

UNIVERZITA PAVLA JOZEFA ŠAFÁRIKA V KOŠICIACH

Prírodovedecká fakulta

Katedra biofyziky



LABORATÓRNA TECHNIKA A VÝPOČTY

Úvod k praktikám k experimentálnym metódam biofyziky

Zuzana Jurašková

Košice 2025

Laboratórna technika a výpočty

Úvod k praktikám k experimentálnym metódam biofyziky

Vysokoškolský učebný text

Autor:

RNDr. Zuzana Jurašeková, PhD.

Katedra biofyziky, Prírodovedecká fakulta, UPJŠ v Košiciach

Recenzenti:

doc. RNDr. Jana Staničová, PhD.

Ústav biofyziky, Katedra chémie, biochémie a biofyziky, Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach

RNDr. Veronika Huntošová, PhD.

Centrum interdisciplinárnych biovied, Technologický a inovačný park, UPJŠ v Košiciach

Tento text je publikovaný pod licenciou CC BY NC ND Creative Commons Attribution-NonCommercial-No-derivates 4.0 („Uveďte pôvod – Nepoužívajte komerčne - Nespracováajte“)



Za odbornú a jazykovú stránku tejto publikácie zodpovedá autor. Rukopis neprešiel redakčnou ani jazykovou úpravou.

Umiestnenie: www.unibook.upjs.sk

Dostupné od: 03.02.2025

ISBN 978-80-574-0381-4 (e-publikácia)

Predslov

Predkladaný učebný text vznikol ako podporný učebný materiál pre predmet *Laboratórna technika a výpočty*. Náplňou tohto úvodného praktika vyučovaného v letnom semestri 1. ročníka bakalárskeho stupňa študijného odboru biofyzika je poskytnúť študentom výpočtovú a laboratórnu prípravu, najmä čo sa týka práce v základnom chemickom laboratóriu. Predstavuje tak základnú prípravu pre praktika k experimentálnym metódam biofyziky, ktoré študenti bakalárskeho a magisterského študijného programu biofyzika majú absolvovať vo vyšších ročníkoch. Tiež ide o učebný materiál pre predmet *Základné biofyzikálne praktikum*, ktorý obsahovo kopíruje predmet *Laboratórna technika a výpočty*, a ktorý sa v 1. ročníku magisterského stupňa študijného odboru biofyziky odporúča absolvovať tým študentom, ktorí ukončili bakalársky stupeň štúdia v inom odbore, ako je biofyzika a pokračujú v magisterskom štúdiu biofyziky.

Hlavným cieľom daného praktika je osvojenie si základných postupov práce v laboratóriu. Tomu je prispôsobený aj celý sylabus a pracovný harmonogram daného praktika, a teda aj obsah tohto učebného textu. V úvodnej, teoretickej alebo výpočtovej časti, sa študenti oboznámia so základnými výpočtami, čo sa týka charakteristík a prípravy roztokov a zmesí, ako je látkové množstvo, molárna hmotnosť, či hmotnostná alebo molárna koncentrácia. Z pohľadu prípravy roztokov pre ďalšie experimentálne úlohy riešené nielen v rámci daného praktika, ale najmä ďalších biofyzikálnych praktík, či záverečných prác študentov, sa zvlášť významné javia výpočty navážky potrebnej pre prípravu príslušného roztoku, či správne použitie zmiešavacej rovnice používanej pri riedení roztokov. Záver tejto časti je doplnený o zoznam vybraných úloh, ktoré slúžia na precvičenie nadobudnutých vedomostí.

Druhá časť skriptu je zameraná na samotnú prácu v laboratóriu, najmä čo sa týka práce v základnom chemickom laboratóriu. Ako pri každej práci na pracovisku a v laboratóriu obzvlášť, je potrebné sa v prvom rade oboznámiť so samotným popisom práce v laboratóriu, t.j. so základnými pravidlami a postupmi prác v laboratóriu a s bezpečnosťou pri práci. Ak pracujeme s chemikáliami, je potrebné už vopred sa dôkladne informovať o aké chemikálie ide (bežné, horľavé, toxické a pod.), ako ich používať, uskladňovať a likvidovať. Všetky tieto informácie je možné nájsť v kartách bezpečnostných údajov jednotlivých chemikálii, preto im v rámci daného učebného materiálu venujeme samostatnú časť. Následne je možné na týchto stránkach nájsť základné informácie pre obsluhu a prácu s malými laboratórnymi prístrojmi a zariadeniami, ako sú automatické pipety, pH meter, či centrifúga, ale aj základné postupy vybraných laboratórných prác, ako je zahrievanie, váženie, či práca s kyselinami a zásadami a príprava tlmivých roztokov.

Vyvrcholením daného predmetu je zvládnutie jednoduchého spektroskopického experimentu, v rámci ktorého je potrebné namerať UV-vis absorpčné, prípadne aj fluorescenčné spektrá vybraných molekúl. Cieľom tejto úlohy je preveriť a potvrdiť teoretické vedomosti a praktické zručnosti nadobudnuté počas semestra, ako aj poskytnúť študentom priestor pre prvú samostatnú experimentálnu prácu, plánovanie, realizáciu a zhodnotenie jednoduchého experimentálneho problému. Zámerom je tiež zoznámiť študentov s jedným z hlavných experimentálnych nástrojov používaných na našom pracovisku, so spektroskopiou. Preto tento učebný materiál obsahuje aj krátky úvod do spektroskopie, v ktorom sú predstavené základné spektroskopické princípy a techniky. Špeciálna pozornosť je venovaná UV-Vis absorpčnej spektrofotometrii a veľmi v krátkosti je predstavená aj fluorescencia. Je potrebné zdôrazniť, že tento učebný text v žiadnom prípade neposkytuje komplexnú a detailnú informáciu, čo sa spektroskopie a príslušných spektroskopických techník, resp. metodík týka (tá bude študentom poskytnutá vo vyšších ročníkoch). Na druhej strane, je dostačujúca na zvládnutie zadaných úloh.

Celý učebný text je doplnený o rôzne praktické, či teoretické úlohy, ako aj odkazy a linky na ďalšie vysvetľujúce texty a videá. Za každým odkazom je tiež naznačený jazyk, v ktorom to dané video je natočené, resp. text vypracovaný (SK - slovenský, CZ - český, ENG - anglický). Pridaním doplnujúceho materiálu chcem pozvať a povzbudiť študentov k zvedavosti a prehlbeniu jednotlivých vedomostí, ako aj k ďalšiemu záujmu pre nadobudnutie úspešnej, rutinej, stále viac kvalitnej a moderné trendy odzrkadľujúcej práce v laboratóriu. Skriptá tiež obsahujú prílohovú časť, ktorá poskytuje vzory protokolov pre vypracovanie úloh spektroskopického experimentu a jednu samostatnú časť venovanú výpočtu chýb experimentálnych meraní.

Tento učebný text je zámerne prístupný iba v elektronickej podobe. Dôvodom je snaha ho priebežne aktualizovať, vylepšovať a modernizovať, podľa meniacich sa aktuálnych možností a potrieb nášho laboratória. Ďalším praktickým dôvodom je aj aktualizácia jednotlivých odkazov na webové stránky s učebnými textami a videami, ale aj zaradenie ďalších príloh, ako je napr. použitie vedeckou komunitou štandardne používaného softvéru *Origin* pre grafické spracovanie a analýzu experimentálnych dát.

Hoci ide „iba“ o súhrn základných informácií pre prácu v chemickom laboratóriu, ktoré vieme po častiach nájsť v rôznych učebniciach a vysokoškolských učebných textoch, sumárny učebný materiál pre vyučovanie daného predmetu nám v rámci študijného programu biofyzika už dlhodobo chýbal. Verím, že už aj toto prvé vydanie splní svoju úlohu a študenti budú mať po absolvovaní daného praktika dostatočné teoretické vedomosti a praktické zručnosti pre ďalšiu prácu v základnom chemickom laboratóriu. Tiež verím, že bude kvalitným odrazovým mostíkom pre postupné vypracovanie kompletného a kompaktného praktického sprievodcu pre základnú

každodennú laboratórnú prácu pri riešení rôznych biofyzikálnych úloh.

Na záver by som chcela podporiť a zároveň sa už vopred poďakovať za kritickosť študentov a kolegov, ktorí budú s týmto učebným textom pracovať. Budem vďačná za každú konštruktívnu kritiku a každý návrh na zlepšenie predkladaného učebného textu.

Zuzana Jurašeková
zuzana.jurasekova@upjs.sk

Košice
2025

Pod'akovanie

Rada by som vyjadrila moju úprimnú vďaku **RNDr. Valérii Verebovej, PhD.** z *Katedry chémie, biochémie a biofyziky, Univerzity veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach* za podporu, dôkladné prečítanie a posúdenie tohto učebného textu a následné poskytnutie konštruktívnej spätnej väzby vo forme veľmi cenných, konkrétnych a odborných pripomienok a doporučení, ktoré napomohli zlepšiť kvalitu a čitateľnosť skrípt.

Obsah

Predslov.....	3
Pod'akovanie.....	5
Zoznam skratiek, značiek a symbolov	8
Teoretická časť - výpočty.....	9
1. Výpočty z chemických vzorcov, látkového množstva a molárnej hmotnosti.....	9
1.1 Sumárny vzorec	9
1.2 Látkové množstvo a molárna hmotnosť	11
2. Výpočet charakteristík zmesí a roztokov	12
2.1 Koncentrácia.....	13
2.2 Zmiešavacia rovnica.....	18
Praktická časť - práca v laboratóriu	26
3. Bezpečnosť pri práci v laboratóriu.....	26
3.2 Karta bezpečnostných údajov	26
3.3 Bezpečnostné a zdravotné označenia pri práci a na pracovisku.....	36
3.4 Prvá pomoc.....	38
4. Laboratórny poriadok a obsluha malých laboratórnych prístrojov a zariadení.....	43
4.1 Laboratórne sklo.....	44
4.2 Sklenené a automatické pipety	46
5. Vybrané základné laboratórne práce.....	49
5.1 Zohrievanie.....	49
5.2 Váženie.....	51
5.3 Centrifugácia	53
6. Príprava (tlmivých) roztokov	55
6.1 Príprava roztokov	55
6.2 Kyseliny a zásady.....	61
6.3 Tlmivý roztok.....	68
7. Úvod do spektroskopie.....	73

7.1 Interakcia svetla a hmoty	75
7.2 UV-Vis absorpcia	78
7.3 Fluorescencia	85
Použitá a odporúčaná literatúra	88
Príloha č. 1 – Protokoly z praktických cvičení	89
Príloha č. 2 – Výpočet chýb experimentálnych meraní	93

Zoznam skratiek, značiek a symbolov

Ar	relatívna atómová hmotnosť
c	molárna (látková) koncentrácia
CLP	klasifikácia, označovanie a balenie chemických látok
CZ	český
h	Planckova konštanta
DNA	deoxyribonukleová kyselina; <i>deoxyribonucleic acid</i>
elmag	elektromagnetický/-á/-é
ENG	anglický
KBÚ / (M)SDS	karta bezpečnostných údajov; <i>(material) safety data sheet</i>
λ	vlnová dĺžka
m	hmotnosť
M (Mm)	molekulová (molárna) hmotnosť
M_r	relatívna molekulová hmotnosť
n	látkové množstvo
v	frekvencia
N_A	Avogadrova konštanta
NK	nukleové kyseliny
NTIC	Národné toxikologické informačné centrum
OOPP	osobný ochranný pracovný prostriedok
PTP	periodická tabuľka prvkov
rcf	relatívna odstredivá sila; <i>relative centrifugal force</i>
rpm	otáčky za minútu; <i>revolutions per minute</i>
ρ	hustota roztoku
SK	slovenský
UV	ultrafialové (svetlo); <i>ultraviolet</i>
VIS	viditeľné (svetlo); <i>visible</i>
w	hmotnostný zlomok

Teoretická časť - výpočty

1. Výpočty z chemických vzorcov, látkového množstva a molárnej hmotnosti

1.1 Sumárny vzorec

Hoci sa priamo v rámci daného praktika nestretneme s potrebou určovať sumárny vzorec, či názvoslovie chemických zlúčenín, keďže ide primárne o prácu v chemickom laboratóriu, s chemickými vzorcami a ich názvami sa budeme stretávať pri každej našej práci. Navyše, pri určovaní sumárneho vzorca pracujeme s fyzikálnymi veličinami, ako je molekulová hmotnosť, či hmotnostný zlomok (ich definície si pripomenieme hneď v ďalších odsekoch), a teda ich znalosť je nevyhnutnou podmienkou pre úspešnú a rutinnú laboratórnu prácu. Preto som považovala za vhodné výpočtový začiatok a prvotné stretnutie s chémiou v rámci daného predmetu zadefinovať práve cez určovanie sumárneho vzorca chemických zlúčenín.

Sumárny (molekulový) vzorec chemickej látky udáva prvky, z ktorých sa látka skladá a presný počet ich atómov v molekule. Nehovorí nič o vzájomných väzbách, ani o priestorovom usporiadaní týchto atómov. Ak máme neznámu zlúčeninu $A_xB_yC_z$, to, čo vieme zistiť v prvom priblížení, je len zastúpenie jednotlivých prvkov vo vzorke. Poznanie ich vzájomného pomeru nám už dovoľuje vypočítať aj skutočné zloženie zlúčeniny. Na základe experimentálne zistenej molekulovej hmotnosti a použitia nasledujúceho vzťahu:

$$m(A) : m(B) : m(C) = x \cdot M_m(A) : y \cdot M_m(B) : z \cdot M_m(C) \quad (1.1)$$

dokážeme totižto odvodiť sumárny vzorec analyzovanej látky, pretože týmto spôsobom získame jednotlivé stechiometrické koeficienty. Tie nám určujú počet atómov prvkov A, B, C v zlúčenine:

$$x : y : z = \frac{w(A)}{M_m(A)} : \frac{w(B)}{M_m(B)} : \frac{w(C)}{M_m(C)} \quad (1.2)$$

Sumárny vzorec môže, ale nemusí byť zhodný so stechiometrickým vzorcom príslušnej chemickej zlúčeniny. Jeho určením vypočítame skutočný počet atómov v molekule látky.

Odvodenie vzťahu (1.2). Z definície hmotnostného zlomku môžeme pre jednotlivé atómy zlúčeniny $A_xB_yC_z$ zapísať nasledovné:

$$w(A) = \frac{x \cdot M_m(A)}{M_m(A_xB_yC_z)} \Rightarrow M_m(A_xB_yC_z) = \frac{x \cdot M_m(A)}{w(A)} \quad (1.3)$$

$$w(B) = \frac{y \cdot M_m(B)}{M_m(A_xB_yC_z)} \Rightarrow M_m(A_xB_yC_z) = \frac{y \cdot M_m(B)}{w(B)} \quad (1.4)$$

$$w(C) = \frac{z \cdot M_m(C)}{M_m(A_xB_yC_z)} \Rightarrow M_m(A_xB_yC_z) = \frac{z \cdot M_m(C)}{w(C)} \quad (1.5)$$

Ak dáme do rovnosti ľavé strany rovníc (1.3) až (1.5) (môžeme tak urobiť, keďže molekulová hmotnosť zlúčeniny $A_xB_yC_z$ je stále tá istá), tak musí platiť, že sa rovnajú aj ich pravé strany a potom môžeme písať:

$$\frac{x \cdot M_m(A)}{w(A)} = \frac{y \cdot M_m(B)}{w(B)} = \frac{z \cdot M_m(C)}{w(C)} \quad (1.6)$$

Zároveň si z rovníc (1.3) až (1.5) vieme vyjadriť aj čomu sa rovnajú jednotlivé koeficienty:

$$x = \frac{w(A)}{M_m(A)} \cdot M_m(A_xB_yC_z); \quad y = \frac{w(B)}{M_m(B)} \cdot M_m(A_xB_yC_z); \quad z = \frac{w(C)}{M_m(C)} \cdot M_m(A_xB_yC_z) \quad (1.7)$$

a aký je ich vzájomný pomer:

$$x : y : z = \left[\frac{w(A)}{M_m(A)} \cdot M_m(A_xB_yC_z) \right] : \left[\frac{w(B)}{M_m(B)} \cdot M_m(A_xB_yC_z) \right] : \left[\frac{w(C)}{M_m(C)} \cdot M_m(A_xB_yC_z) \right] \quad (1.8)$$

teda sa dostaneme až ku vzťahu (1.2). Konkrétny výpočet sumárneho vzorca si ukážeme na nasledujúcom príklade.



Príklad: Zlúčenina obsahuje 58,5 % uhlíka; 4,1 % vodíka; 11,4 % dusíka a 26 % kyslíka. Určte sumárny vzorec zlúčeniny.

$C_xH_yN_zO_v \rightarrow x = ?, y = ?, z = ?, v = ?$

Značka prvku v zlúčenine	w (.100 %)	M_m	$\frac{w}{M_m}$: najmenšie	zaokrúhlim na celé čísla	výsledné
C	58,5	12	4,875	5,9867	6	x
H	4,1	1	4,1	5,03499	5	y
N	11,4	14	0,8143*	1	1	z
O	26	16	1,625	1,99557	2	v

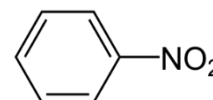
Postup vyplňania tabuľky a určovania sumárneho vzorca:

1. Zapišeme si všetky prvky nachádzajúce sa v neznámej zlúčenine.
2. Zapišeme si zo zadania známe percentuálne zastúpenie jednotlivých atómov, t.j. ich príslušné hmotnostné percentá (w (%)).
3. Pre jednotlivé prvky doplníme z periodickej tabuľky prvkov (PTP) ich príslušné relatívne atómové hmotnosti (resp. molekulové hmotnosti, M_m).
4. w predelíme M_m .
5. V stĺpci $\frac{w}{M_m}$ (výsledku delenia) vyhladáme najmenšie číslo (označené *) a predelíme všetky hodnoty v stĺpci týmto číslom.

6. Výsledok ostatného delenia zaokrúhlime nahor alebo nadol k najbližšiemu celému číslu. (Ak niektoré z čísel je „niekde uprostred“ medzi dvoma číslami, t.j. rovnako ho môžeme zaokrúhliť nahor alebo nadol, potrebujeme celý stĺpec najprv násobiť 2 a až potom môžeme zaokrúhľovať).
7. Napíšeme finálny vzorec s takto získanými stechiometrickými koeficientami.

Výsledok: $C_xH_yN_zO_v \approx C_6H_5NO_2$

NITROBENZÉN



1.2 Látkové množstvo a molárna hmotnosť

V rámci práce v chemickom laboratóriu sa nezaobídeme bez poznatkov molekulovej fyziky, najmä tej časti, ktorá sa týka štruktúry látok, ich časticovej povahy a príslušných charakteristík. V rámci daného praktika si však vystačíme len so základnými definíciami a vzťahmi, ktoré sa pokúsime v priebehu nasledujúcich odsekov prehľadne uviesť a zosumarizovať.

Keďže skutočná hmotnosť atómov a molekúl je nepredstaviteľne malá, pre jednoduchšiu prácu s takými malými hodnotami sa ako referenčná hodnota vybral atóm uhlíka ($6p^+$, $6e^-$, $6n^0$) a jeho hmotnosť ($1,9 \cdot 10^{-29}$ kg). Pomocou nej sa následne určujú jednotlivé hmotnosti atómov a molekúl. Konkrétne, **relatívna atómová hmotnosť** (A_r , $[A_r] = 1$) predstavuje hmotnosť príslušného atómu vzhľadom na atóm uhlíka. Nájdeme ju zaznamenanú v PTP. Ako príklad môžeme uviesť $A_r(H) = 1$; $A_r(O) = 16$; $A_r(Na) = 23$; atď. Následne, **relatívna molekulová hmotnosť** (M_r , $[M_r] = 1$) je daná súčtom relatívnych atómových hmotností jednotlivých atómov molekuly. Napr., $M_r(NH_3) = (14 + 3 \cdot 1) = 17$; $M_r(H_2O) = (2 \cdot 1 + 16) = 18$.

Látkové množstvo (n , $[n] = \text{mol}$) udáva počet častíc (atómov, molekúl, iónov) v látke a je dané vzťahom:

$$n = \frac{N}{N_A} \quad (1.9)$$

kde N predstavuje celkový počet častíc nachádzajúcich sa v látke a N_A je Avogadrova konštanta ($N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$). Pre $n = 1 \text{ mol}$ bude zo vzťahu (1.9) platiť, že $N = N_A$, z čoho vyplýva, že látkové množstvo 1 mol obsahuje $6,023 \cdot 10^{23}$ častíc. Keďže N_A predstavuje počet atómov v 12 g $^{12}_6C$, tak 1 mol je látkové množstvo sústavy, ktorá obsahuje práve toľko častíc, koľko je atómov v 12 g nuklidu uhlíka.

Veličiny, ktoré sa vzťahujú na látkové množstvo 1 mol, nazývame molárne veličiny. **Molárna hmotnosť** (M alebo M_m ; $[M] = \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$) je hmotnosť jedného molu látky:

$$M = \frac{m}{n} \quad (1.10)$$

Napríklad, $M(\text{H}) = 1 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{O}) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{NH}_3) = 17 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ g.mol}^{-1}$.
Obdobne, **molárny objem** (V_m ; $[V_m] = \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$) je objem jedného mólu látky:

$$V_m = \frac{V}{n} \quad (1.11)$$

Je užitočné mať na pamäti, že aj z ostatne spomenutých vzťahov, najmä z (1.10), si môžeme jednoducho vyjadriť a vypočítať látkové množstvo:

$$n = \frac{m}{M} \quad (1.12)$$

V mnohých praktických úlohách sa nezaobídeme bez **hustoty** (ρ ; $[\rho] = \text{kg.m}^{-3}$, resp. g.cm^{-3}), ktorá je definovaná ako podiel hmotnosti a objemu látky:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1.13)$$

Na záver tejto časti by som chcela ešte pripomenúť *Avogadrov zákon*, ktorý hovorí, že 1 mol látky v plynnom skupenstve (akéhokoľvek plynu) zaberá vždy rovnaký objem pri rovnakom tlaku a teplote. Konkrétne, ak uvažujeme o štandardných podmienkach, t.j. $t = 0^\circ\text{C}$, resp. $T = 273,15 \text{ K}$ a $p = 101\,325 \text{ Pa}$, tak potom zaberaný objem je $22,4 \text{ dm}^3 = 22,4 \text{ l}$. Iná formulácia tohto zákona hovorí, že ak máme 2 plyny s rovnakým objemom, rovnakým tlakom a rovnakou teplotou, potom platí, že oba plyny obsahujú aj rovnaký počet častíc. Síce v rámci daného predmetu pracujeme najmä s tuhými látkami a kvapalinami, rôznorodosť laboratórnych úloh a experimentálnych problémov nevyhnutne nevyklučuje ani prácu s plynmi, a preto je užitočné pripomenúť si aj túto informáciu.

2. Výpočet charakteristík zmesí a roztokov

Zmes je sústava dvoch alebo viacerých látok. Na rozdiel od zlúčeniny, jednotlivé častice látok zmesi netvoria medzi sebou navzájom chemickú väzbu. Znamená to, že sa dajú navzájom oddeliť fyzikálnymi separačnými metódami. Zmesi rozdeľujeme na:

(i) *rovnorodé (homogénne) zmesi*, resp. (pravé) roztoky, ktoré obsahujú častice s veľkosťami menšími ako 10^{-9} m ;

(ii) *koloidné zmesi*, resp. koloidy alebo koloidné disperzie, ktoré obsahujú väčšie častice (ich rozmery sú v rozmedzí 10^{-9} až 10^{-7} m);

(iii) *rôznorodé (heterogénne) zmesi*.

Zatiaľ čo v prípade roztokov nie sú jednotlivé častice rozpoznateľné voľným okom (ani mikroskopom), v prípade koloidov a najmä heterogénnych zmesí sú jednotlivé častice už viditeľné mikroskopom a aj voľným okom. Ďalším rozdielom je, že v prípade roztokov sa všetky

súčasťou zmesi nachádzajú v tom istom skupenstve. Naopak, heterogénne zmesi obsahujú rôzne zložky v rôznych skupenstvách, resp. obsahujú navzájom nemiešateľné zložky. Príkladom takýchto zmesí sú rôzne suspenzie, emulzie, peny, či aerosóly.

Roztok je sústava dvoch alebo viacerých látok dokonale premiešaných, tvoriacich z fyzikálneho hľadiska homogénny systém. Roztok má 2 zložky: (1) rozpúšťadlo (látka v neustálom nadbytku) a (2) rozpustená látka (látka rozptýlená v rozpúšťadle). Vo vodných roztokoch je vždy rozpúšťadlom voda bez ohľadu na jej množstvo, v ostatných prípadoch považujeme za rozpúšťadlo prevládajúcu zložku sústavy. Roztok vzniká rozpúšťaním látok v danom rozpúšťadle, pričom rozlišujeme 2 spôsoby *rozpúšťania*: (i) rozpúšťaná látka sa postupne rozptyľuje medzi častice rozpúšťadla a z roztoku ju je možné získať späť v nezmenenej forme (napr. rozpúšťanie kyslíka, či cukru vo vode) alebo (ii) druhý prípad, kedy medzi rozpúšťanou látkou a rozpúšťadlom prebieha chemická reakcia, ktorá natrvalo mení charakter rozpúšťanej látky (ako príklad môžeme uviesť rozpúšťanie amoniaku vo vode). *Rozpustnosť látky* označuje schopnosť danej látky rozpúšťať sa v rozpúšťadle. Je kvantifikovaná ako maximálne množstvo látky, ktoré sa za konštantných podmienok (teplota, tlak) rozpustí v určitom objeme alebo hmotnosti rozpúšťadla (väčšinou v 100g) za vzniku *nasýteného roztoku*. Inými slovami, nasýtený, resp. *nenasýtený roztok* je taký roztok, v ktorom sa za daných podmienok už ďalšie množstvo látky nerozpustí, resp. ešte rozpustí. Rozoznávame ešte aj *presýtený roztok*, ktorý vzniká z nasýteného roztoku odparovaním rozpúšťadla. Ide o roztok, ktorý pri danej teplote obsahuje väčšie množstvo rozpustenej látky, ako sa pri tejto teplote v roztoku rozpustí. Rozpustnosť je charakteristikou príslušnej látky. Je možné ju nájsť v tabuľkách. Pre väčšinu látok tiež existujú *krivky rozpustnosti*, ktoré udávajú ich rozpustnosť v závislosti od tlaku a teploty. Zvyčajne platí, že so zvyšujúcou teplotou stúpa množstvo látky, ktoré je možné v rozpúšťadle rozpustiť.

2.1 Koncentrácia

To, v akom pomere je prítomná rozpustená látka k roztoku, resp. k rozpúšťadlu, nám udáva **koncentrácia**. Inými slovami, koncentrácia udáva množstvá – látkové, hmotnostné alebo objemové – látky rozpustenej v určitom – látkovom, hmotnostnom alebo objemovom – množstve roztoku alebo rozpúšťadla. Označuje sa rôzne podľa toho, ako koncentráciu vyjadrujeme.

Množstvo látky môžeme vyjadriť pomocou: (i) hmotnosti; (ii) objemu. Obdobne, množstvá tuhých látok bežne v laboratóriu meriame vážením a pri kvapalinách a plynch zvyčajne meriame ich objem. V tomto kontexte poznáme aj **hmotnostnú**, resp. **objemovú percentnú koncentráciu**. V prípade tuhých látok udáva špecifickú hmotnosť na špecifický objem, t.j. je vyjadrená

hmotnosťou zložky na jednotku objemu (% (w/v); z angl. *weight/volume*):

$$\frac{x \text{ gramov rozpustenej látky}}{100 \text{ mL roztoku}} \cdot 100 \% \quad (2.1)$$

V prípade kvapalín a plynov je vyjadrená objemom zložky na jednotku objemu (% (v/v); z angl. *volume/volume*):

$$\frac{x \text{ mililitrov rozpustenej látky}}{100 \text{ mL roztoku}} \cdot 100 \% \quad (2.2)$$

V najjednoduchšom prípade rozoznávame len **hmotnostnú koncentráciu** (v angl. *mass/volume*), udávanú v g/l, resp. mg/ml, pre ktorú nie je potrebný žiaden vzorec a ktorá udáva špecifickú hmotnosť na špecifický objem. K takémuto vyjadreniu koncentrácie je potrebné dodať už len dve praktické poznámky: (i) hmotnosť a objem sa odporúča mať pri výpočtoch v rovnakých násobkoch jednotiek; (ii) je potrebné si uvedomiť, či máme koncentráciu udávanú v hmotnostných alebo objemových percentách, pretože to nie je to isté.

Hmotnostný zlomok (w , $[w] = 1$) určuje podiel hmotnosti jednej zložky zmesi na celkovej hmotnosti zmesi:

$$w = \frac{m(\text{zložka})}{m(\text{celok})} \quad (2.3)$$

Aj v tomto prípade platí, že obe veličiny – v čitateli, aj v menovateli – by mali byť v rovnakých jednotkách, t.j. násobkoch jednotiek. Pre hmotnostný zlomok platí, že $w < 1$ a často sa vyjadruje v percentách ($w < 100 \%$). Potom, **hmotnostné percentá** udávajú počet hmotnostných dielov zložky A v 100 hmotnostných dieloch roztoku, resp. zlúčeniny $A_xB_yC_z$:

$$w(A) = \frac{m(A)}{m(\text{roztok})} \cdot 100 \%, \text{ resp. } w(A) = \frac{x \cdot m(A)}{m(A_xB_yC_z)} \cdot 100 \% \quad (2.4)$$

Hmotnostný zlomok je možné tiež vypočítať použitím príslušných molárnych hmotností, resp. relatívnych atómových a molekulových hmotností, ako to je uvedené v rovniciach (1.3) až (1.5). Následne, napr. pre hmotnostný zlomok látky A môžeme písať nasledovné:

$$w(A) = \frac{x \cdot A_r(A)}{M_r(A_xB_yC_z)} = \frac{x \cdot M_m(A)}{M_m(A_xB_yC_z)} \quad (2.5)$$



Príklad: Koľko % sodíka obsahuje chlorid sodný?

Máme: NaCl

Chceme vypočítať: $w(\text{Na}) = ?$

$$w(\text{Na}) = \frac{M(\text{Na})}{M(\text{NaCl})} = \frac{23 \text{ g mol}^{-1}}{58,45 \text{ g mol}^{-1}} = 0,393498 \quad / \cdot 100 \% = 39,35 \% \quad \Rightarrow \mathbf{w(\text{Na}) = 39,35 \%}$$



Príklad: Pripravte 100 ml 5 % roztoku NaOH.

1. Vo vode platí: $100 \text{ ml} \approx 100 \text{ g} \Rightarrow 5 \text{ g NaOH} + 95 \text{ g} (\approx 95 \text{ ml}) \text{ H}_2\text{O}$

2. Ak nepracujeme s vodou, potom musíme príslušné množstvá prepočítavať cez objem a hustotu:

$$w(\text{NaOH}) = 0,05$$

$$M_m(\text{NaOH}) = 39,997 \text{ g/mol} \approx 40 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$V(\text{roztok}) = 100 \text{ ml}$$

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

$$w(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{m(\text{roztok})}$$

$$\Rightarrow m(\text{NaOH}) = w(\text{NaOH}) \cdot m(\text{roztok}) = w(\text{NaOH}) \cdot \rho(\text{roztok}) \cdot V(\text{roztok})$$

$$m(\text{NaOH}) = 0,05 \cdot 1 \text{ g}\cdot\text{ml}^{-1} \cdot 100 \text{ ml} = 5 \text{ g} \quad \Leftrightarrow \quad \rho(\text{roztok}) = \rho(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$$

5 % roztok NaOH si pripravíme tak, že navážime si 5 g NaOH a rozpustíme ich vo vode tak, aby finálny roztok mal objem 100 ml.

Významnou veličinou pri určovaní zloženia roztokov je **látková (molárna) koncentrácia** (c , $[c] = \text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$), nazývaná tiež **molarita**. Vyjadruje počet mólov látky rozpustenej v danom objeme vzorky, resp. látkové množstvo rozpustenej látky v 1 dm^3 roztoku:

$$c = \frac{n}{V} \quad (2.6)$$

Je štandardne používanou veličinou na vyjadrenie koncentrácie v chémii, lekárstve, hygiene, životnom prostredí, ako aj v ďalších oblastiach. Jej jednotkou je $\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$, resp. $\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$, ale rovnako často (ba možno aj častejšie) sa najmä kvôli jednoduchosti a praktickosti používa skôr jej substituovaná podoba M, mM, resp. μM ($M \approx \text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$). Napríklad, 3 mM roztok predstavuje 3 milimolárny roztok, t.j. roztok s koncentráciou $3 \cdot 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$. V symbolickom zápise sa tiež môžeme stretnúť s nasledujúcimi označeniami danej koncentrácie pre látku A: $c(\text{A})$, $[\text{A}]$, C_{A} . Ak by sme chceli a potrebovali nejakým spôsobom prepojiť molárnu koncentráciu s hmotnostným percentami, pamätajme, že vo všeobecnosti sa predpokladá, že 1 M roztok predstavuje 100 % hmotnostnú koncentráciu.

