

Jiří Vlček

ZÁKLADY STŘEDOŠKOLSKÉ CHEMIE

**obecná chemie
anorganická chemie
organická chemie**

Obsah

1. Obecná chemie	1
2. Anorganická chemie	29
3. Organická chemie	48
4. Laboratorní cvičení	69

sazba Dagmar JARUŠKOVÁ
obálka Libor KUBICA
obrázky Jiří VLČEK
Praha 2009
3. dotisk 1. vydání
© Ing. J. Vlček, 2009

Úvod

Tato publikace je určena všem studentům středních škol, kteří chemii studují pouze k doplnění všeobecného vzdělání, nikoliv jako hlavní obor. Zabývá se proto hlavně popisem faktů (vlastnosti látek). Jejich příčiny (vnitřní stavba atomů) zde jsou vysvětleny jen okrajově, protože jejich pochopení vyžaduje odborný výklad. Organická chemie, která se na mnoha školách vůbec neučí, je zde výrazně zestručněna. Vynechávám v ní zejména složitě vzorce, které si průměrný student těžko zapamatuje a které zase brzy zapomene.

Hlavní výhodou této publikace je stručnost, přehlednost a srozumitelnost.

1 Obecná chemie

Předmětem chemického výzkumu jsou **látky** tvořící ovzduší Země, vodstvo, zemskou kůru, těla organismů, průmyslové suroviny, výrobky atd. Chemik zkoumá, **jak a proč se** základní částice látek **slučují**, zajímá ho podrobný **průběh** – mechanismus – **chemických reakcí** v živé i v neživé přírodě a jejich **energetické poměry**.

Základním pramenem poznání v chemii je **pokus** – experiment.

Chemie je přírodní, experimentální věda o látkách, o jejich vnitřní struktuře a vlastnostech, o jejich reakcích a jevech, které průběh těchto reakcí doprovázejí.

Teoretickými základy chemických jevů, zákonitostmi stavby látek a chemických dějů a vztahy mezi vlastnostmi látek a jejich vnitřní strukturou, se zabývá **obecná chemie**.

Anorganická chemie je věda o chemických prvcích a jejich sloučeninách. Je těsně spjata s přírodními vědami, které zkoumají anorganické přírodní látky (přírodniny), např. s geologií.

Sloučeniny prvku uhlíku – kromě některých jednoduchých sloučenin – jsou předmětem studia **chemie organické**. Ta těsně souvisí s vědami o živých přírodninách, jako jsou biologie, zoologie, botanika aj. Z jejich vzájemného vztahu se vyvinula **biochemie**, která se zabývá látkami a chemickými ději v živých organismech. Jednou z nejmladších vědních disciplín organické chemie je **makromolekulární chemie**, vědní obor o vysokomolekulárních látkách a o reakcích, jimiž lze tyto látky synteticky připravit.

Předmětem zkoumání **analytické chemie** je rozbor (analýza) látek.

Technická chemie je zaměřena na potřeby chemické **výroby**. Člení se podle druhu chemické výroby do mnoha oborů, např. potravinářská chemie, hutnická chemie, petrochemie, chemie silikátů, chemie výbušnin aj. Řešením problémů souvisejících s postupy v chemické výrobě se zabývá **chemická technologie**.

Všechna tělesa jsou tvořena **látkami**. Látkami jsou např. železo, sklo, dřevo, vzduch a voda. Např. láhev je z jedné látky – ze skla, okno je ze dvou látek – ze skla a ze dřeva, apod.

Podle **skupenství** rozlišujeme látky **pevné, kapalné a plynné**.

Podle **původu** dělíme látky na **přírodní a umělé**.

Podle **složení** rozeznáváme **chemické látky a směsi**.

Z hlediska chemie pohlížíme na **látku** jako na **soubor stavebních částic** (atomů, molekul nebo iontů), které se nacházejí v určitém skupenském stavu. Jestliže se daná chemická látka vyznačuje určitými chemickými a fyzikálními vlastnostmi, které se nemění ani jejím opakovaným čištěním, hovoříme o **chemicky čistě látce**. Příkladem chemicky čisté látky je destilovaná voda, čistá měď.

Chemicky čistá látka má v celém svém objemu stejné složení a vyznačuje se určitými charakteristickými vlastnostmi.

Např. charakteristickými vlastnostmi zlata je žlutá barva, vysoký lesk, malá chemická reaktivita, vysoká tažnost, kujnost, elektrická vodivost aj.

Některé chemicky čisté látky mají určité vlastnosti obdobné či dokonce zcela shodné, jinými vlastnostmi se však od sebe liší. Např. stříbro je stejně jako zlato vysoce lesklý kov, málo reaktivní, výborný vodič elektrického proudu, ale liší se od zlata svou barvou, rozpustností v koncentrované kyselině dusičné, teplotou tání, hustotou apod.

Obvykle rozlišujeme vlastnosti fyzikální a vlastnosti chemické.

