad 5.10. $[x_p = 6 \%]$

Příklad 5.11. $[OKP = 0,30 \%,]$

Příklad 5.12. $[KOKP = 38,27]$

Příklad 5.13. $[OKP = 0,89 \%,]$

Příklad 5.14. $[KOKP = 50,81]$

Příklad 5.15. [Na závěr svých pozorování a pokusů doplňte Tabulku XX]

Vzorek hnojiva	Vzhled (krystalický / práškový)	Barva	pH	Rozpustnost		Hnojivo obsahuje
				voda	HCl	
...	...	...	...	...	...	...

Příklad 5.16. [Písčitá půda – vzorky takové půdy nelze použít k vytvoření vláken o průměru 3 mm – tyto půdy obsahují méně než 20 % jílu.

Půdy písčito-hlinité a hlinito-písčité – vzorky tohoto typu půdy mohou vytvořit vlákna o průměru 3 mm, ale ne vlákna užší (1 mm), vlákna o průměru 3 mm praskají, když je chceme stočit – tyto půdy obsahují 20–25 % jemných písků a jílu.

Půdy hlinité – vzorky tohoto typu umožňují vytvořit vlákna o průměru 3 mm i 1 mm, a při stáčení u 3 mm se trhají nebo praskají – tyto půdy obsahují 25–35 % jemných písků a jílu.

Půdy jílovité – se vzorky můžeme vytvořit vlákna obou rozměrů a při stáčení do kroužku nepraskají ani se netrhají – tyto půdy obsahují více než 60 % jílu]

Příklad 5.17. [Dusičnany a amonné ionty – Obrázek]

DUSIČNANY			AMONNÉ IONTY		
KONCENTRACE	ppm		KONCENTRACE	ppm	
Zvýšená	25		Zvýšená	150	
Mírně zvýšená	12		Mírně zvýšená	80	
Střední	6		Střední	35	
Nízká	3		Nízká	12	

Příklad 5.18. [$RL_{105} = 51 \text{ mg/l}$; $RL_{550} = 20,4 \text{ mg/l}$; $Z\check{Z}_{RL} = 30,6 \text{ mg/l}$]

Příklad 5.19. [$NL_{105} = 67 \text{ mg/l}$; $NL_{550} = 18 \text{ mg/l}$; $Z\check{Z}_{NL} = 49 \text{ mg/l}$]

Příklad 5.20. [$RL_{105} = 46,8 \text{ mg/l}$; $RL_{550} = 28,0 \text{ mg/l}$; $Z\check{Z}_{RL} = 18,8 \text{ mg/l}$]

Příklad 5.21. [$NL_{105} = 216 \text{ mg/l}$; $NL_{550} = 49 \text{ mg/l}$; $Z\check{Z}_{NL} = 167 \text{ mg/l}$]