Je potrebné ešte zdôrazniť, že molarita nie je to isté, čo **molalita** ($\mu(\text{A})$; $[\mu] = \text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}$). Molalita vyjadruje podiel látkového množstva rozpustenej látky A a hmotnosti rozpúšťadla. Inými slovami, vyjadruje počet mólov zložky A v 1 kg rozpúšťadla:

$$\mu(\text{A}) = \frac{n(\text{A})}{m(\text{rozpúšťadlo})} \quad (2.7)$$

Použitím vzťahu (1.12) a jeho dosadením do rovnice (2.6), ako aj jej následnou úpravou, dostaneme relatívne jednoduchý, ale významný a veľmi často v praxi používaný vzťah pre výpočet návažky pri príprave roztoku s konkrétnou koncentráciou a objemom:

$$m \text{ (g)} = c \cdot M \cdot V \text{ (dm}^3\text{)} \quad (2.8)$$

Pri riešení analytických problémov, pri ktorých sa poväčšine pracuje s (veľmi) nízkymi koncentraciami, sa na ich vyjadrenie často používajú jednotky *ppm* alebo *ppb*. Je to spôsob, ako vyjadriť zlomok – milióntinu, resp. bilióntinu – celým číslom. Konkrétne, ppm (z angl. *parts per million*) vyjadruje počet častíc látky na 1 milión ostatných častíc. Približne to odpovedá koncentrácii 1 mg látky v 1 litri roztoku (platí to pre vodné roztoky a nízke koncentrácie, pri ktorých sa predpokladá, že hustota roztoku je 1 g.mL⁻¹). Vo všeobecnosti môžeme písať:

$$1 \text{ ppm} = 0,001 \text{ g (1 mg) rozpustenej látky na 1000 g (1 kg) rozpúšťadla}$$

Napríklad, zápis 45 ppm znamená 45 milióntin, t. j. 0,000045 alebo $45 \cdot 10^{-6}$, či 0,0045 %, prípadne 0,045 ‰. Naopak, percento a promile sa dá následne vyjadriť ako: 100 % = 1 000 000 ppm; 1 % = 10 000 ppm a 1 ‰ = 1 000 ppm.

Obdobne, ppb (z angl. *parts per billion*) vyjadruje počet častíc látky na 1 miliardu ostatných častíc a odpovedá približne koncentrácii 1 mg látky v 1 m³ roztoku (platí to pre vodné roztoky a nízke koncentrácie, pri ktorých sa predpokladá, že hustota roztoku je 1 g.mL⁻¹). Vo všeobecnosti môžeme písať:

$$1 \text{ ppb} = 0,001 \text{ g (1 mg) rozpustenej látky na 1000 kg rozpúšťadla}$$

Pre lepšiu orientáciu v rámci daných jednotiek a ich praktické použitie je v Tabuľke č. 1 uvedený ich sumárny prehľad a v následnosti aj niekoľko vzorových príkladov. Zároveň pamätajme na to, že 100 ml = 100 cm³ = 0,1 dm³ = 0,1 l (1 l = 1 dm³) a že vo vode platí: 100 g ≈ 100 ml, keďže $\rho(\text{H}_2\text{O}) = 999,972 \text{ kg.m}^{-3} \text{ (4 } ^\circ\text{C)} \cong 1000 \text{ kg.m}^{-3} = 1 \text{ g.cm}^{-3}$.

Tabuľka č. 1. Sumárny prehľad jednotiek ppm, ppb a ppt a ich vzájomného vzťahu s % a ‰.

1.10⁻⁶		Základná jednotka
0,0001	%	Percento
0,001	‰	Promile (permille, per mille, millage rate)
1	ppm	Parts per million
1000	ppb	Parts per billion
1000000	ppt	Parts per trillion



Príklad: Určte molárnu koncentráciu molekuly farbiva, ktorej molárna hmotnosť je 327 g.mol^{-1} a koncentrácia 2 ppm.

$$M_m(\text{farbivo}) = 327 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$[\text{farbivo}] = 2 \text{ ppm}$$

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

Vieme, že ppm približne odpovedá koncentrácii 1 mg látky v 1 litri roztoku;

$$\Rightarrow 2 \text{ ppm} \approx 2 \text{ mg/l} = 2 \text{ mg.dm}^{-3} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ g.dm}^{-3};$$

$$\Rightarrow \text{následne predelíme túto koncentráciu } M_m(\text{farbivo}), \text{ keďže platí, že } c = \frac{n}{V} = \frac{m}{M_m V}$$

a pomer $\frac{m}{V}$ už poznáme z predchádzajúceho kroku;

$$\Rightarrow \text{výsledkom je: } c(\text{farbivo}) = \frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ g.dm}^{-3}}{327 \text{ g.mol}^{-1}} = \mathbf{6,1 \cdot 10^{-6} \text{ M}}$$



Príklad: Aká je koncentrácia (v ppm) iónu vápnika v 0,01 M CaCO_3 ?

$$c(\text{CaCO}_3) = 0,01 \text{ M}$$

$M_m(\text{Ca}) = 40,078 \text{ g.mol}^{-1}$ ← zaujíma nás len vápnik, t.j. $M_m(\text{CaCO}_3)$ nie je pre nás v tomto prípade podstatné

$$[\text{Ca}] = ? \text{ (ppm)}$$

Potrebuje dostať koncentráciu v g/L, preto si známu koncentráciu CaCO_3 vynásobíme $M_m(\text{Ca})$:

$$0,01 \text{ mol.dm}^{-3} \cdot 40,078 \text{ g.mol}^{-1} = 0,40078 \text{ g.dm}^{-3}$$

ppm: 1 mg látky/ 1 liter roztoku

$$\Rightarrow [\text{Ca}] = 0,40078 \text{ g.dm}^{-3} = 0,40078 \cdot 1000 \text{ mg.dm}^{-3} = 400,78 \text{ mg.L}^{-1} \approx \mathbf{401 \text{ ppm}}$$



Príklad: Pripravte 20 ppm roztok kyseliny chlorovodíkovej, ak máte k dispozícii 0,5 M zásobný roztok HCl.

$$M_m(\text{HCl}) = 36,46 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$[\text{HCl}] = 20 \text{ ppm}$$

$$c(\text{HCl}) = 0,5 \text{ mol.dm}^{-3}$$

$$V(\text{HCl}) = ?$$

V prvom rade predpokladajme, že pripravíme 1 l požadovaného (finálneho) roztoku:

$$V(20 \text{ ppm HCl}) = 1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3$$

ppm: 1 mg látky/ 1 liter roztoku

⇒ chceme 20 ppm roztok, preto potrebujeme „rozpustiť“ 20 mg rozpúšťanej látky v 1 l rozpúšťadla;

konkrétne: $m(\text{HCl}) = 20 \text{ mg} = 0,02 \text{ g}$, pričom máme k dispozícii 0,5 M zásobný roztok HCl

$$\Rightarrow \text{potom: } V = \frac{m}{c \cdot M} = \frac{0,02 \text{ g}}{0,5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot 36,46 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,001097 \text{ dm}^{-3} = 1,097 \text{ mL}$$

1 097 μL 0,5 M HCl pridáme k 1 l vody, resp. k 9 998,903 ml vody.

2.2 Zmiešavacia rovnica

Roztok vzniká rozpúšťaním látok v danom rozpúšťadle, pričom zloženie roztokov je možné meniť buď pridaním rozpúšťanej látky alebo pridaním rozpúšťadla, čím dochádza k jeho riedeniu. Roztok vieme tiež pripraviť zmiešavaním dvoch alebo viacerých roztokov (s rôznymi koncentraciami). Na to, aby sme ich vedeli zmiešať v správnom pomere, resp. zriediť pôvodný roztok na nový – finálny – roztok s požadovanou koncentraciou, používame zmiešavaciu rovnicu:

$$m_1 w_1 + m_2 w_2 = (m_1 + m_2) w_3 \quad (2.9)$$

$$m_1 w_1 + m_2 w_2 = m_3 w_3 \quad (2.10)$$

ktorú v prípade zriedovania koncentrovaných roztokov vieme upraviť až na jednoduchý, v laboratóriu často používaný tvar:

$$c_1 V_1 = c_3 V_3 \quad (2.11)$$

Odvodenie vzťahu (2.11): Vychádzame zo základného tvaru zmiešavacej rovnice (2.9), v ktorej si jednotlivé hmotnosti vyjadríme pomocou vzťahu (2.8):

$$c_1 M_1 V_1 w_1 + c_2 M_2 V_2 w_2 = c_3 M_3 V_3 w_3 \quad (2.12)$$

Ak riedime vodou, resp. ide o roztoky s rovnakým rozpúšťadlom, tak $w_2 = 0$ a celý tento člen nám z rovnice (2.12) „vypadne“. Následne nám ostane už len jej zjednodušený tvar:

$$c_1 M_1 V_1 w_1 = c_3 M_3 V_3 w_3 \quad (2.13)$$

Keďže $w_1 = \frac{M_1}{M_3}$ a $w_3 = 1$, tak rovnicu (2.13) môžeme prepísať nasledovne:

$$c_1 M_1 V_1 \frac{M_1}{M_3} = c_3 M_3 V_3 \cdot 1 \Rightarrow c_1 V_1 M_1^2 = c_3 V_3 M_3^2 \quad (2.14)$$

Za predpokladu, že riedime, resp. zmiešavame dva roztoky tej istej látky, M_m by malo byť stále to isté, t.j. $M_1 \approx M_3$. Predelím rovnicu (2.14) M_m a dostanem sa k rovnici (2.11).

Pre zmiešavanie a riedenie roztokov je možné tiež použiť rôzne obmeny a zjednodušenia zmiešavacej rovnice, ktoré nám udávajú určitý mechanický spôsob výpočtu pomerov, v akých to máme riediť. Pri riedení je potrebné pamätať na to (a v podstate si týmto spôsobom urobiť aj rýchlu kontrolu), že pokiaľ miešame dva rôzne koncentrované roztoky, tak výsledný roztok bude mať vždy takú koncentráciu, ktorej hodnota je niekde medzi koncentraciami pôvodných roztokov.

„Hračkárske“ pravidlo riedenia:

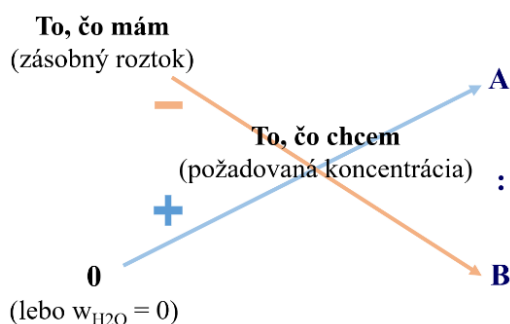
$$\frac{\text{To, čo máme}}{\text{To, čo chceme}} = \text{koľkokrát máme zriediť to, čo máme}$$

Napríklad:

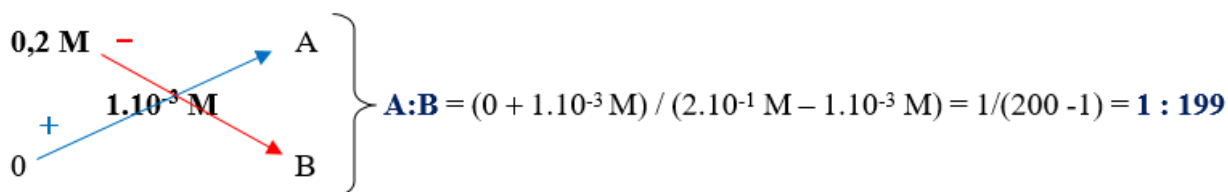
$$\frac{0,2 \text{ M}}{10^{-3} \text{ M}} = \frac{2 \cdot 10^{-1} \text{ M}}{1 \cdot 10^{-3} \text{ M}} = 200 \Rightarrow 200\text{-krát musím zriediť } 0,2 \text{ M roztok}$$

$$\Rightarrow 1 \text{ ml } 0,2 \text{ M roztoku} + 199 \text{ ml rozpúšťadla } (1 + 199 = 200 \times)$$

Krížové pravidlo riedenia:

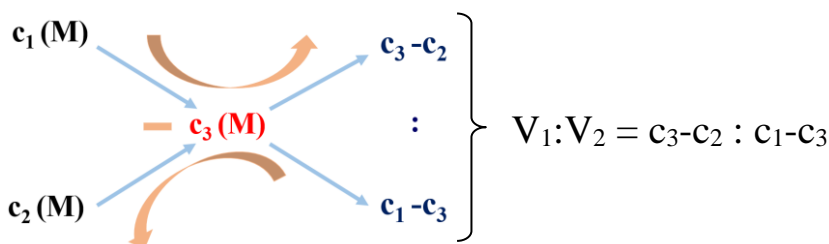


Napríklad:

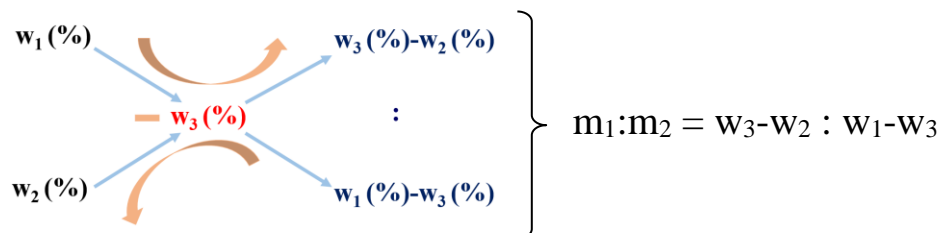


\Rightarrow Riedime nasledovne: 1 ml 0,2 M roztoku + 199 ml rozpúšťadla = 200 ml $1 \cdot 10^{-3}$ M roztoku

Iné krížové pravidlá riedenia:



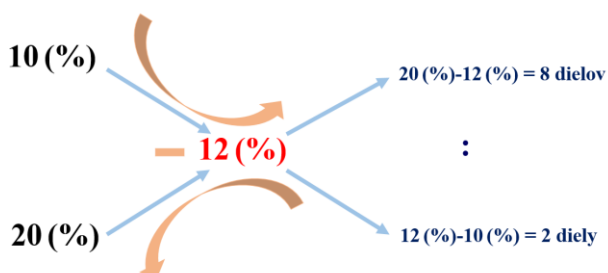
Ak c_1, c_2 sú počiatočné molárne koncentrácie (to, čo máme) pôvodných roztokov a c_3 je požadovaná molárna koncentrácia výsledného roztoku (to, čo chceme), potom do kríža odčítame nižšiu hodnotu od vyššej a dostaneme diely pôvodných roztokov („v objemoch“), ktoré treba pre dané zmiešavanie použiť.



Ak w_1, w_2 sú počiatočné hmotnostné koncentrácie (to, čo máme) pôvodných roztokov a w_3 je požadovaná hmotnostná koncentrácia výsledného roztoku (to, čo chceme), potom do kríža odčítame nižšiu hodnotu od vyššej a dostaneme diely pôvodných roztokov („v hmotnostiach“), ktoré treba pre dané zmiešavanie použiť.



Příklad: Koľko 10 % a koľko 20 % roztoku sa musí zmiešať, aby vzniklo 0,5 kg 12 % roztoku tej istej látky?



8 dielov 10 % roztoku + 2 diely 20 % roztoku = 10 dielov = 0,5 kg 12 % roztoku

⇒ **1 diel** = 0,5 kg / 10 dielov = **0,05 kg**

⇒ 8 x 0,05 kg = **0,4 kg 10 % roztoku**

+

2 x 0,05 kg = **0,1 kg 20 % roztoku**

Príklady

1. Zlúčenina obsahuje 60 % horčíka a 40 % kyslíka. Určte sumárny vzorec zlúčeniny.
2. Zlúčenina obsahuje 29,4 % vápnika, 23,5 % síry a 47,1 % kyslíka. Určte sumárny vzorec zlúčeniny.
3. Percentuálne zloženie minerálov je 28,2 % Ni a 71,8 % As. Určte sumárny vzorec zlúčeniny.
4. Určte sumárny vzorec zlúčeniny, ktorá obsahuje 31,8 % draslíka, 29 % chlóru a 39,2 % kyslíka.
5. Chemickou analýzou látky bolo zistené, že obsahuje 1,5 % vodíka, 56,4 % arzenu a 42,1% kyslíka. Určte sumárny vzorec.
6. Vypočítajte hmotnostný zlomok vápnika v uhličitanu vápenatom.
7. Vypočítajte hmotnostný zlomok vody v $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.
8. Vypočítajte hmotnostný zlomok CuSO_4 v $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.
9. Vypočítajte hmotnostný zlomok sodíka, dusíka a kyslíka v dusičnane sodnom.
10. Vypočítajte hmotnostný zlomok medi v sulfide meďnatom, ak vzorka 20 g sulfidu meďnatého obsahuje 13,3 g medi.
11. Koľko % kryštalickej vody obsahuje hexahydrát chloridu hlinitého?
12. Ktorá zlúčenina obsahuje viac % kyslíka – oxid ortuťnatý alebo manganistan draselný?
13. Akú časť ceny (v %) zaplatíte pri kúpe sódy na pranie ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) za kryštalickú vodu?
14. Modrá skalica ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) obsahuje 36,1 % kryštalickej vody. Koľko gramov vody sa nachádza v 10 g modrej skalice?
15. Oxid uhličitý obsahuje 27,3 % uhlíka. Koľko gramov uhlíka obsahuje 22 g oxidu uhličitého?
16. Vypočítajte, koľko gramov jednotlivých prvkov je v 1 g uhličitanu sodného.
17. 50 kg kostí obsahuje 58 % fosforečnanu vápenatého. Určte hmotnosť fosforu v 50 kg kostí.
18. Na pohnojenie 1 ha pôdy potrebujeme 30 kg dusíka. Koľko dusičnanu amónneho potrebujeme na pohnojenie 12 ha pôdy?
19. V koľkých kilogramoch vody je 10 kg vodíka?
20. Železná ruda magnetovec obsahuje priemerne 90 % Fe_3O_4 . Vypočítajte, akú hmotnosť má ruda, ktorá obsahuje 1 t železa.
21. Aká je hmotnosť $2,02 \cdot 10^{-1}$ mólov dusičnanu strieborného?
22. Akú hmotnosť majú 4 moly kyseliny sírovej?
23. Aká je hmotnosť 5,32 mólov kyseliny sírovej?
24. Aká je hmotnosť 1 mólu vody?
25. Aké je látkové množstvo $1,716 \cdot 10^{24}$ katiónov Na^+ ?
26. Aké je látkové množstvo $2,38 \cdot 10^{24}$ molekúl amoniaku?
27. Akému látkovému množstvu zodpovedá 180 g hydroxidu sodného?
28. Akému látkovému množstvu zodpovedá 75,95 g síranu železnatého?
29. Akému látkovému množstvu zodpovedá 1g H_2SO_4 a 200 g CH_4 ?
30. Vypočítajte molárnu hmotnosť modrej skalice ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$).

-
31. Určte hmotnosť 1 mólu plynu, keď viete, že jeho hustota je $1,34 \text{ g/dm}^3$.
 32. Vypočítajte molárnu hmotnosť plynu, ktorého hustota je $1,43 \text{ g/dm}^3$.
 33. Vzorka oktánu s hmotnosťou $28,5 \text{ g}$ má pri teplote $20 \text{ }^\circ\text{C}$ objem $40,7 \text{ cm}^3$. Vypočítajte molárny objem oktánu pri tejto teplote.
 34. Zistite, koľko molekúl obsahuje 1 cm^3 ľubovoľného plynu za štandardných podmienok.
 35. Aký objem v litroch má za štandardných podmienok $3,0115 \cdot 10^{24}$ molekúl chlóru?
 36. Kde je viac molekúl: v 10 g SO_2 alebo v 10 g SO_3 ?
 37. Vypočítajte, aký je počet molekúl v 5 móloch vody.
 38. Koľko atómov dusíka obsahuje 115 g molekúl oxidu dusičitého?
 39. Vypočítajte látkové množstvo 17 g peroxidu vodíka.
 40. Na prípravu vývaru (rezancovej polievky) použijeme $4,5 \text{ g}$ kuchynskej soli. Koľko mólov soli je v polievke (berúc do úvahy len takto pridané množstvo soli).
 41. Určte hmotnostný zlomok chloridu železnateho v $1,1 \text{ M}$ roztoku s hustotou $1,141 \text{ g/ml}$.
 42. Vypočítajte hmotnostný zlomok HNO_3 v $5,62 \text{ M}$ roztoku s hustotou $1,13 \text{ g/cm}^3$.
 43. Určte hmotnostný zlomok kyseliny chlorovodíkovej v 10 M roztoku s hustotou $1,1593 \text{ g/ml}$.
 44. Zo 45 g dusičnanu sodného pripravíme 3% roztok. Koľko gramov tohto roztoku dostaneme?
 45. Vypočítajte, koľko gramov dusitanu obsahuje 200 cm^3 2 M roztoku dusitanu draselného.
 46. 200 g 60% roztoku zriedime 100 g vody. Koľko percentný roztok dostaneme?
 47. Určte hmotnostnú koncentráciu kyseliny sírovej v $2,6 \text{ M}$ roztoku s hustotou $1,1548 \text{ g/ml}$.
 48. Určte výslednú koncentráciu roztoku (v %), ak zmiešate 4 ml 5% (hustota $1,054 \text{ g/ml}$) a $0,2 \text{ ml}$ 50% roztoku (hustota $1,525 \text{ g/ml}$) hydroxidu sodného.
 49. Vypočítajte molárnu koncentráciu NaCl v roztoku, ktorý obsahuje $29,22 \text{ g NaCl}$ v 1000 ml .
 50. Určte molárnu koncentráciu 6% uhličitanu sodného s hustotou $1,0606 \text{ g/ml}$.
 51. Určte molárnu koncentráciu 14% hydroxidu sodného s hustotou $1,153 \text{ g/ml}$.
 52. Určte molárnu koncentráciu 12% síranu hlinitého s hustotou $1,129 \text{ g/ml}$.
 53. Určte výslednú molárnu koncentráciu roztoku, ktorá vznikne zmiešaním 2 l $0,4 \text{ M}$ a $0,5 \text{ l}$ $0,8 \text{ M}$ roztoku.
 54. Určte výslednú molárnu koncentráciu roztoku, ktorá vznikne zmiešaním 32 ml 40 mM a $0,05 \text{ l}$ $0,08 \text{ M}$ roztoku.
 55. Navrhните, ako namiešať 2 l $0,5 \text{ M}$ roztoku, ak máte k dispozícii $0,2 \text{ M}$ a $0,6 \text{ M}$ roztok.
 56. Navrhните, ako namiešať $4,3 \text{ l}$ 2 M roztoku, ak máte k dispozícii 4 M a $0,8 \text{ M}$ roztok.
 57. Navrhните, ako namiešať $3,5 \text{ l}$ 80 mM roztoku, ak máte k dispozícii $0,4 \text{ M}$ a $0,06 \text{ M}$ roztok.
 58. Vypočítajte objem 38% roztoku HCl s hustotou $1,2 \text{ g/cm}^3$, ktorý musíme odmerať na prípravu 152 cm^3 6 M roztoku?
 59. 300 g 40% roztoku je potrebné zriediť tak, aby vznikol 20% roztok. Koľko vody je potrebné pridať?
 60. Koľko percentný roztok vznikne zmiešaním 140 g 14% vodného roztoku dusičnanu strieborného a 160 g 16% vodného roztoku dusičnanu strieborného.
-

-
61. Aký objem 98 % roztoku kyseliny sírovej (hustota 1,836 g/ml) a vody je potrebný na prípravu 60 ml 32 % roztoku tejto kyseliny (hustota 1,235 g/ml).
 62. Aký objem 4 % (hustota 1,043 g/ml) a 30 % (hustota 1,328 g/l) roztoku hydroxidu sodného, je potrebný na prípravu 200 ml 22 % roztoku tohto hydroxidu (hustota 1,241 g/ml)?
 63. Aký objem 10 % (hustota 1,054 g/ml) a 96 % (hustota 1,495 g/ml) roztoku kyseliny dusičnej je potrebný na prípravu 300 ml 60 % roztoku tejto kyseliny (hustota 1,367 g/ml)?
 64. Aký objem 98 % roztoku kyseliny sírovej (hustota 1,836 g/ml) a vody je potrebný na prípravu 60 ml 32 % roztoku tejto kyseliny (hustota neznáma)?
 65. 5 % a 2 % HCl je potrebné zmiešať tak, aby vzniklo 300 g 3 % HCl. Aké množstvo oboch kyselín musíme použiť?
 66. V akých objemových pomeroch je potrebné zmiešať H_2SO_4 s hustotou 1,84 g/cm³ s vodou, aby vznikol roztok s hustotou 1,28 g/cm³?
 67. Koľko gramov 5 % kyseliny octovej je možné pripraviť z 50 g 80 % kyseliny octovej?
 68. 250 g 36 % HCl zmiešame s 5,5 % HCl a vznikne 25 % HCl. Koľko gramov 5,5 % HCl potrebujeme?
 69. Pripravte 250 g 8 % roztoku pracej sódy ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$). Koľko gramov sódy s obsahom 96 % Na_2CO_3 je potrebných na jeho prípravu?
 70. Vypočítajte, koľko gramov vody je potrebných na prípravu 6 % roztoku NaOH, ak máme k dispozícii 300 g 25 % roztoku NaOH.
 71. Koľko gramov 48 % roztoku a 34 % roztoku kyseliny octovej musíme zmiešať na prípravu 40 cm³ 42 % roztoku s hustotou 1,05 g/cm³?
 72. Aké hmotnosti NaOH a vody sú potrebné na prípravu 3 litrov 16 % roztoku NaOH? (hustota 1,175 g/cm³)
 73. Určte výslednú koncentráciu roztoku (v %), ak zmiešate 2 litre 92 % (s hustotou 1,77 g/ml) a 0,8 litra 14 % roztoku (hustota 1,076 g/ml) kyseliny fosforečnej.
 74. Určte výslednú koncentráciu roztoku (v %), ak zmiešate 2 mililitre 20 % (hustota 1,139 g/ml) a 0,5 ml 50 % roztoku (hustota 1,395 g/ml) kyseliny sírovej.
 75. Koľko percent HNO_3 obsahuje jej roztok s hustotou 1,36 g/cm³, ak 1 dm³ obsahuje 0,8 kg HNO_3 ?
 76. Rozpustnosť KNO_3 vo vode pri 40 °C je 64 g v 100 g vody. Koľko percent má nasýtený roztok?
 77. Zmiešame 450 cm³ 96 % kyseliny sírovej, 110 cm³ 65 % a 2200 cm³ 10 % kyseliny sírovej. Koľko vody je potrebné pridať, aby vznikol 15 % roztok?
 78. Vypočítajte, koľko cm³ 0,1 M roztoku chloridu železitého je možné pripraviť z 648,84 g FeCl_3 ?
 79. Nový akumulátor bol naplnený 2 dm³ 32 % H_2SO_4 s hustotou 1,235 g/cm³. Po čase klesla hustota na 1,175 g/cm³ (24,6 %). Koľko gramov H_2SO_4 zreagovalo?
 80. Pripravte 100 ml 1 M H_2SO_4 zriedením 98 % H_2SO_4 .
-

Pri výpočtoch nezabudnite používať [periodickú sústavu prvkov](#) (Obrázok č.2), resp. rôzne ďalšie tabuľky, ako sú napr. tabuľky s hustotami príslušných roztokov (Tabuľka č. 2).

Legend for periodic table groups:

- alkalické kovy (grey)
- kovy alkalických zemin (green)
- prechodné prvky (yellow)
- ostatné kovy (pink)
- nekovy (blue)
- vzácne plyny (orange)

Labels for element Si (Silicon):

- atómové číslo: 14
- relatívna atómová hmotnosť: 28.09
- symbol: Si
- názov: Kremík
- čierna: pevný prvok
- modrá: kvapalný prvok
- červená: plynný prvok
- biela: synteticky pripravený prvok
- napätabilnejšie izotopy

1	2																	10	11	12			
3	4																	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36						
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54						
55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86						
87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112	(113)	114	(115)	116	(117)	118						
Lantanoidy		58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71								
Aktinoidy		90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103								

Obrázok č. 1. Periodická tabuľka prvkov.

Tabuľka č. 2. Hodnoty hustoty rôzne koncentrovanej kyseliny sírovej a kyseliny dusičnej pri teplote 20 °C.

kyselina sírová (20°C)					kyselina dusičná (20°C)				
w (%)	ρ (g cm ⁻³)	w (%)	ρ (g cm ⁻³)	w (%)	ρ (g cm ⁻³)	w (%)	ρ (g cm ⁻³)	w (%)	ρ (g cm ⁻³)
1	1.005	26	1.186	51	1.405	76	1.681	1	1.004
2	1.012	27	1.194	52	1.415	77	1.693	2	1.009
3	1.018	28	1.202	53	1.425	78	1.704	3	1.015
4	1.025	29	1.210	54	1.435	79	1.716	4	1.020
5	1.032	30	1.219	55	1.445	80	1.727	5	1.026
6	1.038	31	1.227	56	1.456	81	1.738	6	1.031
7	1.045	32	1.235	57	1.466	82	1.749	7	1.037
8	1.052	33	1.243	58	1.477	83	1.759	8	1.043
9	1.059	34	1.252	59	1.488	84	1.769	9	1.049
10	1.066	35	1.260	60	1.498	85	1.779	10	1.054
11	1.073	36	1.268	61	1.509	86	1.787	11	1.060
12	1.080	37	1.277	62	1.520	87	1.795	12	1.066
13	1.087	38	1.286	63	1.531	88	1.802	13	1.072
14	1.095	39	1.294	64	1.542	89	1.809	14	1.078
15	1.102	40	1.303	65	1.553	90	1.814	15	1.084
16	1.109	41	1.312	66	1.565	91	1.819	16	1.090
17	1.117	42	1.321	67	1.576	92	1.824	17	1.096
18	1.124	43	1.329	68	1.587	93	1.828	18	1.103
19	1.132	44	1.338	69	1.599	94	1.831	19	1.109
20	1.139	45	1.348	70	1.611	95	1.834	20	1.115
21	1.147	46	1.357	71	1.622	96	1.836	21	1.121
22	1.155	47	1.366	72	1.634	97	1.836	22	1.128
23	1.163	48	1.376	73	1.646	98	1.836	23	1.134
24	1.170	49	1.385	74	1.657	99	1.834	24	1.140
25	1.178	50	1.395	75	1.669	100	1.831	25	1.147

Výsledky: **1.** MgO; **2.** CaSO₄; **3.** NiAs₂; **4.** KClO₃; **5.** H₄As₂O₇; **6.** 40 %; **7.** 40 %; **8.** 64 %; **9.** 27 %, 16,5 %, 56,5 %; **10.** 66,5 %; **11.** 45 %; **12.** 7,4 % (HgO) < 40,5 % (KMnO₄); **13.** 63 %; **14.** 3,6 g; **15.** 6 g; **16.** 0,4 g, 0,1 g, 0,5 g; **17.** 5,8 kg; **18.** 1030 kg; **19.** 90 kg; **20.** 1534 kg; **21.** 34,3 g; **22.** 392,4 g; **23.** 521,9 g; **24.** 18 g; **25.** 2,9 mol; **26.** 4 mol; **27.** 4,5 mol; **28.** 0,5 mol; **29.** 0,01 mol, 12,47 mol; **30.** 249,6 g.mol⁻¹; **31.** 30 g; **32.** 32 g.mol⁻¹ (O₂); **33.** 163,1 cm³.mol⁻¹; **34.** 2,7.10¹⁹; **35.** 1121; **36.** N(SO₂) > N(SO₃); **37.** 30,1.10²³; **38.** 15,1.10²³; **39.** 0,5 mol; **40.** 0,077 mol; **41.** 12,2 %; **42.** 31,3 %; **43.** 31,5 %; **44.** 1500 g; **45.** 34 g; **46.** 40 %; **47.** 22,1 %; **48.** 8 %; **49.** 0,5 M; **50.** 0,6 M; **51.** 4 M; **52.** 0,4 M; **53.** 0,5 M; **54.** 64,4 mM; **55.** 0,5 l/1,5 l; **56.** 1,6 l/2,7 l; **57.** 0,2 l/3,3 l; **58.** 73 ml; **59.** 300 ml; **60.** 15 %; **61.** 13,2 ml/46,8 ml; **62.** 70,3 ml/ 129,7 ml; **63.** 138,7 ml/161,3 ml; **64.** 12,5 ml/47,5 ml; **65.** 97,8 ml/198,4 ml; **66.** V₁ = 2,3.V₂; **67.** 800 g; **68.** 141 g; **69.** 20,8 g; **70.** 950 g; **71.** 24 g/18g; **72.** 564 g/2961 g; **73.** 76,7 %; **74.** 27 %; **75.** 58,8 %; **76.** 64 %; **77.** 4,3 l; **78.** 40.10³ cm³; **79.** 242,4 g; **80.** 5,5 ml/94,5 ml.

