

Univerzita Pardubice

Fakulta filozofická

Učební text pro předmět Analytická chemie

Autor práce: Ing. Silvie Surmová

Vedoucí práce: PhDr. Mgr. Ilona Ďatko, PhD.

2014

University of Pardubice  
The Faculty of Arts and Philosophy

Proposal of didactic text for subject Analytical Chemistry

Author: Ing. Silvie Surmová

Supervisor: PhDr. Mgr. Ilona Ďatko, PhD.

2014

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v závěrečné práci použila, jsou uvedeny v seznamu literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména na skutečnost, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 4. 4. 2014

Ing. Silvie Surmová

## Poděkování

Děkuji paní PhDr. Mgr. Iloně Ďatko, PhD. za odborné vedení závěrečné práce, rady, názory a připomínky.

## ANOTACE

Závěrečná práce doplňujícího pedagogického studia je zaměřena na přípravu učebního textu do předmětu Analytické chemie. Práce seznamuje žáky se základy chromatografie.

## KLÍČOVÁ SLOVA

učební text, analytická chemie, chromatografie

## ANOTATION

The final thesis of the complementary pedagogical study focuses on preparation of learning materials for the subject of Analytical chemistry. The aim of this work is to introduce basics of chromatography to the learners.

## KEYWORDS

didactic text, analytical chemistry, chromatography

# Obsah

<b>1</b>	<b>Učebnice</b>	<b>9</b>
1.1	Elektronické učebnice	9
1.2	Funkce učebnice	10
1.3	Specifika učebnice	11
1.4	Text a učebnicový text	12
1.5	Učení z textu	13
1.6	Didaktická vybavenost učebnic	15
<b>2</b>	<b>Návrh učebního textu</b>	<b>18</b>
2.1	Úvod do analytické chemie	18
2.2	Základní pojmy analytické chemie	18
2.3	Rozdělení separačních metod	19
2.4	Chromatografie	21
2.4.1	Princip chromatografie	21
2.4.2	Rozdělení chromatografických metod	22
2.4.3	Popis chromatogramu	23
2.5	Plynová chromatografie (GC)	28
2.5.1	Princip GC	29
2.5.2	Heterogenní soustavy pro GC	29
2.5.3	Instrumentace GC	30
2.5.4	Extrakce plynem	33
2.6	Hmotnostní spektrometrie (MS)	34
2.6.1	Iontové zdroje	35
2.6.2	Hmotnostní analyzátor	36
2.6.3	Spojení plynové chromatografie s hmotnostní spektrometrií (GC/MS)	38
2.7	Využití v praxi	39
2.7.1	Plynová chromatografie	39
2.7.2	Kapalinová chromatografie	39
2.7.3	Hmotnostní spektrometrie	39
2.8	Odkazy na zdroje informací	40

<b>3</b>	<b>Didaktický rozbor .....</b>	<b>41</b>
3.1	Střední průmyslová škola chemická akademika Heyrovského a Gymnázium v Ostravě, příspěvková organizace .....	41
3.2	Komu je učební text určen .....	41
3.3	Učební osnova předmětu analytická chemie.....	43
3.4	Didaktická analýza navrhovaného učebního textu.....	45
3.5	Motivace.....	46

## Úvod

Závěrečná práce doplňkového pedagogického studia pojednává o vytvoření učebního textu pro studenty středních průmyslových a odborných škol, případně gymnázií a přírodovědeckých lyceí.

Cílem této závěrečné práce je návrh učebního textu do předmětu Analytická chemie. Analytická chemie obsahuje řadu kapitol, jako jsou například separační metody (chromatografie), elektromigrační separační metody (elektroforéza), membránové separace, extrakce, hmotnostní spektrometrie, optické metody a řada dalších. Učební text bude zaměřený na chromatografii. Po prostudování tohoto podkladu by měli být žáci schopni rozdělit separační metody, rozpoznat základní rozdíly mezi jednotlivými druhy chromatografie, vypočítat základní chromatografické údaje potřebné k identifikaci látek a uvědomit si význam chromatografie jako jedné z předních identifikačních a kvantifikačních metod.

Práce je rozdělena na tři oddíly. První část se zabývá rozbořem učebnice, druhá obsahuje návrh učebního textu pro kapitolu, včetně odkazu na další studijní literaturu. V závěru je věnována pozornost didaktickému rozboru vzniklého učebního textu.



# 1 Učebnice

Učebnici lze charakterizovat z různých hledisek. Ve vztahu k učebním osnovám lze učebnici charakterizovat jako konkretizaci projektu didaktického systému daného vyučovacího předmětu. Lze ji také popsat jako základní vyučovací a učební prostředek, který konkretizuje výchovné a vzdělávací cíle učebních osnov, vymezuje rozsah a obsah učiva, poskytuje podklady pro vypěstování intelektuálních a praktických dovedností, stanovených učebními osnovami. Úkolem učebnic je nejen předat konkrétní učivo, ale zároveň naučit děti pracovat s knihou jako informačním pramenem.

Učebnice jako didaktický prostředek chápeme jako soubor všech materiálních předmětů fungujících při realizaci vzdělávání. V klasifikaci dle českého pedagoga J. Maňáka (1994) jsou učebnice součástí materiálních prostředků (pomůcek) podobně jako preparáty, demonstrační přístroje, obrazy a zvukové pomůcky aj. Tato učební pomůcka určená učitelům, ale i žákům obsahuje v přiměřené úpravě obsah výuky.

Podle vztahu učebnice k charakteru vyučovacího předmětu rozlišujeme tyto typy učebnic (Veverková, Školní didaktika, 2002):

- **Učebnice** – zaměřené především na osvojování učiva, převažuje v nich výkladový text
- **Cvičebnice** – slouží jako pracovní sešity určené k procvičování daného učiva, nebo samostatné práce žáka
- **Čítanky** – analogie textů

O způsobu užívání učebnice nebo cvičebnice ve vyučování rozhoduje učitel, a to v závislosti na cílech vyučovacího předmětu, charakteru vyučovacího předmětu i na charakteru používané učebnice. Dále záleží, jaké cíle si učitel klade v procesu výuky obecně, zda učí žáky číst s porozuměním textu, vypracovat si samostatně výpisky, vytvářet osnovu, umět sdělit hlavní myšlenku, reprodukovat text atd.

## 1.1 Elektronické učebnice

V současnosti se stále více setkáváme s využíváním internetu a multimedií jako s učebním nástrojem. Multimediální učebnice mají řadu předností. Obvykle bývají členěny na část výkladovou, procvičovací a testovací. Jsou uzpůsobeny programem tak, že umožňují uživateli volit, zda chce např. výklad jen pročitat, procházet textem, procvičovat nebo

testovat. Elektronické učebnice a encyklopedické příručky mohou využívat také vizuální a zvukové ukázky. V porovnání s těmito typy učebnic se může zdát klasická tištěná učebnice jako zastaralý didaktický prostředek. I přes tuto skutečnost jsou však učebnice nenahraditelné.

Řada žáků upřednostňuje učebnice pro jejich:

- dostupnost, přesnost a nevyužívání technického zařízení
- negativní vztah k technickým prostředkům
- pořizovací cenu

## 1.2 Funkce učebnice

Funkcí učebnice se rozumí role, předpokládaný účel, který má tento didaktický prostředek plnit v reálném edukačním procesu. Funkce učebnice dělíme podle toho, kdo učebnice využívá, tj. pro žáky a pro učitele. Pro žáky jsou učebnice pramenem, z nichž si osvojují nejen určité poznatky, ale i jiné složky vzdělání jako například dovednosti, hodnoty, normy, postoje atd. Učitelé využívají učebnice pro plánování obsahu učiva, pro přímou prezentaci učiva ve výuce atd. (Průcha, 1998).

Ruský odborník D. D. Zujev dělí funkce učebnice:

- **informační funkce** – učebnice určuje obsah vzdělávání v určitém předmětu či oboru vzdělávání, a to i v rozsahu a dávkování informací určeným k osvojování pro žáky,
- **systematizační funkce** – učebnice rozčleňuje učivo dle určitého systému do jednotlivých ročníků či stupňů školy; vymezuje také hierarchii jednotlivých částí učební látky,
- **transformační funkce** – je dána tím, že učebnice poskytuje tzv. didaktickou transformaci, tj. přepracování, odborných informací z určitého vědního oboru, z určité technické či jiné oblasti tak, aby tyto transformované informace byly lépe srozumitelné a přístupné žákům,
- **zpevňovací a kontrolní funkce** – učebnice umožňuje žákům pod vedením učitele osvojovat si určité dovednosti a poznatky, procvičovat je (upevňovat) a eventuálně kontrolovat jejich osvojení (např. pomocí úkolů),
- **sebevzdělávací funkce** – učebnice stimuluje žáky k samostatné práci s učebnicí a utváří u nich potřeby poznávání a učební motivaci,

- **koordinační funkce** – učebnice zajišťuje koordinaci při používání dalších didaktických prostředků,
- **integrační funkce** – učebnice poskytuje základ pro chápání a propojování těch informací, které žáci získávají z různých jiných pramenů,
- **rozvojově výchovná funkce** – učebnice podporuje utvářet různé rysy „harmonicky rozvinuté osobnosti“ žáků (např. k formování estetického vkusu).

### 1.3 Specifika učebnice

Učebnice chápeme jako jeden z druhů školních didaktických textů, které jsou určeny pro žáky a učitele při výchově vzdělávacím procesu. Dále mezi ně řadíme např. slabikáře, cvičebnice, čítanky, slovníky atd. Během výuky lze tak používat nejen učebnici, ale i další didaktické texty.

Jak uvádí J. Průcha (1998), v 70. letech 20. století vypracovali badatelé ve Výzkumném ústavu odborného školství J. Doleček, M. Řešátko a Z. Skoupil klasifikaci strukturních komponentů textové složky učebnice, které vymezili na základě jejich funkcí. Celkem rozlišili sedm textových komponentů:

- **motivační text** (v učebnici slouží k uvedení do učiva, k vysvětlení, proč se učivo probírá, k navázání na dřívější učivo, či zainteresování učícího se subjektu pro aktivní činnost),
- **výkladový text** (zprostředkovává sdělování poznatků, faktů, teorií, norem, hodnot a postojů atd.),
- **regulační text** (slouží k aktivizaci žáka při čtení textu, uděluje pokyny k provádění cvičení aj.),
- **ukázky a příklady** (funkce není autory definována),
- **cvičení** (vedou žáka k záměrnému opakování činnosti a tím k získávání dovedností, návyků aj.),
- **otázky** (zastávají aktivizující funkce jako v předešlém komponentu),
- **prostředky zpětné vazby** (získávání informací o postupu učení, např. výsledky výpočtů, klíč k jazykovým cvičením aj.).