LITERATURA

1. Banýr, J.; Beneš, P.; Hally, J.; Holada, K.; Novotný, P. & Pospíšil, J. Chemie pro střední školy. 2001, Praha: SPN – pedagogické nakladatelství, 160. ISBN 80-85937-46-8.
2. Blažek, J. & Fabini, J. Chemie pro studijní obory SOŠ a SOU nechemického zaměření. 1999, Praha: SPN – pedagogické nakladatelství, 336. ISBN 80-72351-04-4.
3. Kostura, B. CHEMIE I (Obecná chemie). 2006, Ostrava: VŠB – Technická univerzita, 129. ISBN 80-24812-01-0.
4. Vacík, J. Přehled středoškolské chemie. 1996, Praha: SPN – pedagogické nakladatelství, 365. ISBN 80-85937-08-5.
5. Cídllová, H.; Mokrá, Z. & Valová, B. Obecná chemie. 2018, Brno: Masarykova univerzita, 298.
6. Růžičková, K. & Kotlík, B. Chemie v kostce. 2013, Praha: FRAGMENT, 220. ISBN 978-80-253-1962-8.
7. Bernet, C. John Dalton (1766–1844). Biographisches-bibliographisches Kirchenlexikon 2010, 31, 309–332.
8. Plum pudding atom [online]. 2024, [cit. 2024-05-19]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Thomson%C5%AFv_model_atomu#/media/Soubor:Plum_pudding_atom.svg.
9. Rutherford atomic model [online]. 2024, [cit. 2024-05-19]. Dostupné z: <https://chemistrytalk.org/rutherford-atomic-model/>.
10. Bohr atomic model [online]. 2024, [cit. 2024-05-25]. Dostupné z: <https://chemistrytalk.org/bohr-atomic-model/>.
11. McMahon, D. Quantum Field Theory Demystified. 2008, McGraw-Hill Companies: New York, 298. ISBN: 978-0071543828.
12. Orbital Shapes [online]. 2024, [cit. 2024-05-29]. Dostupné z: <https://energywavetheory.com/atoms/orbital-shapes/>.
13. Výstavba elektronového obalu [online]. 2024, [cit. 2024-05-29]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/3671497/>.
14. Periodická soustava prvků [online]. 2024, [cit. 2024-06-05]. Dostupné z: <http://web.vscht.cz/~nadhernl/psp.html>.
15. Khan Academy: Jednoduché a násobné kovalentní vazby [online]. 2024, [cit. 2024-06-11]. Dostupné z: <https://cs.khanacademy.org/science/obecná-chemie/xfed2aace53b0e2de:molekuly-ionty-a-chemické-vazby/xfed2aace53b0e2de:druhy-chemických-vazeb/a/single-and-multiple-covalent-bonds>.
16. Vozka, J. Koordinace – kovalentní vazba [online]. 2024, [cit. 2024-06-11]. Dostupné z: https://chemie.gjn.cz/okruhy/5_3_Koordinace_kovalentni_vazba.html.
17. Kotek, J. Laboratorní technika – učební texty Univerzity Karlovy v Praze. 2007, Praha: Karolinum, 105. ISBN: 978-80-246-1441-0.
18. Mareček, A. & Honza, J. Chemie pro čtyřletá gymnázia. 1.díl. 2005, Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 240. ISBN: 80-7182-055-51.
19. Šrámek, V. & Kosina, L. Obecná a anorganická chemie. 2000, Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 262. ISBN: 80-718-2099-7.
20. Mareček, A. & Honza, J. Chemie: sbírka příkladů pro studenty středních škol. 2001, Brno: Proton, 146. ISBN: 80-902-4022-4.
21. Kovy: zápisky [online]. 2013, [cit. 2024-06-20]. Dostupné z: <https://zapisky4.webnode.cz/news/kovy/>.
22. Výukové materiály [online]. 2024, [cit. 2024-06-25]. Dostupné z: <http://zsskolni226kaplice.vyukovematerialy.cz/chemie/rocnik8/anor02.htm>