Praktická časť - práca v laboratóriu

3. Bezpečnosť pri práci v laboratóriu

V laboratóriu sa vyskytujú viaceré pracovné riziká. Podmienkou pre bezpečnú prácu je dodržiavanie elementárnych bezpečnostných zásad a pravidiel o hygiene a rozumné a uvážlivé chovanie študentov, resp. všetkých prítomných – (ne)pracujúcich – v laboratóriu.

Cieľ laboratórnych cvičení: Získať nielen odbornú zručnosť, ale aj základné návyky bezpečnej práce.



Pracujeme **zodpovedne, premyslene, sústredene**; myslíme na seba, aj na svoje okolie – **neohrozujeme** ani seba, ani kolegov, ani pracovné prostredie (nech nespôsobíme zranenie, ohrozenie niekoho života, nebodaj smrť; **požiar, výbuch**, ani iné škody). Udržiavame **poriadok**.

Na prácu sme **pripravení** – vieme, čo ideme robiť, prečo to ideme robiť, ako to máme robiť, na čo musíme dávať pozor. Môžeme robiť len to, čo máme v popise práce (máme naštudovaný protokol, resp. postup práce) a robíme to len pod dohľadom vyučujúceho, resp. školiteľa. Všetka ostatná činnosť je **zakázaná**.

Pri práci v laboratóriu používame príslušné **pracovné oblečenie** (plášť, rukavice,...), ako aj ďalšie **ochranné pomôcky** (ak a ako sa to vyžaduje). Samozrejme, v priestoroch laboratória nikdy **nejeme a nepijeme**.

3.2 Karta bezpečnostných údajov

V rámci daného predmetu, ako aj ďalších laboratórnych cvičení, či riešení konkrétnych experimentálnych projektov sa nevyhneme práci s rôznymi chemikáliami a látkami. Skôr ako s nimi začneme pracovať, resp. prídeme do prvého kontaktu, je potrebné sa s nimi dôkladne oboznámiť. Je nevyhnutné vedieť, o aké látky ide, či sú to bežné látky a chemikálie alebo sú z nejakého hľadiska nebezpečné (napr. ide o horľavé, výbušné, karcinogénne, toxické alebo inak nebezpečné látky). Tiež je potrebné sa oboznámiť ako s nimi pracovať, manipulovať, ako ich uskladňovať, či likvidovať. Všetky tieto informácie nájdeme v **karte bezpečnostných údajov**, tiež známej pod skratkou KBÚ alebo ešte častejšie (M)SDS (z angl. *(Material) Safety Data Sheet*). KBÚ musí byť dostupná bezplatne pre každú komerčne zakúpenú chemikáliu. Získať ju je možné priamo od výrobcu, resp. distributéra v tlačenej podobe, keď je doručená spolu s objednanou chemikáliou alebo ju je možné nájsť a stiahnuť v elektronickej podobe z web stránky výrobcu,

resp. distributéra. Karty bezpečnostných údajov by mali byť stále a ľahko dostupné v laboratóriách, kde sa s nimi pracuje, či už v tlačenej alebo elektronickej podobe. KBÚ môže mať rôzny dizajn, ale musí obsahovať tých istých 16 informačných položiek, ktoré podliehajú aktualizácii. Dôvodom je skutočnosť, že dostupné informácie pre jednotlivé chemikálie sa v čase môžu meniť, rovnako tak môže dochádzať k preklasifikovaniu príslušných látok z hľadiska ich nebezpečnosti a následne i príslušnej manipulácie, likvidácie a pod. Preto sa odporúča, ak sa dlhodobo pracuje s tou istou chemikáliou, z času na čas skontrolovať jej aktuálnu KBÚ, resp. s každým novým nákupom si vyžiadať aj aktuálnu KBÚ. Pre lepšiu predstavu sú na Obrázku č. 2 zobrazené úvodné strany KBÚ acetónu z dvoch rôznych spoločností (výrobcov), ako aj náhľad na ich web stránky.

Merck Slovakia (Slovak Republic) / Slovakia

Search product, CAS, keyword

Attention: We have moved. Merck Milipore products are no longer available for purchase on MerckMilipore.com

100014 Supelco
Acetón

pre analýzu EMSURE® ACS,ISO,Reag, Ph Eur

Acetón MSDS (material safety data sheet) or SDS, CoA and CoQ, dossiers, brochures and other available documents.

SDS Brochures

CoA Application Notes

Synonyms: Dimethyl ketone, Propanone, 2-Propanone

CAS #: 67-64-1 EC Number: 200-662-2 Molar Mass: 58.08 g/mol Chemical Formula: CH₃COCH₃ Hill Formula: C₃H₆O Grade: ACS-ISO Reag, Ph Eur

Supelco

KARTA BEZPEČNOSTNÝCH ÚDAJOV

Verzia 8.9
Dátum revízie 04.07.2023
Dátum tlače 24.07.2023

podľa nariadenia (ES) č. 1907/2006

ODDIEL 1: Identifikácia látky/zmesi a spoločnosti/podniku

1.1 Identifikátory výrobku
Názov výrobku : Acetón pre analýzu EMSURE® ACS,ISO,Reag, Ph Eur

Katalógové číslo: : 1.00014
Katalógové číslo : 100014
Značka : Millipore
Indexové č. : 606-001-00-8
č. REACH : 01-2119471330-49-XXXX
č. CAS : 67-64-1

1.2 Relevantné identifikované použitia látky alebo zmesi a použitia, ktoré sa neodporúčajú
Identifikované použitia : Reagencia pre analýzu, Chemická výroba

1.3 Údaje o dodávateľovi karty bezpečnostných údajov
Spoločnosť : Merck Life Science spol.s.r.o
Dvořákovo nábřeží 4
SK-811 08 BRATISLAVA

Acetone > 270725

270725 Sigma-Aldrich

Acetone

☆☆☆☆☆ (0) Write a review Ask a question

suitable for HPLC, ≥99.9%

Sign In to View Organizational & Contract Pricing

Select a Size

1 L €80.90

Key Documents

SDS

COA/COA

Specification Sheet

View All Documentation

Linear Formula: CH₃COCH₃

CAS Number: 67-64-1

Sigma-Aldrich

KARTA BEZPEČNOSTNÝCH ÚDAJOV

Verzia 6.11
Dátum revízie 11.01.2024
Dátum tlače 07.09.2024

podľa nariadenia (ES) č. 1907/2006

ODDIEL 1: Identifikácia látky/zmesi a spoločnosti/podniku

1.1 Identifikátory výrobku
Názov výrobku : Acetone

Katalógové číslo: : 270725
Značka : SIGALD
Indexové č. : 606-001-00-8
č. REACH : 01-2119471330-49-XXXX
č. CAS : 67-64-1

1.2 Relevantné identifikované použitia látky alebo zmesi a použitia, ktoré sa neodporúčajú
Identifikované použitia : Laboratórne chemikálie, Výroba látok

1.3 Údaje o dodávateľovi karty bezpečnostných údajov

Obrázok č. 2. Úvodné strany KBÚ acetónu poskytnuté dvomi rôznymi spoločnosťami (*napravo*) spolu s ukázkami príslušných web stránok (*naľavo*), odkiaľ je možné tieto karty stiahnuť (konkrétne miesto je označené červenou šípkou). Prekliknutím na jednotlivé KBÚ je možné sa priamo dostať na stránku s príslušnou KBÚ.

Ako už bolo vyššie spomenuté, každá KBÚ obsahuje 16 informačných položiek, či sekcií:

1. Identifikácia látky / zmesi a spoločnosti / podniku.
2. Identifikácia nebezpečenstiev (*jasne a stručne sa uvádzajú nebezpečenstvá látky alebo prípravku pre človeka a životné prostredie*).

-
3. Zloženie / informácie o zložkách.
 4. Opatrenia pri prvej pomoci.
 5. Protipožiarne opatrenia.
 6. Opatrenia pri náhodnom uvoľnení (*osobné a environmentálne preventívne opatrenia, spôsob čistenia*).
 7. Manipulácia a skladovanie.
 8. Kontrola expozície / osobná ochrana.
 9. Fyzikálne a chemické vlastnosti (*vzhľad, zápach, pH, teplota a pod.*).
 10. Stabilita a reaktivita (*podmienky, ktorým vzniku treba zabrániť; materiály, ktorým je potrebné sa vyhnúť; nebezpečné produkty rozkladu*).
 11. Toxikologické informácie (*toxikokinetika, metabolizmus, distribúcia, akútne účinky – dráždivosť, žieravosť, ...; účinky CMR (karcinogenita, mutagenita, reprodukčná toxicita; atď.)*).
 12. Ekologické informácie.
 13. Opatrenia pri zneškodňovaní.
 14. Informácie o doprave.
 15. Regulačné informácie.
 16. Ďalšie informácie (*zoznam príslušných H a P výrokov, t.j. odporúčaných obmedzení z hľadiska použitia danej látky*). Kedysi sa používali R (rizikové) a S (bezpečnostné) vety. Tie sa už viac nepoužívajú; boli nahradené H a P výrokmi. Niektoré z daných položiek si rozoberieme detailnejšie.

Nebezpečnosť chemickej látky

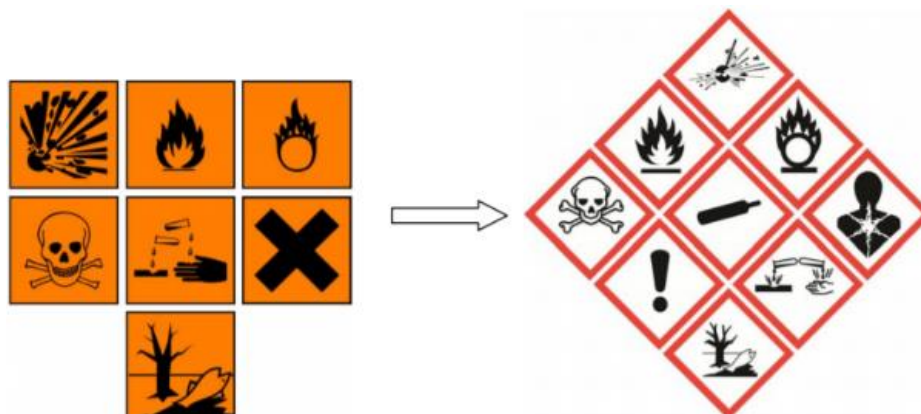
Nebezpečnosť chemickej látky je vlastnosť látky alebo zmesi spôsobovať zdraviu škodlivý účinok na zdravie človeka, alebo na pracovné a životné prostredie. Je charakterizovaná klasifikáciou látky alebo zmesi, tzv. *H výrokmi*. Ich úplný zoznam, spolu s *P vetami*, je možné nájsť [TU](#).

Toxicita sa definuje ako schopnosť látky alebo zmesi spôsobiť poškodenie ľudského organizmu. To, do akej miery je daná látka toxická významne závisí od viacerých parametrov, ako je veľkosť dávky, časové rozloženie, fyzikálno-chemické vlastnosti látky, spôsob podania, spôsob vstrebania sa do organizmu, metabolizmus a vylučovanie, zdravotný stav človeka, pohlavie, vek, fyzická záťaž, atď. Všetky toxické látky musia byť jasne a zreteľne označené. Označovanie je forma informovania o nebezpečných vlastnostiach a spôsobe bezpečného používania chemikálie, ktoré je povinný zabezpečiť dodávateľ chemikálie odberateľovi. Označovanie vychádza z klasifikácie a skladá sa z niekoľkých prvkov:

- (i) výstražného piktogramu, ktorý má okamžite upozorniť na hroziace nebezpečenstvo;
- (ii) výstražného slova („nebezpečenstvo“ alebo „pozor“);

(iii) výstražného upozornenia (kódované písmenom H a číslom, napr. dráždi kožu) a/alebo bezpečnostného upozornenia (kódované písmenom P a číslom; predstavuje štandardné upozornenia na nebezpečnosť, prevenciu, reakciu, skladovanie a likvidáciu; napr. uchovávajte mimo dosahu detí).

Piktogramy sú obrázky na etike, ktoré slúžia na lepšiu, rýchlejšiu a jednoduchšiu orientáciu pri označovaní a rozlišovaní rôznych nebezpečenstiev a rizík vyplývajúcich z používania rôznych chemických látok, zmesí, či prípravkov, čo sa týka zdravia človeka, ale aj stavu životného prostredia. Piktogramami sú dokonca označené aj látky, ktoré bežne používame v domácnosti. Nariadením o klasifikácii, označovaní a balení látok a zmesí sa v Európskej únii v roku 2008 zaviedol nový systém klasifikácie, označovania a balenia nebezpečných chemikálií, ide o tzv. *CLP systém*. Zmenili sa aj piktogramy a teraz sú v súlade s globálnym harmonizovaným systémom (GHS) klasifikácie a označovania chemických látok Organizácie Spojených národov, systémom slúžiacim na identifikáciu nebezpečných chemických látok a na informovanie používateľov o týchto nebezpečenstvách (Obrázok č. 3).







Obrázok č. 3. Nové piktogramy majú podobu červeného kosoštvorca s bielym pozadím a nahradili staré oranžové symboly v tvare štvorca, ktoré sa používali podľa predchádzajúcich právnych predpisov a ktoré sa už dnes nesmú používať.


V Tabuľke č. 3 sú vysvetlené jednotlivé piktogramy. Následne sú ponúknuté jednoduché úlohy na precvičenie si práce s KBÚ a na upevnenie si významov jednotlivých piktogramov. Odporúčam si tiež pozrieť krátke filmy o Napovi a jeho priateľoch (prekliknutím na malý obrázok nižšie *Health Safety*), ktorí sa snažia poukázať na problematiku BOZP prostredníctvom svojej zaangažovanosti, zábavných príbehov a humorného a bezstarostného prístupu.





Tabuľka č. 3. [Zoznam a vysvetlenie piktogramov.](#)

Piktogram	Čo znamená?
	<p>Výbušnina</p> <p>Nestabilná výbušnina.</p> <p>Výbušnina, nebezpečenstvo rozsiahleho výbuchu.</p> <p>Výbušnina, závažné nebezpečenstvo rozletenia úlomkov.</p> <p>Výbušnina, nebezpečenstvo požiaru, výbuchu alebo rozletenia úlomkov.</p> <p>Nebezpečenstvo rozsiahleho výbuchu pri požiari.</p>
Príklady výrobkov, na ktorých môžeme nájsť tento piktogram	Zábavná pyrotechnika, munícia.
Príklady bezpečnostných upozornení	<p>Uchovávajte mimo dosahu tepla/iskier/otvoreného ohňa/horúcich povrchov.</p> <p>Nefajčite.</p> <p>Noste ochranné rukavice/ochranný odev/ochranné okuliare/ochranu tváre.</p> <p>V prípade požiaru hrozí riziko výbuchu.</p>
	<p>Horľavý</p> <p>Horľavý plyn.</p> <p>Mimoriadne horľavý aerosól.</p> <p>Horľavý aerosól.</p> <p>Veľmi horľavá kvapalina a pary.</p> <p>Horľavá tuhá látka.</p>
Príklady výrobkov, na ktorých môžeme nájsť tento piktogram	Lampové oleje, benzín, odlakovač, lepidlo, dezinfekčný prostriedok na ruky.
Príklady bezpečnostných upozornení	<p>Nestriekajte na otvorený oheň ani iný zdroj zapálenia.</p> <p>Nádobu uchovávajte tesne uzavretú.</p> <p>Uchovávajte v chlade.</p> <p>Chráňte pred slnečným žiarením.</p>
	<p>Oxidujúci</p> <p>Môže spôsobiť požiar alebo prispieť k jeho rozvoju; oxidačné činidlo.</p>
Príklady výrobkov, na ktorých môžeme nájsť tento piktogram	Bielidlo, vzdušný kyslík.
Príklady bezpečnostných upozornení	Uchovávajte mimo dosahu tepla/iskier/otvoreného ohňa/horúcich povrchov.

	<p>Nefajčite.</p> <p>Noste ochranné rukavice/ochranný odev /ochranné okuliare /ochranu tváre.</p>
	<p>Plyn pod tlakom</p> <p>Obsahuje plyn pod tlakom, pri zahriatí môže vybuchnúť. Obsahuje schladený plyn; môže spôsobiť kryogénne popáleniny alebo poranenia.</p>
<p>Príklady výrobkov, na ktorých môžeme nájsť tento piktogram</p>	<p>Nádoby alebo fľaše s plynom.</p>
<p>Príklady bezpečnostných upozornení</p>	<p>Chráňte pred slnečným žiarením.</p> <p>Používajte termostabilné rukavice/ochranný štít/ochranné okuliare.</p>
	<p>Žieravý</p> <p>Môže spôsobiť koróziu kovov, vážne poleptanie kože a poškodenie očí.</p>
<p>Príklady výrobkov, na ktorých môžeme nájsť tento piktogram</p>	<p>Čistiace prostriedky na odtoky, kyseliny, zásady, čpavok, čistiaci prostriedok na grily.</p>
<p>Príklady bezpečnostných upozornení</p>	<p>Uchovávajú v pôvodnej nádobe.</p> <p>Noste ochranné rukavice, ochranný odev, ochranné okuliare a ochranu tváre.</p>
	<p>Akútna toxicita</p> <p>Pri požití, vdýchnutí alebo styku s kožou môže byť zdraviu škodlivý alebo spôsobiť smrť.</p>
<p>Príklady výrobkov, na ktorých môžeme nájsť tento piktogram</p>	<p>Insekticídy, nikotínové náplne do elektronických cigariet.</p>
<p>Príklady bezpečnostných upozornení</p>	<p>Zaobchádzajte opatrne.</p> <p>Pri používaní výrobku nejedzte, nepite ani nefajčite.</p> <p>Používajte ochranné prostriedky.</p> <p>Zabráňte kontaktu s kožou a očami.</p> <p>Uchovávajú uzamknuté.</p>

	<p>Nebezpečnosť pre zdravie / Nebezpečný pre ozónovú vrstvu</p> <p>Môže vyvolať alergickú kožnú reakciu alebo spôsobiť vážne podráždenie očí; pri požití alebo vdýchnutí je zdraviu škodlivý; poškodzuje životné prostredie.</p>
<p>Príklady výrobkov, na ktorých môžeme nájsť tento piktogram</p>	<p>Pracie prostriedky, čistiaci prostriedok na WC, nemrznúca zmes, tekutina na čistenie okien, silikón, lepidlo, lak.</p>
<p>Príklady bezpečnostných upozornení</p>	<p>Zabráňte kontaktu s kožou a očami. Zabráňte uvoľneniu do životného prostredia.</p>

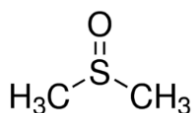
	<p>Vysoká nebezpečnosť pre zdravie</p> <p>Môže poškodiť plodnosť alebo nenarodené dieťa, spôsobiť rakovinu, vyvolať alergiu alebo príznaky astmy a spôsobiť poškodenie orgánov.</p>
<p>Príklady výrobkov, na ktorých môžeme nájsť tento piktogram</p>	<p>Terpentín, benzín, lampový olej.</p>
<p>Príklady bezpečnostných upozornení</p>	<p>Pred použitím si prečítajte bezpečnostné opatrenia. Zabráňte vdychovaniu prachu alebo dymu. Uchovávajte uzamknuté. V prípade respiračných príznakov volajte toxikologické informačné centrum alebo lekára.</p>

	<p>Nebezpečný pre životné prostredie</p> <p>Toxický pre vodné organizmy</p>
<p>Príklady výrobkov, na ktorých môžeme nájsť tento piktogram</p>	<p>Herbicídy, terpentín, benzín, lak.</p>
<p>Príklady bezpečnostných upozornení</p>	<p>Zabráňte uvoľneniu do životného prostredia. Zozbierajte uniknutý produkt.</p>



Úloha: Zistite (na základe dostupných KBÚ), či *dimetylsulfoxid*, *metanol*, *kyselina chlorovodíková*, *chlorid sodný*, *hydroxid sodný*, *alizarín*, *aldrin* a *ľudský sérový albumín*, sú látky nebezpečné, škodlivé, atď.? Ak áno, špecifikujte ako. Sú označené piktogramami? Ak áno, špecifikujte akými, prípadne doplňte aj o príslušné H a P vety.

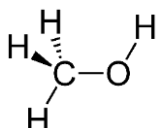
Dimetylsulfoxid



Bez
piktogramu

Nie je nebezpečná látka

Metanol



Veľmi *horľavá* kvapalina, aj jeho pary.



Veľmi jedovatý - toxický pri požití, styku s kožou alebo pri vdýchnutí.

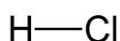


Nebezpečný → spôsobuje *poškodenie orgánov* (očí).

H225, H301, H311, H331, H370

Požitie metanolu môže spôsobiť smrť alebo slepotu. Nedá sa detoxikovať. Účinky po požití môžu zahŕňať: nevoľnosť, bolesť hlavy, zvracanie, gastrointestinálne poruchy, závraty, slabosť, zmätenosť, ospalosť, bezvedomie; môže vyvolať kŕče.

Kyselina chlorovodíková



Môže byť *korozívna* pre kovy ← *žieravina*.

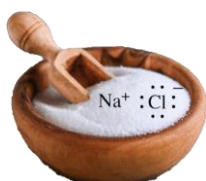


Nebezpečná → spôsobuje vážne *poleptanie kože a poškodenie očí*; → môže spôsobiť *podráždenie dýchacích ciest*.

H290, H314, H315, H318, H319, H335

Má mimoriadne ničivé účinky na tkanivá slizníc a horných ciest dýchacích, oči a pokožku, vyvoláva spazmus, zápal a opuch hrtana, zápal a opuch priedušky, pneumonitídu, opuch pľúc, pocit pálenia, kašeľ, dýchavičnosť, laryngitídu, bolesť hlavy, nevoľnosť.

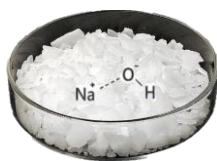
Chlorid sodný



Bez
piktogramu

Nie je nebezpečná látka

Hydroxid sodný



Žieravina → môže byť **korozívny** pre kovy;

→ spôsobuje vážne **poleptanie** kože a **poškodenie** očí.

H290, H314

P234, P260, P280, P303+P361+P353, P304+P340+P310, P305+P351+P338

Alizarín



Môže vyvolať alergickú kožnú reakciu.

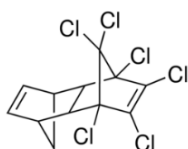
Nebezpečný → spôsobuje vážne **podráždenie** / **poškodenie** očí.

Veľmi **toxický** pre vodné organizmy, s dlhodobými účinkami.

H317, H318, H410

P261, P272, P273, P280, P302+P352, P305+P351+P338

Aldrin



Toxický → pri požití alebo styku s kožou môže spôsobiť **smrť**.

(Podozrenie, že) spôsobuje **rakovinu**.

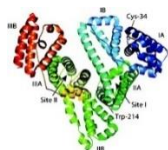
Spôsobuje **poškodenie** orgánov pri dlhšej alebo opakovanej expozícii, aj krátkodobá nebezpečnosť.

Veľmi **toxický** pre vodné organizmy, s dlhodobými účinkami.

H300+H310, H351, H372, H410

P202, P264, P273, P280, P301+P310, P302+P352+P310

Ľudský sérový albumín



Bez piktogramu

Nie je nebezpečná látka



Úloha: Používate **bežne** doma – v kuchyni, kúpeľni, atď. – výrobky, ktoré sú označené nejakým piktogramom chemického produktu?

S čím sa doma denne stretávame...

... a asi sa toho u nás nájde ešte viac...



Uskladnenie chemikálii, rozpúšťadiel, roztokov

Pri práci s rôznymi chemickými látkami a zmesami je dôležité vedieť, nielen ako s nimi manipulovať, ale aj ako ich správne uskladňovať. Všeobecne platí, že je potrebné používať pevné a odolné obaly, ktoré musia byť uložené stabilne a vo vertikálnej polohe. Samozrejme, špecifickosť obalu a jeho umiestnenia bude závisieť od samotnej chemikálie, do úvahy treba určite brať jej hmotnosť a fyzikálno-chemické vlastnosti. Chemické látky uskladňujeme tak, aby, ak sa niektorá z nádob rozbije, nedochádzalo k vzájomnému premiešaniu rôznych látok. Znamená to, že priestorovo chemické látky oddeľujeme na základe ich chemickej povahy. V tomto kontexte, sa práškové a tuhé látky vždy uskladňujú nad kvapalnými. Ako už bolo spomenuté skôr, pre každú chemickú látku a zmes, ktorú máme v laboratóriu uskladnenú a s ktorou pracujeme, je potrebné mať k dispozícii KBÚ.

Každá nádoba obsahujúca nejakú chemickú látku, roztok, či zmes, musí mať správne označenie. Je potrebné značiť aj nami pripravené roztoky, či „domácky“ (nie komerčne zakúpené) získané a uskladnené chemikálie. Je potrebné ich jasne a výrazne odlišiť od obalov potravín, pitnej vody a liekov. Každá takáto chemikália musí byť uskladnená v správnej nádobe a na správnom mieste a jej informačný štítok (označenie) musí obsahovať minimálne nasledujúcu informáciu: (1) čo to je; (2) komu to patrí; a (3) kedy to bolo pripravené. Odporúča sa, ba priam vyžaduje, aj v tomto prípade doplniť značenie chemikálie aj o príslušný piktogram.








Na uskladnenie chemikálií, zmesí a rôznych látok sa v laboratóriách väčšinou používajú oddelené skrine podľa toho o aké látky ide. Existujú špeciálne skrine pre bežné chemické látky, skrine pre kyseliny, organické rozpúšťadla, horľavé látky, toxické látky a pod. Jednotlivé skrine sú na svoj účel aj príslušne usposobené a to takým spôsobom, aby sa dosiahla maximálna bezpečnosť pri uskladnení jednotlivých chemikálií. Napríklad, niektoré skrine majú zabezpečené samostatné odvetrávanie priamo z vnútra skrine do priestorov mimo miestnosť laboratória; iné sú zase osadené ťažkými a prilnavými dverami, ktorých funkciou je lepšia izolácia vzhľadom na ostatný priestor laboratória v prípade, že by došlo k vzniku požiaru priamo v skrini; alebo majú uzamykateľné dvere, kvôli ťažšiemu prístupu napr. ku toxickým látkam, ktoré sa navyše vydávajú len pri dodržiavaní prísnej evidencie ich spotreby, použitia a likvidácie.

3.3 Bezpečnostné a zdravotné označenia pri práci a na pracovisku

Pod bezpečnostným a zdravotným označením rozumieme označenie, ktoré sa vzťahuje na konkrétny predmet, činnosť alebo situáciu a poskytuje pokyny alebo informácie potrebné na zaistenie bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci podľa potreby prostredníctvom značky, farby,

svetelného označenia, prípadne aj akustického signálu (Tabuľka č. 4 a 5). Tvar a farba značiek označuje zákaz, príkaz, núdzový východ, únikovú cestu, miesto na poskytovanie prvej pomoci a zariadenie na ochranu pred požiarmi.

Tabuľka č. 4. Príklady farebných bezpečnostných a zdravotných označení.

Farba	Význam alebo účel	Pokyny a informácie	Vzor označenia
červená	zákazové značky, signalizácia nebezpečenstva	nebezpečné správanie	
		stáť, zastaviť, nedotýkať sa, zariadenie na núdzové vypnutie	
	zariadenie na ochranu pred požiarmi	označenie a umiestnenie	
žltá alebo žltá-oranžová	výstražná značka	upozornenie, výstraha, kontrola	
modrá	príkazová značka	osobitné správanie alebo činnosť, povinnosť nosiť osobné ochranné pracovné prostriedky	
zelená	značky pre núdzový východ, únikové cesty, prvú pomoc bez nebezpečenstva	dvere, východy, komunikácie, zariadenie, vybavenie	
		návrat do normálneho stavu, prvá pomoc	

Tabuľka č. 5. Vysvetlenie niektorých dôležitých piktogramov.

			
Úniková cesta	Ohlasovňa požiarov	(prenosný) Hasiaci prístroj	Požiarne hydranty (s hadicou)

			
Nepovolaným vstup zakázaný	Zákaz fajčenia	Nebezpečenstvo úrazu elektrinou	Laserové žiarenie
			
Nebezpečné rádioaktívne alebo ionizujúce žiarenie	Biologické nebezpečenstvo	Nebezpečenstvo otravy, zadusenía	Prvá pomoc / Lekárnička
			
Označenia hlavných uzáverov médií			

3.4 Prvá pomoc

Svojím zodpovedným prístupom, pripravenosťou a disciplínou sa v prvom rade snažíme predchádzať akýmkoľvek nehodám a úrazom. Ak však k nim už dôjde, v laboratóriu poskytujeme vždy len nevyhnutnú prvú pomoc. V prípade, že stále pretrváva nebezpečenstvo kontaminácie záchrancu a zachraňovaného, nezostávame na danom mieste a neposkytuje prvú pomoc na mieste, kde došlo k nehode. Každý úraz je potrebné ihneď ohlásiť cvičiacemu, resp. školiteľovi. Nikdy ho nebagatelizovať. Ale práve naopak, brať ho vážnejšie ako sa javí. Neuvážený zásah totiž môže postihnutému spôsobiť viac škody ako mu byť osožný. Okrem okamžitého ošetrenia (nevyhnutnej prvej pomoci), zabezpečujeme postihnutému aj odborné lekárske ošetrenie. Pre okamžitú a efektívnu pomoc pri úrazoch a nehodách je vhodné poznať najbližšie umiestnenie lekárničky, a rovnako tak aj hasiaceho prístroja, ktoré musia byť voľne a dobre dostupné a prístupné.

Pri experimentálnej práci môže dôjsť k týmto najčastejším udalostiam: (i) mechanickým úrazom, t.j. rôznym rezným a trzným ranám, (ii) poleptaniam (kyselinami a zásadami), (iii) popáleninám (horúcim predmetom alebo priamym ohňom), (iv) otravou požitím jedovatej látky, (v) úrazom spôsobeným explóziou, či (vi) elektrickým prúdom.

Na nasledujúcich obrázkoch (Obrázok č. 4 a 5) a v Tabuľkách č. 6 až 8 sú zhrnuté dôležité kontakty a zjednodušené schémy poskytnutia prvej pomoci. Aj v oblasti poskytovania prvej pomoci dochádza v čase k určitým korekciám, odporúčaniam a zmenám. Jednou z nich je napríklad skutočnosť, že dnes sa už nevyžaduje, ba práve naopak, vôbec sa neodporúča dávať dýchanie z úst do úst. Ďalšou skutočnosťou, na ktorú je potrebné upriamiť pozornosť je, že v prípade obliatia sa žieravinou sa neodporúča (nedovoľuje) používať neutralizačné roztoky, ale len vodu. Rovnako je potrebné veľmi uvážlivo zvážiť možnosť a potrebu vyvolania zvracania v jednotlivých špecifických prípadoch.

Karta prvej pomoci

- Zisti, čo sa stalo
- Zavolaj pomoc
- Dbaj na vlastnú bezpečnosť



Integrovaný záchranný systém **112**

Polícia **158** Záchranná služba **155** Hasiči **150**

1. Krvácanie
Ranu zakry sterilnou gázou a pevne obviaž obvazom. Ak obvaz rýchlo presakuje, stlač rukou, končatinu nadvihni. Pri krvácaní z nosa alebo z úst daj hlavu do polohy na boku!

2. Bezvedomie
Zisti, či dýcha. Ak nedýcha, uvoľni mu dýchacie cesty a začni s nepriamou masážou srdca a následne záchrannými dychmi (pozri OBRÁZOK) v pomere **30:2**. U detí sa začína 5 záchrannými dychmi, následne ako u dospelých.
Ak dýcha a nie je podozrenie na poranenie chrbtice a iné vážne poranenia, daj raneného do stabilizovanej polohy.

3. Podozrenie na poranenie chrbtice
Ranenému znehybni hlavu, a ak to nie je nevyhnutné, viac ním nehýb.

4. Poranenie hrudníka a brucha
Poranenie zakry sterilnou gázou. Zabodnuté predmety nevyťahuj! Zraneného prikry. Nepodávaj mu jesť a piť!

5. Zlomeniny
Končatinu nenapravaj. Znehybni ju pevným materiálom (klb nad a pod zlomeninou). Otvorenú zlomeninu prekry sterilnou gázou.

6. Popáleniny
Popálených miest sa nikdy nedotýkaj! Prilepené šatstvo z rany neodstraňuj! Postihnuté miesta sterilne prekry.