Forma textu hraje významnou roli. Žák musí textu porozumět tak, aby byl schopen se něco naučit a pochopit dané učivo. Nezáleží pouze na tom, co je napsáno, ale hlavně

na způsobu vyjádření. Musíme mít jistou jazykovou vybavenost, abychom porozuměli danému textu. Z tohoto důvodu je nutné dbát na to, aby učebnice byly přizpůsobeny věku žáka. Za nelogické lze považovat, aby žáci základních škol používali učebnice pro vyšší stupně vzdělání, například středních škol. Autor učebnice se musí seznámit se schopnostmi žáka, pro kterého jsou texty určeny. S vývojem dítěte se zvyšuje jazyková úroveň, a proto by se měla přiměřeně zvyšovat náročnost textu učebnic.

Některé učebnice obsahují řadu cizích výrazů, odborných termínů, složitých a dlouhých slov či souvětí. V textu se vyskytuje mnoho nových slov, které kolikrát nejsou v návaznosti textu vysvětleny. Není divu, že žák má poté problém proniknout do podstaty nového učiva ani při opakovaném čtení textu. To často způsobí demotivaci, únavu a neochotu se zajímat o věci tak složité.

Ke správnému pochopení textu přispívají strukturální prvky učebnice, jako jsou logická návaznost textu, důkladně vysvětlené učivo, rozsah a formát učebnice, nadpisy, font a velikost písma, barevnost, otázky a úkoly pro žáky, členění do kapitol, lekcí, odstavců atd.

Mezi mimotextové (vizuální) složky učebnice patří ilustrace, tabulky, grafy, grafické symboly. Vizuelní informace má tři funkce: motivační, poznávací a estetickou. Vizuelní didaktická informace má své místo v učebnici pouze tehdy, použijeme-li ji funkčně a odpovídá-li věku a schopnostem žáka.

## 1.4 Text a učebnicový text

Pedagogický text učebnicového typu má všechny vlastnosti, které má kterýkoliv jiný text (např. čtivost, kohezivnost, koherentnost, intertextovost), ale typické jsou pro něj další tři vlastnosti:

**Intencionálnost textu:** každý text obsahuje určitý komunikační záměr autora. Autor se obvykle snaží něčeho dosáhnout. V pedagogickém textu jde o předání vybraných, ověřených poznatků a dovedností žákům určitého věku, vzdělání a určitých receptivních dovedností. Cílem je naučit žáky novým poznatkům, vztahům, postupům z konkrétního vyučovacího předmětu, případně propojit znalosti z více předmětů; dále vést žáky k osvojení jistých hodnot, postojů a naučit je práci s texty a dovednosti učit se učit.

**Regulativnost textu:** je vlastnost pedagogického textu. Texty určené ke studiu by měly vést, řídit, usměrňovat žákovou činnost. Žák by měl být schopen, bez pomoci učitele, rodičů a vrstevníků, absolvovat pedagogický text, aby mu porozuměl a zapamatoval si ho díky regulačním prvkům (slovní pokyny, upozornění, příkazy, nonverbální symboly – grafické značky odlišující typy textů, barevné podtisky podle závažnosti učiva). Nepochybně sem náleží i kontrolní otázky pro opakování učiva, úlohy pro procvičování učiva, vzorová řešení, výsledky řešení, doplňující vysvětlení, shrnutí, přehledové tabulky atd.

**Obtížnost textu:** Stejný text může být pro žáky určitého věku obtížný, pro žáky starší se může jevit jako snadný. Na začátku se žák seznamuje s daným problémem a může být pro něj studovaný text obtížný, zatímco po několika měsících, kdy již problému porozuměl a procvičil si jeho použití, může být pro něj snadnější. Přesto neustávají pokusy najít určité charakteristiky textu samotného, podle nichž by bylo možné stanovit, zda konkrétní pedagogický text bude pro žáka určitého věku „přiměřeně obtížný“, snadný, anebo naopak velmi obtížný.

Pedagogický text učebnicového typu obsahuje informace, které byly speciálně vybrané, uspořádané a přeformulované tak, aby žák při učení z tohoto textu dosáhl stanovených výchovně-vzdělávacích cílů, aby se naučil poznatkům, dovednostem, postojům a současně se naučil, jak se má učit z textových pramenů (Mareš, 2001).

## 1.5 Učení z textu

Učení z textu rozvíjí dovednost osvojovat si přečtené informace, pomáhá rozvíjet orientaci v knize i v knihovně, seznamuje žáky s jejich učebnicemi a dalšími důležitými texty. Učení z textu je ve své podstatě činnost, vyžadující tichou koncentraci o samotě. Mnoha žákům činí obtíže číst při vyučování déle než několik minut a dávají přednost četbě doma nebo v knihovně. Četba je činnost, kterou je velmi vhodné zadávat za domácí úkol, neboť její učební hodnota závisí na tom, nakolik ji budeme kontrolovat a hodnotit (Petty, 2002).

Rozlišujeme tři přístupy ke studiu formou čtení:

- Povrchový přístup - žáci jsou pasivní a chtějí:
  - zvládnout celé téma,
  - naučit se co nejvíce stran,
  - najít správné odpovědi,

- vstřebat přesně dané vědomosti,
  - naučit se danou látku doslova
- Hlubkový přístup – žáci jsou duševně aktivní a chtějí znát:
    - hlavní myšlenky,
    - téma jako celek,
    - souvislosti,
    - oprávněnost závěrů
    - co znamená obsah textu ve svých důsledcích
  - Nulový přístup - žáci pouze mechanicky pročítají text v domněnku, že jim automaticky naskáče do hlavy a chtějí:
    - to mít co nejrychleji za sebou;
    - vědět, co je ke svačině.

Ve většině tříd se musíme pokaždé sami přesvědčit, zda byla zadaná čtecí činnost skutečně splněna. Vhodnou formou kontroly bývá vyžadovat od žáků referáty, shrnutí, poznámky, konspekty, kompozice či jiné samostatné práce nebo s nimi psát testy.

Co můžeme učinit pro to, aby existovala co největší naděje, že se žáci čtením opravdu něčemu naučí? Existují různé způsoby a činnosti, jimiž je k tomu lze podněcovat:

- *Zajímavé čtecí činnosti:* Když žáky vyzveme, aby v dobré knize našli vysvětlení něčeho záhadného či fascinujícího, dodáme jim silnější motivaci než pouhým: "Přečtěte si 23. kapitolu".
- *Poznámky z četby:* Požádáme žáky, aby o stručný výtah, vypracovali shrnutí, seznam hlavních myšlenek anebo dokonce podrobné poznámky. Mělo by to od nich vyžadovat více než otrocké přepisování.
- *Přepřerování tématu:* Například text, který postupně probírá funkce jednotlivých činitelů při určitém postupu, lze přepsat tak, aby podával informace chronologicky.
- *Hledání informací:* Vyzveme žáky, aby vyhledali konkrétní informace, např. odpovědi na dané otázky. Je dobré stanovit úkol tak, aby bylo třeba informace z textu "vydolat".
- *Kritika textu:* Zadejme žákům úkol, aby text kriticky zhodnotili. Jaké je stanovisko autora? Čím autor svá tvrzení dokládá? Jak je možné mu oponovat? Zapomněl vzít něco v úvahu? Co by si o vyslovených názorech mysleli jiní odborníci?

- *Referát:* Zadejme skupinám žáků za úkol, aby jejich členové přečetli určité materiály a podali o nich zbytku třídy referát. Můžeme od referujících požadovat, aby pro své spolužáky vypracovali shrnující poznámky. Před hodinou můžeme případně tyto poznámky s jejich autory prohodit.

## 1.6 Didaktická vybavenost učebnic

Při vzniku a zavádění nových učebnic se klade velký důraz na obsahovou složku učebnice, která musí být v souladu s kurikulárními dokumenty, které zahrnují nejen učební plány a učební osnovy, ale také učebnice, různé didaktické a metodické pomůcky pro učitele, didaktické texty pro žáky, standardy vzdělávání i evaluační standardy (testy). Tvorba systému těchto dokumentů sleduje komplexní a mnohoúrovňovou strategii (Skalková, 2007).

Nezbytné je také posoudit, zda jsou učebnice vybavené jako didaktický prostředek, tj. zda učebnice obsahují takové vlastnosti, jež by žáci optimálně využívali. Pojmem didaktické prostředky chápeme jako „vše, co vede k splnění výchovně vzdělávacích cílů“ (J. Maňák, 1994). Jsou to jednak prostředky nemateriální (např. vyučovací metody) a materiální (vyučovací pomůcky – např. modely, přístroje, obrazy, projekce, literární pomůcky: učebnice, atlasy atd.)

Český přední odborník v oblasti pedagogické teorie a výzkumu J. Průcha (Moderní pedagogika, 2002) rozlišuje ve struktuře učebnice 36 komponentů se specifickou funkcí. Funkce mohou být vyjádřeny buďto verbálně, nebo obrazově.

### ***Strukturní komponenty učebnice***

*Jednotlivé komponenty jsou rozčleněny:*

- *do 3 skupin podle příslušné didaktické funkce komponentů (I, II, III)*
- *do 2 podskupin podle způsobu vyjádření určitého komponentu v učebnici. (A, B, C, E)*

### ***I. APARÁT PREZENTACE UČIVA***

#### **(A) verbální komponenty**

1. výkladový text prostý
2. výkladový text zpřehledněný (přehledová schémata, tabulky aj. k výkladu učiva)
3. shrnutí učiva k celému ročníku
4. shrnutí učiva k tématům (kapitolám, lekcím)
5. shrnutí učiva k předchozímu ročníku
6. doplňující texty (dokumentační materiál, citace z pramenů, statistické tabulky aj.)