23. Handlíř, K.; Nádvorník, M. & Vlček, M. Výpočty a cvičení z obecné a anorganické chemie I. 2007, Pardubice: Univerzita Pardubice, 153. ISBN: 978-80-7194-976-3.
24. Handlíř, K.; Nádvorník, M. & Vlček, M. Výpočty a cvičení z obecné a anorganické chemie II. 2007, Pardubice: Univerzita Pardubice, 89. ISBN: 978-80-7560-170-4.
25. Volka K.; Tkadlecová M. & Záruba K.: Příklady z analytické chemie pro bakaláře. 2006, Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 101. ISBN: 80-7080-610-9.
26. Kalousová, J. Anorganická chemie v otázkách. 1998, Pardubice: Univerzita Pardubice, 54.
27. Votoček, E. Chemie organická. 1927, Praha: Československá společnost chemická, 687.
28. Kolář, K.; Kodíček, M. & Pospíšil, J. Chemie pro gymnázia II. organická a biochemie. 2000, Olomouc: SPN – pedagogické nakladatelství, 128. ISBN: 80-85947-49-2.
29. Pečová, D. Organická chemie. 2002, Olomouc: Nakladatelství Olomouc 128. ISBN: 978-80-7182-320-9.
30. Úvod do organické chemie [online]. 2015, [cit. 2024-07-03]. Dostupné z: <https://eluc.ipap.cz/verejne/lekce/2367>.
31. Pacák, J. Jak porozumět organické chemii. 2007, Praha: Karolinum, 163. ISBN: 978-80-246-1354-3.
32. Honza, J. & Mareček, A. Chemie pro čtyřletá gymnázia. 2. díl. 2014, Brno: Proton, 232. ISBN: 978-80-902402-5-4.
33. Bríždala, J. Organická chemie pro gymnázia [online]. 2022, [cit. 2024-07-03]. Dostupné z: https://e-chembook.eu/Brizdala_Organicka-chemie-pro-gymnazia.pdf.
34. Vaněk, V. Uhlovodíky, rozdělení uhlovodíků, alkany [online]. 2009, [cit. 2024-07-05]. Dostupné z: <http://dum.rvp.cz/materialy/uhlovodiky-rozdeleni-uhlovodiku-alkany.html>.
35. Uhlovodíky [online]. 2014, [cit. 2024-07-05]. Dostupné z: <http://vyukovematerialy.cz/chemie/rocnik9/foto/uhlovodiky.gif>.
36. Vacík, J. Přehled středoškolské chemie. 2010, Praha: SPN – pedagogické nakladatelství, 368. ISBN: 978-80-7235-108-4.
37. Fikr, J. & Kahovec, J. Názvosloví organické chemie. 2002, Olomouc: Rubico, 247. ISBN 80-7346-017-3.
38. Polyadice [online]. 2013, [cit. 2024-07-12]. Dostupné z: https://www.slideserve.com/evelyn/polyadice#google_vignette.
39. Makromolekulární látky, plasty [online]. 2013, [cit. 2024-07-12]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/3065123/>.
40. Kaplanová, M. Moderní polygrafie. 2010, Praha: Svaz polygrafických podniků, 391. ISBN: 978-80-254-4230-2.
41. Peč, P. & Pečová, D. Učebnice středoškolské chemie a biochemie. 2001, Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 518. ISBN: 80-718-2034-2.
42. Kvasničková, D. Základy ekologie. 2004, Praha: Fortuna, 103. ISBN 80-7168-902-5.
43. Cykloalkany – názvosloví. [online]. 2024, [cit. 2024-07-21]. Dostupné z: <https://www.skola-chrast.net/userFiles/tridy1920/9a/cykloalkany-nazvoslovi.pdf>.
44. Názvosloví organických sloučenin. [online]. 2024, [cit. 2024-07-21]. Dostupné z: http://www.omska.cz/bojkovsm/files/vzorce_opakovani.pdf.
45. Aromatické uhlovodíky, areny. [online]. 2012, [cit. 2024-07-23]. Dostupné z: http://www.gymnaslo.cz/files/users/spravce/dum/NazvosloviOrganickeChemie/VY_32_INOVACE_CH1.03.pdf.
46. 1-ETHYL-4-METHYLBENZEN. [online]. 2024, [cit. 2024-07-23]. Dostupné z: <https://www.matrix-fine-chemicals.com/fine-chemicals/catalog/default/mmm622968>.
47. 2,6-DIMETHYLNAPHTALEN. [online]. 2024, [cit. 2024-07-23]. Dostupné z: https://www.chemsrc.com/en/cas/581-42-0_962574.html.