Spracované podľa Vyhľadiský MZ SR č. 143 z 8. 4. 2009, vydané v Zz., časťka 53.

Obrázok č. 4. Karta prvej pomoci.



Obrázok č. 5. Prvá pomoc pri úraze elektrickým prúdom.

Tabuľka č. 6. Čo robiť pri (i) nadýchnutí (látky, ktorá vyvoláva edém pľúc ↔ škodlivej látky ↔ dráždivej látky); (ii) zasiahnutí očí (žieravinou ↔ škodlivou látkou ↔ dráždivou látkou); (iii) pri styku (žieraviny ↔ škodlivej látky ↔ dráždivej látky) s kožou; (iv) pri požití (žieraviny ↔ škodlivej látky ↔ dráždivej látky).

	Dráždivá látka	Škodlivá látka	Žieravina / látka vyvolávajúca edém pľúc
Nadýchnutie	<p>– prerušiť expozíciu → dopraviť postihnutého na čerstvý vzduch (nech neprechladne!) → lekár (pri pretrvávajúcich príznakoch)</p>		<p>– rýchlo + vlastná bezpečnosť → dopraviť postihnutého na čerstvý vzduch ← nesmie chodiť! → výplach ústnej dutiny (veľmi uvážlivo) → výmena odevu – pri jeho zasiahnutí (uvážlivo) → lekár</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ (veľmi) toxické látky (napr. kyanovodík) <p>– okamžite + vlastná bezpečnosť → dopraviť postihnutého na čerstvý vzduch ← pozor na kontaminovaný odev! + postihnutý nesmie chodiť! → výmena odevu – pri jeho zasiahnutí (veľmi uvážlivo) → lekár (v každom prípade)</p>
	<p><i>Naviac: zabezpečiť telesné a psychické upokojenie; uložiť postihnutého do pohodlnej polohy posediačky alebo v polosedie s opretím chrbta a hlavy; v prípade absencie základných životných funkcií uložíme zraneného na tvrdú a rovnú podložku vo vystretej polohe a poskytneme vonkajšiu masáž srdca.</i></p>		
Zasiahnutie očí	<p>Oko/oči – vyplachovať – očná sprcha - len čistou vodou (nepretržite niekoľko minút – až 15-20 min, dôkladne, smerom od vnútorného kútika k vonkajšiemu) → lekár</p> <p>Mať info o látke – potrebný obal/vzorka na identifikáciu – nápomocné pri väčšine úrazov v laboratóriu.</p>		
Pri styku s kožou	<p>– odstrániť nasiaknutý odev* → postihnuté miesto opláchnuť prúdom vody – 10-15 min (ak olej ⇒ voda</p>		<p>– odstrániť/odložiť (bezpečne), čo najrýchlejšie kontaminovaný odev* → postihnuté miesto (poleptanú pokožku) dôkladne umyť</p>

	– mydlo – voda (teplá) → ošetrené miesta obviazať suchým sterilným obvazom → lekár.	vodou (veľkým množstvom) → ošetrené miesta prekryť / obviazať čistou sterilnou gázou → ihneď k lekárovi.
	<p><i>Čím kratší je interval do začiatku prvej pomoci, tým sú následky menšie. Pri oplachovaní vlasov a tváre pozor na oči!</i></p> <p>* Časti odevu, resp. iné cudzie telesá a ich časti nikdy nestrhávať / neodstraňovať nasilu z pokožky / z postihnutého miesta.</p>	
Pri požití	– pitie tekutín*, vyvolanie zvracania a výplach žalúdka ← veľmi opatrne / obozretne!** → čo najskôr vyhľadať odbornú pomoc (lekár).	– pitie tekutín*, vyvolanie zvracania a výplach žalúdka → čo najskôr vyhľadať odbornú pomoc (lekár). S vyvolávaním vracania treba byť veľmi opatrný, pretože ak je žieravina stále vysoko koncentrovaná, môže dôjsť k opakovanému poleptaniu pažeráka a ústnej dutiny. Určite nevyvolávať zvracanie 1-2 hodiny po požití.
	<p>* Voda ** Pozor na alergické reakcie zapríčinené požitím! + zoznam škodlivých látok – obsiahly ⇒ potrebné zistiť, o ktorú konkrétnu škodlivú látku sa jedná ⇒ niektoré z nich môžu s vodou reagovať a spôsobiť ešte vážnejšie zranenie.</p> <p>Určite nevyvolávať zvracanie v prípade požitia minerálnych olejov, detergentov a pod. Neodporúča sa vo všeobecnosti ani v prípade žieravín. Odporúča sa konzultovať situáciu s Národným toxikologickým informačným centrom a čo najskôr zabezpečiť odbornú lekársku pomoc.</p>	
Mechanické poranenie	– malé rany → peroxid vodíka alebo iný dezinfekčný prostriedok, rýchloobvaz; – väčšie rany → prekryť obvazom a ísť k lekárovi.	
Popálenie	– malý rozsah → chladiť vodou, sterilný obvaz; – rozsiahlejšie → prekryť obvazom a ísť k lekárovi.	

Tabuľka č. 7. Dôležité kontakty (adresy a telefónne čísla).

Ohlasovňa požiarov – vrátnica (Jesenná 5, Košice)	IP 2500 *
Sekretariát dekanátu PF UPJŠ (Šrobárová 2, Košice)	IP 2181; IP 2179 *
Úsek BOZP a CO (Šrobárová 2, Košice)	IP 1585 *
Integrovaný záchranný systém	112
Hasičský a záchranný zbor Požiarnická 4, Košice	150 055 727 02 11
Polícia Moyzesova 19, Košice Mestská polícia	158 055 622 12 51 159
Záchranná zdravotná služba Rastislavova 43, Košice	155 055 681 43 01
Linka záchrany - lekárske rady ako v prípade núdze poskytnúť prvú pomoc	0850 111 313
Východoslovenská vodárenská spoločnosť, a. s. (Komenského 50, Košice)	055 795 24 20
SPP (Rozvojová 6, Košice)	0850 111 727
VSD (Mlynská 31, Košice)	0800 123 332
Regionálny úrad verejného zdravotníctva, odbor epidemiológie	055 786 01 62 055 786 01 64

* IP (celé číslo – volanie nie z UPJŠ telefónu): +421 55 234 IP

Tabuľka č. 8. Kontaktné informácie pre [Národné toxikologické informačné centrum](#).

KONTAKT PRE VÝROBCOV (KBÚ)	+421 2 5465 2307 v čase od 8.00 do 9.00 h	
	kbu@ntic.sk	
POHOTOVOSTNÉ TELEFÓNNE ČÍSLA	+421 254 774 166	+421 911 166 066
Národné toxikologické informačné centrum Univerzitná nemocnica Bratislava Limbová 5, 833 05 Bratislava ntic@ntic.sk		

Akútne intoxikácie je nutné riešiť len telefonicky na číslo +421 2 5477 4166.

Na e-mail neodpovedajú okamžite!

4. Laboratórny poriadok a obsluha malých laboratórnych prístrojov a zariadení

V rámci predmetu *Laboratórna technika a výpočty* využívame laboratórne priestory a prístrojové vybavenie [Katedry biofyziky](#) a [Centra interdisciplinárnych biovied](#), najmä *Základného chemického laboratória* a v závere semestra aj *Laboratórium optickej spektroskopie*. Pre každé z týchto laboratórií je platný prevádzkový poriadok, s ktorým je potrebné sa na začiatku práce v príslušnom laboratóriu oboznámiť a podľa jeho pravidiel a zásad sa počas celej práce a zdržiavania sa v týchto priestoroch aj riadiť.

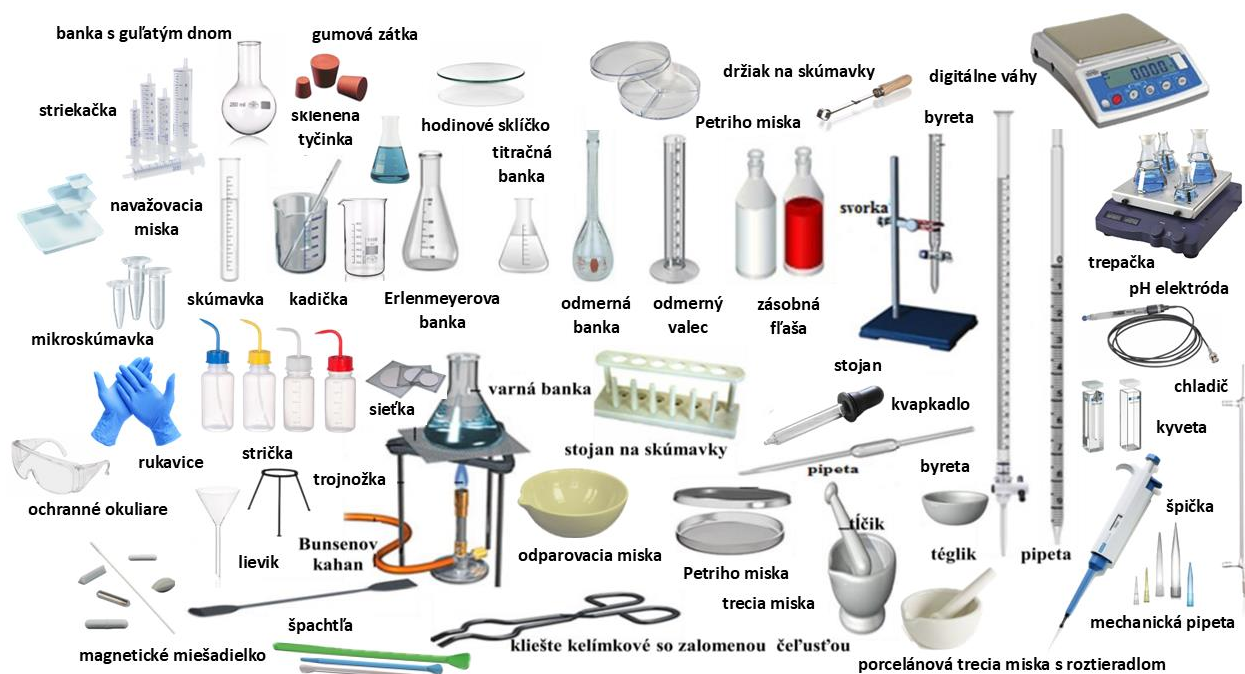
Laboratórny poriadok pre bezpečnú prácu v chemickom laboratóriu:

- používame len riadne označené chemikálie, čisté a neporušené chemické nádoby a iné pomôcky;
- nepoškodujeme označenie / nálepky;
- sledujeme proces → bezdôvodne neopúšťame svoje pracovné miesto;
- pracujeme bezpečne → okrem osobných ochranných pracovných prostriedkov (OOPP), používame podľa potreby aj iné ochranné prostriedky;
- ak je to potrebné, najmä pri práci s dráždivými a škodlivými látkami, pracujeme v digestore (odsávač plyných škodlivín);
- nikdy nič neochutnávame, ani nevdychujeme pary látok priamo z nádoby;
- s horľavinami nikdy nepracujeme pri otvorenom ohni;
- s jedmi môžeme pracovať len pod dohľadom a podľa pokynov;
- odpad likvidujeme podľa pokynov → rôzne druhy odpadu, resp. zvyšky chemikálií, kúsky filtračného papiera, rozbité sklo, iné, sa sústreďujú, tj. uskladňujú do rôznych na to určených nádob; zvyšky chemikálií, ktoré by mohli vážne znečistiť životné prostredie, napr. soli ťažkých kovov a pod., sa nesmú vylievať do výlevky;
- každé rozsypanie, rozliatie látok, prípadne úraz, IHNEĎ ohlásime vyučujúcemu / školiteľovi;
- zaobchádzame so všetkým šetrne; neplytváme vodou, plynom, ani elektrickou energiou;
- škody, ktoré spôsobíme nedodržaním bezpečnostných a pracovných predpisov sme povinní uhradiť;
- pracovný priestor zanechávame uprataný a čistý (rovnako aj nami použité laboratórne sklo, či iný znovu použiteľný materiál);
- po skončení práce skontrolujeme uzavretie prívodu vody, plynu a vypnutie elektrického prúdu (príslušných spotrebičov zo siete) – akékoľvek poruchy, problémy a pod. bezodkladne ohlasujeme;
- pred odchodom z laboratória si umyjeme ruky;
- do laboratória vstupujeme, resp. ho opúšťame len som súhlasom vyučujúceho / školiteľa;
- dodržiavame pravidlá.



4.1 Laboratórne sklo

V laboratóriu máme množstvo rôznych laboratórnych pomôcok a malých (elektrických) zariadení a prístrojov – vyrobených zo skla, gumy, korku, dreva, plastu, kovu, porcelánu, atď. (Obrázok č. 6).



Obrázok č. 6. Niektoré z bežných a často používaných laboratórnych pomôcok a malých laboratórnych zariadení a prístrojov.

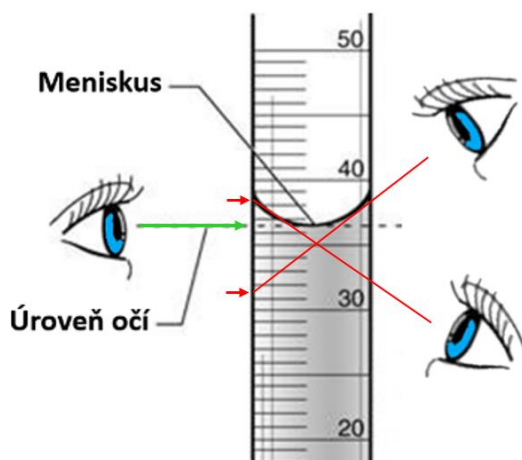
Bez *laboratórneho skla* sa v chemickom laboratóriu nezaobídeme. Dôvodom sú jeho pozitívne vlastnosti: určitá teplotná rozťažnosť, dobrá odolnosť proti náhlym zmenám teploty, odolnosť proti roztokom rôznych chemikálií, priehľadnosť. Pri práci s laboratórnym sklom je potrebné pamätať na a dodržiavať nasledovné:

- používame len neporušené sklenené nádoby;
- laboratórne sklo vraciame suché a čisté na miesto, odkiaľ sme ho zobrali;
- sklené rúrky a teplomery pred zasunutím do zátky alebo hadičky vopred navlhčíme vodou alebo glycerolom – ruky si chránime tkaninou;
- sklo umývame opatrne – tak, aby sme predišli jeho rozbitiu a prípadnému reznému poraneniu;
- sklo umývame saponátom a vodou z vodovodu, následne opakovane prepláchneme destilovanou vodou;
- na zohrievanie, resp. var používame laboratórne sklo z materiálu na to určeného, t.j. laboratórne varné - tvrdené borosilikátové - sklo, napr. DURAN, PYREX, atď.

Chemické, resp. laboratórne sklo delíme na *varné*, *technické* a *odmerné*. K najpoužívanejšiemu patria *skúmavky*. *Tenkostenné skúmavky* sa používajú na analytické reakcie, možno ich zahrievať aj priamo na plameni; *hrubostenné skúmavky* sa používajú hlavne na centrifugovanie. Na objemnejšie chemické operácie používame *kadičky*. Tie nikdy nezahrievame priamo v plameni, ale cez kovovú sieťku.

Práca s odmerným sklom

Odmerné nádoby používame na meranie objemu kvapalín. Výber odmernej nádoby závisí od konkrétnych požiadaviek experimentu. Cieľom je zabezpečiť platné a konzistentne opakovateľné výsledky, čo predpokladá poznanie a pochopenie ako silných stránok, tak aj limitov jednotlivých nástrojov. Kadičky a *odmerné valce* slúžia na približné meranie objemu, t.j. ide o nádoby nižšej presnosti. Odmernými valcami meriame objem kvapaliny s chybou okolo 1 %. Ak chceme presne odmerať objem, potrebujeme použiť *pipety*, *byrety* alebo *odmerné banky*. Byrety sú dlhé, úzke sklenené trubice s presným odstupňovaním pozdĺž ich dĺžky a uzatváracím kohútikom v spodnej časti, ktorý slúži na kontrolu uvoľňovania kvapaliny. Odmerné banky sú sklenené nádoby s tučným bruchom a zúženým a pretiahnutým hrdlom, na ktorom je značka (iba jedná stupnica). Tá určuje pokiaľ sa banka plní kvapalinou. Vtedy nameriame objem vyznačený na banke s vysokou presnosťou. Chyba pri takomto meraní objemu je len okolo 0,05 %. Odmerné banky plníme vždy v zvislej polohe tak, aby sa meniskus kvapaliny dotýkal svojím spodným okrajom rysky (Obrázok č. 7). V prípade, že pracujeme so silno sfarbenou kvapalinou, objem určujeme z horného okraju meniskusu (nie z dotyku meniskusu a rysky). Hoci to je menej presné, tento prístup volíme kvôli tomu, aby kvapalina neprekryla dielik, resp. rysku a svojím sfarbením tak vlastne neznemožnila ju vidieť.



Obrázok č. 7. Znárodnenie správneho odčítania výšky hladiny kvapaliny pri meraní príslušného objemu kvapaliny pomocou odmerného valca, resp. inej odmernej nádoby.

Pri meraní objemu kvapaliny dodržíjeme tieto zásady:

- vyberieme správnu odmernú nádobu (s dostatočným požadovaným objemom);
- odmernú nádobu položíme na vodorovný povrch (pamätajme, že potrebujeme mať dostatok priestoru na manipuláciu - na prácu);
- pri kontrole výšky hladiny kvapaliny v odmernej nádobe musí byť hladina kvapaliny ustálená;
- pri kontrole výšky hladiny kvapaliny v odmernej nádobe máme mať oči vo výške hladiny (Obrázok č. 7);
- objem meriame v ml ($\approx \text{cm}^3$).

4.2 Sklenené a automatické pipety

Na (od)meranie menších objemov kvapalín používame dávkovače, ako sú *sklenené pipety* alebo ešte častejšie *automatické pipety*. Pri pipetovaní roztokov sklenenou pipetou musí byť pipeta dokonale umytá pre každú jednotlivú reagensiu. Pri pipetovaní kvapalínu nikdy nenasávame ústami, ale stále používame špeciálne *nasávacie balóniky* alebo *pumpičky*. Postup práce pri pipetovaní je nasledovný:

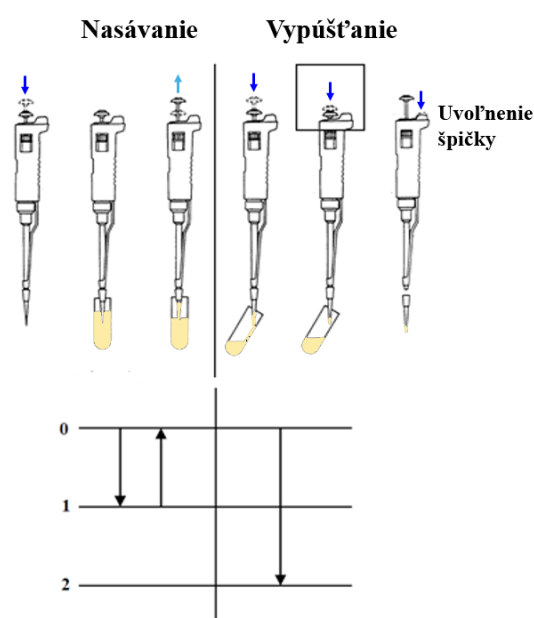
- na horný (tupý) koniec pipety nasadíme pumpičku, resp. balónik a stlačíme ho (vypustíme vzduch z pipety) – robíme to v priestore mimo kvapaliny, ktorú chceme nasávať (nikdy nie nad kvapalinou, aby, ak sa náhodou niečo v pipete nachádza, nekvaplo nám to do kvapaliny, čím by sme si ju kontaminovali);
- hrot pipety ponoríme pod hladinu kvapaliny, ktorú chceme odpipetovať;
- jednou rukou pridržiavame pipetu a druhou rukou manipulujeme s pumpičkou, resp. balónikom takým spôsobom, aby sa kvapalina nasávala do pipety;
- pipetu s nasatou kvapalinou vyberieme z nádoby s kvapalinou;
- hrot pipety otrieme papierovou vatou;
- hrot pipety priložíme na stenu nádoby, do ktorej odmeriavame objem a kvapalinu necháme voľne vytiecť;
- pumpičku oddelíme od pipety;
- počkáme ešte asi 15 sekúnd, aby stiekla kvapalina aj zo stien pipety - malý zvyšok kvapaliny v hrote pipety sa nevyfukuje (toto množstvo nie je pri kalibrácii započítané do objemu pipety).

Pri používaní *automatických pipiet* požadovaný objem odmeriavame pomocou manipulačného piestu, ktorý možno stlačiť do dvoch polôh (Obrázok č. 8). Pred pipetovaním nového roztoku je potrebné vymeniť *špičku*. Postup práce s automatickou pipetou je nasledovný:

- vyberieme si príslušnú pipetu (jednotlivé pipety určené na pipetovanie rôznych objemov

sú farebne označené a týmto spôsobom aj navzájom odlišené (Obrázok č. 9));

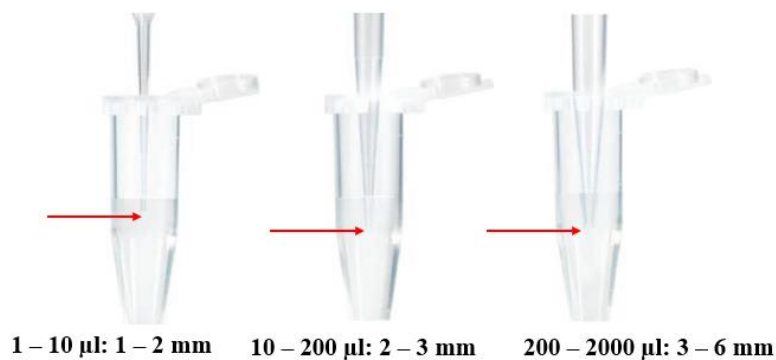
- na stupnici si nastavíme požadovaný objem pipetovania;
- na predĺženú, kónickú časť pipety nasunieme suchú (novú) špičku – špičky sú určené na jednorazové použitie;
- pri napĺňaní pipety manipulačný piest stlačíme palcom do prvej polohy (Obr. č. 8);
- ponoríme („nie veľa, nie málo“ (Obrázok č. 10) špičku do roztoku - pipetu držíme zvislo - a pomaly uvoľňujeme tlak, až sa piest dostane do východiskovej polohy → je nutné kontrolovať obsah špičky, aby sa nevytvorila vzduchová bublina alebo nedochádzalo k spontánnemu vytekaniu, či upchatiu špičky a pod.);
- pri vyprázdňovaní špičky zatlačíme piest postupne až do druhej polohy (Obr. č. 8) – až na doraz (tento postup je nutné niekoľkokrát pomaly zopakovať, aby sa obsah špičky - na rozdiel od sklenených pipiet - dokonale vyprázdnil).



Obrázok č. 8. Postup pipetovania pomocou automatickej pipety s označením stláčania manipulačného piestu do prvej polohy (1) - pri nasávaní; resp. do druhej polohy (2) - pri vypúšťaní.



Obrázok č. 9. Farebné označenie automatických pipiet určených pre pipetovanie rôznych objemov a príslušných špičiek.



Obrázok č. 10. Príklady správneho a nesprávneho naberania kvapaliny pomocou automatickej pipety – voľba správnej hĺbky a sklonu ponorenia špičky. Červená šípka označuje koniec špičky a naznačené čísla optimálnu hĺbku pre rôzne objemy používaných špičiek.



Ako (správne) pipetovať:

[Good Pipetting Techniques | The Pipetting Cycle](#) (ENG)

[Pipetting Tips and Tricks: How to Read a Pipette](#) (ENG)

[Using a Micropipette - University of Leicester](#) (ENG)

[How to Micropipette | miniPCR bio™](#) (ENG)

[How to pipette correctly – a short step-by-step introduction into proper pipetting](#) (ENG)

5. Vybrané základné laboratórne práce

5.1 Zohrievanie

Zohrievanie patrí medzi základné operácie v laboratóriu, keďže väčšina reakcií prebieha dostatočnou rýchlosťou iba pri zvýšenej teplote. Zohrievať môžeme priamo v plameni plynového kahana použitím skúmavky. Keď to vyžaduje charakter reakcie, nezohrievame priamo, ale vo vodnom kúpeli. Jednoduchý vodný kúpeľ si pripravíme zahrievaním kadičky s vodou, do ktorej vložíme skúmavku s reagujúcimi látkami.

Priame zohrievanie v plameni je výhodné pre svoju rýchlosť, vysoké teploty, možnosť okamžitého prerušenia ohrevu. Nevýhodou je nepresná a neľahká regulácia teploty. Priamym plameňom zohrievame len tenkostenné predmety zo skla (skúmavky, banky s guľatým dnom, varné banky, kadičky) alebo z porcelánu (tégliky, lodičky). Sklenené predmety so silnou stenou nezohrievame v plameni kahana, lebo ľahko praskajú. Horľaviny (alebo látky, ktoré uvoľňujú horľavé plyny) sa nesmú zohrievať priamo nad plameňom!

Ďalšie odporúčania, ktoré je potrebné dodržiavať pri zohrievaní:

- pri zahrievaní v skúmavkách dbáme, aby ich vonkajšia strana bola suchá, ináč prasknú;
- obsah skúmavky, banky a pod. naplníme najviac do $\frac{1}{4}$ objemu, zohrievame pri hladine (skúmavky sa zohrievajú z boku mierne naklonené, nikdy nie vo zvislej polohe) a obsah neustále pretrepávame, aby sa zohrieval rovnomerne;
- používame držiaky na skúmavky a ochranné okuliare;
- pri manipulácii (nielen zohrievaných látok) vždy držíme skúmavky, ako aj iné nádoby otvorom od seba, ako aj od iných blízko stojacich osôb;
- používame varné kamienky, resp. sklenené guľôčky (kvôli zamedzeniu tzv. utajeného varu) – najmä, ak zohrievame super čistú vodu.

Utajený var

Utajený var predstavuje lokálne prehriatie kvapaliny a následné náhle a prudké uvoľnenie pár. Ide metastabilný stav, resp. jav, ktorý sa zvyčajne vyskytuje u veľmi čistých kvapalín, keďže tie neobsahujú mechanické častice umožňujúce vznik tzv. nukleačných centier. Nukleačné centrá sú miesta vzniku premeny vody na vodnú paru (\approx mikrobubliny), ktoré sa postupne zväčšujú s množstvom odparenej vody pri zahriatí kvapaliny na teplotu označovanú ako bod varu. (Priložené linky na videá sú viac pre zaujímavosť, ako pre poskytnutie informačných návodov. Určite neskúšať doma, ani v laboratóriu!)



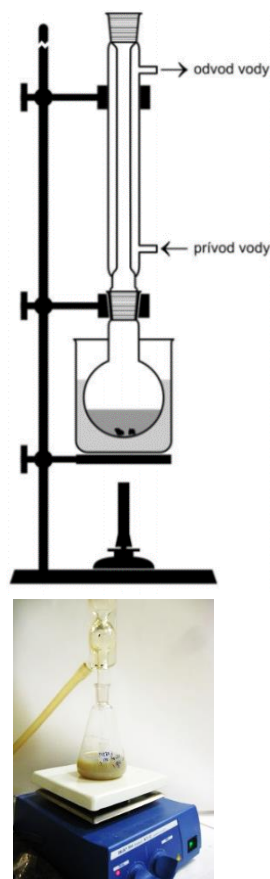
[Superheating of water \(Mythbusters\)](#) (ENG) [Time Warp: Exploding Water](#) (ENG)

Zohrievanie s refluxom

Reflux alebo spätný tok (resp. spätný návrat tekutiny), je technika chladenia, ktorá sa využíva pri reakciách vyžadujúcich dlhodobé dodávanie tepelnej energie, t.j. je potrebné ich dlhodobo ohrievať. Zohrievanie s refluxom dovoľuje zohrievanie zmesi bez potreby dopĺňať rozpúšťadlo. Inak, nemusíme sa báť, že rozpúšťadlo sa z reakčnej zmesi vyparí úplne, pretože dochádza k okamžitej kondenzácii pár v chladiči.

Kvapalná reakčná zmes sa nachádza vo varnej banke so zábrusom, ktorá je spojená s chladičom (najčastejšie guľôčkovým spätným chladičom). Chladiacu vodu privádzame do otvoru v spodnej časti chladiča v dôsledku čoho sa uvoľnené pary rozpúšťadla ochladzujú a kondenzujú na kvapalinu, ktorá sa vracia späť do reakčnej nádoby. Vrchnú časť chladiča nechávame otvorenú. Varnú banku tak môžeme zohrievať počas celého priebehu reakcie.

Dnes sa na zohrievanie v laboratóriách namiesto priameho plameňa omnoho častejšie (ak to charakter chemickej reakcie povoľuje) používa *magnetické miešadlo s varnou, resp. vyhrievacou (vykurovacou) doskou*. Kontrola teploty je zabezpečená prostredníctvom digitálneho panela, ktorý je dnes už štandardnou súčasťou týchto malých laboratórnych zariadení. Zvyčajne je možné teplotu nastavovať v teplotných krokoch $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$, resp. $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (pomocou nastaviteľného – otáčacieho – gombíka s vyznačenou stupnicou alebo prostredníctvom tlačidiel a odčítaním aktuálnej a nastavovanej teploty na digitálnom paneli). Možnosť zapnutia rotujúceho magnetického poľa a použitie *miešadielka* príslušného tvaru a veľkosti zabezpečuje neustále premiešavanie roztoku, ak to je nevyhnutné; rýchlosť miešania je nastaviteľná. Výhodou týchto ohrievačov je dostupný veľký teplotný rozsah, od izbovej teploty až do cca. $280\text{ }^{\circ}\text{C}$ a externý senzor teploty, ktorý zaručuje kontrolované a presné nastavenie a udržiavanie stálej teploty, a teda aj rýchlosti zohrievania.



[Common Scientific Glassware and the Undergraduate Chemistry Laboratory](#) (ENG)

5.2 Váženie

Váženie patrí k jednej zo základných činností v chemickom laboratóriu. Slúži na meranie hmotnosti látok, inak povedané, na odobratie určitého – presného – množstva konkrétnej látky. Podľa toho, aké množstvo látky a s akou presnosťou potrebujeme odvážiť, používame rôzne druhy váh: (i) *technické* (presnosť 1 až 2 g), (ii) *presné technické váhy* (presnosť 0,01 až 0,02 g) a (iii) *analytické váhy* (presnosť 10^{-4} až 10^{-6} g). Známe je tiež nasledovné rozdelenie typov váh: pákové, pružinové, torzné a analytické.

Analytické váhy

Analytické váhy sú definované ako rovnoramenné pákové váhy, ktoré slúžia k najpresnejšiemu váženiu. Majú len jednu miskú váh v presklennej vitríne. V starších analytických váhach bola hlavná súčasť váh, kovová rovnoramenná páka (váhadlo), spojená s ukazovateľom nulovej a rovnovážnej polohy, pričom stupnica mala v strede nulovú hodnotu. Váhy vážili na 4 desatinné miesta a váživosť bola od 0,1 až po 200 g. Pomocou kotúčov na pravej strane váh sa pridávali alebo odoberali závažia.