7. poznámky a vysvětlivky
8. podtexty k vyobrazením
9. slovníky pojmů, cizích slov aj. (s vysvětlením)

#### **(B) obrazové komponenty**

1. umělecké ilustrace
2. nauková ilustrace (schématické kresby, aj.)
3. fotografie
4. mapy, kartogramy, plánky, grafy, diagramy aj.
5. obrazová prezentace barevná (tj. použití nejméně jedné barvy odlišné od barvy běžného textu)

## *II. APARÁT ŘÍDÍCÍ UČENÍ*

#### **(C) verbální komponenty**

1. předmluva (úvod do předmětu, ročníku pro žáky)
2. návod k práci s učebnicí (pro žáky a/nebo učitele)
3. stimulace celková (podměty k zamyšlení, otázky aj. před celkovým učivem k ročníku)
4. stimulace detailní (podměty k zamyšlení, otázky aj. před nebo v průběhu lekcí, témat)
5. odlišení úrovní učiva (základní – rozšiřující, povinné – nepovinné apod.)
6. otázky a úkoly za témata lekcemi
7. otázky a úkoly k celému ročníku (opakování)
8. otázky a úkoly k předchozímu ročníku (opakování)
9. instrukce k úkolům komplexnější povahy (návody k pokusům, laboratorním pracím, pozorováním, aj.)
10. náměty pro mimoškolní činnosti s využitím učiva
11. explicitní vyjádření cílů učení pro žáky
12. prostředky a/nebo instrukce k sebehodnocení pro žáky (testy a jiné způsoby hodnocení výsledků učení)
13. výsledky úkolů a cvičení (správné řešení, správné odpovědi apod.)
14. odkazy na jiné zdroje informací (bibliografie, doporučená literatura aj.)

#### **(D) obrazové komponenty**

1. grafické symboly označující určité části textu (poučky, pravidla úkoly, cvičení aj.)
2. užití zvláštní barvy pro určité části verbálního textu
3. užití zvláštního písma (tučné písmo, kurzíva aj.) pro určité části verbálního textu



4. využití přední nebo zadní obálky (předsádky) pro schémata, tabulky aj.

### *III. APARÁT ORIENTAČNÍ*

#### **(E) verbální komponenty**

1. obsah učebnice
2. členění učebnice na tematické bloky, kapitoly, lekce aj.
3. marginálie, výhmaty, živá záhlaví aj.
4. rejstřík (věcný, jmenný, smíšený)

Tato výše uvedená struktura je východiskem pro výpočet didaktické vybavenosti učebnic podle následující procedury (Průcha, 1998).

Didaktická vybavenost učebnic se hodnotí podle výskytu strukturních komponentů, které jsou nositeli určitých funkcí (informací). Ze zjištěných hodnot výskytu se vypočítávají v analyzované učebnici jednak dílčí koeficienty (např. koeficient řízení učení, koeficient využití obrázkových komponentů), jednak celkový koeficient didaktické vybavenosti učebnic. Všechny koeficienty mohou být v rozmezí hodnot od 0–100%. Čím vyšší je hodnota koeficientu, tím je didaktická vybavenost vyšší. Teoretickou (ideální) hodnotu, sloužící jako porovnávací kritérium pro evaluaci (tzn. hodnocení výsledků, které je nedílnou součástí kurikula) různých učebnic, představuje maximální možnou hodnotu 100%. Důvodem ke sledování didaktické vybavenosti učebnic je určování kvality učebnice vzhledem k jejímu využití pro učení žáků.

## 2 Návrh učebního textu

Závěrečná práce doplňujícího pedagogického minima je soustředěna na vybranou kapitolu chromatografie z kompletního předmětu Analytické chemie. Učební text obsahuje oddíl zabývající se úvodem do analytické chemie, dále hlavní část věnovanou chromatografické kapitole a také hmotnostní spektrometrii ve spojení se separační technikou. Na konci učebního textu je uvedena literatura, ze které mohou studenti rozšiřovat své základní znalosti.

### 2.1 Úvod do analytické chemie

Pro správné pochopení základních pojmů a principů je stavebním kamenem každé vědy, obzvláště chemie jako jedné z nejsložitějších přírodních věd. Pochopení následujících základních pojmů bude potřeba v následujících kapitolách, jelikož budou nadále zmiňovány.

Cílem této kapitoly je, aby studenti po prostudování byli schopni pochopit pojmy: analytická chemie, kvantitativní analýza, kvalitativní analýza, analytická separace látek, rozdělení separačních metod.

### 2.2 Základní pojmy analytické chemie

**Analytická chemie** je jedním ze základních chemických oborů. Zkoumá vlastnosti látek a chemických dějů s cílem využít pro kvalitativní, tak i kvantitativní analýze chemických látek i jejich směsí.

**Metody kvantitativní analýzy** slouží ke zjištění, jaké množství stanovované látky obsahuje vzorek.

**Kvalitativní analýza** umožňuje zjištění, jaké chemické prvky nebo sloučeniny jsou obsaženy v analyzovaném vzorku.

**Analytická separace (dělení) látek** je proces oddělování jednotlivých složek směsi za účelem získání alespoň dvou podílů čistých složek odlišného složení. Separací metody je možno charakterizovat selektivitou, rozsahem použitelnosti a frakcionační kapacitou. Selektivita vyjadřuje schopnost separovat látky na základě jejich jedné nebo více specifických vlastností-fyzikálních (různé velikosti molekul, různé teploty varu atd.) nebo chemických (polarita molekul). Rozsah použitelnosti nám říká, jakou vhodnou separační techniku lze

použit pro separaci látek vzhledem k jejich fyzikálně chemickým vlastnostem, tzn. že určité metody se hodí pro separaci iontů, jiné pro separaci makromolekul nebo pro separaci plynů. Poslední, ale nikoliv neméně důležitá, je frakcionační kapacita, která udává maximální počet složek, které mohou být separovány v jediné operaci. Například jednoduchá extrakce může rozdělit vzorek na dvě části, kdežto plynová chromatografie na kapilárních kolonách až na několik set. V prvním případě je tedy frakcionační kapacita rovna dvěma a v druhém případě je rovná několika stům. Analytická separace látek zaujímá dnes přední místo ve výčtu frekventovaných analytických metod, používaných jak ve výzkumu, tak i v technické praxi. Hlavní dominantu v analytické separaci látek tvoří metody chromatografické (Churáček, 1990).

### 2.3 Rozdělení separačních metod

Existuje řada separačních metod, ale ty nejdůležitější lze zařadit do dvou hlavních skupin:

Pro metody založené na rozdílech v rovnovážné fázové distribuci složek je charakteristické, že složka má tendenci pronikat do fáze, ve které dojde ke snížení jejího chemického potenciálu. Tato složka může přecházet z různých skupenství, jako jsou kapalné, plynné a pevné. Možné fázové přechody znázorňuje Tab. 1. Nadále se budeme zabývat plynovou chromatografií.

Tab. 1 Příklady metod založených na rovnovážné distribuci složek mezi dvě fáze

<b>plyn-kapalina</b>	<b>plyn-tuhá látka</b>	<b>kapalina-kapalina</b>	<b>kapalina-tuhá fáze</b>
destilace	sublimace	extrakce	srážení
plynová rozdělovací (partiční) chromatografie	plynová adsorpční chromatografie	kapalinová rozdělovací (partiční) chromatografie	frakční krystalizace
pěnové dělení	separace na molekulových sítích	gelová permeační chromatografie	separace na molekulových sítích
			zonální tavení
			kapalinová adsorpční chromatografie
			iontová výměnná chromatografie

Druhá hlavní skupina separačních metod využívá rozdílů rychlosti migrace (pohybu) jednotlivých složek z jedné fáze do fáze druhé. Separace může probíhat buďto přes selektivní propustnou membránu, a tedy hovoříme o membránových separacích, anebo se využívá rozdílů v pohyblivosti částic v silovém poli. Příklady daných metod podle způsobu separace nalezneme v Tab. 2.

Tab. 2 Separací metody založené na rozdílné rychlosti migrace

Membránové procesy	Separace polem
ultrafiltrace	elektroforéza
reverzní osmóza	izotachoforéza
dialýza	termodifuze
elektrodialýza	hmotnostní spektrometrie
	frakcionace tokem
	ultracentrifugace

### **Shrnutí**

Analytická chemie se zabývá kvalitativní a kvantitativní analýzou látek. Umožňuje identifikovat jednotlivé složky ve složitých směsích a také dokáže stanovit jejich množství. Pro rozdělení jednotlivých látek se používá analytická separace. Separací metody využívají různých fyzikálních, chemických a fyzikálně-chemických vlastností složek, aby byl vzorek rozdělen alespoň na dva podíly různého složení.

### **Pojmy k zapamatování**

Analytická chemie, kvalitativní a kvantitativní analýza, separace látek.

### **Kontrolní otázky**

1. Vysvětlete pojem analytická chemie.
2. Řekněte rozdíl mezi kvantitativní a kvalitativní analýzou.
3. Vysvětlete analytickou separaci.
4. Vyjmenujte, jaké vlastnosti látek se využívají k separaci složek.

## 2.4 Chromatografie

Cílem kapitoly je, aby studenti po prostudování byli schopni pochopit, co podstatu chromatografie, mezi jaké fáze se dělí složky a podle čeho můžeme dělit chromatografické metody.

### 2.4.1 Princip chromatografie

Chromatografie je separační metoda, při které se oddělují (separují) složky obsažené ve vzorku. Svým určením představuje především metodu kvalitativní a kvantitativní analýzy vzorku.

K dělení dochází v separační koloně, která obsahuje stacionární fázi (= sorbent, nepohyblivá fáze) a mobilní fázi (= eluent, pohyblivá fáze).