48. 2,2'-dimethylbifenyl. [online]. 2024, [cit. 2024-07-23]. Dostupné z: <https://www.sigmaaldrich.com/CZ/en/product/aldrich/474703>.
49. 9,10-dimethylantracen. [online]. 2024, [cit. 2024-07-23]. Dostupné z: <https://www.tcichemicals.com/OF/en/p/D0252>.
50. CAS: 605-02-7[1-Fenylnaftalen. [online]. 2024, [cit. 2024-07-23]. Dostupné z: <https://cz.alfa-chemical.com/material-science/photoelectric-materials/cas-605-02-7-1-phenylnaphthalene.html>.
51. Styren. [online]. 2024, [cit. 2024-07-23]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Styren>.
52. Trinitrotoluen. [online]. 2024, [cit. 2024-07-23]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Trinitrotoluen>.
53. Vodrážka, Z. Biochemie. 2002, Praha: Academia, 508. ISBN: 80-200-0600-1.
54. Voet, D. & Voetová, J. Biochemie. 1995, Praha: Victoria Publishing, 1325. ISBN: 80-85605-44-9.
55. Durčáková, Z. Chemické pokusy pro studnety středních škol. 2001, Olomouc: Univerzita Palackého, 174, ISBN: 80-86238-18-0.
56. Holeček, V.; Stárka, L. & Bielik, E. Biochemie. 1983, Praha: Avicenum, 302.
57. Kotlík, B. & Růžicková, K. Chemie v kostce II. 1997, Havlíčkův Brod: FRAGMENT, 135. ISBN: 80-7200-057-8.
58. Klouda, P. Biochemie zblízka. 2012, Ostrava: Pavko, 125. ISBN: 978-80-86369-21-1.
59. Vávrová, J.; Pechová A.; Wilhelm, Z.; Kazda, A.; Friedecký, B. & Jabor, A. Encyklopedie laboratorní medicíny pro klinickou praxi – Vitamíny a stopové prvky. 2007, Pardubice: ČLS JEP SEKK, 96. ISBN: 978-80-254-1171-1.
60. Šulcová, R.; Böhmová, H. & Stratilová Urválková, E. Zajímavé experimenty z chemie kolem nás. 2009, Praha: Univerzita Karlova, 47. ISBN: 978-80-86561-43-1.
61. Důkaz škrobu. [online]. 2024, [cit. 2024-07-27]. Dostupné z: <https://studiumchemie.cz/experiment/dukaz-skrobu/>.
62. Důkaz redukujících sacharidů. [online]. 2024, [cit. 2024-07-27]. Dostupné z: <https://studiumchemie.cz/experiment/dukaz-redukujících-sacharidu-fehlinguv-test/>.
63. Laboratorní cvičení 2. [online]. 2015, [cit. 2024-07-27]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1441/podzim2015/Bi2BP_FYRL/um/Cviceni_2.pdf
64. Důkaz peptidové vazby. [online]. 2024, [cit. 2024-07-27]. Dostupné z: <https://studiumchemie.cz/experiment/dukaz-peptidove-vazby-biuretova-reakce/>.
65. Červenka, E.; Král, Z. & Tomis, B. Chemie dřeva a celulózy I–III. 1980, Pardubice: Vysoká škola chemicko-technologická v Pardubicích, 228.
66. Čunderlík, I. Štruktúra dřeva. 2009, Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 135. ISBN: 978-80-228-2061-5.
67. Požgaj, A.; Chovanec, D.; Kurjatko, S. & Babiak, M. Štruktúra a vlastnosti dreva. 1993, Bratislava: Príroda, 485. ISBN: 80-07-00600-1.
68. Blažej, A.; Šutý, L.; Košík, M.; Krkoška, P. & Golis, E. Chémia dreva. 1975, Bratislava: ALFA, 224.
69. Fengel, D. & Wegener, G. Wood: Chemistry, ultrastructure, reactions. 2003, München: Kessel, 626. ISBN: 9783110839654.
70. Kačík, F. & Solár, R. Analytická chémia dreva. 1999, Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 369. ISBN: 80-228-0882-0.
71. Kačík, F. & Tribulová, T. Chemie dřeva. 2020, Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 98 s. ISBN: 978-80-213-2938-6.
72. Sjöström, E. Wood Chemistry. Fundamentals and Application. 1993, Houston (Texas): Gulf Professional Publishing, 293. ISBN: 9780126474817.