Dnes sa už nepoužívajú závažia a na digitálnom displeji váh sa priamo udáva hmotnosť váženej látky. Na každých váhach sa tiež udáva ich *presnosť* (najmenší rozdiel hmotnosti, ktorý možno danými váhami stanoviť) a *citlivosť* (výchylka váh z rovnovážnej polohy pri ich zaťažení malým závažím, napr. 0,1 alebo 0,001 g; klesá úmerne s ich zaťažením). Ako pri každej laboratórnej práci, aj pri vážení platí, že ak ho chceme vážiť dobre, správne a efektívne, je potrebné dodržiavať určité pravidlá:

- v priebehu samotného váženia je potrebné sa vyhnúť alebo aspoň minimalizovať akékoľvek vibrácie a prúdenie vzduchu, najmä vtedy, ak vážime veľmi malé množstvá (hmotnosti), napr. zatvoríme dvere do laboratória, vypneme vetranie a pod.; váhy by mali byť uložené na ťažkom, vibrácie redukujúcom stole;
- na stôl, na ktorom sú váhy, nedávame žiadne ďalšie (ťažké) objekty, ani sa oň neopierame;
- pred samotným meraním – pred zapnutím váh – skontrolujeme čistotu váh – ak je to potrebné, zľahka, ale dôkladne miskú a priestor váh vyčistíme (štetcom, čistým suchým papierovým obrúskom, prípadne aj etanolom);
- pred samotným meraním – pred zapnutím váh – skontrolujeme rovnovážnu pozíciu váh, t.j. „vycentrovanie bublinky“; ak je to potrebné, váhy pomocou nastaviteľných nožičiek nastavíme do rovnovážnej polohy takým spôsobom, aby bola bublinka, čo najviac vycentrovaná;
- pred samotným meraním – po zapnutí váh a ich stabilizácii - váhy „vynulujeme“ prostredníctvom tlačidla *zero*, a nastavíme jednotky realizovaného merania – väčšinou môžeme merať, resp. prepínať

merací mód medzi *g* a *mg*;

- na váženie používame jednorazové plastové alebo opakovane použiteľné sklenené navažovacie lodičky a misky, navažovací papier, parafilm, alobal, ependorfky, atď.; ktorých hmotnosť zdefinujeme ako hmotnosť obalu („vynulujeme“) stlačením tlačidla *tare* – na digitálnom displeji by sme mali dostať nulu – je potrebné chvíľu počkať a sledovať, či nastavená nula je stabilná (je to dôležité najmä vtedy, ak meriame malé hmotnosti v *mg* móde), ak to tak nie je, zhodnotíme, ako viac by sme mohli zastabilizovať proces váženia, vykonáme potrebné úkony (napr. zavrieme dvere do laboratória, kde vážime, ak boli otvorené) a opätovne stlačíme tlačidlo *tare*; následne sú už váhy pripravené na váženie „čistej“ hmotnosti látky;

- navažovacie misky vyberáme uvážlivo podľa charakteru váh a navažovanej látky, ako aj jej množstva – napr., ak chceme čo najpresnejšie odvážiť 1 g skúmanej látky, určite ju nebudeme navažovať vo veľkej ťažkej miske; tiež nie je dovolené používať ťažké misky alebo fľaštičky na váženie v analytických váhach (mohli by sme ich ľahko rozladiť, prípadne aj spôsobiť nejakú vážnejšiu poruchu, až ich postupnú nefunkčnosť);

- pevné látky naberať lyžičkou, špachtľou, jednorazovou naberačkou a pod.;

- látky pridávame opatrne, radšej pomaly a postupne pridávame malé množstvá až dosiahneme stanovenú hmotnosť;

- prebytočnú – odobratú – látku nevraciamy späť do nádoby s pôvodnou látkou, aby sme ju nekontaminovali a nezhodnotili si všetko, čo máme; podľa povahy látky ju korektne vyhodíme;

- v priebehu merania nádobu s pôvodnou látkou nechávame čím menej otvorenú, aby príslušná chemická látka zbytočne nevlhla alebo sme ju nekontaminovali;

- naváženú hmotnosť vždy kontrolujeme pri zatvorených dvierkach;

- konečnú hmotnosť si zapíšeme do laboratórneho denníka (vieme si ju späť skontrolovať);

- váhy za sebou nechávame vždy čisté a nádoby s chemickými látkami, ktoré sme vážili vrátíme dobre uzavreté na ich pôvodné – skladovacie – miesto;

- použitie váh zapíšeme do príslušného laboratórneho denníka (v prípade evidencie nejakých porúch okamžite informujeme vyučujúceho alebo zodpovedného za dané laboratórium);

- ak potrebujeme navážiť viacero látok, váhy medzitým nevypíname. Vypneme ich až po navážení všetkých látok, väčšinou len použitím gombíka *off*, t.j. nevypíname ich zo siete.



Ako používať analytické váhy:

[How to Use an Analytical Balance](#) (ENG)

[Chemistry - Using a Balance](#) (ENG)

[Using An Analytical Balance](#) (ENG)

[Weighing on an Analytical Balance, A Chemistry Lab Demo From Thinkwell](#) (ENG)

Parafilm

Parafilm je transparentná termoplastická krycia a tesniaca fólia. Zabraňuje kontaminácií vzoriek a ich odparovaniu. Je odolná voči soľným, anorganickým kyselinám a alkalickým roztokom. Používa sa (nielen) v laboratóriách - najčastejšie na uzavretie nádob s pripravenými roztokmi, či rôznymi prípravkami. Je tiež vhodným materiálom na váženie látok (ako jednoduchá jednorazová navažovacia lodička, resp. podložka). Parafilm je vyrobený z polyolefínov a parafinových voskov, neobsahuje zmäkčujúce látky. Je použiteľný v teplotnom rozsahu od - 45°C až do + 50°C.



[Parafilm | What is this thing?! \(ENG\)](#)

[How to Parafilm \(ENG\)](#)

[Lab Demo - Using Parafilm \(ENG\)](#)

[Parafilm Tips & Tricks \(ENG\)](#)

[Parafilm "M" \(M's a mystery...\) and its many lab uses \(ENG\)](#)

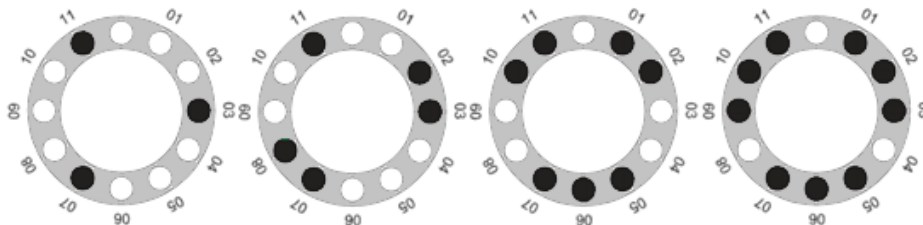
5.3 Centrifugácia

Centrifúga alebo odstredivka je rotačné zariadenie, ktoré pracuje na princípe použitia odstredivej sily na vložený materiál za účelom oddelenia (separácie) častíc od roztoku podľa ich veľkosti, tvaru, hustoty, viskozity média a rýchlosti rotora. Ide o to, že použitím odstredivej sily sa častice zmesi oddelia oveľa rýchlejšie, ako by sa separovali prirodzene. Platí, že čím väčšia je veľkosť a hustota častíc, tým rýchlejšie sa oddelia od zmesi. Je to preto, že hustejšie zložky zmesi migrujú preč od osi centrifúgy, t.j. pohybujú sa smerom von, zatiaľ čo menej husté zložky zmesi migrujú smerom k osi, t.j. presunú sa do stredu. Výsledkom je, že ťažšie častice (hustejšie zložky) sa hromadia na dne skúmavky - *sedimentujú*, zatiaľ čo látky s nízkou hustotou (častice s malou hmotnosťou) stúpajú na vrchol a vytvárajú *supernatant* (zostávajúci roztok), ktorý vieme pomerne ľahko odstrániť pomocou pipety.

Najčastejšie sa centrifúga používa na oddelenie rôznych ťažkých frakcií kvapalín a plynov, alebo na oddelenie kvapalín od pevných látok. Vo výskumných a klinických laboratóriách sa odstredivky často používajú na purifikáciu buniek, organel, vírusov, proteínov a nukleových kyselín, napr. na oddelenie krviniek od krvnej plazmy. Aj v našich domácnostiach často používame odstredivku – práčku – na žmýkanie bielizne pri praní.

Pre bezpečnú prácu s centrifúgou je potrebné dbať na nasledovné:

- centrifúga musí byť položená na pevnom a rovnom povrchu;
- do centrifúgy vkladáme len tie skúmavky, resp. nádoby, ktoré je do nej povolené vkladať a používať na centrifugovanie;
- na centrifugáciu používame len nepoškodené skúmavky - prasknuté by sa mohli pri vysokej rýchlosti roztrieštiť;
- do centrifúgy vkladáme zvonku čisté, prípadne aj vydezinfikované (najmä pri práci s nebezpečnými biologickými látkami) skúmavky, dobre ich uzavrieme, a ak to je potrebné aj označíme;
- každú skúmavku je potrebné v centrifúge vyvážiť protizávažím (takým istým objemom) na jej protíľahlej strane → takto zabezpečíme rovnomerné vyváženie rotora, t.j. zaistíme symetriu rovnováhy a hladké zrýchlenie na vysoké otáčky.
 - pokiaľ centrifugujeme len niekoľko vzoriek, je potrebné poukladať skúmavky so vzorkami symetricky podľa stredu rotora (alebo podľa pomyslenej osi), aby sa zabránilo deštruktívnym vibráciám → do centrifúgy je potrebné symetricky ukladať skúmavky rovnakej veľkosti, tvaru a s rovnakým objemom vzorky oproti sebe; pri nepárnom počte skúmaviek sa snažíme zachovať čo najväčšiu symetriu podľa stredu rotora (Obrázok č. 11);



Obrázok č. 11. Príklad rozloženia nepárneho počtu centrifugačných skúmaviek.

- hmotnosť skúmaviek by mala byť rovnaká (*natol'ko, nakoľko je to možné*). Je vhodné vyvažovať hmotnosť s presnosťou na 0,1 gramu a je dôležité *vyvážiť skúmavky podľa hmotnosti, nie objemu*. Nevyvážená centrifúga môže spôsobiť vážne poškodenie a poranenie personálu!
 - neodporúča sa preplňovať centrifúgu;
- po vložení skúmaviek do vnútra a dôkladnom uzavretí centrifúgy nastavíme *rýchlosť otáčania* (väčšinou sa udáva v otáčkach za minútu (*rpm*), ale je možná aj voľba rýchlosti v *rcf* jednotkách) a *čas*; zapneme centrifúgu;
 - niektoré centrifúgy poskytujú možnosť nastavenia a udržiavania požadovanej *teploty* počas celej doby centrifugácie;
-

- počas centrifugácie čakáme v bezpečnej vzdialenosti (najmä pri veľkých centrifúgach);
- ak sa centrifúga príliš kolíše, trasie alebo pracuje príliš hlučne je pravdepodobne nevyvážená, preto je potrebné ju okamžite vypnúť (zastaviť otáčanie);
- po skončení centrifugácie môžeme centrifúgu otvárať a vyberať z nej skúmavky až keď úplne zastane (dorotuje) – u väčšiny centrifúg je to zabezpečené automatickým uzamykaním, resp. odomykaním veka centrifúgy pri stlačení tlačidla *start* a *stop*, resp. po uplynutí času centrifugácie;
- ako všetko v laboratóriu – aj centrifúgu nechávame za sebou prázdnu a čistú, vypnutú, a samozrejme funkčnú (okamžite hlásime všetky poruchy cvičiacemu, školiteľovi, resp. zodpovednému za dané laboratórium).



Na doplnenie informácie:

[How to Use a Centrifuge](#) (text) (ENG)

[How to Use a Centrifuge](#) (ENG)

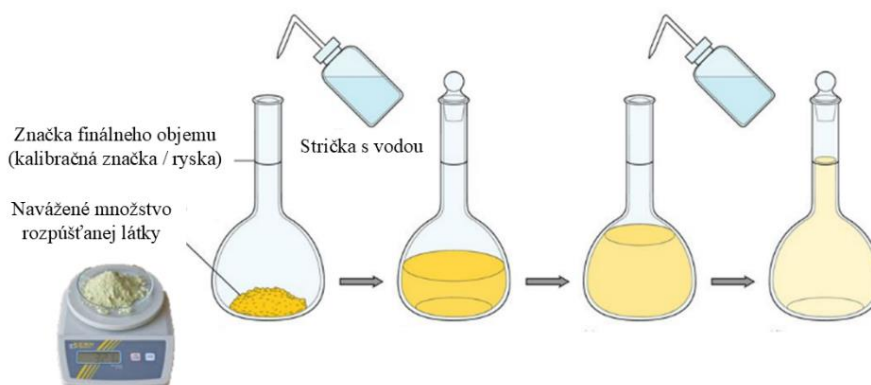
[How do you use a Centrifuge? A step-by-step guide!](#) (ENG)

[Basic Centrifugation](#) (ENG)

6. Príprava (tlmivých) roztokov

6.1 Príprava roztokov

Príprava roztoku je jednou zo základných laboratórných prác a potrieb, ktorá následne ovplyvňuje mnohé ďalšie aktivity a činnosti riešené a realizované v laboratóriu, či počas rôznych experimentov. Preto je vhodné a potrebné tomu venovať dostatočnú pozornosť, čas a priestor. V tomto momente začneme využívať aj vedomosti nadobudnuté a precvičené v rámci výpočtovej časti predmetu, resp. tohto učebného materiálu. Na Obrázku č. 12 je znázornená jednoduchá schéma postupu prípravy roztoku. Detailnejšie je popísaná v nasledujúcom odseku. Za rozpúšťadlo budeme považovať vodu; rovnaký postup však používame pri použití akéhokoľvek iného rozpúšťadla.



Obrázok č. 12. Zjednodušený protokol postupu práce pri príprave roztoku.

Na základe známej M_m , koncentrácie a objemu, ktorý chceme, resp. potrebujeme pripraviť, si **vypočítame** *navážku* - množstvo látky, ktoré potrebujeme navážiť - podľa vzťahu (2.8):

$$m \text{ (g)} = c \text{ (mol.dm}^{-3}\text{)} \cdot M_m \text{ (g.mol}^{-1}\text{)} \cdot V \text{ (dm}^3\text{)}$$

Poznámka: Výpočty si opakovane prekontrolujeme, pracujeme v pokoji a pozorne, aby sme kvôli zbytočnej nepozornosti a prílišnej rýchlosti neurobili nejakú „banálnu“ chybu. Jej dôsledkom by mohlo napríklad byť to, že spotrebujeme značné množstvo, resp. všetok dostupný materiál (látku, ktorú vážime a rozpúšťame, s ktorou pracujeme a ktorú vo väčšine prípadov aj študujeme) „len tak“. Zbytočné upotrebovanie materiálu môže znamenať, že ho vyčerpáme skôr, ako to bolo potrebné a plánované. Problémom je, ak si následne nemôžeme a nedokážeme ľahko a rýchlo zabezpečiť ďalší materiál, čo môže predstavovať značné predĺženie realizácie celého experimentu alebo dokonca až jeho stopnutie.

(1) Pripravíme si všetko potrebné na prípravu roztoku:

- *odmernú banku*, v ktorej budeme daný roztok pripravovať;
- pomocou *odmerného valca* si pripravíme potrebné množstvo *destilovanej vody* a z daného množstva si určitú časť (približne polovicu, max však do 80 % finálneho objemu, nikdy nie všetko!) prelejeme do odmernej banky, v ktorej budeme daný roztok pripravovať;
- pôvodnú (väčšinou komerčne zakúpenú) *flašu s príslušnou látkou*;
- navažovacia lodička, resp. navažovací papier a pod.;
- lyžičku alebo špachtľu;
- *zošit s výpočtom*.

Poznámka: Ak je to možné, všetko máme pripravené a pracujeme s tým v blízkosti používaných váh. Je to preto, aby sme skrátením vzdialenosti medzi váhami a pracovným miestom, čím viac znížili pravdepodobnosť straty určitého množstva naváženej látky. Nezabúdame tiež na to, že potrebujeme dostatočný prázdny priestor na laboratórnom stole.

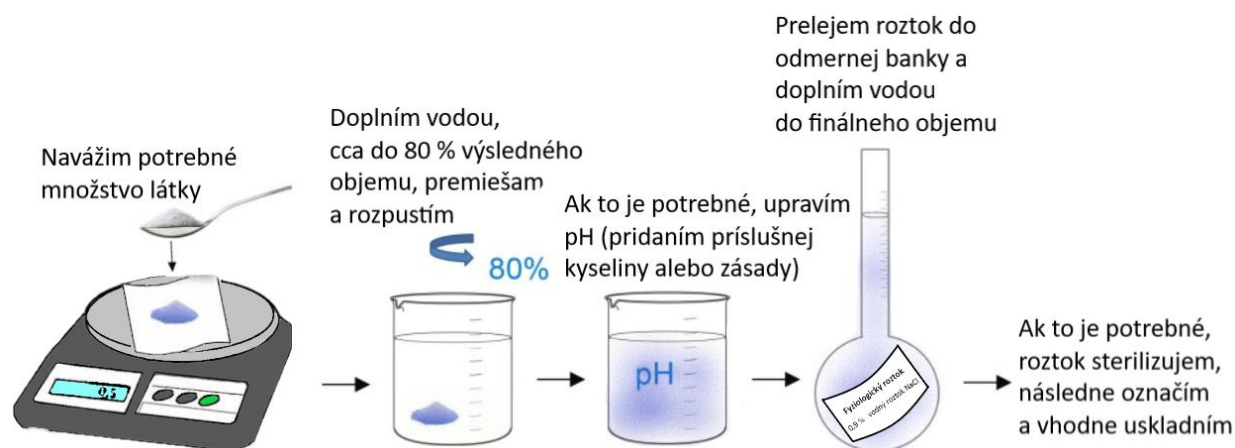
(2) Na (analytickej) váhe si správne a pozorne **odvážime** požadované množstvo príslušnej látky a opatrne (kvantitatívne \approx celú hmotnosť, bez akýchkoľvek, resp. s minimálnymi stratami) ho prenesieme do odmernej banky. To, čo sa dá, **zosypeme** do odmernej banky (veľmi opatrne a pozorne, aby sa nám nič nevysypalo mimo banku). Môžeme si tiež pomôcť zvyšnou vodou, ktorá nám ešte ostala v odmernom valci - pomocou pipety naplníme a opláchneme niekoľkokrát navažovaciu lodičku s tým, že všetku túto vodu prelejeme (zozbierame maximálne ako sa dá) do odmernej banky, v ktorej roztok pripravujeme. Urobíme to toľkokrát, koľkokrát sa nám to zdá nevyhnutné na to, aby sme z navažovacej lodičky získali všetok materiál. Ani v tomto kroku však ešte nepoužijeme úplne všetku vodu.

Poznámka: Ak nemáme ešte dostatok skúseností alebo sa obávame, že stratíme veľa materiálu pri jeho presypávaní priamo z navažovacej lodičky do odmernej banky (keďže tá má väčšinou úzke dlhé hrdlo), tak urobíme ešte jeden medzikrok: najprv si navážené množstvo látky rozpustíme v určitom množstve pripravenej vody preliatej do vhodnej kadičky, kde ho prvotne rozpustíme a až potom prelejeme do odmerného valca; na preliatie môžeme použiť lievik. Aj pri práci s kadičkou platí, že nepoužijeme naraz všetku pripravenú vodu.

(3) Odmernou bankou následne hýbeme tak, aby sme čím viac a lepšie **rozpustili** látku vo vode. Postupne dodávame zvyšné množstvo vody a miešame, až kým látku nerozpustíme celú a úplne. Po jej rozpustení, dolejeme celú vodu, resp. zvyšok vody - *pipetou alebo použitím lievika*; nikdy nie viac, ako po rysku - tak, aby sa meniskus kvapaliny dotýkal svojím spodným okrajom rysky; odmernú banku dobre uzavrieme.

Poznámka: Odmernou bankou hýbeme krúživými pohybmi tak, aby sme mierne, ale dostatočne premiešavali obsah banky. Môžeme tiež uzavrieť hrdlo odmernej banky a premiešať obsah tak, že budeme banku prevracať „hore a dole hrdlom“. Na premiešavanie kvapaliny v kadičke môžeme použiť sklenenú tyčinku. Ak pracujeme len s malými objemami kvapalín, teda na prácu s nimi používame ependorfy, vialky alebo malé skúmavky, na lepšie premiešanie ich obsahu môžeme použiť *vortex* alebo aj *ultrazvukový sonikátor*. Navyše, niekedy je potrebné a vhodné kvôli lepšiemu rozpúšťaniu látky v rozpúšťadle pripravovaný roztok zohrievať alebo upraviť jeho pH (Obr. č. 13).

Poznámka: Pripravené roztoky nemusíme uchovávať v odmerných bankách, v ktorých sme ich pripravovali - nie vždy máme k dispozícii dostatočný priestor na ich uskladnenie, či dostatok odmerných baniek. Môžeme si ich preliať do iných nádob, ktoré sú vhodnejšie na ich uskladnenie, ako aj na ďalšiu manipuláciu s nimi.



Obrázok č. 13. Zhrnutie základného postupu pri príprave roztoku (ktorý obsahuje aj krok navyiac - úpravu pH príslušného roztoku). Prekliknutím je možné si to ešte raz celé zopakovať prostredníctvom prehľadnej prezentácie (ENG).

(4) Pripravený roztok si riadne **označíme** - dostatočne trvalým štítkom alebo permanentnou fixkou; jasne a čitateľne naň zapíšeme nasledujúcu informáciu: *názov roztoku, koncentráciu roztoku, dátum prípravy, meno (iniciály)*, kto daný roztok pripravil a ho používa, prípadne aj *inú informáciu*, dôležitú napr. z hľadiska BOZP alebo skladovania daného roztoku; bezpečne a vhodne pripravený roztok **uskladníme** (v chladničke, zabalený v alobale, atď.).

Nie všetky látky sú rozpustné vo vode. Preto používame rôzne druhy rozpúšťadiel (Tabuľka č. 9). Je zrejmé, že pred prípravou roztoku je potrebné si ujasniť, v akom type rozpúšťadla sa látka, s ktorou pracujeme, (najlepšie) rozpúšťa. Potrebujeme dopredu vedieť, aké rozpúšťadlo môžeme a máme použiť. Vo všeobecnosti platí, že „rovnaké sa rozpúšťa v rovnakom“, čo znamená, že typ látky nám určuje typ rozpúšťadla, ktorý bude pre ňu vhodný. Informáciu o rozpustnosti, a teda aj vhodnom type rozpúšťadla, je možné nájsť v KBÚ príslušných látok, ako aj v mnohých vedeckých publikáciách.

Tabuľka č. 9. Tabuľka sumarizujúca základné rozdelenie a charakterizáciu rôznych druhov rozpúšťadiel.

Rozpúšťadlo	je tekutá fáza, ktorá rozpúšťa pevnú, kvapalnú alebo plynnú látku za vzniku roztoku; je v roztoku vo veľkom nadbytku.	
Dobré rozpúšťadlo	<i>je prchavé (ľahko odpariteľné - oddestilovateľné → ľahko sa oddelí – „zanechá“ rozpustenú látku; je chemicky stále (inertné); netoxické; nehorľavé; nekorozívne; poskytuje dobrú rozpustnosť; je miešateľné; má nízku teplotu varu / tuhnutia; má nízku cenu.</i>	
Polárne	Nepolárne	Organické
<i>Polárnosť rozpúšťadla rozhoduje o tom, aké typy chemických zlúčenín dokáže rozpustiť a s akými inými rozpúšťadlami alebo kvapalnými zlúčeninami je rozpúšťadlo miešateľné. Zvyčajne platí, že polárne rozpúšťadlá najlepšie rozpúšťajú polárne zlúčeniny a nepolárne rozpúšťadlá najlepšie rozpúšťajú nepolárne zlúčeniny.</i>		
→ <i>protické</i> (majú atóm vodíka viazaný na kyslík, dusík alebo fluorid): voda; alkoholy (etanol, metanol); kyselina octová; kyselina mravčia; kvapalný amoniak;	Alkány; benzén; toluén; sírouhlík; chloroform,...	= <i>prchavé organické zlúčeniny</i> → samostatne alebo v kombinácii s inými činidlami, bez toho, aby samy prechádzali chemickou zmenou, rozpúšťajú suroviny, výrobky, odpadové látky; používajú sa ako čistiaci prostriedok na rozpúšťanie

<p>→ <i>aprotické</i> (neschopné byť donor protónov; nemajúce hydroxylové a amínové skupiny): dimetylsulfoxid; etylacetát; acetón; dioxán; chlorid uhličitý.</p>		<p>znečisťujúcich látok (tzv. <i>chemické čistenie</i>); ako rozpúšťadlo / riedidlo, disperzné médium, prostriedok na úpravu viskozity alebo na úpravu povrchového napätia, ako zmäkčovadlo, či ako konzervačný prostriedok.</p> <p><i>Najčastejšie používané:</i> toluén, xylén, terpentín, hexán, acetón, styrén, atď.</p>
--	--	--

Na záver ešte pár slov o polarite látky, ktorá je podmienená prítomnosťou polárnych väzieb, t.j. odzrkadľuje distribúciu elektrického náboja v okolí atómov, chemickej skupiny alebo molekuly. Popisujeme ju pomocou vektorovej fyzikálnej veličiny *dipólový moment*. V dôsledku nerovnomerného rozloženia elektrónovej hustoty väzbových elektrónov získava jeden z atómov čiastočný záporný náboj a druhý rovnako veľký atóm čiastočný kladný náboj, čím dochádza k vzniku *dipólového momentu väzby*. Rozlišujeme ešte *dipólový moment molekuly*, ktorý je daný vektorovým súčtom dipólových momentov všetkých väzieb v molekule. Závisí od geometrie všetkých väzieb v molekule, t.j. od ich priestorového usporiadania, resp. ich symetrie. Polárnou molekulou je potom taká molekula, ktorej výsledný dipólový moment je nenulový, napr. H₂O, NH₃, SO₂. Pre nepolárne molekuly platí, že ich dipólový moment je nulový.



[Dipólový moment](#) (SK)

[Dipólový moment molekúl](#) (SK)

[Chemická vazba - polarita látok, dipólový moment](#) (CZ)

[Dipólový moment](#) (CZ)

Vortex

Vortex alebo trepačka (Obrázok č. 14) je malý laboratórny prístroj navrhnutý na miešanie kvapalín. Väčšinou pracuje v dvoch rôznych módoch, resp. režimoch:

- (i) *dotykovom*, pre ktorý sú charakteristické vysoké rýchlosti vortexovania ((pre)mieša(va)nia, pretrepávania); alebo
- (ii) *kontinuálnom*, ktorý pracuje pri nízkych, resp. nižších rýchlostiach, a umožňuje premiešavanie jednej alebo viacerých skúmaviek naraz.



Obrázok č. 14. Ilustratívne ukážky niekoľkých komerčných vortexov.

V nasledujúcom odseku je zhrnutých niekoľko poznámok k postupu a správne použitiu vortexu:

- pred miešaním je potrebné nastaviť rýchlosť miešania regulátorom rýchlosti – odporúča sa nastaviť rýchlosť na najnižší stupeň a postupne ju pridávať;
- v dotykovom móde (*touch mode*) sa miešanie spustí, len keď zatlačíme na miešaciu hlavu – kým vyvíjame tlak, prebieha miešanie; keď sa tlak nevyvíja, miešanie sa zastaví;
- pri miešaní je dôležité držať skúmavku tak zvisle, ako to je len možné; tiež ju je potrebné umiestniť do stredu miešacej hlavy;
- okrem dotykového módu je možné nastaviť aj časované, resp. kontinuálne miešanie, t.j. také miešanie, ktoré prebieha nepretržite určitý – nami nastavený – čas; v tomto prípade je potrebné vymeniť miešaciu hlavu za takú, do ktorej vieme stabilne vložiť a upevniť skúmavky (vialky, ependorfky a pod.), a ktorá vibruje nepretržite po stlačení štartovacieho tlačidla (nie je potrebné na ňu vytvárať tlak, aby došlo k premiešavaniu);
- ak médium špliecha zo skúmavky, resp. príliš silno udiera na jej steny (väčšinou používame uzavreté nádoby) alebo ak je prístroj nestabilný na pracovnom stole, je potrebné znížiť rýchlosť miešania, prípadne skontrolovať nasadenie miešacej hlavy.



[SCIOGEX MX-S Vortex Mixer](#) (ENG)

[How to Use a Vortexer / Mixer](#) (ENG)

[Vortex Mixer](#) (ENG)



Úloha: Pripravte 30 ml 0,5 M vodného roztoku chloridu sodného.

I. Výpočet (hmotnosti, ktorú potrebujeme navážiť):

$$V = 30 \text{ ml} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3$$

$$c = 0,5 \text{ M}$$

$$M_m(\text{NaCl}) = 58,44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\underline{\underline{m = ?}}$$

$$m = c \cdot M_m \cdot V = 0,5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot 58,44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 30 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 = 0,8766 \text{ g} = \mathbf{876,6 \text{ mg}}$$

II. Postup práce:

1. *Vypočítame hmotnosť rozpúšťanej látky.*
2. *Pripravíme si všetko potrebné na prípravu daného roztoku.*
3. *Odmeriame odmerným valcom požadovaný objem destilovanej vody (30 ml) a cca. 25 ml prelejeme do kadičky.*
3. *Na váhe odvážeme vypočítané množstvo NaCl (876,6 mg) a kvantitatívne prenesieme do kadičky s vodou.*
4. *Pri stálom miešaní NaCl vo vode rozpustíme.*
5. *Po rozpustení pomocou lievika prelejeme roztok do odmernej banky.*
6. *Pipetou doplníme destilovanú vodu po rysku odmernej banky (30 ml), zazátkujeme, premiešame a označíme štítkom s názvom roztoku, koncentráciou a dátumom prípravy; vhodne a bezpečne uskladníme.*

6.2 Kyseliny a zásady

Reakcie medzi kyselinami a zásadami patria medzi najrozšírenejšie chemické reakcie. Kyseliny a zásady často používame na úpravu pH roztokov a na prípravu tlmivých roztokov. Pri práci s nimi treba byť vždy veľmi opatrný a na prácu dobre pripravený. Tabuľka č. 10 ponúka sumárny prehľad definícií kyselín a zásad. Ďalšie odseky vysvetľujú, ako s kyselinami a zásadami pracovať, čo je to pH, ako pracovať s pH metrom, čo sú to tlmivé roztoky, na čo slúžia a ako si ich pripraviť. Ako pri iných témach a odsekoch, aj táto časť ponúka niekoľko videí, v rámci ktorých je možné sa s príslušnou problematikou zoznámiť bližšie a názornejšie.

Tabuľka č. 10. Sumárny prehľad definícií kyselín a zásad.

	Kyselina	Zásada
Arrheniova teória	<p>Kyseliny menia modrý lakmusový papierik na červený</p> <p>Zásady menia červený lakmusový papierik na modrý</p> <p>Roztok mení farbu pH papierika podľa svojho pH</p>	
	<p>= vo vodnom roztoku sa ionizuje za vzniku vodíkových katiónov:</p> $\text{HNO}_3 \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{NO}_3^-$	<p>= vo vodnom roztoku sa ionizuje za vzniku hydroxidových aniónov:</p> $\text{NaOH} \leftrightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$
Brönstedova teória	<p>= látka schopná odovzdávať, resp. odštepovať protón</p> <p>= donor protónu</p>	<p>= látka schopná prijímať, resp. viazať protón</p> <p>= akceptor protónu</p>
	<p>Každá kyselina je spriahnutá so zodpovedajúcou zásadou \Rightarrow vytvárajú tzv. <i>konjugovaný pár</i> \rightarrow v roztoku preto musia byť vždy prítomní obidvaja partneri súčasne, napríklad:</p> $\text{HCl} + \text{NH}_3 \leftrightarrow \text{NH}_4^+ + \text{Cl}^-$ <p style="text-align: center;"> K_1 Z_1 K_2 Z_2 </p> <p>Kyseliny a zásady = <i>protolyty</i> \Rightarrow reakcie medzi nimi za <i>protolytické</i>; voľné protóny v roztokoch nie sú schopné existencie.</p> <p><i>V Brönstedovom ponímaní môžu byť kyselinami a zásadami aj niektoré ióny (katiónové, resp. aniónové kyseliny a zásady).</i></p>	
Lewisova teória	<p>= môže viazať voľný elektrónový pár inej častice</p> <p>= akceptor voľného elektrónového páru</p>	<p>= donor voľného elektrónového páru</p>
	<p>Reakcia Lewisovej kyseliny a zásady je podmienená vznikom <i>koordinačnej (donorovo-akceptorovej) väzby</i>, napr. $\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_3\text{O}^+$</p>	



[Kyseliny a zásady - definice \(CZ\)](#)

[General Chemistry | Acids & Bases \(ENG\)](#)

[What is a base in Chemistry? Acids and Bases \(ENG\)](#)

[Co je kyselina a co zásada? \(CZ\)](#)

[The strengths and weaknesses of acids and bases \(ENG\)](#)

Práca s kyselinami a zásadami

Kyseliny a zásady (hydroxidy) sú silno leptajúce látky (žieraviny), ktorých už malé množstvo pri kontakte s kožou môže spôsobiť popáleniny alebo pri kontakte s očami ich môžu vážne poškodiť. Preto pri práci s kyselinami a zásadami:

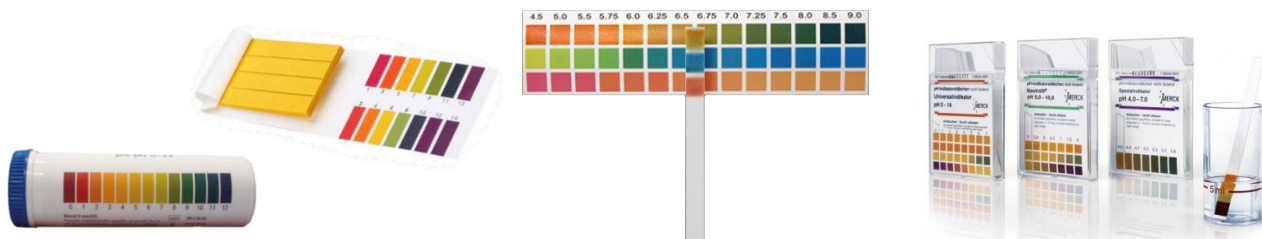
- pracujeme vždy opatrne a pozorne - chránime si oči, tvár, ruky, atď. - vždy používame ochranné rukavice, okuliare alebo štít;
- prelievame ich vždy za použitia lievika a fľašu držíme tak, aby sme nepoškodili označenie fľaše;
- pri riedení kyselín vždy lejeme kyselinu do vody a nikdy nie naopak (pomôcka na zapamätanie: v abecede je najprv písmeno „k“ a až potom písmeno „v“, teda „k ide do v“), po malých čiastkach, za stáleho miešania;
- zásadu vždy nalievame po tyčinke alebo po stenách nádoby;
- pri rozpúšťaní tuhého hydroxidu nenalievame vodu na hydroxid, ale sypeme hydroxid do vody;
- hydroxidy pri zahrievaní zvyknú vystrekovať vplyvom utajeného varu, preto k nim pridávame do varnej nádoby aj varné kamienky alebo sklenené guľôčky;
- prchavé látky, akými kyseliny, najmä koncentrované sú, uchováваме vo fľašiach so zabrúsenou zátkou a zabrúseným skleneným klobúčikom.

pH – stanovenie hodnoty pH

pH (acidita, kyslosť, vodíkový exponent) je číslo, ktorým vyjadrujeme v chémii, či vodný roztok je kyslý alebo zásaditý, resp. či reaguje kyslo alebo zásadito. Iná definícia hovorí, že je to číslo, ktoré môžeme vypočítať ako záporný dekadický logaritmus koncentrácie vodíkových iónov. Odtiaľ pochádza aj jeho skratka, resp. názov: „p“ znamená záporný dekadický logaritmus a „H“ je zjednodušený zápis [H], čo označuje koncentráciu H^+ iónov v roztoku. Alternatívne, ale nesprávne vysvetlenie názvu pochádza z latinského výrazu *potentia hydrogenii*, resp. *pondus hydrogenii*, čo v angličtine znamená *potential of Hydrogen* a slovenčine *potenciál vodíka*.