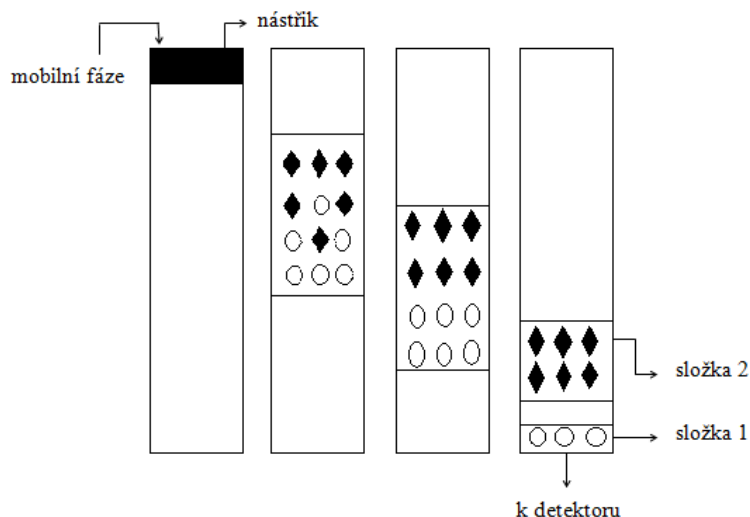
*Mobilní fáze může být:*

- kapalina
- plyn

*Stacionární fáze může být:*

- částice tuhé fáze o velmi malé velikosti (jednotky až stovky mikrometrů)
- tenká vrstvička kapaliny nanesená na tuhých částicích
- film kapaliny na vnitřní straně kapiláry

Nyní si můžeme ve stručnosti popsat chromatografický proces. Uvedli jsme si, že směs látek, která má být dělena se označuje jako *vzorek* a látky v ní obsažené budou nazývány *složka 1*, *složka 2* atd. Přes kolonu naplněnou sorbentem postupuje mobilní fáze s určitou rychlostí. Složky vzorku mohou být stacionární fází zachycovány, a proto se při pohybu zdržují. Více se drží složky, které jsou stacionární fází poutány silněji. Tím se postupně složky od sebe separují a jako kolonu první opouští nejméně zadržované složky. Z Obr. 1 vidíme, že složka 2 postupuje pomaleji než složka 1. Důležité je si povšimnout, že šířka zón obou složek je větší, než původní zóna vzorku, a šířka zóny složky 2 je větší než zóny složky 1. Takto popsané uspořádání se nazývá *eluční chromatografie*.



Obr. 1 Chromatografické dělení vzorku o dvou složkách

## 2.4.2 Rozdělení chromatografických metod

Vzhledem ke značné různorodosti se dělí metody podle několika hledisek:

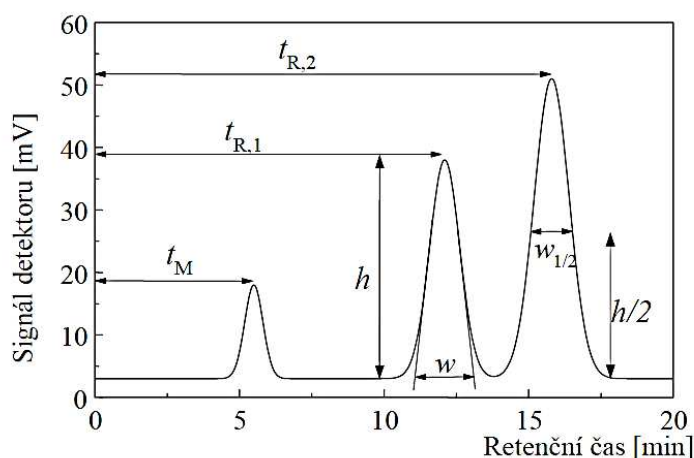
- **Podle povahy mobilní fáze**
  - **Plynová chromatografie** (*Gas Chromatography* – GC), kdy mobilní fáze je plyn
  - **Kapalinová chromatografie** (*Liquid Chromatography* – LC), kdy mobilní fáze je kapalina
- **Podle uspořádání stacionární fáze**
  - **Kolonová chromatografie** – stacionární fáze je umístěna v trubici - koloně
  - **Plošné techniky:**
    - **Papírová chromatografie** (*Paper Chromatography* – PC) – stacionární fáze je součástí chromatografického papíru
    - **Tenkvrstvá chromatografie** (*Thin Layer Chromatography* – TLC) – stacionární fáze je umístěna na skleněné desce, hliníkové fólii nebo plochém pokladu z jiného materiálu
- **Podle povahy děje, která převládá při separaci**
  - **Rozdělovací chromatografie** – založena na rozdílné rozpustnosti složek vzorku ve stacionární (kapalina) a mobilní fázi (kapalina nebo plyn)
  - **Adsorpční chromatografie** – o separaci rozhoduje různá schopnost složek se adsorbovat (poutat se) na povrch stacionární fáze (tuhá látka)

- **Iontově-výměnná chromatografie** – o separaci rozhodují působení různě velké elektrostatické přitažlivé síly mezi funkčními skupinami stacionární fáze (iontoměniče) a ionty vzorku
- **Gelová chromatografie** – separace molekul na základě molekulové hmotnosti, velikosti a tvaru molekuly
- **Afinitní chromatografie** – využívá schopnosti látek specificky a vratně vázat jiné látky

### 2.4.3 Popis chromatogramu

Velmi často se pletou dva základní pojmy, tj. *chromatogram* a *chromatograf*. Proto než začneme s popisem chromatogramu, nejprve si vysvětlíme rozdíly mezi těmito dvěma pojmy. Přístroje, na nichž se chromatografická separace provádí, se nazývají chromatografy a záznamy z chromatografické separace se nazývají chromatogramy.

Na Obr. 2 vidíme chromatografické vlny popř. také nazývané retenční křivky nebo nejčastěji *píky*. Chromatogram znázorňuje, v jakém sledu opouštěly separované složky chromatografickou kolonu. Na chromatogramu můžeme vidět záznam složek.



Obr. 2 Modelový chromatogram při eluční metodě:  $h$  - výška píku;  $h/2$  - polovina výšky píku;  $w$  - šířka píku v základně;  $w_{1/2}$  - šířka píku v polovině výšky;  $t_M$  - mrtvý retenční čas;  $t_R$  - retenční čas; čas, 1- index složky 1; 2- index složky 2.

#### 2.4.3.1 Kvalitativní analýza

Pro identifikaci látky je podstatné umístění maxima píku v chromatogramu. Z chromatogramu lze vyčíst:

**$t_R$  ...** **retenční čas** analytu (složky vzorku) je charakteristická veličina pro každou separovanou látku v daném systému. Retenční čas je celkový čas, který příslušný analyt stráví v separační koloně.

**$t_M$  ...** **mrtvý retenční čas** je retenční čas analytu (dělené látky), který není v koloně zadržován, tj. analytu, který se pohybuje kolonou stejnou rychlostí jako mobilní fáze. Všechny analyty stráví v mobilní fázi stejný čas - mrtvý čas kolony.

Z těchto dat lze vypočítat:

**$t'_R$  ...** **redukovaný retenční čas** je doba, kterou příslušný analyt stráví ve stacionární fázi a určí se dle rovnice 1:

$$t'_R = t_R - t_M \quad \text{rovnice (1)}$$

**$V_R$  ...** **retenční objem** je objem mobilní fáze, který musí projít kolonou, aby se příslušný analyt dostal od počátku ke konci separační kolony. Výpočet uvádí rovnice 2:

$$V_R = t_R \cdot F_M \quad \text{rovnice (2)}$$

**$F_M$  ...** objemový průtok nosného plynu (mobilní fáze) proudící kolonou

**$V'_R$  ...** **redukovaný retenční objem** je objem mobilní fáze, který musí projít kolonou, aby se příslušný analyt dostal od počátku ke konci separační kolony, viz. rovnice 3 a 4:

$$V'_R = t'_R \cdot F_M \quad \text{rovnice (3)}$$

$$V'_R = V_R - V_M \quad \text{rovnice (4)}$$

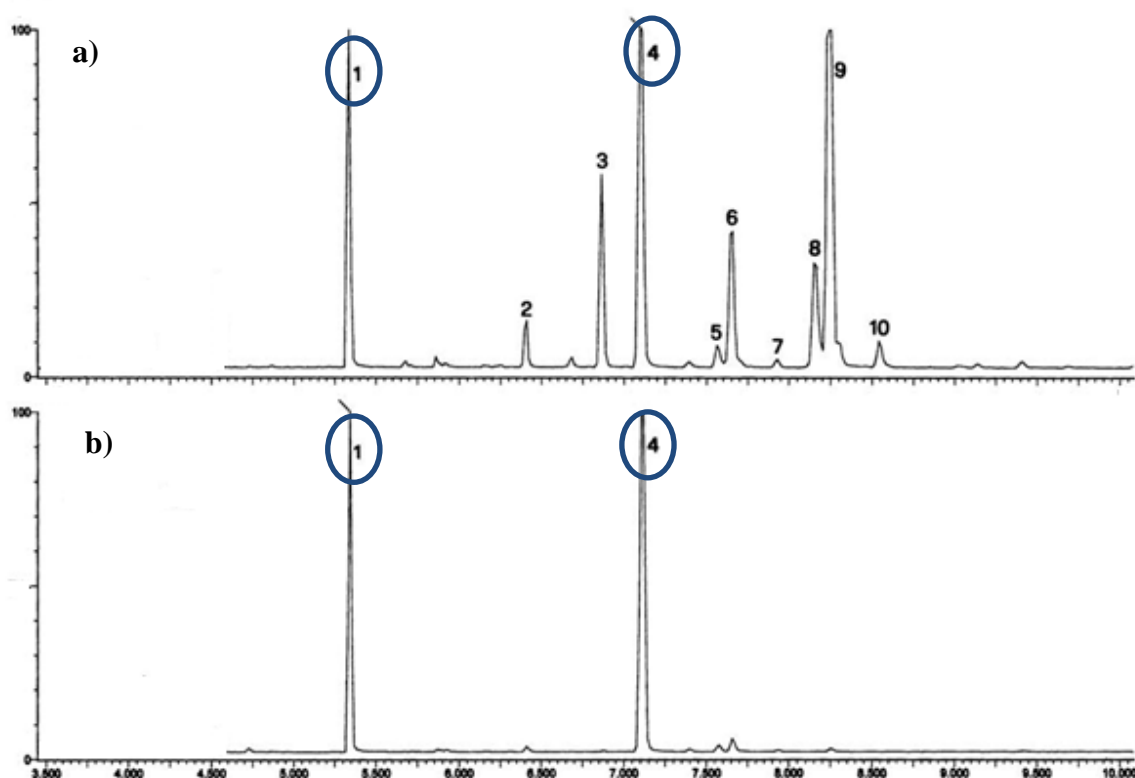
**$V_M$  ...** **mrtvý retenční objem** je retenční objem analytu, který není v koloně zadržován, tj. analytu, který se pohybuje kolonou stejnou rychlostí jako mobilní fáze. Je to objem kolonové trubice minus objem náplně. Určit lze z rovnice 5:



$$V_M = t_M \cdot F_M$$

rovnice (5)

Pro snadné pochopení kvalitativní analýzy bude nejlepší si to uvést na příkladu. Při analýze neznámého vzorku se postupuje tak, že se nejprve předběžně zjistí, o jakou skupinu látek se jedná, například zda se jedná o alkoholy, aldehydy, ketony atd. Následně se připraví tzv. směs standardů (standard = látka o přesně známém složení s charakteristickým retenčním časem) a proměří se za přesně definovaných podmínek měření. Z chromatogramu odečteme retenční časy jednotlivých složek směsi standardních látek (viz. Obr. 2). Tyto zjištěné údaje nám následně poslouží k identifikaci komponent v neznámém vzorku. Poté se za stejných podmínek proměří vzorek. Porovnáním retenčních časů standardních látek a retenčních časů látek obsažených v neznámém vzorku provedeme vyhodnocení, tzn. že určíme, které látky jsou v předloženém vzorku. Na obr. 3 jsou znázorněny chromatogramy pro směs standardních látek (a) a vzorku (b). Z grafického znázornění a případného porovnání retenčních časů vidíme, že ve vzorku jsou jednoznačně obsaženy složka 1 a složka 4 (Surmová, 2011).