73. Hájek, M.; Kubová, P.; Gaff, M.; Sarvašová Kvietková, M.; Kačík, F.; Gašparík, M.; Jankovský, M.; Lieskovský, M.; Gejdoš, M.; Tribulová, T. & Svoboda, T. *Lesnická bioekonomika*. 2018, Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 252. ISBN: 978-80-213-2838-9.
74. Jarušek, J.; Kalenda, P. & Šňupárek, J. *Chemie filmotvorných látek*. 1998, Pardubice: Univerzita Pardubice, 1998, 160. ISBN: 80-7194-169-7.
75. Kačík, F. & Laurová, M. *Přírodní a syntetické polyméry: vysokoškolská učebnice*. 2008, Zvolen: Technická univerzita, 199. ISBN: 978-80-228-1922-0.
76. Šňupárek, J. *Úvod do makromolekulární chemie*. 2003, Pardubice: Univerzita Pardubice, 135. ISBN: 978-80-7560-404-0.
77. Komárek, J.; Mrázek, J. & Šrámek, M. *Deriváty celulózy*. 1966, Praha: SNTL, 197.
78. Mleziva, J. & Šňupárek, J. *Polymery: výroba, struktura, vlastnosti a použití*. 2000, Praha: Sobotáles, 540. ISBN: 80-85920-72-7.
79. Bučko, J. *Chemické spracúvanie dreva v teórii a praxi: vysokoškolská učebnica*. 2001, Zvolen: Technická univerzita, 427. ISBN: 8022810894.
80. Ducháček, V. *Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. 2011, Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 276. ISBN: 978-80-7080-788-0.
81. Carraher, Ch. E. *Introduction to polymer chemistry*. 2013, Boca Raton (Florida): CRC Press/Taylor & Francis, 902. ISBN: 978-1498737616.
82. Habibi, Y. & Lucia, L. A. *Polysaccharide building blocks: a sustainable approach to the development of renewable biomaterials*. 2012, Hoboken (New Jersey): John Wiley, 430. ISBN: 978-0-470-87419-6.
83. Bučko, J.; Šutý, L. & Košík, M. *Chemické spracovanie dreva*. 1988, Bratislava: Alfa, 312.
84. Šňupárek, J. *Makromolekulární chemie: úvod do chemie a technologie polymerů*. 2014, Pardubice: Univerzita Pardubice, 124. ISBN: 978-80-7560-404-0.
85. Veselý, K. *Polymery*. 1992, Brno: ČSPCH, 178. ISBN: 80-02-00951-7.
86. Bahadur, P. & Sastry, N. V. *Principles of polymer science*. 2002, Pangbourne (England): Alpha Science International, 401. ISBN: 9780849324185.
87. Kalendová, A. *Technologie nátěrových hmot I.: pigmenty a plniva pro nátěrové hmoty*. 2003, Pardubice: Univerzita Pardubice, 431. ISBN: 80-7194-576-5.
88. Kalendová, A. & Kalenda, P. *Technologie nátěrových hmot I.: pojiva, rozpouštědla a aditiva pro výrobu nátěrových hmot*. 2004, Pardubice: Univerzita Pardubice, 328. ISBN: 80-7194-691-5.
89. Ravve, A. *Principles of polymer chemistry*. 2012, New York: Springer, 810. ISBN: 978-1-4614-2211-2.
90. Inamuddin. *Green polymer composites technology: properties and applications*. 2017, Boca Raton (Florida): CRC Press/Taylor & Francis, 613. ISBN: 9781315371184.
91. Šňupárek, J. & Černý, J. *Aminoplasty*. 1963, Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 282.
92. Havlíček, V.; Osten, M. & Šňupárek, J. *Přehled plastických hmot. 2*. 1960, Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 428.
93. Haghi, A. K.; Castro, E. A.; Thomas, S.; Sivakumar, P. M. & Mercader, A. G. *Materials science of polymers: plastics, rubber, blends, and composites*. 2015, Oakville (Canada): Apple Academic Press, 380. ISBN: 978-1-4822-9913-7.
94. Bolgar, M.; Hubball, J.; Groeger, J. & Meronek, S. *Handbook for the chemical analysis of plastic and polymer additives*. 2016, Boca Raton (Florida): CRC Press/Taylor & Francis, 654. ISBN: 9780429109621.
95. Marek, O. & Tomka, M. *Akrylové polymery*. 1964, Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 316.
96. Dornbusch, M.; Christ, U. & Rasing, R. *Epoxy resins: fundamentals and applications*. 2016, Hanover (Germany): Vincentz Network, 231. ISBN: 978-3-86630-640-0.