Fyzikálními vlastnostmi jsou např. **barva, lesk, tvrdost, hustota, teplota tání, teplota varu, chuť, vůně či zápach, elektrická a tepelná vodivost, rozpustnost, tažnost, kujnost, tvar krystalů** aj.

Schopnost látek přeměňovat se v jiné látky je základní chemickou vlastností látek. Látky se mohou **slučovat** s jinými látkami, **rozkládat se, hořet, vybuchovat, působit na živý organismus** apod.

Některé vlastnosti chemických látek se dají **přesně změřit a číselně vyjádřit**, např. hustota, rozpustnost, teplota tání, teplota varu, elektrická vodivost aj. Číselné hodnoty těchto veličin v příslušných jednotkách jsou pro nejdůležitější chemické látky uvedeny v chemických tabulkách.

Jiné vlastnosti chemických látek, např. barvu, lesk, chuť, vůni, zápach apod., lze vyjádřit pouze **kvalitativně – slovním popisem** vlastností či porovnáním s vlastnostmi standardních látek (např. tvrdost).

Chemické látky se tradičně člení do dvou skupin:

1. Chemické **PRVKY**, složené z **atomů o stejném počtu protonů**, např. vodík, vápník, olovo.
2. Chemické **SLOUČENINY**, složené z **atomů dvou nebo více prvků** vázaných chemickou vazbou, např. voda, oxid siřičitý, kyselina dusičná, ethanol.

Každá chemická **látka** má svůj chemický **název**. Každému chemickému prvku přísluší určitý chemický **symbol** (značka), každé chemické sloučenině pak chemický **vzorec**.

Složení a struktura chemických látek

Stavební částice jsou složeny z elementárních částic: protonů, neutronů a elektronů.

ATOMY jsou elektroneutrální jednojaderné stavební částice složené z atomového jádra a elektronového obalu. Atom je složen z elementárních částic, z nichž protony a neutrony tvoří jádro, elektrony atomový obal.

Atom je částice **elektricky neutrální**, neboť **počet protonů** (mají kladný elektrický náboj) **v jádře** je **shodný s počtem elektronů** (mají záporný elektrický náboj) **v obalu**.

Např. atom, který má v jádře 8 protonů a v obalu 8 elektronů, se chová elektricky neutrálně, neboť: $+8$ (náboj jádra) -8 (náboj obalu) $= 0$ (náboj atomu).

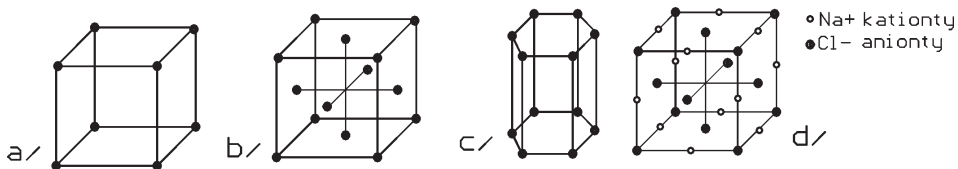
Všechny atomy téhož prvku mají v jádře shodný počet protonů.

Volné, nesloučené atomy tvoří stavební částice jen malého počtu chemických látek, v podstatě jen vzácných plynů (helium, neon, argon, krypton, xenon a radon). Za určitých podmínek mohou být nesloučené atomy stavebními částicemi i některých dalších chemických látek. Tak je tomu např. v párách kovů. Nesloučené atomy jsou však zpravidla málo stálé a chemicky se vážou, vytvářejí molekuly, krystalové struktury apod.

MOLEKULY jsou elektroneutrální vícejaderné stavební částice chemických látek složené **ze dvou nebo více atomů vázaných chemickou vazbou**. Molekuly mohou být složeny buď z atomů o stejném počtu protonů – **molekuly chemických prvků** nebo z atomů lišících se počtem protonů – **molekuly chemických sloučenin**.

Některé přírodní látky, např. bílkoviny, škrob, celulóza, i některé látky připravené synteticky, např. syntetický kaučuk, polyethylen, polyvinylchlorid, mají molekuly sestaveny z obrovského počtu (tisíců a milionů) sloučených atomů. Takovéto molekuly se označují jako **makromolekuly** a příslušné chemické látky se nazývají makromolekulární látky.

Kromě molekul a makromolekul se atomy vážou též do **krystalových útvarů**. Krystaly grafitu (tuhy) jsou rovněž tvořeny z atomů uhlíku, které tvoří plošné šestiúhelníkové útvary uspořádané do rovin. Charakteristické krystalové struktury vytvářejí rovněž sloučené atomy kovů, např. atomy železa, mědi, hliníku.



Obr. č.1.1

Schéma krystalových mřížek kovů:

a) prostorově centrovaná, b) plošně centrovaná, c) šesterečná; d) krystalová mřížka chloridu sodného NaCl

IONTY jsou jednojaderné nebo vícejaderné stavební částice chemických látek. Od elektroneutrálních atomů a molekul se liší svým elektrickým – kladným či záporným – nábojem. Ionty s **kladným nábojem** se nazývají **kationty**, se **záporným nábojem** **anionty**.