Obr. 3 Chromatogramy: a) směs standardů; b) neznámý vzorek. Zdroj:

<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1991R2568:20120809:CS:HTML>

### 2.4.3.2 Kvantitativní analýza

Pro zjištění množství složky ve vzorku lze z chromatogramu zjistit a vypočítat dle rovnice 6:

**A** ... plochu píku

$$A = h \cdot w/2 \quad \text{rovnice (6)}$$

**h** ... výšku píku

**h/2** ... polovina výšky píku

**w** ... šířka píku při základně; často se v literatuře setkáváme s dvojím označením šířky píku, tj. *Y* nebo *w*. Podobně tomu je i při značení šířky píku v polovině jeho výšky. Tento poznatek je znatelný na Obr. 2.

**w<sub>1/2</sub>** ... šířka píku v polovině jeho výšky

Plocha píku i jeho výška roste s obsahem složky ve vzorku. Plochy resp. výšky píku lze nejpřesněji určit pomocí digitálních integrátorů nebo pomocí softwaru pro vyhodnocení chromatografických dat. Každý software obsahuje řadu způsobů integrace, který je pak možné zvolit k optimalizaci integračních událostí. Plocha píku se dříve určovala triangulací, kvadraturou, vážením vystřiženého píku nebo planimetrováním, ale v současnosti jsou tyto techniky zastaralé a nepoužívají se.

Pro kvantitativní analýzu můžeme použít různé metody stanovení:

- Vnitřní standardizace
- Metoda vnějšího a vnitřního standardu
  - Přímé srovnání
  - **Nepřímé srovnání - metoda kalibrační křivky**
- Metoda standardního přídatku

Metoda kalibrační křivky (Obr. 4) je v analytické chemii nejčastější vztah dvou proměnných veličin, kdy se zjišťuje závislost sledovaného signálu (závisle proměnná) na

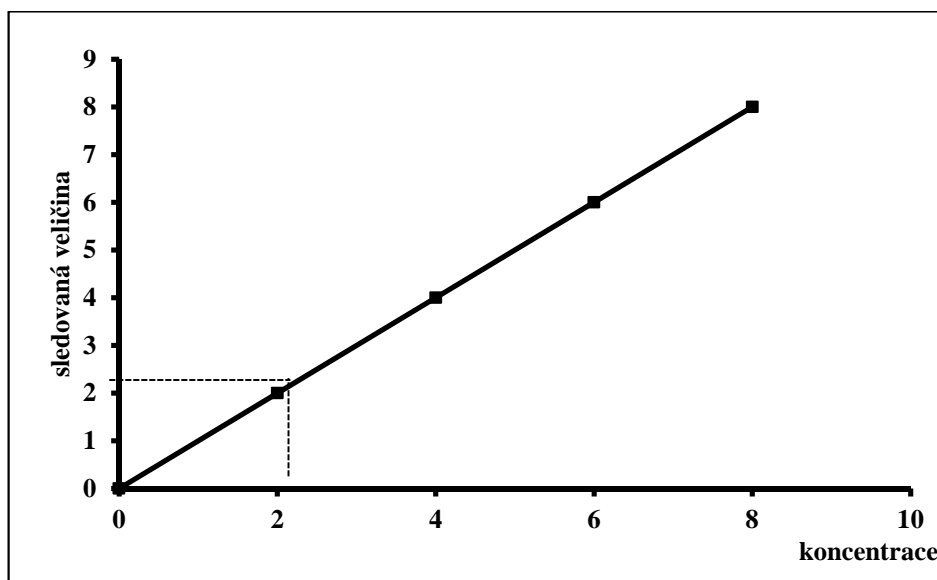
koncentraci analytu (nezávisle proměnná). Při použití této metody postupujeme tak, že si připravíme sérii standardů obsahující různé koncentrace stanovované složky. Standardy proměříme a sestrojíme závislost sledované veličiny na obsahu složky. Pak proměříme vzorek a z velikosti naměřené veličiny určíme obsah složky v něm. Výhodný je lineární tvar závislosti, protože k vyhodnocení lze využít *lineární regresi* kalibrační přímky. V obecném pohledu lze vykazovat dvojí formu:

- a) Funkční závislost – určité hodnotě nezávisle proměnné  $x$  odpovídá vždy jediná, určitá hodnota závisle proměnné  $y$ ,
- b) Statistická závislost – pro určitou hodnotu nezávisle proměnné  $x$  existuje vždy určité pravděpodobnostní rozdělení závisle proměnné  $y$  (náhodné veličiny). Toto rozdělení je charakterizováno především aritmetickým průměrem hodnot  $y$  a rozptylem. Se změnou hodnoty  $x$  se hodnoty  $y$  zákonitě mění, včetně aritmetického průměru. Funkční závislost proměnných veličin řeší regresní analýza. Posouzení těsnosti rozložení závisle proměnné  $y$  kolem regresně vypočítané funkce  $y = f(x)$  umožňuje korelace (Meloun, 2004).

**Regresní analýza** lineární závislosti má za úkol určit odhady koeficientů  $a$  (posunutí) a  $b$  (směrnice), které charakterizují regresní přímku, vyjádřenou rovnicí 7:

$$y = a + bx$$

rovnice (7)



Obr. 4 Kalibrační závislost

## **Shrnutí**

Chromatografie je separační metoda, která se využívá pro kvalitativní a kvantitativní analýzu. Separované složky se dělí mezi dvě fáze, mezi mobilní a stacionární. Podle povahy mobilní fáze, uspořádání stacionární fáze a převládajícího děje během separace rozlišujeme několik typů chromatografií. Přístroj se nazývá chromatograf. Výsledný grafický záznam závislosti signálu detektoru na čase se nazývá chromatogram. Ze získaných dat určíme řadu retenčních charakteristik. Metoda kalibrační křivky je nejhodněji využívanou metodou pro kvantitativní analýzu.

## **Pojmy k zapamatování**

Mobilní fáze, stacionární fáze, chromatogram, chromatograf, metoda kalibrační křivky.

## **Kontrolní otázky**

1. Vyjmenujte, jaké mohou být a) mobilní fáze; b) stacionární fáze.
2. Vysvětlete pojem sorbent, inert, pík.
3. Nakreslete chromatogram a vyznačte: a) výšku píku; b) retenční čas.
4. Nakreslete kalibrační závislost a napište obecný vztah pro regresní závislost.

## **2.5 Plynová chromatografie (GC)**

Plynová chromatografie je metoda určena k dělení a stanovení nejen plynů, ale obecně všech těkavých látek, které lze za definovaných podmínek převést na páry, bez ohledu na jejich skupenství. Jako analytická metoda má rozsah použití od permanentních plynů až po kapaliny s bodem varu 400 °C a vyšším, některé málo těkavé látky po jejich převedení v těkavé deriváty a látky tuhé po jejich pyrolytickém rozkladu (alkoholy, aldehydy, ketony, aromatické uhlovodíky, karboxylové kyseliny, estery atd.) (Surmová, 2013).

Metoda je založena na rozdělování složek mezi dvě fáze, fází pohyblivou - mobilní a fází nepohyblivou - stacionární.

V plynové chromatografii je mobilní fází plyn, tzv. nosný plyn. Stacionární fáze je umístěna v chromatografické koloně. U náplňových kolon může být stacionární fází pevná látka (aktivní uhlí, silikagel, oxid hlinitý, polymerní sorbenty apod.) nebo vysokovroucí kapalina nanosená v tenké vrstvě na pevném, inertním nosiči. U kapilárních kolon je stacionární fáze nanosená v tenké vrstvě přímo na upravenou vnitřní stěnu křemenné kapiláry.

Plynová chromatografie se současně kombinuje s jinými fyzikálně chemickými metodami pro analýzu vícesložkových směsí. Jako nejčastější se používá spojení s hmotnostní spektrometrií (GC/MS).

### 2.5.1 Princip GC

Princip separace látek plynovou chromatografií je následující. Kolonou se stacionární fází prochází stále nosný plyn. Vzorek se vnese (nastříkne) do vyhřívaného bloku - nástřikové komory (tzv. injektoru), kde se odpaří a (ve formě par) je unášen nosným plynem do kolony. Složky ze vzorku se sorbují na začátku kolony ve stacionární fázi a pak desorbují nosným plynem. Nosný plyn unáší složky vzorku postupně ke konci kolony a dělicí proces se neustále opakuje. Každá složka ze vzorku postupuje kolonou svou vlastní rychlostí závislou na distribuční konstantě složky popsanou rovnicí 8:

$$K_D = \frac{c_s}{c_m} \quad \text{rovnice (8)}$$

kde  $c_s$  a  $c_m$  jsou rovnovážné koncentrace složky ve stacionární resp. v mobilní fázi. Látky postupně vycházejí z kolony v pořadí rostoucích hodnot distribučních konstant a vstupují do detektoru.