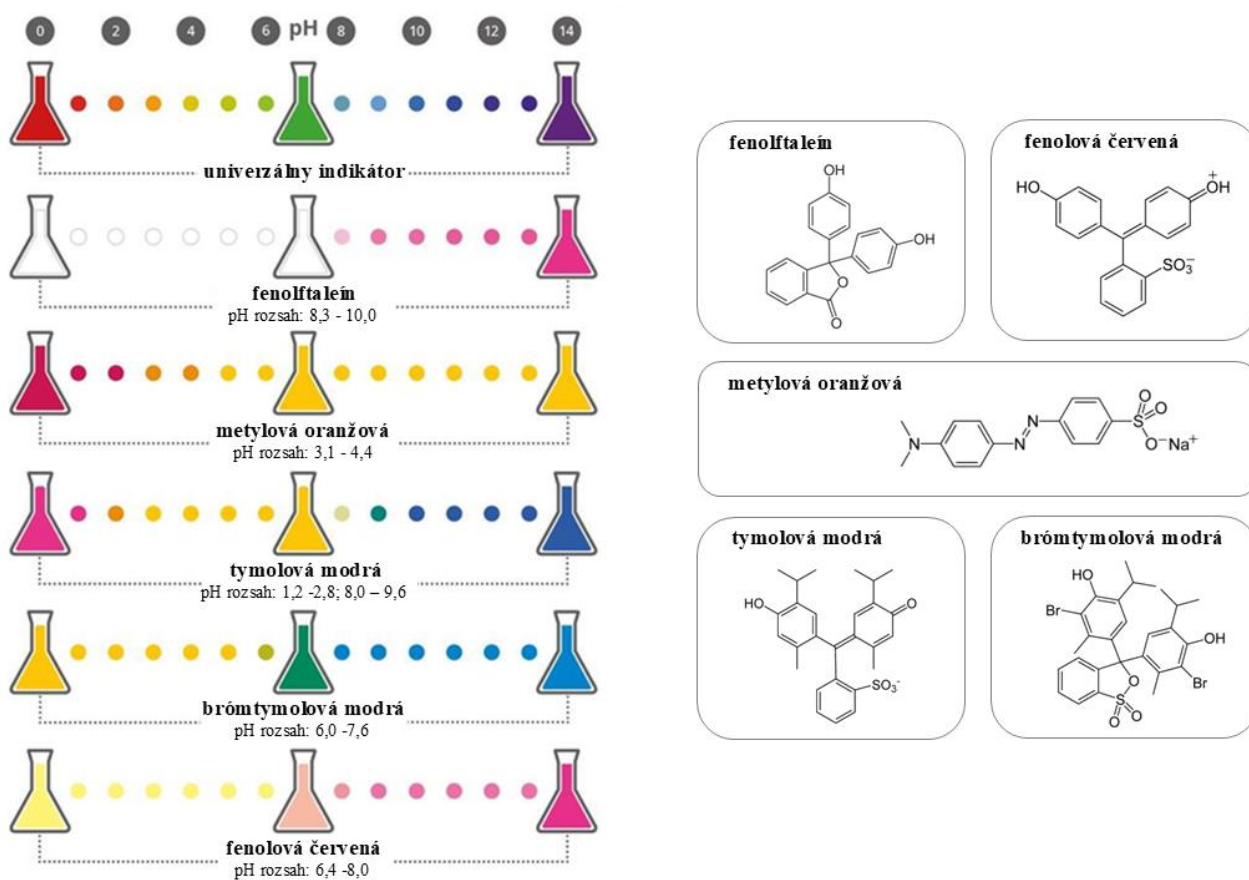
Hodnota pH je mierou obsahu vodíkových (alebo hydroxidových) iónov a určuje sa indikátormi. Presné určovanie hodnoty pH roztoku patrí k základným úlohám v chemických

laboratóriách, pričom na jeho stanovenie sa používa niekoľko metód. K jednoduchým patria *kolorimetrické metódy*, ktoré využívajú rôzne *acidobázické indikátory*. Hodnoty pH tak najčastejšie určujeme pomocou *indikátorových papierikov* (Obrázok č. 15). Na presnejšie merania používame elektrické meracie prístroje, tzv. *pH-metre*.



Obrázok č. 15. Ilustratívne príklady indikátorových papierikov.

Acidobázické indikátory sú organické zlúčeniny (kyseliny alebo zásady), ktoré sú citlivé – príslušne menia svoje zafarbenie – na zmenu koncentrácie vodíkových iónov v prostredí, v ktorom sú rozpustené (Obrázok č. 16). Ide o slabé kyseliny, prípadne slabé zásady, u ktorých ionizovaná forma indikátora má iné zafarbenie ako jeho neutrálna molekula.



Obrázok č. 16. Príklady štandardne používaných acidobázických indikátorov spolu s naznačením ich funkčných oblastí. V obrázku sú vykreslené aj chemické štruktúry daných molekúl.

Acidobázické indikátory sa väčšinou používajú na hrubé stanovenie pH hodnôt, pričom výber vhodného indikátora závisí od jeho funkčnej oblasti alebo farebného prechodu. Pod funkčnou oblasťou rozumieme interval medzi dvomi hodnotami pH, v ktorých možno pozorovať farebnú zmenu indikátora voľným okom. V tomto kontexte rozoznávame univerzálny indikátor pH, ktorého funkčná oblasť je od 0 do 14, a indikátory citlivé v určitom - špecifickom - rozsahu pH hodnôt.



[Co je to pH a jak spočítat pH? \(CZ\)](#)

[Acids, Bases, and pH \(ENG\)](#)

[pH Indicators Explained \(ENG\)](#)

[How to Read pH Strips \(text\) \(ENG\)](#)

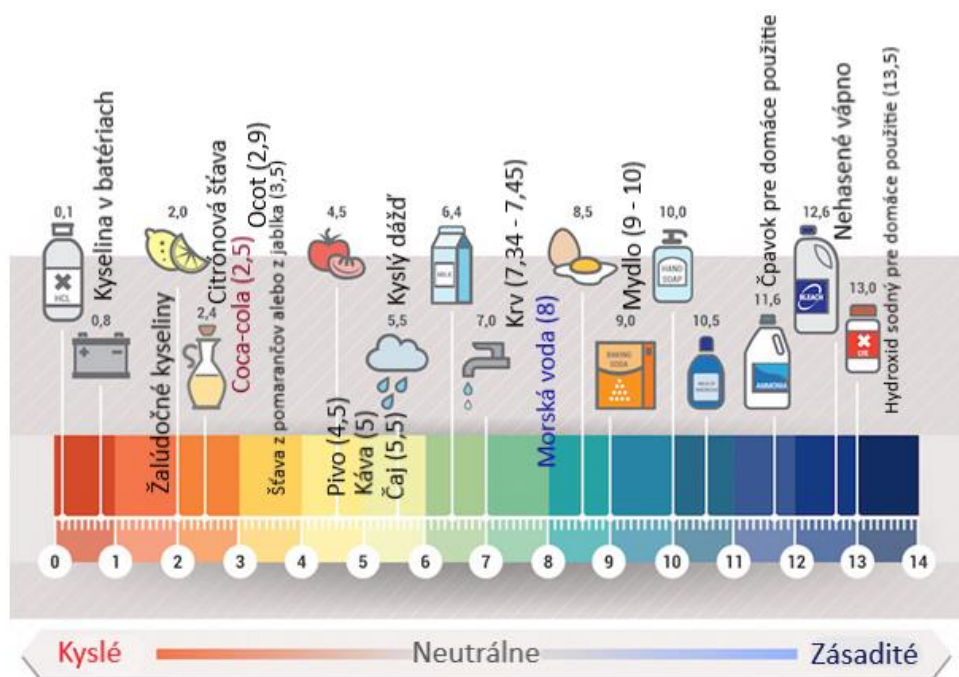


Úloha: Ak budete mať priestor, čas, chuť a materiál, „zahrajte sa“ a pripravte si doma pH [indikátor z červenej kapusty](#). Následne ho použite na stanovenie pH šťavy z citróna, pomaranča, jablka, alebo na určenie pH kávy, mydla, šampónu,... toho, čo Vám doma padne do rúk (Obrázok č. 17) a viete tomu určiť pH pomocou Vami pripraveného indikátora.



[Red Cabbage pH Indicator - Acid Base Indicator \(ENG\)](#)

[Meranie pH pomocou červenej kapusty \(SK\)](#) [Kyseliny, zásady, pH \(SK\)](#)



Obrázok č. 17. Ilustrácia pH hodnôt niektorých bežne dostupných vecí a potravín.

Meranie pH pomocou pH metra

Meranie pH je často považované za ľahké, rýchle a jednoduché. Napriek tomu, kvalita a presnosť každého merania významne závisia od správnej kalibrácie používaného pH metra.



[Using a pH Meter \(ENG\)](#)

[How to Calibrate and use the pH Meter? \(ENG\)](#)

[pH Meter Calibration \(ENG\)](#)

[How To: Measure pH with a pH Meter \(ENG\)](#)

[How to Calibrate and Verify pH Sensor \(ENG\)](#)

Hoci väčšina pH metrov funguje rovnakým, resp. podobným spôsobom, je potrebné sa stále riadiť konkrétnym manuálom dostupným k príslušnému prístroju. Napriek tomu, predstavme si postupnosť krokov sledovaných pri kalibrácii pH metra:

- prístroj je potrebné uviesť do režimu kalibrácie stlačením tlačidla CAL alebo stlačením a podržaním tlačidla ON / OFF dovtedy, kým sa na displeji nezobrazí CAL;
- v tomto bode väčšina pH metrov požaduje použitie kalibračného roztoku s pH 7,01 (*všetky pH metre je potrebné v prvom kroku kalibrovať na roztok s pH 7*) → vložíme elektródu (opláchnutú vodou a zľahka utretú jemným filtračným papierom) do kalibračného roztoku s pH 7 tak, aby elektróda bola ponorená v roztoku minimálne cca. 2,5 cm pod povrchom kvapaliny;
- snímače a meracie jednotky väčšiny pH metrov je naprogramovaných tak, aby automaticky rozpoznali aktuálne používaný kalibračný roztok → na displeji bliká symbol (presýpacích) hodín, resp. príslušná číselná hodnota dovtedy, kým sa prístroj neustabilizuje (*ak prístroj nedokáže kalibračný roztok rozpoznať, objaví sa na displeji odkaz WRONG*) → akonáhle sa výsledok ustáli, automaticky sa prístroj nakalibruje na hodnotu pH 7 (symbol hodín sa stratí a výsledná pH hodnota už viac neblíkajú);
- následne prístroj vyzve používateľa, aby použil ďalší kalibračný roztok (s pH 4,01; 9,18 alebo 10,01) → vyberieme elektródu z kalibračného roztoku pH 7,01, opatrne, ale dôkladne ju opláchneme destilovanou vodou, usušíme (jemným filtračným papierom) a následne ju vložíme do ďalšieho kalibračného roztoku (s pH 4,01; 9,18 alebo 10,01). Na prístroji sa opäť zobrazí

blikajúci symbol, resp. číselná hodnota; počkáme na jej ustálenie, čo znamená, že sa pH meter automaticky nakalibroval na príslušnú hodnotu pH a pH meter je v tomto momente nakalibrovaný na dve rôzne hodnoty pH;

- ak chceme pracovať s kyselinami, používame kalibračný roztok s pH 4,01; ak so zásadami, používame kalibračný roztok s pH 9,21 alebo 10,01;

- ak plánujeme stanovovať pH v celom jeho rozsahu, odporúča sa robiť minimálne trojbodovú kalibráciu, napríklad s kalibračnými roztokmi s pH 7,01; 4,01 a 9,28, pričom pre tretiu hodnotu pH nakalibrujeme pH meter rovnakým spôsobom, ako v predošlých dvoch prípadoch, avšak použijeme iný kalibračný roztok;

- realizácia minimálne trojbodovej kalibrácie sa odporúča aj v prípade, že neuskutočňujeme meranie pH v celom rozsahu jeho hodnôt, keďže kalibrácia pH metra a následne aj samotné meranie pH je po trojbodovej kalibrácii omnoho presnejšie;

- keď je pH meter pripravený na použitie, vyberieme elektródu z ostatne používaného kalibračného roztoku, opláchneme vodou, presušíme a ponoríme do roztoku, ktorého pH hodnotu stanovujeme;

- je vhodné každý z kalibračných roztokov, ako aj roztoky, ktorých pH meriame, pred použitím zľahka premiešať a následne počkať cca. 30 sekúnd, kým začneme merať; kalibračné roztoky je najlepšie používať čerstvé;

- väčšinou nie je potrebné uskutočňovať kalibráciu pred každým meraním – závisí to od prístroja a podmienok, v akých sa nachádza, resp. frekvencie použitia pH metra;

- pravidelná kontrola pH metra je užitočná a potrebná – odporúča sa realizovať ju minimálne raz za mesiac, resp. po 10 až 15 meraniach;

- pri mnohých pH metroch treba pamätať aj na teplotnú kompenzáciu - môže byť automatická alebo je potrebné ju nastaviť manuálne;

- ak s pH metrom nepracujeme, elektródu je potrebné ponoriť do udržiavaceho roztoku 3M KCl (alebo do kalibračných pufovacích roztokov), nikdy nie do destilovanej vody!;

- pH elektróda nesmie nikdy vyschnúť! – správna starostlivosť a manipulácia s elektródou predlžuje jej životnosť;

- ak sú na elektróde prítomné zvyšky soli (biele kryštáliky, resp. povlak) – ide o normálny jav – je potrebné elektródu opláchnuť vodou;

- elektródu oplachujeme zľahka vodou pred a po každom meraní, aby sme urýchlili jej odozvu a zároveň sa vyhli vzájomnej kontaminácii vzoriek.



Ako funguje laboratórny (digitálny) pH meter?

[pH Meter | working of glass electrode of pH meter](#) (ENG)

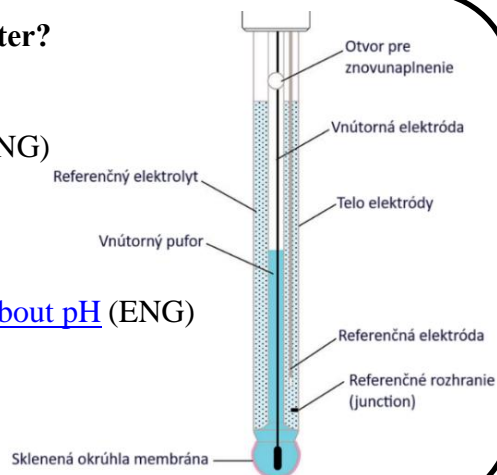
[How a pH meter works!](#) (ENG)

[Potentiometric pH measurement](#) (ENG)

[Using a pH Meter - Everything You Need to Know About pH](#) (ENG)

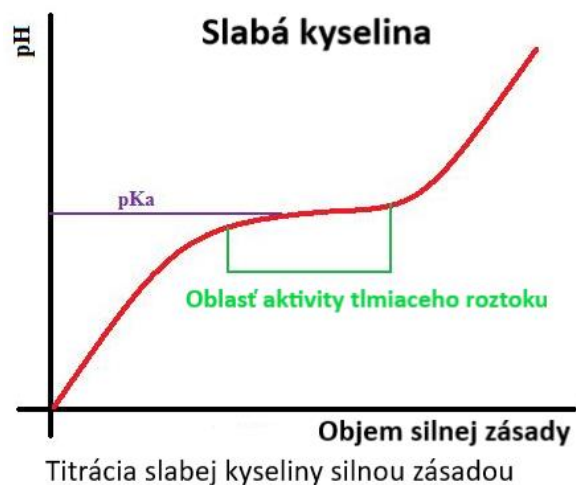
[Essentials of pH](#) (ENG)

[ELEKTROCHÉMIA](#) (SK)



6.3 Tlmivý roztok

Tlmivý alebo pufrovací roztok (z angl. *buffer*, pufor) je roztok, ktorý sa používa na udržanie konštantného pH. Ide o zmesi slabých kyselín alebo slabých zásad a ich solí. Kritérium, ktoré je rozhodujúce pri príprave a kontrole kvality tlmivého roztoku, resp. ktorým tlmivý roztok charakterizujeme je v prvom rade jeho *kapacita*. Tá predstavuje schopnosť tlmivého roztoku udržať určitú hodnotu pH aj po pridaní určitého množstva silnej kyseliny alebo silnej zásady. Inými slovami, udáva, koľko molov H^+ alebo OH^- iónov musíme k danému pufrovaciemu roztoku pridať, aby sa jeho pH zmenilo o jednotku (v kyslom alebo zásaditom smere). To nám následne definuje *pufrovaciu oblasť*, resp. oblasť aktivity daného tlmivého roztoku (Obrázok č. 18). Pri voľbe a príprave pufrovacieho roztoku tiež zisťujeme, aká je miera ovplyvniteľnosti jeho pH pri narietovaní roztoku, resp. pri zmene teploty.



Obrázok č. 18. Znáročenie oblasti aktivity tlmiaceho roztoku. Optimálna oblasť aktivity zvoleného tlmivého roztoku je daná jeho zložením.

Berúc do úvahy vyššie spomenuté charakteristiky môžeme predpokladať, že dobrý pufor je taký, ktorý má dostatočnú tlmiacu kapacitu v žiadanom rozsahu pH hodnôt; má dobrú rozpustnosť vo vode; disponuje pH rozsahom, ktorý je čo najmenej ovplyvniteľný podmienkami ako je teplota, koncentrácia iónov, koncentrácia reaktantov a pod. Okrem toho, nemal by pôsobiť inhibične, ani toxicky a mal by mať čo najmenšiu absorpciu v UV-Vis absorpčnom spektre.



[Buffers, the Acid Rain Slayer: Crash Course Chemistry](#) (ENG)

[Buffer Solutions Explained Simply](#) (ENG)

[Buffers](#) (ENG)

[Acid-Base Equilibria and Buffer Solutions](#) (ENG)

[Pufry](#) (CZ)

[Buffer Solutions](#) (ENG)

[Buffers](#) (ENG)

[Výpočet pH pufru](#) (CZ)

Príklady najčastejšie používaných tlmivých roztokov:

- **fosforečnanový (PBS):** $\text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{HPO}_4$; pH rozsah: 5,8 – 8,0
- **acetátový \approx octanový:** octan sodný + kyselina octová; pH rozsah: 3,7 – 5,6
- **Tris-HCl:** trishydroxymetylaminometán + HCl; pH rozsah: 7,0 – 9,0



Dnes sa už mnohé z často používaných tlmivých roztokov dajú jednoducho kúpiť ako pripravené tlmivé roztoky s požadovaným pH alebo pripraviť rozpustením komerčne dostupných tabliet v príslušnom množstve destilovanej vody.



Úloha: Pripravte 200 ml 0,1 M PBS tlmivého roztoku s pH 7,0 a s pH 7,8.

PBS pufor (Phosphate Buffer \approx Sorensen's Phosphate Buffer)

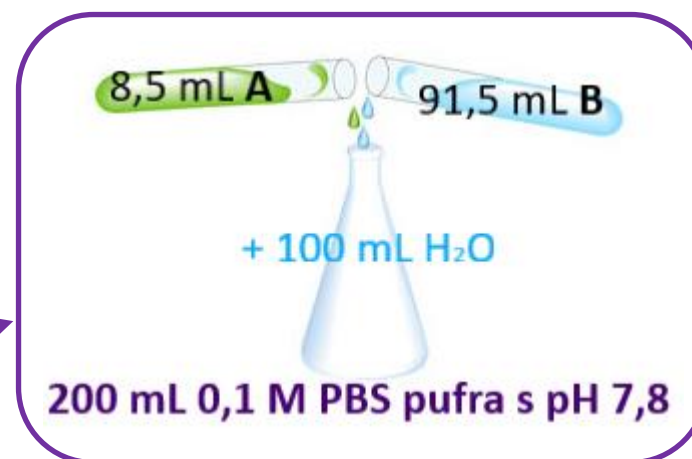
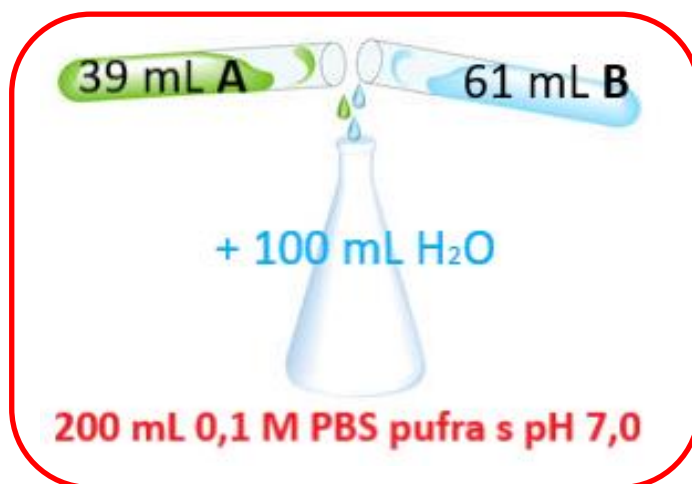
Zásobné roztoky:

A = 0,2 M NaH_2PO_4 (*slabá kyselina*); $M_m(\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 137,99 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

B = 0,2 M Na_2HPO_4 (*slabá zásada*); $M_m(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}) = 358,14 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Výsledný PBS roztok bude mať **0,1 M** koncentráciu a konečný objem **200 ml**

A [ml]	B [ml]	pH
92,0	8,0	5,8
87,7	12,3	6,0
81,5	18,5	6,2
68,5	31,5	6,5
62,5	37,5	6,6
56,5	43,5	6,7
51,0	49,0	6,8
45,0	55,0	6,9
39,0	61,0	7,0
33,0	67,0	7,1
28,0	72,0	7,2
23,0	77,0	7,3
19,0	81,0	7,4
16,0	84,0	7,5
8,5	91,5	7,8
5,3	94,7	8,0



Úloha: Pripravte 200 ml 0,1 M acetátového tlmivého roztoku s pH 5,2.

Acetátový pufo (kyselina octová + octan sodný)

Zásobné roztoky:

A = 0,2 M CH₃COOH (*slabá kyselina*); $M_m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 60,052 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

B = 0,2 M CH₃COONa·3H₂O (*slabá zásada*); $M_m(\text{CH}_3\text{COONa}\cdot 3\text{H}_2\text{O}) = 136,08 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Výsledný pufo bude mať **0,1 M** koncentráciu a konečný objem **200 ml**

IA [ml]	B [ml]	pH
90	10,0	3,7
88,0	12,0	3,8
82,0	18,0	4,0
73,5	26,5	4,2
63,0	37,0	4,4
51,0	49,0	4,6
41,0	59,0	4,8
30,0	70,0	5,0
21,0	79,0	5,2
14,0	86,0	5,4
9,0	91,0	5,6

Prípravíme si: zásobné roztoky A (0,2 M CH₃COOH) a B (0,2 M CH₃COONa.3H₂O); odmerný valec, kadičku (≥ 200 mL), fľašu na skladovanie (≥ 200 mL), pipety, sklenú tyčinku (magnetické miešadlo a magnetické miešadielko), pH meter, destilovanú vodu.

Postupujeme nasledovne:

1. Ideme pripravovať pufor s pH 5,2: pomocou odmerných valcov si nameriame zo zásobných roztokov 21 ml z roztoku A a 79 ml z roztoku B, vylejeme ich do kadičky a dobre premiešame.

2. Pridáme väčšinu (*takmer všetko, ale nie všetko*) zo 100 ml destilovanej vody, ktorú sme si predtým odmerali v odmernom valci. Všetko dobre premiešame (sklenenou tyčinkou alebo pomocou magnetického miešadla a miešadielka).

3. Do kadičky ponoríme pH elektródu (pH meter sme si pred prípravou tlmivého roztoku skontrolovali; ak bolo potrebné, aj nakalibrovali), počkáme (už nemiešame), kým sa hodnota pH na pH metri ustáli; odčítame ju.

4. Podľa odčítanej hodnoty – podľa toho, či je vyššia alebo nižšia ako požadované pH (v tomto prípade ako pH 5,2) – dodáme podľa potreby z roztoku A alebo B pár kvapiek – malé množstvo, dobre premiešame a znova odčítame hodnotu pH. Robíme tak dovtedy, až kým nastavíme želané pH ≈ 5,2. Finálne pH nastavujeme opatrne, to znamená, že slabú kyselinu, resp. zásadu pridávame len vo veľmi malých objemoch, aby sme príliš neovplyvnili konečný objem, a teda aj konečnú koncentráciu pripravovaného pufru (0,1 M). Konkrétne, ak máme hodnoty pH nad 5,2 (napr. 5,4), potrebujeme pH roztoku znížiť, preto použijeme pár kvapiek z roztoku A (slabej kyseliny);

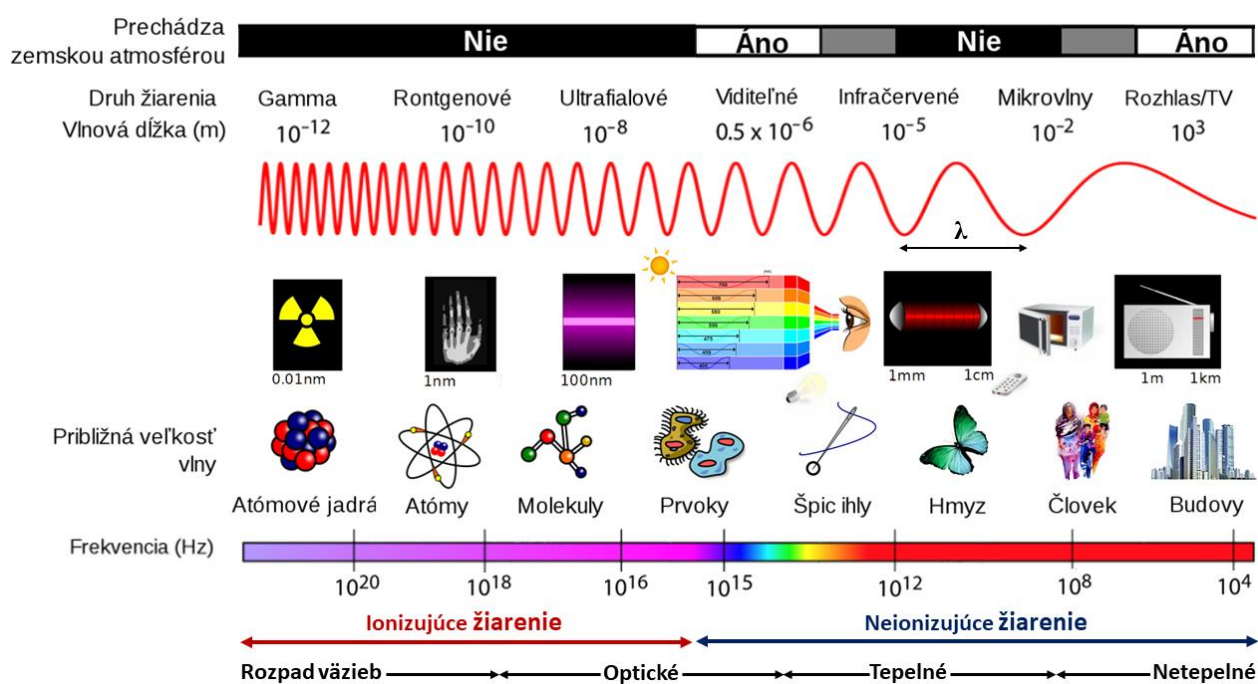
ak máme hodnotu pod pH 5,2 (napr., 5,0), tak v tomto prípade potrebujem pH roztoku zvýšiť, a preto použijeme pár kvapiek z roztoku B, teda z roztoku slabej zásady. Ak sme všetko dobre pripravovali, už po prvom zmiešaní príslušných množstiev zásobných roztokov slabej kyseliny, slabej zásady a vody by sme mali dostať pH veľmi blízke tomu požadovanému.

5. Prelejeme pripravený pufovací roztok do vhodnej fľaši, uzavrieme, označíme štítkom (názov, resp. skratka príslušného pufovacieho roztoku, jeho koncentrácia, pH, dátum prípravy, naše meno, resp. iniciály) a vhodne odložíme / skladujeme.

6. Nezabudneme za sebou všetko vyčistiť, povypínať a odložiť.

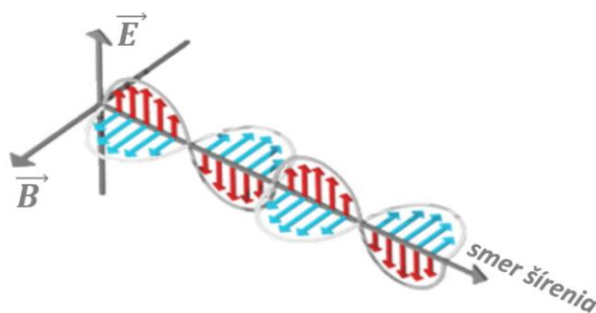
7. Úvod do spektroskopie

Spektroskopia je fyzikálna metóda, ktorá využíva svetlo na určovanie kvalitatívnych a kvantitatívnych vlastností študovanej hmoty, ako aj na štúdium fyzikálnych procesov. Inými slovami, je to fyzikálna metóda zaoberajúca sa vznikom a vlastnosťami spektra svetla, ktoré je výsledkom interakcie elektromagnetického (*elmag*) žiarenia (Obrázok č. 19) so vzorkou (atómami, molekulami, iónmi). Je nástrojom, ktorý nám pomáha porozumieť a objasniť podstatu interagujúcej látky, jej štruktúru a dynamiku molekúl interagujúcej hmoty. Zjednodušene, používame svetlo, aby sme študovali hmotu.



Obrázok č. 19. Spektrum elmag žiarení a ich príslušné charakteristiky.

Elmag vlna, resp. elmag žiarenie predstavuje prenos energie, ktorý sa prejavuje lokálne prostredníctvom zmeny elmag poľa. Ide o dej, pri ktorom dochádza k priestorovej a časovej zmene zložiek elmag vlnenia: vektora intenzity elektrického poľa (\vec{E}) a súčasne vektora magnetickej indukcie (\vec{B}) (Obrázok č. 20).



Obrázok č. 20. Elmag vlna.