97. Fyziologie rostlin. [online]. 2024, [cit. 2024-08-03]. Dostupné z: https://kfrserver.natur.cuni.cz/studium/prednasky/pavlova/fyzrost/3_Fotosynteza.pdf.
98. Holoubek. I. Chemie životního prostředí [online]. 2005, [cit. 2024-08-03]. Dostupné z: <http://recetox.chemi.muni.cz>.
99. Fotosyntéza. [online]. 2024, [cit. 2024-08-03]. Dostupné z: <https://e-chembook.eu/fotosynteza>.
100. Richter. R. Asimilace dusíku [online]. 2004, [cit. 2024-08-03]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/biogenni_prvky/nasimilace.htm.
101. Richter. R. Fosfor [online]. 2004, [cit. 2024-08-03]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/biogenni_prvky/p.htm.
102. Richter. R. Draslík [online]. 2004, [cit. 2024-08-03]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/biogenni_prvky/k.htm.
103. Richter. R. Vápník [online]. 2004, [cit. 2024-08-03]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/biogenni_prvky/ca.htm.
104. Richter. R. Hořčík [online]. 2004, [cit. 2024-08-03]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/biogenni_prvky/mg.htm.
105. Richter. R. Železo [online]. 2004, [cit. 2024-08-03]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/biogenni_prvky/fe.htm.
106. Richter. R. Mangan v půdě [online]. 2007, [cit. 2024-08-03]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/puda_mn.htm.
107. Jak vyřešit nedostatek manganu [online]. 2024, [cit. 2024-08-03]. Dostupné z: <https://www.growerline.com/cs/jak-vy%C5%99e%C5%A1it-nedostatek-manganu.html>.
108. Richter. R. Bór [online]. 2004, [cit. 2024-08-03]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/biogenni_prvky/b.htm.
109. Zdraví cukrovka [online]. 2024, [cit. 2024-08-03]. Dostupné z: <https://www.yaraagri.cz/vyziva-rostlin/plodiny/cukrovka/zdravi-cukrovka/>.
110. Richter. R. Zinek [online]. 2004, [cit. 2024-08-03]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/biogenni_prvky/zn.htm.
111. https://mze.ov.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/?key=%22a597e7af3041d31c5897bb7ecc7c03d222#r|p|poruchy|detail:a597e7af3041d31c5897bb7ecc7c03d2|popis/
112. Richter. R. Měď [online]. **2004**, [cit. 2024-08-03]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/biogenni_prvky/cu.htm.
113. Živiny [online]. **2024**, [cit. 2024-08-03]. Dostupné z: https://web.archive.org/web/20170610073053/http://fle.czu.cz/~ulbrichova/Skripta_EKOL/ziviny/ziviny.htm.
114. Richter. R. Molybden [online]. **2004**, [cit. 2024-08-03]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/biogenni_prvky/mo.htm.
115. *Jak poznat na rostlinách, které výživné látky jim chybějí* [online]. **2020**, [cit. 2024-08-03]. Dostupné z: <https://izahradkar.cz/zahrada/ochrana-rostlin/vyziva-rostlin/poznat-rostlinach-ktere-vyzivne-latky-chybeji/>.
116. Hlušek, J. Hnojiva [online]. **2004**, [cit. 2024-08-03]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/hnojiva/a_index_hnojiva.htm.
117. Hlušek, J. Minerální hnojiva – dusíkatá [online]. **2004**, [cit. 2024-08-03]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/hnojiva/mineralni/2formy.htm.
118. Fosforečná hnojiva [online]. **2024**, [cit. 2024-08-03]. Dostupné z: <http://zoslestina.cz/fosforecna-hnojiva>.
119. Hlušek, J. Minerální hnojiva – draselná [online]. **2004**, [cit. 2024-08-03]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/hnojiva/mineralni/kchloridova.htm.