### 2.5.2 Heterogenní soustavy pro GC

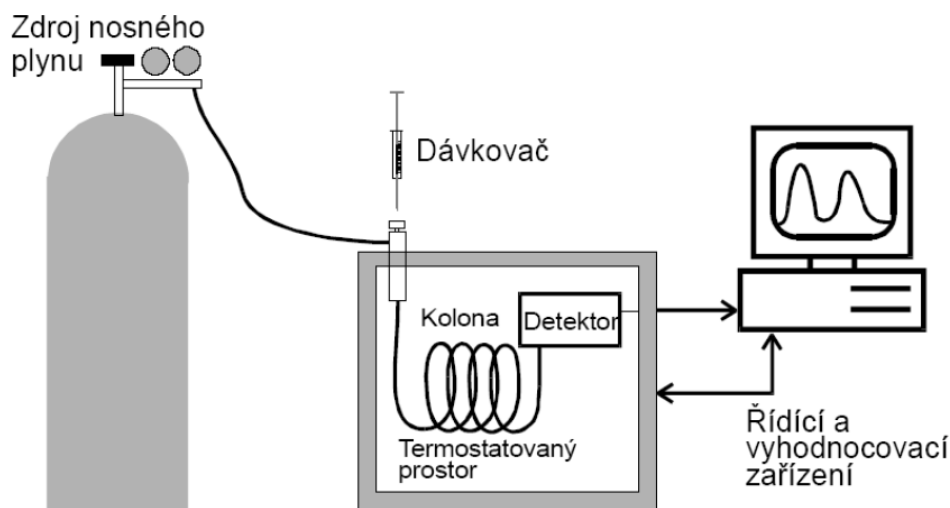
Podle druhu použití heterogenní soustavy dělíme plynovou chromatografii:

- a) Chromatografie v systému plyn-tuhá fáze (GSC), kde stacionární fáze je povrchově aktivní látka, jako například silikagel.
- b) Chromatografie v systému plyn-kapalina (GLC), kde stacionární fáze je kapalinový film zakotvený na inertním nosiči.

Základní rozdíl mezi těmito systémy spočívá ve způsobu separace. V systému GSC dochází k adsorpci na tuhou fázi, kdežto v systému GLC probíhá absorpce, neboli rozpouštění.

### 2.5.3 Instrumentace GC

Plynově chromatografická měření se provádějí v plynovém chromatografu znázorněném na Obr. 7, jehož hlavními částmi jsou zdroj a regulace tlaku a průtoku nosného plynu, dávkovací systém, kolona, detektor, termostat pro dávkovací systém, kolonu, detektor a počítač.



Obr. 5 Plynový chromatograf

#### 2.5.3.1 Zdroj nosného plynu

Mobilní fází v plynové chromatografii je nosný plyn. Hlavní funkcí nosného plynu je transport látek do chromatografické kolony. Používají se tlakové láhve plněné permanentními plyny o vysoké čistotě: dusík, vodík, helium, argon. Volba nosného plynu závisí na řadě parametrů, jako například na viskozitě, hustotě, inertnosti, ceně a také typu používaného detektoru. Nejhojněji používaným nosným plynem bývá helium. Tyto plyny nesmí obsahovat kyslík a vodu, jelikož řada sorbentů a separovaných látek je na tyto doprovodné komponenty citlivá. Některé typy detektorů vyžadují další zdroje plynů, například vzduch, vodík, kyslík apod. Sušení plynů se provádí pomocí tzv. molekulových sít.

#### 2.5.3.2 Regulace průtoku

Zajištění definované hodnoty průtoku nosného plynu je jedním ze základních parametrů pro kvalitativní i kvantitativní analýzu. Při izotermické analýze lze tohoto dosáhnout pomocí membránového regulátoru.

### 2.5.3.3 *Dávkování*

Dávkovat vzorky do kolony je potřeba rychle a reprodukovatelně. Při dávkování je třeba zabezpečit, aby během dávkování nedocházelo ke změně složení vzorku, nedocházelo ke změně teploty a tlaku v koloně, aby dávkování proběhlo v co nejkratším čase. Teplota nástřiku je pro dávkování velmi důležitá. Musí být dostatečně vysoká teplota, aby došlo k okamžitému odpaření vzorku, ale nesmí být příliš vysoká, aby nedocházelo k jeho rozkladu. Obecně se volí teplota, tak aby bylo o 50 °C vyšší, než je bod varu nejméně těkavé složky ve směsi.

Dávkování plynů lze provádět pomocí plynotěsných injekčních (mikro)stříkaček opatřených jehlou, která propichuje septum nebo obtokových dávkovacích kohoutů. Do vyhřátého dávkovacího prostoru se dávkuje kapalné vzorky nebo roztoky, z kterých vzniklé páry putují do kolony. Dávkování se nejčastěji provádí injekčními stříkačkami. U kapilárních a náplňových kolon se dávkování liší. Do kapilárních kolon je třeba dávkovat velmi malé objemy. Při dávkování lze rozlišit dávkování s tzv. děličem toku (*split* technika nástřiku) nebo bez děliče toku (*splitless* technika nástřiku). Jako příklad lze uvést, že u děliče toku se pouze 1 % vzorku pomocí nosného plynu přivede do kapilární kolony a 99 % se nosným plynem vymyje do odpadu. Jako nevýhodu lze u této techniky považovat to, že ji nelze využít ve stopové analýze. Výhodou je však minimalizace rozpouštědla a píky jsou úzké.

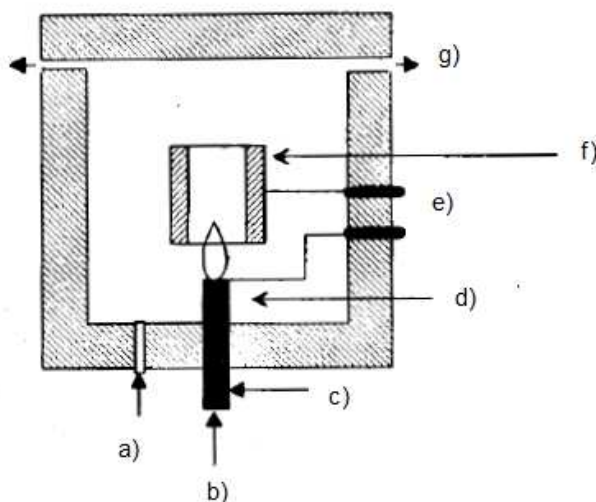
### 2.5.3.4 *Detektory v GC*

Po separaci analyzované směsi v koloně následuje detekce složek v nosném plynu tak, jak vycházejí z kolony. Hlavní funkcí detektoru je poskytnout analytický signál, který vzniká převáděním analytické vlastnosti látky na hodnotu, kterou je detektor schopen registrovat. Obecně se od detektoru vyžaduje vysoká citlivost, rychlá odezva a stabilita signálu v čase. Přehled používaných detektorů v plynové chromatografii je uveden v Tab. 3

**Tab. 3** Přehled používaných detektorů v plynové chromatografii.

Detektor	Měřená vlastnost	Universálnost	Odezva
Tepelně vodivostní (TCD)	teplota	universální	koncentrační
Plamenově ionizační (FID)	el. vodivost	universální	hmotnostní
Alkalický ionizační (AFID)		selektivní	
Fotoionizační (PID)			
Termoionizační (TID)			
Detektor elektr. záchytu (ECD)			
Heliový (HeCD)			
Hmotnostní (MS)	počet iont. fragmentů	universální/selektivní	

Mezi nejběžněji používané detektory je řazen plamenově ionizační detektor (FID) znázorněný na Obr. 6. Princip je založen na ionizaci molekul plynu v kyslíko-vodíkovém plameni za vzniku různých fragmentů. V podstatě je směs eluované látky zaváděna do trysky (křemenná kapilára nebo kovová tryska) spolu s vodíkem. Do okolí trysky se přivádí vzduch. Vzniklé ionty migrují k elektrodám, na něž je vloženo stejnosměrné napětí. Plamenový ionizační detektor má malou selektivitu, ale je velmi citlivý a univerzální.



**Obr. 6** Schéma plamenově ionizačního detektoru: a) vzduch; b) plyn z kolony; c) vodík; d) hořák; e) přívod ionizačního napětí; f) sběrná elektroda; g) výstup spalin.



## 2.5.4 Extrakce plynem

Extrakce plynem, nebo také *head-space analýza*, je obecně řazena metoda mezi extrakční obohacovací techniky. Dochází k extrakci vzorku plynem s následující chromatografickou analýzou plynného extraktu. Jde v podstatě o plynově chromatografickou analýzu těkavých kondenzovaných složek nepřímo, plynově chromatografickou analýzu plynné fáze. Plynná fáze je ve styku, zpravidla i v rovnováze, s analyzovanou kondenzovanou fází. Odebírání vzorku plynné fáze nad kapalinou probíhá buď ručně pomocí plynotěsné injekční stříkačky anebo alternativní možnost je použití automatizovaného systému, kde se dávkování provádí pomocí dávkovač.

Head-space analýza může být prováděna dvěma způsoby. Pokud je analyzovaný vzorek v rovnovážném stavu s plynnou fází v uzavřeném prostoru vzorkovací nádoby, tak dochází k tzv. *statické head-space analýze (HS)*. Během odběru vzorku plynné fáze dochází k určitému porušení vzniklé rovnováhy (záleží na způsobu odběru vzorku, množství odebraného vzorku či vlastnosti analyzovaného materiálu) mezi těmito dvěma fázemi, ale i přesto koncentrace složek zůstává zachována. Pokud nosný (inertní) plyn proudí nad hladinou vzorku nebo probublává vzorkem a extrahované těkavé látky se zachytávají v kryogenní nebo sorpční pasti, pak se tento postup označuje jako *dynamická head-space analýza, gas-phase stripping* nebo *purge and trap*, zkráceně společné označení *P & T*. V tomto případě koncentrace obou fází s časem kontinuálně klesá. Dynamická head-space analýza může probíhat za *otevřeného* nebo *uzavřeného* systému.

Head-space technika se používá například pro analýzu krve, čajů, koření, medu apod.