Ionty jsou stavebními částicemi mnoha chemických sloučenin, zejména solí. Např. anorganická sloučenina chlorid sodný má krystalovou strukturu vytvořenou ze sodných kationtů Na^+ a chloridových aniontů Cl^- .

Chemické prvky

Chemický prvek (zjednodušeně jen prvek) je **chemická látka složená z atomů o stejném počtu protonů**. To znamená, že všechny atomy téhož prvku mají v jádře shodný počet protonů, zatímco kterékoli dva atomy různých prvků se od sebe počtem protonů liší.

Např. všechny atomy helia mají v jádrech 2 protony.

Chemické prvky jsou tvořeny:

- **volnými, nesloučenými atomy**; např. helium a další vzácné plyny; molekulami, které vznikly sloučením dvou či více atomů o stejném protonovém čísle, např. vodík, chlor, některé struktury fosforu a síry
- **sloučenými atomy ve formě krystalových útvarů**, např. diamant, grafit, kovy

V současnosti je známo a do periodického systému zařazeno **105** chemických prvků. Každý prvek má svůj chemický **název** a **symbol** neboli značku. Symboly prvků jsou odvozeny od mezinárodních názvů prvků (které většinou pocházejí z latiny) a tvoří je vždy velké začáteční písmeno mezinárodního názvu, popř. ještě další písmeno z tohoto názvu.

Symbol prvku však značí nejen příslušný prvek, ale i jeden jeho atom. Např. symbol Na vyjadřuje prvek sodík a současně i jeden atom sodíku. Větší počet atomů (dva a více) se vyjadřuje číslovkou před symbolem prvku nebo indexem za symbolem prvku. V prvním případě vyjadřuje zápis příslušný počet nesloučených atomů, v druhém případě jde o atomy vázané v molekule. Např. zápis 3 O značí tři nesloučené atomy kyslíku, zápis O_3 pak tři vzájemně vázané atomy kyslíku v molekule – (ozón).

Molekuly prvků zapisujeme vzorcem, který vyjadřuje počet atomů daného prvku, z nichž se molekula skládá, např. O_3 , O_2 , H_2 apod.

Chemické sloučeniny

Chemická sloučenina (zjednodušeně jen sloučenina) je chemická látka složená z **atomu dvou nebo více prvků vázaných chemickou vazbou**.

Stavebními částicemi chemických sloučenin jsou **molekuly nebo ionty**, které se však většinou sdružují do větších celků, vytvářejí řetězce molekul, makromolekuly a krystalové útvary.

Každé chemické sloučenině přísluší určitý chemický **vzorec** a **název**. Chemický vzorec je složen ze symbolů prvků, jejichž atomy vytvářejí stavební částice sloučeniny, a z číselných indexů vyjadřujících poměr těchto stavebních částic. Např. chemický vzorec chlorovodíku je HCl , amoniaku NH_3 ; z těchto vzorců vyplývá, že stavební částice chlorovodíku (jeho molekuly) jsou složeny z atomů vodíku a chloru v poměru 1 : 1, stavební částice amoniaku (jeho molekuly) jsou vytvořeny vždy z jednoho atomu dusíku a tří atomů vodíku.

Vzorec sloučeniny vyjadřuje nejen určitou sloučeninu, ale současně její jednu molekulu.

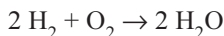
Chemické rovnice

Děj, při němž se **mění složení a struktura chemické látky**, se nazývá **chemická reakce**. Ta může nastat **působením jediné látky na druhou**, popř. **účinkem** některého druhu **energie na látku**.

Látky, které **vstupují do reakce**, se nazývají **reaktanty**, a ty, které reakcí **vzniknou**, jsou **produkty**.

Chemická rovnice vyjadřuje určitou chemickou reakci. Nezachycuje ovšem její skutečný průběh, zpravidla vyjadřuje jen její reaktanty a produkty. V některých případech poskytuje chemická rovnice též další informace o příslušné reakci.

Na levou stranu rovnice zapisujeme symboly či vzorce reaktantů, na pravou stranu rovnice symboly či vzorce produktů. Pro chemickou rovnici platí, že součet atomů každého zúčastněného prvku musí být na obou stranách rovnice shodný (zákon zachování hmoty). Mezi levou a pravou stranu rovnice píšeme šipku směřující zleva doprava, např.:



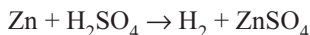
Chceme-li zdůraznit, že současně probíhá i opačná reakce, že produkty se zpětně mění na reaktanty, spojujeme obě strany rovnice dvěma protisměrnými šípkami (v této publikaci z technických důvodů používám znak oboustranné šipky), např.:



Chemická rovnice nás informuje i o kvantitativních vztazích mezi reaktanty a produkty. Čísla uvedená v chemické rovnici před vzorcí sloučenin, popř. symboly prvků totiž vyjadřují konstantní poměry, v nichž vzájemně reagují reaktanty. Tato čísla se nazývají **stechiometrické koeficienty**, přičemž stechiometrický koeficient 1 se v chemické rovnici nezapisuje.