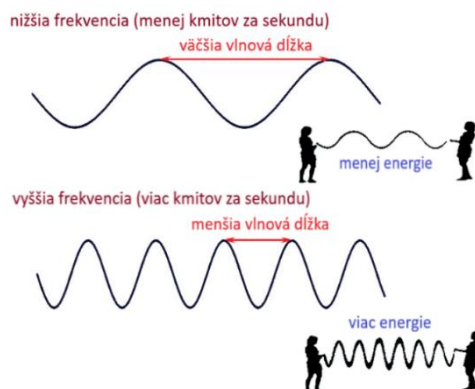
Svetlo sa tak správa ako vlna, ktorá nesie kvantované množstvo energie, ale neprenáša hmotu. Inými slovami, svetlo je energia, ktorá nás obklopuje. Je to elmag vlnenie charakterizované tromi základnými vlastnosťami: (i) svietivosťou, resp. amplitúdou; (ii) farbou, resp. frekvenciou (ν) alebo vlnovou dĺžkou (λ); a (iii) uhlom vlnenia, resp. polarizáciou. Frekvencia a vlnová dĺžka sú navzájom prepojené vzťahom:

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \quad (7.1)$$

a následne aj s množstvom energie, ktoré svetlo nesie:

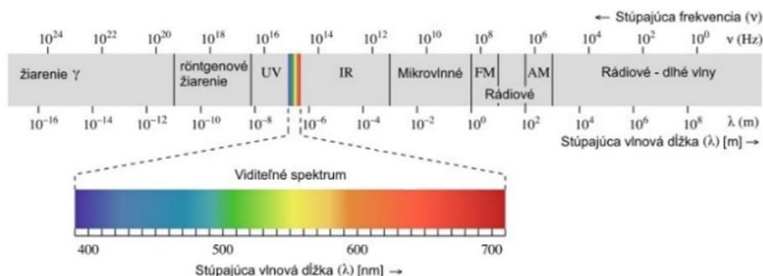
$$E = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda} \quad (7.2)$$

pričom h je Planckova konštanta ($h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ J.s) a c je rýchlosť svetla ($c = 3 \cdot 10^8$ m.s⁻¹). Rýchlosť šírenia viditeľného svetla vo vzduchu je skoro taká istá, ako rýchlosť svetla vo vákuu ($\nu \approx c$). V iných prostrediach je rýchlosť šírenia sa svetla menšia. Vlnová dĺžka je vzdialenosť, ktorú prejde svetlo v prostredí počas jednej periódy. Frekvencia je počet vĺn za časovú jednotku. Platí, že čím väčšia je vlnová dĺžka, tým menšia je frekvencia, a naopak. Polarizácia je „smer, v ktorom vlna osciluje“. Svetelné vlny sú priečne polarizované, to znamená, že oscilujú v smeroch kolmých k smeru ich šírenia sa.



Viditeľné svetlo

Viditeľné svetlo (VIS, z angl. *visible*) predstavuje priečne elmag vlny, ktorých frekvencia je v rozsahu od 10^{14} do 10^{15} Hz, a vlnová dĺžka v rozsahu od **360** do **760 nm** (Obrázok č. 21). Ak sa pozrieme na zastúpenie VIS svetla v rámci elmag spektra, je zjavné, že VIS svetlo predstavuje len jeho veľmi malú časť, **iba 2,5%** z celého elmag spektra. Napriek tomu je VIS svetlo dôležitým a veľmi často používaným nástrojom, ktorý využívame na štúdium hmoty a jej vlastností.



Obrázok č. 21. Zloženie elmag spektra.

VIS svetlo patrí k tzv. tepelným žiareniam. Jeho hlavným zdrojom je Slnko – VIS spektrum je dané len teplotou povrchu Slnka, ktorá je približne 5800 °C. Slnčné svetlo je biele svetlo, ktoré je tvorené rozličnými farbami, t.j. elmag žiarením rozličných vlnových dĺžok. Získame ich,

keď biele svetlo rozložíme v dôsledku závislosti indexu lomu na vlnovej dĺžke na jednotlivé farebné lúče, resp. spektrálne farby. Pri rozklade svetla sa od pôvodného smeru najmenej odkláňa červená farba, najviac fialová; zároveň platí, že červená zložka má približne dvojnásobnú vlnovú dĺžku ako má modrá zložka. VIS svetlo je absorbované zelenými rastlinami, rôznymi farebnými objektmi a pod.; je tiež silne absorbované ľudským telom, avšak jeho energia nie je dostatočne vysoká na to, aby spôsobovala fyziologicky škodlivú ionizáciu molekúl.

Hmota je tvorená atómami a molekulami, ktorých elektróny obiehajú okolo jadra po diskretných energetických hladinách. Elektrónové hladiny tak popisujeme určitým priestorovým rozložením vlnovej funkcie elektrónov. Najnižšia energetická hladina je *základná*, hladiny zodpovedajúce vyšším energetickým stavom nazývame *excitované*.



[Spectroscopy Basics](#) (ENG)

[What Is Spectroscopy?](#) (ENG)

[Types of Molecular Spectroscopy](#) (ENG)

7.1 Interakcia svetla a hmoty

Interakcia svetla s hmotou spôsobuje prechody medzi energetickými hladinami molekúl, pričom základnými procesmi, ku ktorým dochádza je *absorpcia* a *emisia*. Podmienkou existencie týchto procesov je, že energia absorbovanej, resp. emitovanej vlny je *kvantovaná*. Inak, energia je absorbovaná, resp. emitovaná v diskretných množstvách zodpovedajúcich rozdielu príslušných energetických hladín. Zároveň je, podľa vzťahu (7.2), priamo úmerná frekvencii interagujúceho žiarenia ν . Za normálnych podmienok je molekula látky v základnom elektrónovom stave. Energia tohto stavu (E_0) je daná súčtom základnej elektrónovej (E_e), vibračnej (E_v) a rotačnej energie (E_r):

$$E_0 = E_e + E_v + E_r \quad (7.3)$$

Pre absorbovanú energiu potom platí, že rozdiel energie excitovaného stavu (E_1) a energie základného stavu (E_0) sa musí rovnať energii prijatého kvanta žiarenia:

$$\Delta E = E_1 - E_0 = h\nu \quad (7.4)$$

Súčasne je daný súčtom rozdielov jednotlivých energií:

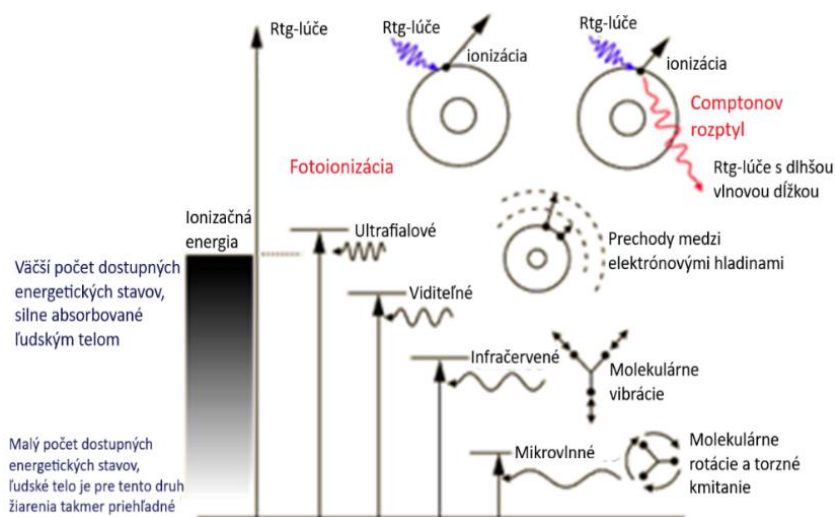
$$\Delta E = \Delta E_e + \Delta E_v + \Delta E_r \quad (7.5)$$

Keď vezmeme do úvahy Bornovu-Oppenheimerovu aproximáciu, ktorá nám hovorí,

že elektrónový, vibračný a rotačný pohyb nezávisia jeden od druhého, potom aj k zmene energie molekuly prispievajú jednotlivé druhy energie nezávisle. Zároveň platí, že veľkosť energetických zmien je rôzna - najväčšia je zmena elektrónovej energie, najmenšia rotačnej energie molekúl:

$$\Delta E_e \gg \Delta E_v \gg \Delta E_r \quad (7.6)$$

Z vyššie uvedeného vyplýva, že vieme využívať rôznu energiu – rôzne druhy elmag žiarenia – na interakciu s hmotou. Výsledkom budú rôzne efekty, či poruchy v materiáli (Obrázok č. 22), ktorých štúdium je základom rôznych spektroskopických techník (Obrázok č. 23).



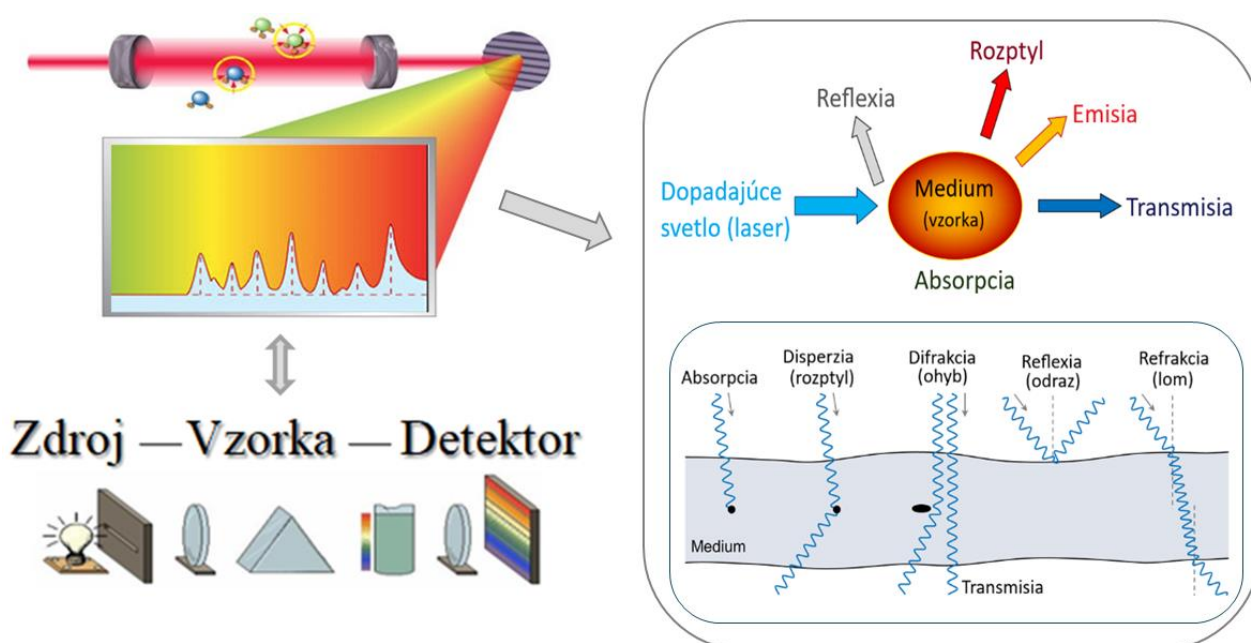
Obrázok č. 22. Interakcia elmag žiarenia s hmotou.

λ (meter)	Oblasť	Kvantový prechod/kvantová zmena	Spektroskopia a jej aplikácie
10^{-11}	Kozmické žiarenie	atómové jadro	Medicina a priemysel (gamagrafia) Onkogenéza
	Gamma-žiarenie	rozpad väzieb	
		zmeny v konfigurácii jadra	
5×10^{-9}	Hmotnostná spektrometria	difrakcia elektrónov	Difrakcia rtg. lúčov Využitie v medicíne (rádiológia, počítačová tomografia - CT) Teratogenéza
	RTG-žiarenie	zmeny v distribúcii vnútorných elektrónov	
2×10^{-7}	d'aleká	Elektrónové hladiny σ	emisia, absorpcia, fluorescencia
	Ultrafialová	Elektrónové hladiny π	
4×10^{-7}	blízka	Elektrónové hladiny π	UV-viditeľná spektroskopia Cirkulárny dichroizmus Optická rotačná disperzia Opaľovanie - spálenie Spôsobuje rakovinu kože a/alebo tvorbu melanómov
	Viditeľná	zmeny v distribúcii väzbových elektrónov	
7×10^{-7}	d'aleká	hamonické vibrácie	Infračervená a Ramanova spektroskopia Určovanie štruktúry organických molekúl Infračervené zohrievanie
	Infračervená	rotačno-vibračné zmeny molekúl	
5×10^{-4}	blízka	základné vibrácie	Radar Mikrovlnné zohrievanie organickje hmoty
	Mikrovlny	rotácia a torzia molekúl	
3×10^3	3,4	TV-FM	Nukleárna magnetická rezonancia Určovanie štruktúry organických molekúl a biomolekúl medicínske NMR zobrazovanie
	180	krátke vlny	
	566	stredné vlny	
10^3	dihé vlny	zmena spinu jadier a elektrónov (v magnetickom poli)	Ultraszvuk (Doppler) Zvuk
	Ultraszvuk		
	Elektrické siete		
	Zvuk		

Obrázok č. 23. Spektroskopické techniky, ich pôvod a použitie.

Spektroskopický experiment

Povedali sme si, že spektroskopia je nástroj, ktorý nám pomáha porozumieť a objasniť podstatu, štruktúru a dynamiku molekúl. Používame (1) svetlo (**zdroj elmag žiarenia**), aby sme študovali (2) so svetlom interagujúcu hmotu (**vzorku**). V dôsledku tejto interakcie môže dochádzať – v závislosti od charakteru látky a energie použitého žiarenia – k rôznej odozve, t.j. efektom a javom, ako je napr. odraz svetla, absorpcia, emisia, či rozptyl svetla. Na ich detekciu potrebujeme vhodný (3) **detektor**. K tejto základnej schéme každého spektroskopického experimentu (Obrázok č. 24) by sme mali ešte doplniť aj to, čo je jeho výsledkom. **Spektrum** vykresľuje závislosť príslušnej intenzity signálu (napr. absorpcie alebo intenzity rozptýleného svetla) vyjadrenú v relatívnych jednotkách od vlnovej dĺžky, frekvencie alebo vlnočtu.



Obrázok č. 24. Základná schéma spektroskopického experimentu. V dôsledku interakcie svetla a hmoty dochádza k rôznym efektom, ktoré následne študujeme.

Všetky spektroskopické experimenty, a teda aj príslušné techniky zahŕňajú:

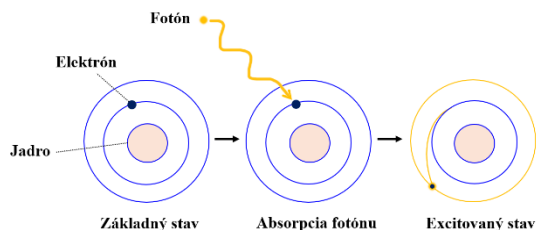
1. ožarovanie vzorky vybraným zdrojom elmag žiarenia;
2. meranie absorpcie, emisie alebo rozptylu žiarenia po jeho interakcii so vzorkou v závislosti od rôznych parametrov;
3. interpretáciu nameraných dát za účelom získania významných a užitočných informácií ohľadne študovaných vzoriek. Získané informácie môžu byť štruktúrálného, dynamického, energetického a/alebo analytického charakteru.

Je zrejmé, že jednotlivé techniky nemajú univerzálne použitie, ale každá z nich má svoje výhody a nevýhody, resp. obmedzenia, či charakteristickú oblasť použitia. Preto je dôležité

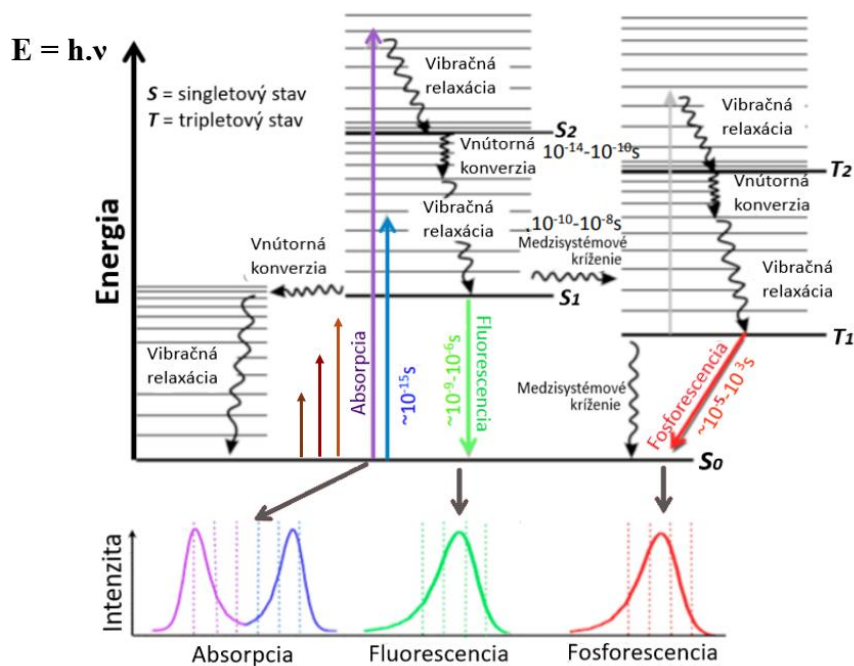
sa s danými technikami dobre oboznámiť, poznať ich princíp fungovania, typ informácie, ktorý môžeme ich použitím získať, napr. či ide len o kvalitatívne výsledky alebo vieme pomocou danej techniky uskutočniť aj kvantitatívne analýzy. V neposlednom rade je tiež dôležité vedieť príslušné experimenty aj uskutočniť. Samozrejme, výber vhodnej spektroskopической techniky je významne podmienený aj samotnou vzorkou, ktorú chceme študovať a prečo ju chceme študovať.

7.2 UV-Vis absorpcia

Pri **absorpcii** fotónov žiarenia z ultrafialovej (UV) alebo viditeľnej (VIS) oblasti elmag spektra prejde molekula zo základného do excitovaného stavu - dopadajúce žiarenie excituje systém na vyššiu energetickú hladinu - a súčasne dôjde k zmene elektrónovej konfigurácie v molekule. Táto zmena energetického stavu po absorpcii fotónu sa nazýva *prechod* a dôjde k nemu len vtedy, ak energia absorbovanej vlny odpovedá rozdielu energií medzi dvoma elektrónovými energetickými hladinami.



Pre lepšie pochopenie fyzikálnej podstaty absorpcie je vhodné sa začať postupne oboznamovať s **Jablonského diagramom** (Obrázok č. 25).



(₀ – základný stav; _{1,2} – excitované stavy ; – elektrónové hladiny; – vibračné hladiny)

Obrázok č. 25. Jablonského diagram znázorňuje základné fotofyzikálne procesy prebiehajúce po absorpcii fotónu molekulou.

Hoci ide o celkom komplikovaný energetický diagram, my sa aktuálne sústreďíme len na niektoré jeho časti. Za normálnych podmienok sa molekula látky nachádza v základnom elektrónovom stave (S_0). Pohltím určitého kvanta energie, ktorého zdrojom je dopadajúce – interagujúce – svetlo, molekula prejde do excitovaného stavu S_1 , resp. S_2 (*fialová, resp. modrá šípka*). Týmto prechodom zodpovedajú a ich výsledkom sú **absorpčné spektrá** (*fialová, resp. modrá krivka*). Keďže pre molekulu je zotrvanie v tomto stave energeticky náročné, zotrvá v ňom len veľmi krátko ($\sim 10^{-15}$ s) a následne prechádza rôznymi dezaktivačnými prechodmi späť do základného stavu.



[Electron Excitation](#) (ENG)

[Emission and Absorption Spectra](#) (ENG)

[Spectrophotometry introduction](#) (ENG)

Spektrálna metóda založená na meraní a vyhodnocovaní absorpčných spektier sa nazýva **UV-VIS absorpčná spektrofotometria**. Len pre úplnosť informácie je dobré dodať, že rozoznávame dva druhy absorpčnej spektroskopie: (i) pri absorpcii UV a VIS žiarenia ($\lambda = 200 - 800$ nm: UV 190 – 400 nm; VIS 400 – 800 nm) dochádza k excitácii vonkajších (väzbových) elektrónov a technika sa nazýva *elektrónová (UV-VIS) absorpčná spektroskopia*; (ii) pri absorpcii žiarenia z oblasti s dlhšími vlnovými dĺžkami ($\lambda = 1 - 10^3$ μm) dochádza k zmene vibračných a rotačných stavov molekúl a techniku poznáme ako *infračervenú (vibračnú) absorpčnú spektroskopiu*.

UV-VIS absorpčné spektrá odzrkadľujú ako samotné elektrónové prechody prebiehajúce medzi rôznymi energetickými hladinami v určitých atónoch, či skupinách atómov študovaných molekúl, tak aj intenzitu týchto prechodov. Sú dôsledkom absorpcie určitého kvanta tzv. rezonančnej energie molekulou a demonštrujú závislosť pravdepodobnosti absorpcie od vlnovej dĺžky.

UV-VIS absorpčná spektroskopia je teda technikou, ktorá meria množstvo absorbovanej, resp. *prepustenej* (to, čo nebolo absorbované, ale *len tak prešlo*) energie molekulou v závislosti od vlnovej dĺžky žiarenia. Akým spôsobom sa to deje udáva **Lambertov-Beerov zákon**. Ak svetlo s intenzitou I_0 prechádza látkou, napr. roztokom s molárnou koncentráciou c v kyvete s hrúbkou d , tak dochádza k zmenšeniu jeho počiatkovej intenzity takým spôsobom, že pre intenzitu prepusteného svetla I platí nasledovné:

$$T = \frac{I}{I_0} \quad (7.7)$$

kde T predstavuje *transmitanciu*, resp. množstvo svetla, ktoré prešlo vzorkou. *Absorpcia* nám udáva, aká časť svetla bola pohltaná, t.j. $1-T$. Vzťah medzi transmitanciou a absorpciou svetla

(vo všeobecnosti, žiarenia) môžeme vyjadriť pomocou *absorbancie* (A), pre ktorú platí:

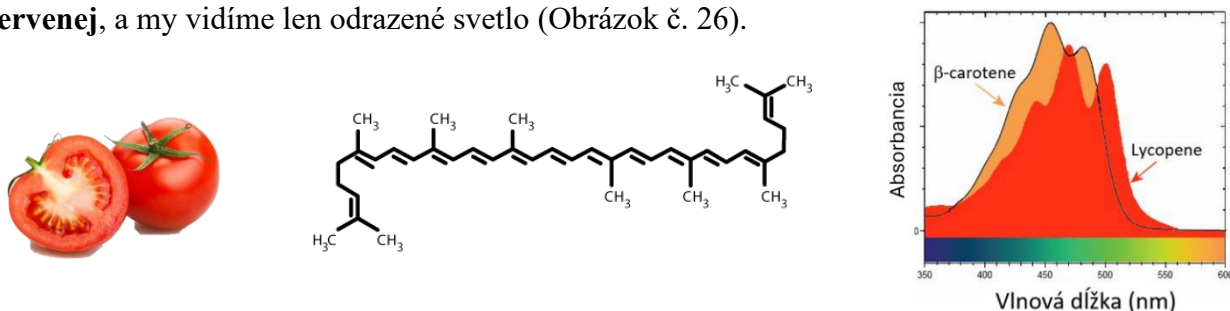
$$A = -\log T = \log \frac{I_0}{I} \quad (7.8)$$

V lineárnej forme je definovaná vzťahom:

$$A = \varepsilon \cdot c \cdot d \quad (7.9)$$

kde ε je *mólový absorpčný koeficient* (charakteristika každej látky udávajúca pravdepodobnosť prechodu pri danej vlnovej dĺžke) a d je optická dráha svetla. A je bezrozmerná veličina. Absorpčné spektrum predstavuje závislosť absorbancie od vlnovej dĺžky.

Skôr ako prejdeme k detailnejšej analýze absorpčného spektra, pozrime sa na absorpciu ešte trochu inak. Aby látka bola viditeľná, musí byť farebná. Skutočnosť, že látka má farbu, je spôsobená tým, že absorbuje určité frekvencie, resp. vlnové dĺžky viditeľného spektra a tie ďalšie prepúšťa, resp. odráža. Znamená to, že to, čo my vidíme ako farbu, sú vlnové dĺžky svetla, ktoré neboli absorbované. Ako príklad si môžeme uviesť zrelé paradajky, ktoré sa nám javia ako červené. Paradajky obsahujú svetlo-červený karotenoidný pigment lykopén. Paradajka, resp. lykopén sa javí ako červená/ý, pretože **absorbuje všetky farby z viditeľného svetla, okrem červenej**, a my vidíme len odrazené svetlo (Obrázok č. 26).



Obrázok č. 26. Paradajka, molekula lykopénu a príslušné absorpčné spektrum.

Absorpčné spektrum pozostáva zo série absorpčných pásov, u ktorých analyzujeme: **(1)** polohu maxima absorpčného pásu (λ_{\max}); **(2)** priepustnosť, resp. absorpciu, t.j. intenzitu v maxime (A_{\max}); a **(3)** tvar. Na základe týchto parametrov vieme identifikovať zlúčeniny, najmä organické látky, ktoré vo svojej štruktúre obsahujú *chromofórne skupiny*, ako sú napr. C=O, N=N, N=O, konjugované dvojité väzby, a pod. *Chromofór* je molekula alebo časť molekuly, ktorá môže byť excitovaná prostredníctvom VIS alebo UV svetla, t.j. ktorá absorbuje dané svetlo a je zodpovedná za farbu molekuly.

Stanoviť, resp. identifikovať látky pomocou UV-VIS absorpčnej spektrofotometrie znamená **premerať závislosť $A=f(\lambda)$** , kde λ je vlnová dĺžka použitého monochromatického svetla. Grafické znázornenie tejto závislosti reprezentuje **absorpčná krivka**, z ktorej vieme odčítať, aké žiarenie (pri ktorej vlnovej dĺžke, λ_{\max}) meraná látka najviac absorbuje. Spektrálny profil a λ_{\max} sú charakteristické pre jednotlivé skupiny chromofórov a na základe týchto parametrov môžeme

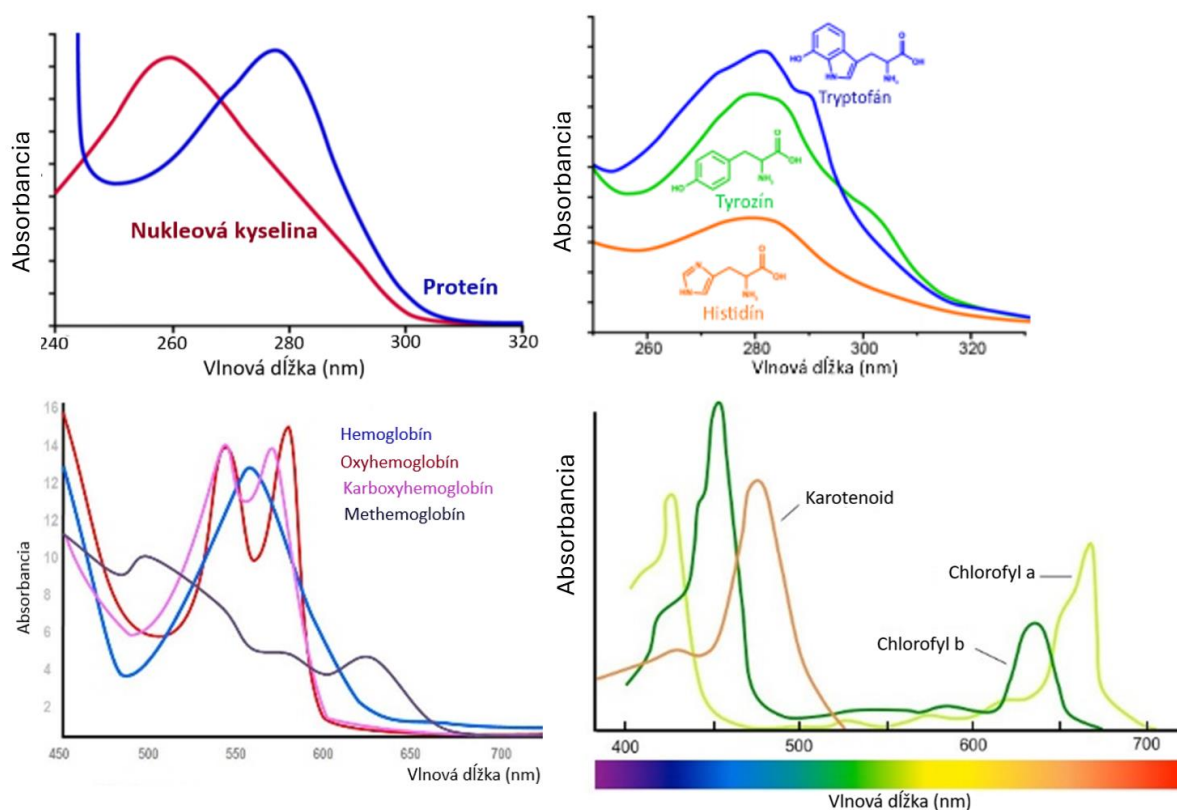
identifikovať jednotlivé skupiny molekúl.

Prostredníctvom UV-Vis absorpčnej spektroskopie uskutočňujeme dva 2 typy analýz:

1. **Kvalitatívna analýza:** skúma štruktúru organických látok a ich identifikáciu, keďže absorpcia žiarenia molekulami závisí od ich chemickej štruktúry.
2. **Kvantitatívna analýza:** koncentrácia stanovenej látky sa určuje na základe merania intenzity (veľkosti, resp. miery) absorpcie žiarenia a použitím Lambert-Beerovho zákona.

Absorpcia svetla v živých systémov

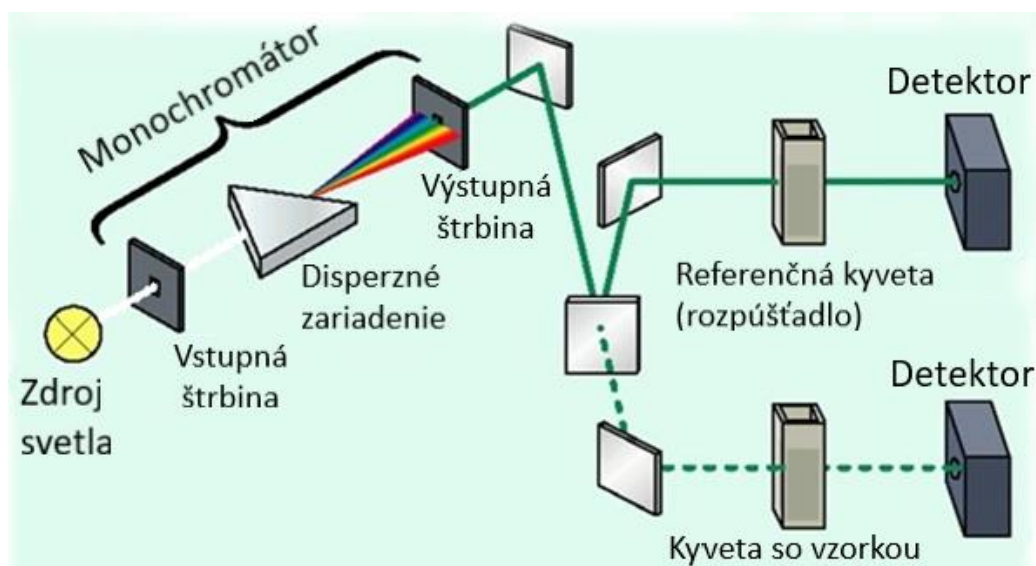
Biologické systémy absorbujú svetlo vďaka molekulám ako sú proteíny a ich aminokyseliny, z ktorých sa skladajú pomocou polypeptidických a disulfidických väzieb; dusíkaté bázy nukleových kyselín; ako aj ďalšie chromofóry typu hemové skupiny (v hemoglobíne), či porfirínové molekuly, melanín; atď. (Obrázok č. 27). Čo sa týka napr. tkaniva, jeho celková absorpcia je daná jeho biologickým zložením, teda súbor pigmentov, ktoré predstavujú chromofóry definujúce príslušné absorpčné spektrá.



Obrázok č. 27. Príklady absorpčných spektier niektorých významných biologických (makro)molekúl.

Absorpciu žiarenia meriame pomocou absorpčných spektrofotometrov (Obrázok č. 28). Postup merania UV-VIS absorpčných spektier:

- skôr ako začneme merať - cca 15-20 min pred meraním - je potrebné zapnúť a nechať stabilizovať zdroj svetla – lampu;
- ešte pred meraním – je potrebné sa oboznámiť s meracím programom;
- rozlišujeme medzi jednolúčovým a dvojlúčovým spektrofotometrom – rozdiel je najmä v priestore určenom pre kyvety a použití jednej alebo dvoch optických dráh, a teda aj lúčov súčasne; pri každom spektrofotometri je potrebné si najprv namerať *referenčné absorpčné spektrum* (vzduchu, prázdnej kyvety, vody, použitého rozpúšťadla,...), to znamená, namerať si *baseline* → prístroj si ho zadefinuje ako *nulovú hodnotu*, oproti ktorej následne meria zmeny v absorbancii študovaných vzoriek (roztokov);



Obrázok č. 28. Schematické znázornenie dvojlúčového UV-VIS absorpčného spektrofotometra.