### **Shrnutí**

V plynové chromatografii se používá jako mobilní fáze plyn (nosný plyn). Metoda je určena pro dělení a stanovení všech těkavých látek. Hlavními součástmi plynového chromatografu jsou zdroj nosného plynu, dávkovací systém, termostat, kolona, detektor a vyhodnocovací zařízení (počítač s příslušným softwarem). Plynová chromatografie bývá často ve spojení s hmotnostní spektrometrií.

### **Pojmy k zapamatování**

Plynová chromatografie, nosný plyn, detektor, dávkování.

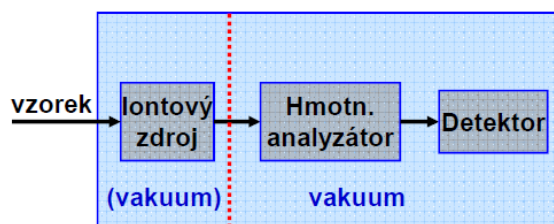
### Kontrolní otázky

1. Vyjmenujte, jaké jsou hlavní části plynového chromatografu.
2. Jaké plyny se používají v plynové chromatografii jako nosné plyny?
3. Pomocí čeho se provádí dávkování vzorků v plynové chromatografii?
4. Jaké rozlišujeme heterogenní soustavy pro plynovou chromatografii?

## 2.6 Hmotnostní spektrometrie (MS)

Hmotnostní spektrometrie je analytická metoda sloužící k převedení molekul na ionty a jejich rozlišení podle poměru hmotnosti a náboje ( $m/z$ ) a následujícímu záznamu relativních intenzit jednotlivých iontů. Vzniklé hmotnostní spektrum poskytuje informace o struktuře pro danou látku. Metoda se vyznačuje mimořádnou citlivostí, minimální spotřebou vzorku a destruktivním charakterem.

Hmotnostní spektrometr se skládá z iontového zdroje, který slouží k převedení neutrálních molekul na nabitě částice. Součástí je také hmotnostní analyzátor rozdělující ionty v plynném stavu podle poměru hmotnosti a náboje ( $m/z$ ). Neméně důležitou součástí je i detektor, jenž detekuje ionty po jejich předchozím dělení podle poměru  $m/z$  a určení relativní intenzity jednotlivých iontů. Každý hmotnostní spektrometr je dále vybaven vakuovým systémem, zařízením pro zavádění vzorků, iontovou optikou pro urychlení a fokusaci iontů a počítače.



Obr. 7 Hmotnostní spektrometr (Holčápek, 2013).

## 2.6.1 Iontové zdroje

Iontové zdroje slouží k ionizaci molekul. Převádějí se neutrální molekuly na nabitě částice tzv. ionty. Existuje několik ionizačních technik. Způsob ionizace se volí podle různých hledisek, jako je těkavost látek, molekulová hmotnost, polarita a pod. Dnes využívané ionizační techniky jsou ionizace elektrosprejem (= ESI), ionizace laserem za účasti matrice (= MALDI), chemická ionizace za atmosférického tlaku (= APCI), fotoionizace za atmosférického tlaku (= APPI), ovšem pro spojení GC/MS se nejčastěji využívá elektronová (= EI) nebo chemická (= CI) ionizace.

### 2.6.1.1 Elektronová ionizace

Elektronová ionizace (= EI, Electron Ionization) je nejčastěji používaná ionizace. Jedná se o nejstarší ionizaci s rozsáhlými knihovnamí spekter. EI je použitelná pouze pro těkavé analyty, proto se využívá ve spojení s plynovou chromatografií. Na vzorek v ionizační komůrce ve vakuovém prostoru působí svazek elektronů vycházejících ze žhaveného wolframového nebo rheniového vlákna katody. Elektrony jsou zachyceny na anodě a vznikají molekulové ionty, které se zbavují přebytečné vnitřní energie fragmentací. Fragmentace je postupný rozpad na ionty a radikály s nižší energií.

### 2.6.1.2 Chemická ionizace

Chemická ionizace (= CI, Chemical Ionization) je principem analogická s elektronovou ionizací, jen se využívá reakční plyn (methan, isobutan, amoniak) o tlaku 50-100 Pa. Nejprve se ionizuje reakční plyn nárazem elektronů, tyto vzniklé ionty ionizují při srážkách molekuly analytu. V hmotnostním spektru jsou pak píky molekulového iontu zvětšeného či zmenšeného o určitý strukturní přírůstek, který je charakteristický pro určitý reakční plyn.

## 2.6.2 Hmotnostní analyzátor

Hmotnostní analyzátor je iontově optické zařízení, kde dochází k separaci iontů v plynném stavu za vysokého vakua  $10^{-3}$  až  $10^{-10}$  Pa podle efektivních hmotností  $m/z$ . Analyzátor je umístěn mezi iontovým zdrojem a detektorem.

Nejčastěji používané analyzátory ve spojení plynové chromatografie s hmotnostním detektorem jsou analyzátor doby letu (= TOF), iontová past (= IT), kvadrupólový (= Q) nebo trojitý kvadrupólový (= QqQ) analyzátor.

### 2.6.2.1 Analyzátor doby letu

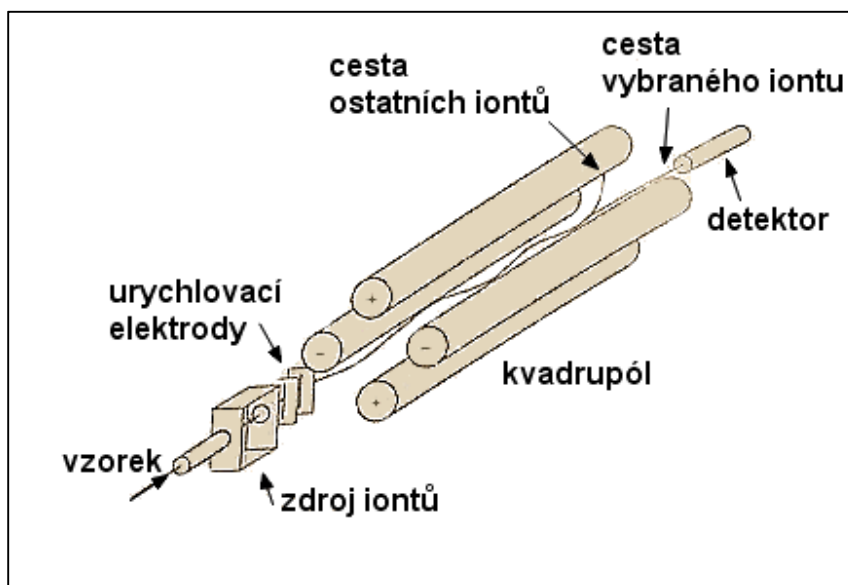
U analyzátoru doby letu (= TOF, Time of Flight) jsou ionty urychleny elektrickým potenciálem na stejnou kinetickou energii a vstupují přes uzemněnou mřížku do evakuované trubice. Ionty se pohybují různou rychlostí podle svých hmotností a v různém čase dopadají na kolektor a detektor. Měří se přesný čas (řádově ns až  $\mu$ s). Čím je iont menší (má nižší  $m/z$ ), tím dříve dopadne na kolektor. Analyzátor doby letu je rychlý a využívá se hlavně ve spojení s ionizací desorpcí laserem za účasti matrice, tzv. systémy MALDI-TOF (Matrix-assisted laser desorption/ionization).

### 2.6.2.2 Iontová past

Iontová past (= IT, Ion Trap) je složena ze tří elektrod, dvě jsou vypouklé koncové a jedna kruhová mezi nimi, na kterou se přivádí radiofrekvenční napětí. Působení přitažlivých a odpudivých elektrostatických sil vyvolá pohyb iontů podle stabilních oscilujících drah, přičemž ionty jsou zadržovány v iontové pasti. Během měření se amplituda zvyšuje, tím se oscilace iontů stává nestabilní. Ionty jsou z pasti vypuzovány v pořadí rostoucích  $m/z$  a následně detekovány.

### 2.6.2.3 Kvadrupólové analyzátory

Kvadrupólové analyzátory (= Q, Quadrupole) jsou jednoduché a levné, proto se hojně využívají pro spojení plynové chromatografie s MS detektorem. Tyto analyzátory využívají elektrické pole mezi čtyřmi rovnoběžnými kovovými elektrodami kruhového průřezu. Jedna dvojice elektrod má kladné napětí a druhá dvojice elektrod má stejnou hodnotu záporného napětí. Zároveň na všechny čtyři elektrody je vkládáno střídavé radiofrekvenční napětí. Osa ve středu elektrod je udržována na nulovém potenciálu a jsou na ní přiváděny urychlené ionty z iontového zdroje. Plynulými změnami stejnosměrného napětí a amplitudy dojde k postupnému propouštění všech iontů na detektor.



Obr. 8 Kvadrupólový analyzátor

### 2.6.2.4 Trojitý kvadrupólový analyzátor

Trojité kvadrupólové analyzátor (= QqQ, Triple Quadrupole) je spojení tří kvadrupólových analyzátorů za sebou. První a poslední slouží jako analyzátor a prostřední jako kolizní cela. První kvadrupól generuje ionty, z nich se separuje požadovaný iont, který se v kolizní cele podrobí další reakci a třetí kvadrupól tyto vzniklé ionty analyzuje.

### 2.6.2.5 Detektory

Ionty se po separaci podle  $m/z$  detekují na detektoru, kde dochází k určení relativní intenzity jednotlivých iontů. V hmotnostní spektrometrii jsou dva druhy detektorů: přímé detektory a násobiče. Běžnějšími detektory v MS jsou násobiče neboli detektory po zesílení signálu. Přímé detektory, které využívají Faradayovu klec, slouží pro určení přesného izotopového zastoupení prvků.

### 2.6.3 Spojení plynové chromatografie s hmotnostní spektrometrií (GC/MS)

Už od počátků chromatografie se projevovala snaha spojit separační techniku s některou ze spektrálních metod. Hmotnostní detekce umožňuje strukturní, případně elementární analýzu po předchozí separaci látek ze složitých analytických směsí. Spojení separační techniky a spektrální metody tedy umožňuje během jedné analýzy provádět jak kvalitativní, tak kvantitativní vyhodnocení dané analýzy.