V běžné chemické praxi neuvažujeme, že reakce probíhá mezi určitým počtem atomů či molekul reaktantů, ale používáme látková množství přibližně 10^{23} krát větší. Ta se vyjadřují pomocí jednotky **mol**.

Při čtení chemických rovnic vyjadřujeme buď pouze jejich kvalitativní, nebo i kvantitativní charakter. Např. chemickou rovnici



můžeme přechít takto:

Zinek reaguje s kyselinou sírovou, přičemž vzniká vodík a síran zinečnatý.

Tutéž chemickou rovnici při zdůraznění kvantitativních poměrů pak lze číst následovně:

Jeden mol zinku reaguje s jedním molem kyseliny sírové, přičemž vzniká jeden mol vodíku a jeden mol síranu zinečnatého.

K vyjádření velikosti souboru základních částic, např. atomů, molekul a iontů, byla zavedena veličina **látkové množství** – značka *n*. Její **jednotkou je mol** (značka rovněž mol), který patří do souboru sedmi základních jednotek soustavy SI.

1 mol je takové látkové množství, které obsahuje stejný počet základních částic (atomů molekul, iontů apod.), kolik atomů uhlíku je obsaženo přesně v 0,012 kg (neboli v 12 g) uhlíku ^{12}C .

(Zápis ^{12}C vyjadřuje atom uhlíku, v jehož jádře je 12 elementárních částic: 6 protonů a 6 neutronů – podrobněji bude vysvětleno v další kapitole.)

1 mol je takové látkové množství, které obsahuje N_A ($6,02 \cdot 10^{23}$) základních částic (atomů, molekul, iontů apod.).

Jednotková látková množství obsahující stejný počet základních částic mají ovšem rozdílnou hmotnost, neboť např.:

1 mol atomů vodíku H má hmotnost 1,01 g.

1 mol atomů uhlíku C má hmotnost 12,0 g.

1 mol molekul vody H_2O má hmotnost 18,0 g (viz dále Mendělejevova tabulka prvků).

Stejná látková množství plynů zaujímají za stejné teploty a stejného tlaku stejný objem.

Např. stejný objem zaujímají 2,02 g čili 1 mol molekul vodíku H_2 a 32,0 g čili 1 mol molekul kyslíku O_2 . Za normálních podmínek, tj. za teploty 0°C a tlaku 101,325 kPa, se tento objem označuje jako **normální molární objem plynu** a značí se $V_n = 22,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$.

1 mol kterékoli chemické látky tedy:

- obsahuje $6,02 \cdot 10^{23}$ základních částic; jejich hmotnost v gramech je číselně shodná s relativní molekulovou, popř. atomovou hmotností této chemické látky (viz dále)
- v plynném stavu zaujímá za normálních teplotních a tlakových podmínek objem 22,4 l

Molární hmotnost M příslušné chemické látky je podíl hmotnosti m této chemické látky a jejího látkového množství n :

$$M = m/n$$

Molární hmotnost chemické látky udává, jaká je hmotnost (v gramech, popř. v kilogramech) 1 molu základních částic této chemické látky.

Jednotkou molární hmotnosti je $\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$. Výhodnější a v praxi užívanější je však její vyjadřování v jednotce tisíckrát menší – $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$, neboť v tomto případě je **číselná hodnota molární hmotnosti rovna hodnotě relativní atomové hmotnosti A_r či relativní molekulové hmotnosti M_r příslušné chemické látky.**

Relativní atomová hmotnost prvku A_r je číslo, které udává, kolikrát je průměrná hmotnost atomů uvažovaného prvku větší než 1/12 hmotnosti atomu uhlíku ^{12}C . Relativní molekulová hmotnost chemické látky M je číslo, které udává, kolikrát je hmotnost molekuly dané chemické látky větší než 1/12 hmotnosti atomu uhlíku ^{12}C .

Hodnoty relativních atomových hmotností patří k základním charakteristikám chemických prvků. Jsou proto uvedeny u každého prvku v periodické soustavě prvků i ve všech chemických tabulkách. Např.: $A_r(\text{H}) = 1,01$, $A_r(\text{C}) = 12,0$, $A_r(\text{O}) = 16,0$.

Hodnoty relativních molekulových hmotností můžeme u nejdůležitějších chemických látek zjistit přímo vyhledáním v chemických tabulkách, nebo je **určíme výpočtem.**

Např.:

$$M_r(\text{O}_2) = 2 \cdot A_r(\text{O}) = 2 \cdot 16,0 = 32,0$$

$$M_r(\text{NH}_3) = 1 \cdot A_r(\text{N}) + 3 \cdot A_r(\text{H}) = 1 \cdot 14,0 + 3 \cdot 1,01 = 14,0 + 3,03 = 17,03 = 17,0$$

Relativní molekulová hmotnost prvku nebo sloučeniny M_r se rovná součtu relativních atomových hmotností A_r všech atomů v molekule.