- dvojlúčový spektrofotometer má držiak pre kyvetu so vzorkou bližšie k používateľovi, držiak pre referenčnú kyvetu je *viac vo vnútri* (ďalej od používateľa) → v priebehu merania meníme už len vzorku, referenčná kyveta je stále tá istá – pre jednu sériu meraní;
- *baseline* potrebujeme namerať minimálne v takom spektrálnom rozsahu, v akom budeme merať → ak sme namerali *baseline* v rozsahu od 200 do 900 nm, potom môžeme merať vzorky v rozsahu od 200 do 900 nm, ale aj v menšom spektrálnom rozsahu, napr. od 200 do 600 nm, no nikdy nie naopak: ak máme *baseline* nameraný od 200 nm do 450 nm a chceme merať od 200 nm do 600 nm – nemôžeme! – musíme si najprv namerať *baseline* od 200 nm do 600 nm;
- je potrebné používať „len“ (čím viac) transparentné (prehľadné) roztoky – aby nedochádzalo k významnému pohlcovaniu, či rozptylu svetla na vzorke a k iným nežiaducim efektom;
- ak pracujeme až do UV oblasti, je potrebné používať kyvety z **kremenného skla** (optické sklo nie je postačujúce, pretože pohlcuje UV svetlo; kremenné kyvety sú označené väčšinou písmenom Q

(z angl., *quartz*) alebo UV) → vo VIS oblasti môžeme používať ako sklenené, tak aj plastové (jednorazové) kyvety ⇒ pri každej z kyviet je dostupná informácia o spektrálnej oblasti, v ktorej sú použiteľné (na obale, v ktorom sa uchovávajú);

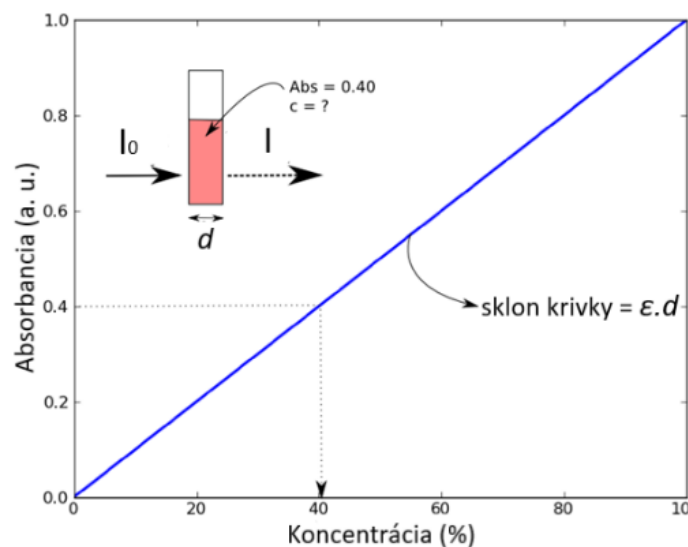
- absorpčné kyvety sú charakteristické tým, že majú 2 zo 4 strán matné, resp. majú opticky opracované len 2 zo 4 strán → svetelný lúč prechádza opracovanými stranami;
- odporúča sa vkladať kyvetu do držiaka stále rovnako;
- najmä pri kvantitatívnych meraniach (najčastejšie určovanie koncentrácie) je dôležité mať stále čistú a suchú kyvetu, keďže odčítavame maximálnu hodnotu absorpcie pri definovanej vlnovej dĺžke, t.j. maximum absorpčného pásu;
- používané kyvety majú väčšinou objem 3 ml a optická dráha je 1 cm (sú k dispozícii aj kyvety s menšími objemami, resp. s kratšími optickými dráhami) → pri výpočte koncentrácie pomocou Lambertovho-Beerovho zákona potrebujeme poznať d (optickú dráhu lúča);
- Lambertov-Beerov zákon platí dobre len pre nízke koncentrácie (pre hodnoty absorpcie nižšie ako 1) ⇔ pri veľmi zriedených roztokoch sa neprejavuje závislosť absorpcie od indexu lomu meraného roztoku, a preto je absorpcia priamo úmerná koncentrácii;
- väčšinou pracujeme s koncentráciami, ktoré sú rádovo $\sim 10^{-6} - 10^{-4}\text{ M}$ (priamo z absorpčnej krivky vieme zistiť koncentráciu meraného roztoku, ktorý sa väčšinou nezhoduje so zásobným roztokom, ktorého koncentráciu chceme zistiť, resp. overiť → pamätať na to, že sme zásobný roztok nejakým spôsobom riedili, aby sme dostali *merací* roztok ⇒ je potrebné na základe získanej koncentrácie meraného roztoku spätne prepočítať koncentráciu zásobného roztoku);
- väčšina spektrofotetrov pracuje v spektrálnej oblasti od 200 do 900 nm;
- okrem klasického merania absorpčného spektra a určovania koncentrácie (analytické stanovenie látok absorbujúcich v tejto oblasti) je možné využiť UV-VIS absorpčnú spektroskopiu aj pri vyšetovaní štruktúry molekúl, na sledovanie tvorby komplexov s iónmi kovov (pri štúdiu komplexotvorných rovnováh), sledovanie kinetiky reakcií látok absorbujúcich v tejto oblasti, či realizáciu titračných experimentov.





Príklad: Stanovte kalibračnú krivku a na jej základe určte neznámu koncentráciu absorbujúcej látky (AL):

- (1) premeriame závislosť $A = f(\lambda)$ a zistíme λ_{\max} AL;
- (2) pripravíme sériu roztokov so stúpajúcou a presne známou koncentráciou AL;
- (3) zmeriame absorpčné spektrum AL pre každú pripravenú koncentráciu a odčítame príslušnú hodnotu $A(\lambda_{\max})$;
- (4) overíme platnosť Lambertovho-Beerovho zákona $\rightarrow c = \frac{A(\lambda_{\max})}{\epsilon \cdot d}$ \rightarrow vykreslíme túto závislosť ($A(\lambda_{\max}) = f(c)$), čím súčasne získame kalibračnú čiaru (krivku) pre stanovenie neznámej koncentrácie AL (Obrázok č. 29);
- (5) neznámu koncentráciu stanovíme zmeraním absorbancie roztoku stanovovanej látky, ktorý pripravíme rovnakým spôsobom ako kalibračné (štandardné) roztoky (experimentálne podmienky pri meraní musia byť zhodné s podmienkami pri meraní kalibračnej čiary!) \rightarrow na základe nameranej $A(\lambda_{\max})$ stanovovanej látky odčítame z predtým získanej kalibračnej krivky príslušnú – neznámu – koncentráciu.



Obrázok č. 29. schematické znázornenie dvojlúčového UV-VIS absorpčného spektrofotometra



[The Spectrophotometer: A demo and practice experiment](#) (ENG)

[How a Simple UV-visible Spectrophotometer Works](#) (ENG)

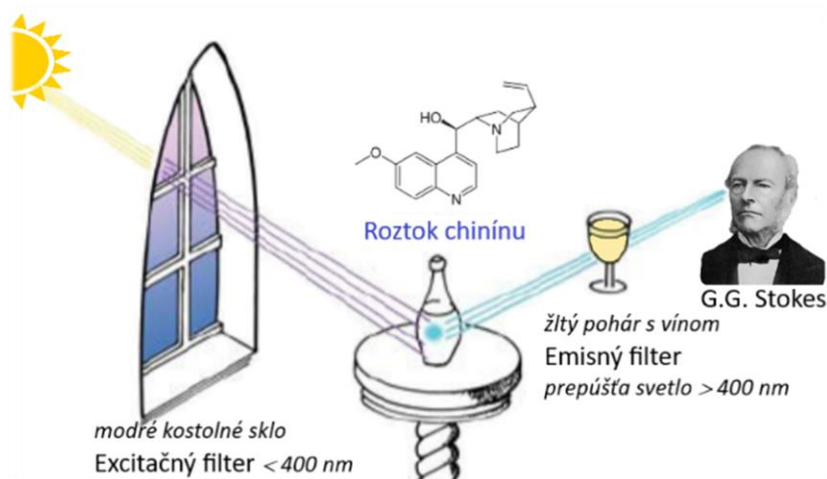
[Mastering Absorption Spectroscopy | UV & Visible Spectroscopy](#) (ENG)

[Explain Construction and Working of Double Beam Spectrophotometer](#) (ENG)

7.3 Fluorescencia

Molekula potom, čo pri interakcii s dopadajúcim svetlom absorbuje určité kvantum energie a je excitovaná na vyššie energetické hladiny, nezotrva v tomto stave dlho, ale po veľmi krátkom čase prechádza rôznymi dezaktivačnými prechodmi späť do základného stavu. Jedným významných v rámci týchto prechodov je **emisia** alebo **vyžiarenie** svetla látkou s energiou, ktorá je iná - menšia - ako tá, ktorá bola látkou absorbovaná. Inak povedané, systémy excitované na vyššie energetické hladiny emitujú žiarenie pri prechode na nižšie energetické hladiny. Emisiu označujeme aj ako **luminiscenciu**, ktorú, v závislosti od charakteru elektrónového excitovaného stavu, delíme na **fluorescenciu** a **fosforescenciu**. V Jablonského diagrame (Obr. č. 25) sú tieto prechody a ich príslušné spektrá označené a odlíšené zelenou a červenou farbou. Fluorescenciou tak nazývame jav, pri ktorom je svetlo emitované atómom alebo molekulou po ohraničenej dobe nasledujúcej po absorpcii elmag žiarenia.

Princíp fluorescencie vysvetlil v roku 1852 sir George Gabriel Stokes na základe pozorovania sira Johna F. W. Herschel. Ten v roku 1845 prvýkrát pozoroval a popísal fluorescenciu pomocou chinínového roztoku a slnečného svetla (Obrázok č. 30). Pozoroval, že pri dopade slnečného svetla na fialovú sklenenú tabuľu kostolného okna sklenenou tabuľou prechádzalo už len fialové svetlo ($\lambda = 400 \text{ nm}$ a vysokou energiou). Keď takto filtrované svetlo dopadalo na roztok chinínu, spôsobilo jeho excitáciu, ktorej dôsledkom bolo, že sir Herschel pozoroval emitované modré svetlo ($\lambda = 470 \text{ nm}$ a nižšou energiou).



Obrázok č. 30. Schematické znázornenie experimentu pozorovaniu Stokesovho posunu.

Keďže problematika fluorescencie je naozaj veľmi široká, vysoko nad rámec tohto učebného textu i vyučovaného predmetu *Laboratórna technika a výpočty*, všetkým záujemcov o hlbšie štúdium v tejto oblasti na začiatok odporúčam jedno z vydání **Lakowicz, J. R.: Principles of Fluorescence Spectroscopy**. Teraz len pár základných pojmov a charakteristík.

Fluorescencia je veľmi rýchla a keďže podmienkou jej vzniku je, aby molekula absorbovala fotóny s určitou energiou, v dôsledku čoho prejde zo základného do excitovaného stavu, v prípade, že nedôjde k ožiareniu látky, resp. externé žiarenie zhasne, fluorescencia zmizne.

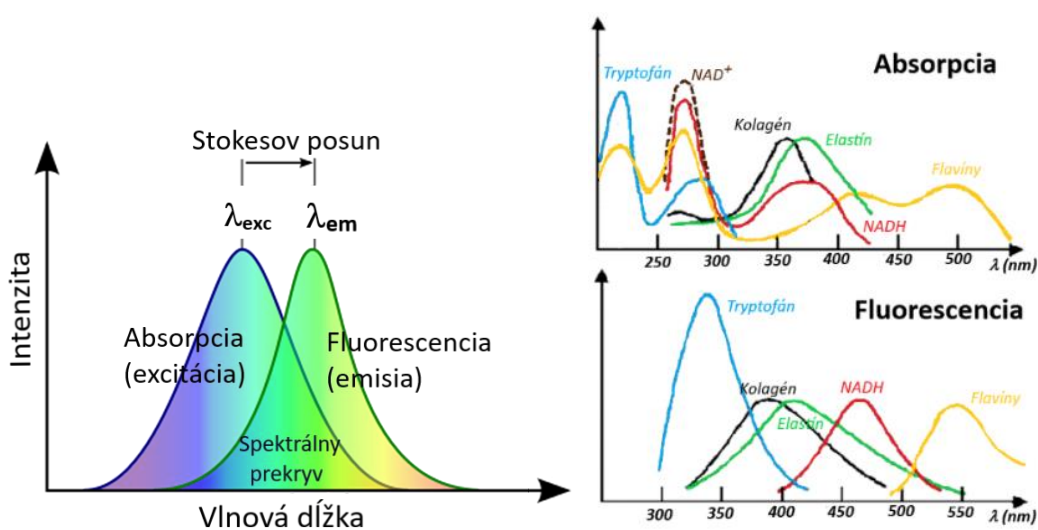
Látka schopná absorbovať a emitovať svetlo sa nazýva *fluorofór*. Typickými príkladmi fluorofórov sú molekuly obsahujúce konjugované π elektróny. Čo sa týka živých systémov, prirodzene fluoreskujúcimi látkami, t.j. látkami s vnútornou fluorescenciou (autofluorescenciou), sú niektoré proteíny a malé molekuly v bunkách (napr., NADH, tryptofán, zelený fluorescenčný proteín (GFP) a pod.). Aj preto je fluorescenčná spektroskopia jednou zo štandardne používaných techník na štúdium biologických molekúl. Použitie má aj vtedy, ak sa v študovanom systéme nenachádzajú fluorofóry, pretože je možné previesť (špecifické) fluorescenčné *značenie* externým fluorofórom, t.j. fluorescenčnou farbičkou (značkou, sondou) - zvyknú to byť malé fluorescenčné molekuly, proteíny alebo *quantum dots*.

Výsledkom fluorescenčnej spektroskopie je spektrum popisujúce závislosť intenzity fluorescencie od vlnovej dĺžky excitujúceho žiarenia. Fluorescenčné spektrá, a teda aj merania, rozdeľujeme na:

- **excitačné (absorpčné)** – meriame závislosť intenzity fluorescencie od vlnovej dĺžky budiaceho, resp. excitujúceho žiarenia v krátkovlnnej oblasti;
- **emisné (fluorescenčné)** – meriame závislosť intenzity fluorescencie od vlnovej dĺžky emitovaného žiarenia.

Fluorescencia je zložitý a kontrolovaný jav riadiaci sa určitými pravidlami, ktoré nám následne definujú aj základné charakteristiky fluorescenčných spektier :

(i) **Stokesov posun**, resp. *posun do červena* predstavuje rozdiel (spektrálne posunutie) medzi excitačným a emisným spektrom v nanometroch.



Obrázok č. 31. Znázornenie Stokesovho posunu, ktorý môžeme pozorovať aj pri porovnaní absorpčných a fluorescenčných spektier konkrétnych molekúl.

Vysvetlenie: Dôvodom je rýchly pokles (prechod) elektrónu na najnižšiu vibračnú hladinu prvého excitovaného elektrónového stavu S_1 . Okrem toho, u niektorých fluorofórov je Stokesov posun spôsobený ich rozpúšťacím účinkom, formáciami komplexov, či prenosom energie.

(ii) *nezávislosť* emisného spektra (jeho tvaru) od excitačnej vlnovej dĺžky - **Kashovo pravidlo** - znamená, že môžeme excitovať žiarením s akoukoľvek vlnovou dĺžkou.

Vysvetlenie: Dôvodom je rýchla vibračná relaxácia molekuly ($\sim 10^{-12}$ s), t.j. ak sa molekula nachádza v excitovanom vibračnom stave, najprv energiu stratí nežiarivým prechodom, dôsledkom čoho sa dostane na základnú hladinu prvého excitovaného elektrónového stavu (S_1). Fotón je vo väčšine prípadov emitovaný práve zo stavu S_1 , pričom sa vracia na vibračnú hladinu vyššiu, ako tá, z ktorej bol excitovaný. Vlnová dĺžka emitovaného žiarenia je - v súhlase s rovnicou (7.2) – väčšia ako vlnová dĺžka absorbovaného žiarenia.

(iii) v prípadoch, kedy molekula obsahuje len jeden typ fluorofóru je emisné spektrum takmer zrkadlovým spektrom absorpčného, resp. excitačného spektra - **zrkadlové pravidlo**.

Vysvetlenie: Dôvodom sú rovnaké prechody zapojené do emisie a absorpcie žiarenia, ako aj podobnosti energetických vibračných hladín S_0 a S_1 .

Na záver je ešte dobre spomenúť proces *zhášania fluorescencie*, pri ktorom dochádza k znižovaniu intenzity fluorescencie. Väčšinou je to dôsledok vyšších koncentrácií fluorofóru, pri ktorých dochádza k neelastickým zrážkam excitovaných molekúl s molekulami v základnom stave alebo k ich asociáciám. Potom rozlišujeme nasledovné spôsoby zhášania: (i) *zhášanie kolíziou*, kedy excitovaný fluorofór je deaktivovaný po kontakte s inou molekulou v zlúčenine, tzv. zhášačom; alebo (ii) *fluorescenčné zhášanie*, pri ktorom fluorofóry vytvárajú nefluoreskujúce komplexy so zhášačmi. Dôležitým je tiež fakt, že fluorescenčné spektrá sú veľmi citlivé na vplyv prostredia, ako je zmena pH, prítomnosť zhášačov, zvýšená viskozita, atď.

Postup merania fluorescenčných spektier je veľmi podobný meraniam UV-VIS absorpčných spektier. Dôležitým parametrom odlišným od absorpčnej spektroskopie je použitie kvety so všetkými štyrmi stenami opticky opracovanými (transparentnými), keďže emitované svetlo sa meria pod 90° uhlom. Ďalšou základnou otázkou je, či ide o meranie emisných alebo excitačných spektier, pretože to určuje, v akom móde meriame – či vyberáme vlnovú dĺžku excitácie a sledujeme príslušnú emisiu v celom spektrálnom rozsahu, alebo sa udržiava konštantná vlnová dĺžka emisie a zaznamenávame príslušnú excitáciu. Čo sa týka citlivosti, fluorescencia je približne o 1 až 3 rady citlivejšia ako absorpčná spektroskopia.

Použitá a odporúčaná literatúra

- Všeobecné zásady bezpečnej práce, bezpečného správania sa a ochrany života a zdravia študentov v laboratóriách. UPJŠ (2232/2016).
- Príkaz rektora č. 5/2017 a Rozhodnutie rektora č. 11/2017 na realizáciu vstupného školenia a oboznamovania študentov UPJŠ v Košiciach s predpismi o bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci, ochrane pred požiarom a civilnej ochrane.
- P. Atkins, J. de Paula, Physical Chemistry, Oxford University Press, New York 2002.
- S. Kešeláková, S. Veselá, Učebný materiál: Odborná príprava na prácu s toxickými látkami a zmesami, Medison Academy, 2024.
- J.R. Lakowicz, Principle of fluorescence spectroscopy, 3rd Edition, Springer, ISBN 978-0387312781, 2006.
- N. Lehocová, Agregace hyaluronanu substituovaného palmitoylem, Diplomová práca, VUT v Brne, 2018.
- J.C. Lindon, et al., Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry. Biomacromolecular Applications of UV-Visible Absorption Spectroscopy. Vol. 1. Academic Press, 1999.
- V. Milata, P. Segľa, Vybrané metódy molekulovej spektroskopie, STÚ v Bratislave, ISBN 978-80-227-2618-4, Bratislava 2007.
- A. Morovská Turoňová a kol. Praktické cvičenia z fyzikálnej chémie, ŠafárikPress, ISBN 978-80-8152-935-1, Košice 2020.
- I. Potočňák, Chemické výpočty vo všeobecnej a anorganickej chémii, PF UPJŠ, ISBN 978-80-8152-523-0, Košice 2017.
- N. Ramanujam, Encyclopedia of Analytical Chemistry. Meyer, R.A. (Ed.), John Wiley and sons Ltd., Chichester 2000.
- E. Sedlák a kol., Praktické cvičenia z biochémie, ŠafárikPress, ISBN 978-80-8152-902-3, Košice 2020.
- M. Stupák a kol., Lekárska chémia. Návod a protokoly na praktické cvičenia, UPJŠ LF a LABMED, a.s., ISBN 978-80-7097-973-0, Košice 2012.
- M. Šimera a kol., Vybrané kapitoly z lekárskej biofyziky s praktickými úlohami, UK v Bratislave, Jesseniova lekárska fakulta v Martine, ISBN 978-80-8187-056-9, Martin 2018.
- I. Šloufová, Návod k výpočtům v obecné chemii (pro biologické obory a KATA), KFMCH PřF UK.
- K. Štulík a kol. Chemické a analytické tabulky, Grada, ISBN 978-80-7169-855-5, Praha 1999.
- E. Urgeová, Základné výpočty pre laboratórne cvičenia z biológie, UCM FPV, ISBN 978-80-572-0339-1, Trnava 2023.
- Internetové zdroje – mimo tých uvedených priamo v texte:
[D. Vajda: Vyhodnocovanie chyby merania;](#)
<https://www.ontola.com/cs/ondi/jfhztb/priklady-z-chemie-zastoupeni-slozky-slouceniny-ve>

Príloha č. 1 – Protokoly z praktických cvičení

Protokol z praktických cvičení – Úloha č. 1

Predmet: Laboratórna technika a výpočty
Meno a priezvisko:
Skupina:
Akademický rok:
Názov úlohy: Stanovenie molárnej koncentrácie roztoku deoxyribonukleovej kyseliny pomocou UV-Vis absorpčnej spektrofotometrie
Dátum:
Hodnotenie:

Princíp:
Krátky úvod do problematiky – čo je to DNA, či absorbuje v UV a VIS oblasti, aké je jej absorpčné spektrum, kde je jej λ_{\max} ,...
Ciele experimentálnej práce:
<ol style="list-style-type: none">1. Pripraviť vodný roztok kyseliny deoxyribonukleovej s koncentráciou 2 mg/mL.2. Určiť molárnu koncentráciu takto pripraveného roztoku DNA na základe jeho UV-Vis absorpčného spektra – uskutočniť 5 meraní, na základe ktorých sa stanoví výsledná koncentrácia pripraveného roztok a vypočíta chyba merania.
Materiál:
Uviesť zoznam použitého materiálu, napr.: <ul style="list-style-type: none">- DNA (uviesť, aká sa použila);- aký laboratórny materiál; atď.
Postup práce:
Uviesť postup pri príprave zásobného roztoku DNA. Uviesť krátku charakteristiku UV-VIS absorpčnej spektroskopie a postup pri meraní príslušných absorpčných spektier (príprava vzoriek, výpočty koncentrácie, Lambert-Beerov zákon – ako vieme pomocou tejto techniky určiť koncentráciu študovanej látky). $\epsilon_{\text{DNA}(260\text{nm})} = 13\,200\text{ M}^{-1}\text{ cm}^{-1}$
Výsledky (grafy a tabuľky):
Graf 1. Porovnanie 5 opakovaní UV-Vis absorpčného spektra DNA s tou istou koncentráciou. V danom grafe vykresliť aj spektrum <i>baselinu</i> .

Tabuľka 1. Výpočet koncentrácie a chyby merania.

Merania	Absorpcia	Koncentrácia meracieho roztoku (M)	Koncentrácia zásobného roztoku (M)	Priemerná koncentrácia zásobného roztoku \pm chyba
1				
2				
3				
4				
5				

Diskusia:

Zhodnotiť, či je experimentálne určená koncentrácia rovnaká, ako pôvodne plánovaná. Ak nie, ako k tomu mohlo dôjsť. Zhodnotiť, či v priebehu experimentu - pri príprave vzorky, pri meraní, pri výpočte a pod. – došlo k nejakým ťažkostiam.

Záver:

V krátkosti zosumarizovať celý experiment, či sa dosiahli stanovené ciele a ako úspešne.

Použitá literatúra:

Uviesť zoznam použitej literatúry.

Protokol z praktických cvičení – Úloha č. 2

Predmet: Laboratórna technika a výpočty

Meno a priezvisko:

Skupina:

Akademický rok:

Názov úlohy: UV-Vis absorpčné spektra vybraných antrachinónov: štúdium vplyvu rôznych rozpúšťadiel a pH prostredia

(Doplnková úloha: Fluorescenčné (emisné a excitačné) spektrá vybraných antrachinónov)

Dátum:

Hodnotenie:

Princíp:

Krátky úvod do problematiky – predstavenie študovaných antrachinónov – chemické vzorce, charakteristiky,...

Ciele experimentálnej práce:

1. Príprava zásobných roztokov antrachinónov (dantrón, quinizarín a emodín) v DMSO, etanole a vo vode.
2. Meranie UV-Vis absorpčných (a fluorescenčných) spektier vybraných antrachinónov
 - a. porovnanie UV-Vis absorpčných (a fluorescenčných) spektier antrachinónov;
 - b. štúdium vplyvu pH;
 - c. porovnanie vhodnosti použitých rozpúšťadiel;
 - d. stanovenie koncentrácie zásobných roztokov.

Materiál:

Uviesť zoznam použitého materiálu, napr.:
- chemikálie; aký laboratórny materiál; atď.

Postup:

Uviesť postup pri príprave zásobného roztoku antrachinónov.

Uviesť postup (aj výpočty) pri príprave tlmivých roztokov, zriedenej kyseliny a zásady.

Uviesť krátku charakteristiku UV-VIS absorpčnej spektroskopie a postup pri meraní príslušných absorpčných spektier (príprava vzoriek, výpočty koncentrácie, Lambert-Beerov zákon – ako vieme pomocou tejto techniky určiť koncentráciu študovanej látky; nájsť a uviesť príslušné extinkčné koeficienty).

Uviesť krátku charakteristiku fluorescenčnej spektroskopie a postup pri meraní.

Výsledky (grafy a tabuľky):

Graf 1. Porovnanie UV-Vis absorpčných spektier vybraných antrachinónov rozpustených v DMSO.

Graf 2. Porovnanie fluorescenčných (emisných a excitačných) spektier vybraných antrachinónov rozpustených v DMSO.

Graf 3. Porovnanie UV-Vis absorpčných spektier vybraného antrachinónu nameraných pri rôznych pH prostredia.

Graf 4. Porovnanie UV-Vis absorpčných spektier vybraného antrachinónu pripraveného v rôznych rozpúšťadlách.

Tabuľka 1. Výpočet koncentrácie a chyby merania.

Rozpúšťadlo	M	Absorpcia	Koncentrácia meracieho roztoku (M)	Koncentrácia zásobného roztoku (M)	Priemerná koncentrácia zásobného roztoku ± chyba
<i>DMSO</i>	1				
	2				
	3				
<i>Etanol</i>	1				
	2				
	3				
<i>H₂O</i>	1				
	2				
	3				

Diskusia:

Zhodnotiť – popísať, aké sú UV-VIS absorpčné a fluorescenčné (emisné a excitačné) spektrá jednotlivých antrachinónov. Popísať vplyv rôzneho pH a rozpúšťadla – či vidno nejaké spektrálne zmeny; ak áno, prečo k nim mohlo dôjsť. Porovnať vypočítané koncentrácie zásobného roztoku pre vybraný antrachinón pripravený v troch rôznych rozpúšťadlách. Zhodnotiť, či v priebehu experimentu - pri príprave vzorky, tlmivý roztokov, meraní pH, meraní spektier, pri výpočte a pod. – došlo k nejakým ťažkostiam.

Záver:

V krátkosti zosumarizovať celý experiment, či sa dosiahli stanovené ciele a ako úspešne.

Použitá literatúra:

Uviesť zoznam použitej literatúry.

Príloha č. 2 – Výpočet chýb experimentálnych meraní

Cieľom merania je namerať (poznať) skutočnú hodnotu príslušnej veličiny, ale tiež odhadnúť, s akou presnosťou sme dané merania uskutočnili, resp. akej chyby sme sa pri meraní dopustili, prípadne ako ju je možné eliminovať. Hoci každé meranie, akejkoľvek veličiny, je poznačené chybou, cieľom je realizovať merania, s čo najväčšou mierou reprodukovateľnosti. Tá koreluje s presnosťou merania, ktorú môžeme definovať ako vzájomnú blízkosť dvoch alebo viacerých meraní. Naopak, chybu môžeme definovať ako rozdiel medzi výsledkom merania a skutočnou hodnotou nameranej veličiny. K skutočnej hodnote veličiny sa blížime tým viac, čím viac príslušné meranie uskutočňujeme.

K chybám môže dochádzať z rôznych dôvodov, podľa toho ich aj rozdeľujeme na *systematické* (vždy ovplyvňujú merania rovnakým spôsobom, napr., chyby meracích prístrojov, nevhodné postupy a metódy – sú odstrániteľné), *náhodné* (nepredvídateľné vplyvy prostredia a zmeny podmienok merania – sú neodstrániteľné, ale dajú sa určiť z opakovaných meraní) a *osobné* (ľudský faktor – sú odstrániteľné).

Rozdiel medzi skutočnou hodnotou X a nameranou x je (*absolútna - skutočná*) *chyba merania* ε :

$$\varepsilon = X - x \Rightarrow X = x \pm \varepsilon \quad (\text{P2.1})$$

Skutočná číselná hodnota veličiny X sa nachádza v intervale hodnôt od $x - \varepsilon$ do $x + \varepsilon$. *Relatívna chyba* vyjadruje podiel chyby merania a skutočnej hodnoty meranej veličiny, často sa udáva v %:

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{X} (\cdot 100 \%) \quad (\text{P2.2})$$

Pri riešení experimentálnych úloh najčastejšie stanovujeme *náhodnú chybu*. Vtedy je dôležité určiť optimálny počet opakovaní merania (odporúča sa realizovať minimálne tri opakovania) a predpokladať, že v priebehu merania dochádza len k náhodným chybám. Vzhľadom na štatistický charakter chyby (výskyt náhodných chýb sa riadi normálnym rozdelením) predpokladáme, že kladné a záporné chyby budú mať rovnaké zastúpenie. Potom, pre výsledok *i-tého* merania môžeme písať:

$$x_i = x \pm \varepsilon_i \quad (\text{P2.3})$$

Ak vykonáme n meraní, tak potom *strednú hodnotu* týchto meraní je najlepšie charakterizovať *aritmetickým priemerom* ich nameraných hodnôt:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_i x_i \quad (\text{P2.4})$$

Je zřejmé, že čím väčší bude počet meraní, tým presnejšie sa bude zhodovať aritmetický priemer so skutočnou hodnotou. Ak budeme mať nekonečne veľký počet opakovaní merania, aritmetický priemer sa bude rovnať skutočnej hodnote meranej veličiny. Nepresnosť merania je možné

charakterizovať *strednou kvadratickou chybou*, resp. *odchýlkou jedného merania* δ definovanou vzťahom:

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_i \varepsilon_i^2} \quad (\text{P2.5})$$

Ako už bolo spomenuté, ak prevedieme dostatočný počet meraní, aritmetický priemer sa bude líšiť od skutočnej hodnoty veličiny len málo. Pre *odchýlku i-tého merania* (Δ_i) *od aritmetického priemeru* platí:

$$\Delta_i = \bar{x} - x_i \quad (\text{P2.6})$$

Zároveň platí, že $\Delta_i \approx \varepsilon_i$. Následne, *strednú kvadratickú chybu (odchýlku)* vieme vypočítať podľa vzťahu:

$$\delta_i = \sqrt{\frac{\sum_i \Delta_i^2}{n-1}} \quad (\text{P2.7})$$

V poslednom kroku potrebujeme ešte definovať *nepresnosť*, resp. *odchýlku aritmetického priemeru* od skutočnej hodnoty merania, t.j. *strednú kvadratickú chybu aritmetického priemeru* $\bar{\delta}$:

$$\bar{\delta} = \sqrt{\frac{\sum_i \Delta_i^2}{n(n-1)}} \quad (\text{P2.8})$$

Postup pri výpočte chyby experimentálnych meraní:

Uskutočnili sme n meraní, ktoré sme aj príslušne spracovali (máme tabuľku s x_i hodnotami) → vypočítame si ich aritmetický priemer \bar{x} (vzťah (P2.4)) → stanovíme zdanlivú chybu pre každé meranie Δ_i (vzťah (P2.6)) → vypočítame ich druhú mocninu Δ_i^2 a sčítame $\sum_i \Delta_i^2$ → podľa toho, akú chybu chceme stanoviť, použijeme vzťah (P2.7) alebo (P2.8) → výsledok celého merania zapíšeme v tvare:

$$x = \bar{x} \pm \delta_i \quad \text{alebo} \quad x = \bar{x} \pm \bar{\delta} \quad (\text{P2.9})$$

Ak je opakovaných meraní menej ako 100 ($n < 100$), nemá zmysel udávať chybu na viac ako jednu platnú číslicu (na taký istý počet miest, aký sa vyskytuje v chybe, zaokrúhľujeme aj aritmetický priemer). Vo výsledku je potrebné okrem nameranej hodnoty a chyby uvádzať aj platnú jednotku meranej veličiny.

Laboratórna technika a výpočty

Úvod k praktikám k experimentálnym metódam biofyziky

Vysokoškolský učebný text

Autor: RNDr. Zuzana Jurašeková, PhD.

Vydavateľ: Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach

Vydavateľstvo ŠafárikPress

Rok vydania: 2025

Počet strán: 95

Rozsah: 4,2 AH

Vydanie: prvé

ISBN 978-80-574-0381-4 (e-publikácia)