120. Hlušek, J. *Minerální hnojiva – vápenatá* [online]. **2004**, [cit. 2024-08-03]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/hnojiva/mineralni/vapenata.htm.
121. Pavlů, L. *Základy pedologie a ochrana půdy*. **2018**, Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 78 s. ISBN: 978-80-213-2876-1.
122. 124. *Technologie biologických metod dekontaminace půd* [online]. **2024**, [cit. 2024-08-05]. Dostupné z: http://hgf10.vsb.cz/546/bmzo/pages/Technologie_biologickych_metod_dekontaminace_pud.html.
123. Čurdová, E. & Tvrđíková, M. *Metodický návod pro stanovení kovů v půdě*. **1994**, Praha: Státní zdravotní ústav, 28.
124. Cibulka, J. *Pohyb olova, kadmia a rtuti v biosféře*. **1991**, Praha: Academia, 427.
125. Kočí, V. *Environmentální dopady: Posuzování životního cyklu*. **2013**, Praha: VŠCHT, 131. ISBN: 978-80-7080-858-0.
126. Kočí, V. & Mocová, K. *Ekotoxikologie pro chemiky*. **2009**, Praha: VŠCHT, 180. ISBN: 978-80-7080-699-9.
127. Horáková, M. *Analytika vody*. **2009**, Praha: VŠCHT, 180. ISBN: 80-7080320-6.
128. Ledvina, M.; Stoklasová, A. & Cerman, J. *Biochemie pro studující medicíny*. **2009**, Praha: Karolinum, 269. ISBN: 978-802-4614-144.
129. Doušová, B. & Bůzek, F. *Chemie životního prostředí*. **2016**, Praha: VŠCHT, 130. ISBN: 978-80-7080-979-2.
130. Koutková, Z. *Polutanty ve vodě* [online]. **2024**, [cit. 2024-08-07]. Dostupné z: https://amos.vfu.cz/moodle/pluginfile.php/77099/mod_resource/content/1/2.%20kapitola.pdf.
131. Novák, A. *Mikroplasty a plasty z právního pohledu*. **2022**, Praha: Karolinum, 180. ISBN: 978-80-7630-026-2.
132. Benešová, M. & Satropová, H. *Odmaturuj!z chemie*. **2002**, Brno: Didaktis, 208. ISBN: 80-862-8556-1.
133. *Hlavní znečišťující faktory vody* [online]. **2017**, [cit. 2024-08-07]. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/Hlavn%C3%AD_zne%C4%8Di%C5%A1%C5%A5uj%C3%ADc%C3%AD_faktory_vody.
134. *Fyzikálně chemické ukazatele pitné vody* [online]. **2024**, [cit. 2024-08-07]. Dostupné z: <https://www.labtech.eu/laboratore/fyzikalne-chemicke-ukazatele/>.
135. Pitter, P. *Hydrochemie*. **2015**, Praha: VŠCHT, 792. ISBN: 978-80-7080-928-0.
136. Sýkora, V.; Kujalová, H. & Pitter, P. *Hydrochemie: pro studenty bakalářského studia*. **2016**, Praha: VŠCHT, 219. ISBN: 978-80-7080-949-5.
137. Bencko, V. *Hygiena : Učební texty k seminářům a praktickým cvičením*. **1998**, Praha: Karolinum, 185. ISBN: 80-7184-551-5.
138. *Složení atmosférického vzduchu* [online]. **2024**, [cit. 2024-08-10]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/74-slozeni-atmosferickeho-vzduchu>.
139. *Vzduch* [online]. **2024**, [cit. 2024-08-10]. Dostupné z: <https://www.ped.muni.cz/wchem/sm/hc/zfc/vodaavzduch/vzduch.htm>.
140. Vídek, I. *Chemie ovzduší*. **2005**, Praha: VŠCHT, 98. ISBN: 80-7080-571-4.
141. *Ochrana ovzduší* [online]. **2024**, [cit. 2024-08-10]. Dostupné z: <https://old.vscht.cz/uchop/udalosti/skripta/1ZOZP/ovzdusi/viden.htm>.
142. *Souprava na analýzu půdy* [online]. **2024**, [cit. 2024-12-10]. Dostupné z: https://www.conatex.cz/media/manuals/BACS_4190023.pdf?srsId=AfmBOoo_S3ViVDLB_XD-emCXvvLAZWytOvtFFqfB6odSXN3HVZwUdlQ.



Podporujeme oborové vzdělávání



NIGHT PEARL



ELOVEC

**TERMovIZE
NOČNÍ VIDĚNÍ
A DENNÍ OPTIKA**

**VŠE PRO LOV
NA JEDNOM MÍSTĚ**

+420 573 379 670
www.nightpearl.com
info@nightpearl.com

 [nightpearloptics_cesko](https://www.instagram.com/nightpearloptics_cesko)
 [nightpearlcesko](https://www.facebook.com/nightpearlcesko)
 Night Pearl

+420 732 295 500
www.elovec.cz
objednavky@elovec.cz

 [elovec_cz](https://www.instagram.com/elovec_cz)
 [elovec.cz](https://www.facebook.com/elovec.cz)

Název: Přípravný kurz z chemie - Sbírka příkladů

Autoři: Ing. Kateřina Hájková, Ph.D.

Vydavatel: Česká zemědělská univerzita v Praze

Schváleno ediční komisí FLD

Publikace prošla recenzním řízením.

Tisk: Tisk Kvalitně s.r.o.

Počet stran: 163

Rok vydání: 2025

ISBN: 978-80-213-3403-8

Vydavatel: Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 129, 165 00 Praha – Suchbát

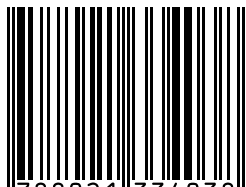
Publikace vznikla za podpory Fakulty lesnické a dřevařské.

Tisk: Tisk Kvalitně s.r.o., Petržilkova 13, 158 00 Praha 13

Přípravný kurz z chemie - Sbírka příkladů

Ing. Kateřina Hájková, Ph.D.

2025



9 788021 334038