Směsi

Směsi jsou látky, které **obsahují dvě nebo více složek**. Směs látek má **proměnlivé složení** a její složky **lze od sebe oddělit fyzikálně chemickými metodami**.

Homogenní směs má ve všech svých částech **tytéž fyzikální vlastnosti** a nachází se **v jednom skupenství**. Tak je tomu např. ve vodném roztoku chloridu sodného, ve směsi dvou plynů apod.

Heterogenní směs má ve svých různých částech odlišné fyzikální vlastnosti. Skládá se z látek, které jsou buď v různé, nebo stejném skupenském stavu. Jako příklad heterogenních směsí, jejichž jednotlivé složky jsou v různém skupenství, lze jmenovat směs vody a ledu, směs kapaliny a její páry, písku a šterku, různé rudy apod.

Plavení je dělení směsí, jejichž složky jsou v pevném skupenství, jsou ve vodě nerozpustné a výrazně se od sebe liší hustotou, např. písek a zlato. Na směs se působí proudem vody; která odplaví lehčí složku (písek), a zůstane složka těžší (zlato).

Vyluhování (extrakce) je oddělování látek, z nichž jedna je rozpustná ve vhodném rozpouštědle, např. v benzínu, v etheru apod. Vyluhováním se např. izolují oleje z rostlinných zdrojů.

Vytavováním se dělí směs, jestliže její složky mají značně odlišnou teplotu tání, např. čistá síra se odděluje od hlušiny.

Usazování (sedimentace) se používá při dělení směsi látky kapalné a jemně rozptýlené látky pevné, pokud má pevná látka větší hustotu než kapalina. Usazováním se čistí např. užitková i odpadní voda. Dále se používá k oddělování směsí v chemickém průmyslu apod.

Filtrace je oddělení látky pevné, která je jemně rozptýlena v kapalině nebo v plynu. Filtry se zhotovují z různých materiálů, např. z filtračního papíru, plátna, azbestu, nepolovaného porcelánu, popř. funkci filtru plní i vrstva písku a šterku.

Destilace je dělení směsi látek, které se od sebe liší různou teplotou varu. Ze zahřívání směsi postupně unikají páry níževroucí složky a kondenzují ve vhodně upraveném chladiči. V dnešních průmyslových destilačních zařízeních dovedeme oddělit složky i tak složitých směsí, jako jsou ropa, dehet aj. Destilací lze oddělit též kapalinu od pevných látek v ní rozpuštěných. Tak se např. z přírodní vody připravuje voda destilovaná. Destilaci zkapalněného vzduchu se získávají jeho jednotlivé složky: kyslík, dusík a vzácné plyny.

Sublimace se užívá k oddělení nebo přečištění pevné látky, která se při zahřátí mění přímo v plyn. Sublimací se čistí např. jod, naftalen, sloučeniny arsenu, rtuti aj.

V technické praxi se uplatňují i některé další metody, např. **přebírání, oddělování magnetem, oddělování proudem vzduchu** apod.

Disperzní soustava je heterogenní směs tvořená drobnými částicemi (dispergovaná fáze), které jsou jemně rozptýleny (dispergovány) v plynu, kapalině nebo pevné látce (v disperzním prostředí).

Podle velikosti rozptýlených částic se disperzní soustavy zpravidla dělí do dvou skupin:

1. Hrubě disperzní soustavy obsahují rozptýlené částice o průměru více než 500 nm. Mezi nejběžnější hrubě disperzní soustavy patří zejména suspenze, emulze, pěny a aerosoly.
2. Jemně disperzní soustavy jsou takové, u nichž se průměr rozptýlených částic pohybuje v rozmezí 1–500 nm. Častěji se označují jako **koloidní** neboli nepravé **roztoky**.

Suspenze je hrubě disperzní soustava pevné látky v kapalině, např. částčky hlíny v říční vodě, hydroxid vápenatý ve vodě aj. Rozptýlené částčky v suspenzi se poměrně rychle usazují.

Emulze je soustava dvou vzájemně nerozpustných kapalin, např. olej a voda. Emulze, ponechaná v klidu, se po delší době opět rozdělí na jednotlivé složky. Některé látky, tzv. emulgátory (stabilizátory emulzí), však dovedou emulzní stav udržet. Např. mléčné bílkoviny stabilizují v mléce emulzi voda – tuk. Některá léčiva, např. tekuté pudry, pleťové mléko apod., se vyrábějí jako emulze nebo suspenze, neboť v této formě lépe vsakují do pokožky.

Pěny jsou disperzní soustavy plynů v kapalinách. Užívají se k hašení hořících kapalin, neboť zabráňují přístupu vzduchu, dále v potravinářství (šlehačka) apod.

Aerosoly jsou soustavy pevných látek nebo kapalin rozptýlených v plynech. Mezi aerosoly patří zejména dýmy, mlhy a kouře. Významné je i chemické použití uměle vyrobených aerosolů, které slouží např. k hubení plevelů, uplatňují se v lékařství, v kosmetice atd.

Koloidní či nepravé roztoky jsou jemně disperzní soustavy, jejichž rozptýlené částice jsou tak malé, že je nelze oddělit filtrací. Rozptýlené částice v koloidním roztoku nelze postřehnout ani běžným mikroskopem, projeví se teprve při zkoumání pod ultramikroskopem. Rozptýlená látka se dá z koloidního roztoku vyvločkovat neboli koagulovat, nejčastěji zahřátím nebo přidáním elektrolytu. Na rozdíl od hrubě disperzních soustav se rozptýlené částice v koloidním roztoku neusazují a zůstávají rozptýleny v disperzním prostředí. Koloidní roztoky jsou např. vaječný bílek, vodní sklo a jiné látky rozptýlené ve vodě.

Stavební částice chemických látek (atomy, molekuly) vytvářejí v disperzních soustavách shluky obsahující u jemně disperzních soustav řádové tisíce stavebních částic, u hrubě disperzních soustav pak statisíce a více stavebních částic.

Jestliže se látka rozptýlí až na jednotlivé atomy, molekuly či ionty, označuje se tento druh směsi jako **pravý roztok** neboli zjednodušeně jen roztok. Na rozdíl od disperzních soustav je roztok homogenní a průměr rozptýlených částic je menší než 1 nm.

Roztok je homogenní směs dvou nebo více látek. Částice látek tvořících roztok (atomy, molekuly, ionty) jsou dokonale rozptýleny a vzájemně nereagují.

Podle skupenství rozlišujeme roztoky:

1. plynné, např. vzduch, svítíplyn
2. kapalné, např. vzduch ve vodě, ethanol ve vodě, chlorid sodný ve vodě
3. pevné, např. vodík v platině, slitinu olova a cínu

Z roztoků jsou nejdůležitější kapalně roztoky a z nich pak zejména vodné roztoky. Vodné roztoky mají mimořádný význam v přírodě, neboť např. rostliny přijímají většinu živin ve formě vodných roztoků, vodnými roztoky jsou tekutiny v lidském těle, většina biochemických dějů se uskutečňuje ve vodných roztocích. Rovněž všechny druhy přírodních vod jsou vodné roztoky látek, s nimiž voda přišla do styku.

V roztocích rozlišujeme **rozpouštědlo** a **rozpuštěnou látku**. Rozpouštědlem nazýváme obvykle tu látku, která je v nadbytku. U vodných roztoků se za rozpouštědlo vždy považuje **voda**. Kromě vody se jako účinná rozpouštědla uplatňují též **ethanol, benzín, aceton** aj.

Množství rozpouštěné látky v určitém objemu rozpouštědla závisí na jejich **vlastnostech, na teplotě rozpouštědla, u plynů též na tlaku**. K vyjádření rozpouštěcí schopnosti jednotlivých látek byl zaveden pojem rozpustnost.

Rozpustností látky v rozpouštědle rozumíme zpravidla **maximální hmotnost látky** (v gramech), **která se beze zbytku rozpustí při dané teplotě ve 100 g rozpouštědla.**

Kromě toho lze rozpustnost látek vyjádřit i dalšími způsoby, např. hmotností látky rozpuštěné ve 100 g roztoku.

Roztok, který za určité teploty obsahuje **maximální hmotnost rozpuštěné látky**, se nazývá **nasycený**. Je-li v roztoku obsažena menší hmotnost rozpuštěné látky, než odpovídá její rozpustnosti za dané teploty, označuje se takový roztok jako **nenasycený**.

Hodnoty rozpustnosti nejdůležitějších chemických látek jsou uvedeny v chemických tabulkách. **Rozpustnost pevných látek ve vodě zpravidla vzrůstá s teplotou**. Závislost rozpustnosti látek na teplotě se znázorňuje křivkami rozpustnosti v diagramech rozpustnosti.

Také rozpustnost kapalin ve vodě je různá. Např. **ethanol nebo kyselina sírová se s vodou mísí v každém poměru**, jiné kapaliny, např. ether nebo benzen, mají **omezenou rozpustnost**. **Rozpustnost plynů ve vodě se stoupající teplotou klesá** (ve vodě, kterou ohříváme, vznikají bublinky vzduchu). Rozpustnost plynů závisí také na tlaku nad roztokem; **se stoupajícím tlakem rozpustnost plynu stoupá**, proto např. v sodovce je oxid uhličitý pod zvýšeným tlakem, po otevření láhve se uvolňují bublinky.

Složení roztoků, tj. vzájemný poměr rozpuštěné látky a rozpouštědla v roztoku, se vyjadřuje udáním hmotností, objemu nebo látkového množství rozpuštěné látky, která připadá na hmotnostní či objemovou jednotku roztoku nebo rozpouštědla.

Nejčastěji se složení roztoku vyjadřuje následujícími způsoby:

1. **Hmotnostním zlomkem** $w(B)$, který vyjadřuje poměr hmotnosti rozpouštěné látky k hmotnosti celého roztoku.

V praxi se u roztoků hodnota hmotnostního zlomku nejčastěji udává v procentech. V tomto případě hodnota hmotnostního zlomku vyjadřuje hmotnost látky rozpuštěné ve 100 g roztoku. Např. ve 100 g 3% roztoku chloridu sodného NaCl, jsou rozpuštěny 3 g NaCl. Při porovnávání dvou roztoků s různým hmotnostním zlomkem téže složky roztoku se ten roztok, v němž je hmotnostní zlomek složky roztoku větší, nazývá koncentrovanější. Druhý roztok se naopak označuje ve srovnání s prvním jako zředěnější.

2. **Látkovou koncentrací** $c(B)$, která je definována jako podíl látkového množství rozpuštěné látky a celkového objemu roztoku:

Např.: je-li v 1 l roztoku chloridu sodného NaCl rozpuštěno jednotkové látkové množství této soli, tj. 1 mol NaCl o hmotnosti 58,5 g, pak látková koncentrace takového roztoku $c(\text{NaCl}) = 1 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$.

Příklad:

V 200 g vodného roztoku chloridu draselného KCl je rozpuštěno 20 g KCl. Vypočítejte hmotnostní zlomek KCl v roztoku. Kolikaprocentní je to roztok?

$$20/200 = 1/10 = 10 \% \quad w(\text{KCl}) = m(\text{KCl})/m(\text{H}_2\text{O} + \text{KCl})$$

Příklad:

Vypočítejte, kolik gramů chloridu železitého FeCl₃, a kolik gramů vody je zapotřebí k přípravě 700 g 2procentního vodného roztoku FeCl₃.

$$M(\text{FeCl}_3) = 0,02 \cdot 700 = 14 \text{ g} \quad M(\text{H}_2\text{O}) = 700 - 14 = 686 \text{ g}$$

Příklad:

Vodný roztok hydroxidu sodného NaOH byl připraven tak, že ve 2 l roztoku bylo rozpuštěno 15 g NaOH. Vypočítejte látkovou koncentraci tohoto roztoku.

Látková koncentrace 1 mol/l je při rozpuštění 40 g NaOH v 1 l vody.

$$(23_{(\text{Na})} + 16_{(\text{O})} + 1_{(\text{H})} = 40)$$

Při rozpuštění 15 g NaOH v 1 l vody je látková koncentrace $15/40 = 0,375$ mol/l. Ve 2 l vody bude látková koncentrace poloviční – $0,375/2 = 0,188$ mol/l.

Atomy

Atomy jsou velmi malé útvary, jejichž průměr je přibližně 10^{-10} m, tj. 0,1 nm. Např. průměr nejmenšího atomu – atomu vodíku – je $5 \cdot 10^{-10}$ m.

Připomeňme si, že nesloučený atom je elektricky neutrální částice. Skládá se z jádra a z obalu, v nichž jsou obsaženy elementární částice: protony, neutrony a elektrony. Protony a neutrony jsou součástí atomového jádra, elektrony tvoří obal atomu. Kromě nich existuje mnoho dalších elementárních částic, např. pozitrony, fotony, mezony a jiné, jejichž studiem se zabývá atomová fyzika.

Hmotnost protonu je $1,673 \cdot 10^{-27}$ kg a je přibližně rovna hmotnosti neutronu, zatímco hmotnost elektronu je přibližně 1 840 krát menší než hmotnost protonu či neutronu ($9,1 \cdot 10^{-31}$ kg).

Náboj jednoho elektronu či náboj jednoho protonu představují nejmenší existující elektrický náboj. **Náboje elektronu a protonu** mají stejnou absolutní hodnotu, liší se však znaménkem: elektron je nabitý záporně, proton kladně. Elektrický náboj elektronu je $1,602 \cdot 10^{-19}$ C (coulombu). **Neutron je elektricky neutrální.**

Nesloučený atom, který je elektroneutrální částicí, obsahuje **tentýž počet protonů a elektronů**.

- a) **Atomové jádro** je tvořeno protony a neutrony, a proto má vždy **kladný elektrický náboj**.
- b) **Hmotnost atomového jádra** i celého atomu **závisí na počtu protonů a neutronů**. Jelikož hmotnost elektronů v obalu atomu je vzhledem k hmotnosti atomu a neutronů nepatrná, je prakticky **veškerá hmotnost atomu** soustředěna **v jádře**.
- c) **Kladný elektrický náboj** atomového jádra **závisí výhradně na počtu protonů**.
- d) Všechna **jádra atomů téhož prvku obsahují shodný počet protonů**; naopak atomy různých prvků se vzájemně liší počtem protonů v jádře.

Atomová jádra jsou nesmírně malé útvary, přibližně ještě stotisíckrát menší než atomy. Průměr atomového jádra se tedy pohybuje kolem 10^{-15} m.

Protony a neutrony jsou v atomovém jádře **poutány přitažlivými silami**, které jsou příčinou soudržnosti atomového jádra. **Při rozpadu jádra** se část energie poutající protony a neutrony uvolňuje ve formě **jaderné energie**. S jadernými přitažlivými silami, jadernou energií a změnami, k nimž dochází v atomovém jádře, se seznámíte v atomové fyzice.

Jelikož počet protonů v jádře je shodný u všech atomů téhož prvku, je tento údaj pro daný prvek charakteristický. Číselně ho vyjadřuje protonové číslo Z:

Protonové číslo Z udává počet protonů v jádře atomu a je **shodné s pořadovým číslem prvku v periodické soustavě**.

To znamená, že např.:

Všechny atomy vodíku obsahují v jádře jeden proton, vodík má $Z = 1$ a je prvním prvkem periodické soustavy. Všechny atomy dusíku obsahují v jádře 7 protonů, dusík má $Z = 7$ a je sedmým prvkem periodické soustavy.

Protonové číslo se zapisuje před symbolem prvku vlevo dole, např. ${}_1\text{H}$, ${}_8\text{O}$, ${}_{17}\text{Cl}$, ${}_{50}\text{Sn}$, ${}_{92}\text{U}$ apod.

Protony a neutrony se souhrnně označují názvem **NUKLEONY** (od latinského nucle- = jádro). Počet nukleonů, tj. součet protonů a neutronů, je dalším charakteristickým údajem, který nás informuje o složení atomu. Číselně ho vyjadřuje nukleonové číslo A :

Nukleonové číslo A udává počet nukleonů (protonů a neutronů) v atomovém jádře.

Např. zápis ${}^{16}_8\text{O}$ (čísla se píšou nad sebe) vyjadřuje atom kyslíku, který obsahuje 8 protonů, 8 elektronů a 8 ($16 - 8$) neutronů.

Zatímco všechny atomy téhož prvku obsahují shodný počet protonů a elektronů, liší se některé atomy téhož prvku počtem neutronů. Pouze asi dvacet prvků je v přírodě tvořeno atomy, které mají vždy stejný počet neutronů. Např. sodík je složen pouze z atomů ${}^{23}_{11}\text{Na}$, hliník z atomů ${}^{27}_{13}\text{Al}$. Většina ostatních prvků je však tvořena atomy o různém počtu neutronů. Např. vodík je složen ze tří druhů atomů ${}_1^1\text{H}$, ${}_1^2\text{H}$ (deuterium) a ${}_1^3\text{H}$ (tritium). (Z „těžkého“ vodíku vzniká „těžká“ voda, která se používá v atomových reaktorech). Cín se dokonce skládá z deseti druhů atomů. Tyto různé atomy téhož prvku se nazývají izotopy.

IZOTOPY jsou **atomy téhož prvku, které mají stejný počet protonů** (stejnou hodnotu protonového čísla), **liší se však počtem neutronů** (mají různou hodnotu nukleonového čísla).

Izotopy se tedy liší svou hmotností, nikoli však svými chemickými vlastnostmi.

Kromě přírodních izotopů byly mnohé izotopy připraveny též uměle. Tyto tzv. radioizotopy se uplatňují v biologii, v lékařství, v zemědělství, k vědeckým účelům, k zjišťování skrytých vad materiálu i výrobků apod.

Pro chemické vlastnosti prvku je určující rozmístění elektronů v atomovém obalu, tj. elektronové uspořádání neboli elektronová konfigurace atomu. Víte již že:

- Atomový obal je tvořen elektrony, a proto má záporný náboj. Velikost tohoto záporného náboje určuje počet přítomných elektronů.
- Počet elektronů v atomovém obalu je shodný s počtem protonů v atomovém jádře, neboli je roven protonovému číslu prvku.

Současné představy vycházející z výsledků vlnové mechaniky předpokládají, že **elektron se nachází v určitém prostoru kolem atomového jádra**. Tento prostor se nazývá **atomový orbital**, zjednodušeně jen orbital.

Orbital je prostor (oblast) kolem atomového jádra, v němž se nejpravděpodobněji elektron vyskytuje.

K jednoznačnému popisu orbitalů byla zavedena tzv. **kvantová čísla**.

Hlavní kvantové číslo udává velikost orbitalu. Značíme jej **n** . Nabývá hodnot **od 1 do 7** (včetně). Je totožné s číslem periody (viz dále). Elektrony se stejnou hodnotou hlavního kvantového čísla se nacházejí ve stejné vrstvě (slupce).