V současnosti je toto spojení považováno za zcela rutinní metodu. Používá se výhradně spojení kapilárních kolon s konvenční chemickou nebo elektronovou ionizací. Používané koncentrace látek jsou u GC i MS obdobné, stejně tak jako požadavek na těkavost analyzovaných látek. Nejběžněji používané analyzátoři jsou kvadrupólový analyzátor, iontová past, analyzátor doby letu. Jednou z výhod tohoto spojení je možnost porovnání naměřených spekter s knihovnou spekter. Vedle identifikace látek porovnáním s knihovnou spekter umožňují hmotnostní detektory univerzální detekci při záznamu celkového iontového proudu (TIC), tj. sumy proudové odezvy na přítomnost všech iontů, vyskytujících se v MS spektru. Další možností je selektivní záznam odezvy pouze pro vybrané ionty (SIM).

#### **Shrnutí**

Hmotnostní spektrometrie poskytuje informace o struktuře látky. Je to analytická metoda vyznačující se vysokou citlivostí, minimální spotřebou vzorku. Často bývá ve spojení se separačními metodami, jako jsou plynová (GC), kapalinová (LC), vysoce účinná kapalinová chromatografie (HPLC).

## **Pojmy k zapamatování**

Hmotnostní spektrometrie, součásti hmotnostního spektrometru.

## **Kontrolní otázky**

1. Vyjmenujte, jaké jsou hlavní části hmotnostního spektrometru.
2. Vysvětlete podstatu spojení GC/MS.
3. Vyjmenujte výhody hmotnostní spektrometrie.

## **2.7 Využití v praxi**

### **2.7.1 Plynová chromatografie**

- Chemický, petrochemický, farmaceutický, potravinářský, kosmetický průmysl.
- Sledování kvality životního prostředí (aromatické polutanty v ovzduší a ve vodě, detekce pesticidů atd.
- Forenzní analýza drog a návykových látek (GC/MS, LC/MS).
- Analýza výbušnin.

### **2.7.2 Kapalinová chromatografie**

- Biochemický, lékařský výzkum biologicky aktivních látek (např. peptidů a proteinů).
- Environmentální analýza biologicky významných látek v životním prostředí (např. steroidní hormony v povrchových a odpadních vodách).
- Stanovení léčiv, vitamínů, různých organických kyselin apod.

### **2.7.3 Hmotnostní spektrometrie**

- Analýza izotopického složení jednotlivých prvků, ze kterých je vzorek složen.
- Identifikaci proteinů a peptidů a stanovování proteinových profilů jak v biologii, medicíně.
- V lékařství pro časnou detekci nádorových onemocnění, ale i uplatnění při studiu genetických onemocnění.
- Využití i v oblasti přírodních věd, kde má své uplatnění při studiu rostlinných a živočišných genomů.

## 2.8 Odkazy na zdroje informací

- [1] Smolková, E. Feltl L.: Analýza látek v plynném stavu. Praha: SNTL 1991. ISBN 80-030-0604-X.
- [2] Holzbecher, Z., Churáček J.: Analytická chemie. Praha: SNTL/ALFA, 1987. ISBN 04-612-87
- [3] Churáček, J.: Analytická separace látek. Praha: SNTL 1990. ISBN 80-030-0569-8.
- [4] Jandera, P.: Atomová a molekulová spektroskopie se zaměřením na stopovou analýzu *kontaminantů*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2011, 288 s. ISBN 978-80-7395-392-8.
- [5] Klouda, P.: Moderní analytické metody. Ostrava: Pavel Klouda 2003. ISBN 80-86369-07-2
- [6] Churáček J. a kol.: Nové trendy v teorii a instrumentaci vybraných analytických metod. Praha: Academia 1993. ISBN 80-200-0010-0.
- [7] Krejčí M., Pajurek J., Komers R. a kol.: Výpočty a veličiny v sorpční kolonové chromatografii. Praha: SNTL 1990. ISBN 80-03-00403-9.



## 3 Didaktický rozbor

### 3.1 Střední průmyslová škola chemická akademika Heyrovského a Gymnázium v Ostravě, příspěvková organizace

Střední průmyslová škola chemická akademika Heyrovského a Gymnázium umožňuje tři školní vzdělávací programy:

**Aplikovaná chemie:** Čtyřletý denní obor vzdělání je vhodný pro žáky základních škol se zájmem o přírodní vědy a výpočetní techniku. Přípravuje absolventy pro výkon technických a technickoekonomických činností v nejrůznějších odvětvích průmyslu chemického, farmaceutického, potravinářského, textilního, zpracování kovů, ve službách, jako jsou čistírny, prádelny, fotolaboratoře, v kontrolních orgánech státní správy (např. hygienické stanice, obchodní inspekce) i pro podnikatelskou činnost v oboru. Koncem druhého ročníku si student volí následující zaměření oboru vzdělání.

**Přírodovědecké lyceum:** Přípravuje žáka ke studiu jak na vysokých školách, tak v oborech vyšších odborných škol zaměřených na biologii, chemii, životní prostředí, potravinářství, zemědělství apod.

**Gymnázium:** Čtyřleté gymnázium připravuje žáka na budoucí vysokoškolské vzdělávání. Naše škola vytváří v gymnaziálních třídách náročné a motivující studijní prostředí, ve kterém si žáci osvojují důležité vědomosti a dovednosti, aby byli vybaveni širokou systematickou a vyváženou strukturou vědění. Naším cílem není mechanické a encyklopedické učení, ale smysluplná a pestrá práce s poznatky, která rozvíjí tvořivé myšlení, formuje vlastní názory a připravuje na celoživotní učení.

### 3.2 Komu je učební text určen

Učební text je určen pro žáky 4. ročníku studijního oboru 28-44-M/01 Aplikovaná chemie-zaměření analytická chemie. Celkový počet vyučovacích hodin za vzdělávání je 416 (14 hodin z toho 8 cvičení během vzdělávání týdně).

## **Pojetí a cíle vyučovacího předmětu**

Vyučovací předmět analytická chemie poskytuje žákům komplexní vědomosti o principech, metodách a postupech analytické kontroly a připravuje žáky pro uplatnění v různých laboratořích analytické kontroly.

Cílem předmětu je formovat logické myšlení, rozvíjet nezbytné intelektuální a manuální dovednosti z oblasti metod práce v analytické laboratoři a vzdělávat žáka ve vztahu k životnímu prostředí, životním hodnotám a zdraví.

## **Charakteristika učiva**

Obsah vyučovacího předmětu analytická chemie vychází z rámcového vzdělávacího programu ze společného odborného obsahového okruhu odborná chemie a z profilujícího obsahového okruhu analytická chemie.

Učivo se skládá z hlavních částí: - kvalitativní chemická analýza, - kvantitativní chemická analýza, - instrumentální metody, - řízení jakosti v laboratoři.

Analytická chemie má charakter aplikované vědy, ve které jsou využívány poznatky zejména anorganické, organické a fyzikální chemie a integruje je se znalostmi strojnictví, matematiky a dovednostmi získanými v chemických laboratorních cvičeních.

## **Výukové strategie**

Výuka ve vyučovacím předmětu analytická chemie má teoretickou a praktickou část. Při výuce jsou v teoretické části kromě výkladu využívány moderní formy výuky: diskuse, skupinová práce, projektová výuka, samostatné práce, referáty, učení z textů a vyhledávání informací např. z internetu. K výuce je využívána didaktická technika a didaktické pomůcky - schémata, praktické ukázky, vzorky apod.

V časové návaznosti na teoretickou výuku navazují laboratorní cvičení a tématicky zaměřené odborné exkurze do laboratoří a provozů tak, aby bylo možné docílit optimálního propojení teorie s praxí. Alespoň dvakrát probíhá exkurze do analytických laboratoří podniků kraje, kde se zpracovávají vzorky z výroby.

Rozpis učiva je zpracován rámcově, syntetická funkce předmětu ve studijním oboru aplikovaná chemie vyžaduje zařadit jednotlivé bloky a témata tak, aby vhodně navazovaly na dříve probrané učivo a aby byly zachovány mezipředmětové vztahy. Proto je učivo předmětu analytická chemie zařazeno do druhého a čtvrtého ročníku.

## **Hodnocení výsledků žáků**

Při hodnocení žáka v předmětu analytická chemie je kladen důraz na:

- znalost současného chemického názvosloví,
- schopnost využívat a pracovat s chemickými rovnicemi, veličinami a jednotkami a uplatnit tyto schopnosti a dovednosti při chemických výpočtech,
- míru pochopení jednotlivých principů analytických metod,
- znalost využití analytických metod v odborné praxi a zhodnocení jejich významu pro životní prostředí,
- schopnost charakterizovat, rozebrat a logicky vyvodit závěry plynoucí z chemických zákonitostí,
- dodržování bezpečnosti práce v laboratoři,
- schopnost písemného zpracování provedené práce (laboratorní deník, protokol).

Ke kontrole vědomostí a dovedností slouží písemné zkoušení a ústní orientační zkoušení. Součástí tohoto hodnocení je hodnocení laboratorních cvičení, kde se hodnotí zručnost, přesnost, aktivní přístup, zpracované laboratorní nebo exkurzní zprávy.

V zaměření analytická chemie je součástí hodnocení ve 4. ročníku odborná praxe a na jejím podkladě sepsaná odborná ročníková práce.

## **3.3 Učební osnova předmětu analytická chemie**

Tato učební osnova je pro obory aplikované analytické chemie středních průmyslových škol.

### **Cíle vzdělávání v oblasti citů, postojů, hodnot a preferencí**

Výuka ve vyučovacím předmětu analytická chemie směřuje k tomu, aby žák:

- uměl pracovat s již osvojenými vybranými pojmy, zákonitostmi, terminologií a chemickým názvoslovím,
- uměl využívat a pracovat s chemickými rovnicemi, veličinami a jednotkami a dovedl uplatnit tyto znalosti a dovednosti při chemických výpočtech,
- získal přehled o vědním oboru analytická chemie,

- osvojil si základní poznatky o principech a charakteristikách jednotlivých typů kvalitativní a kvantitativní analýzy a naučil se logicky vyvozovat závěry plynoucí z chemických reakcí,
- ověřil si vybrané analytické metody v laboratorní praxi popřípadě na odborné praxi,
- dovedl pracovat s různými informačními zdroji,
- uměl aplikovat získané chemické poznatky v občanském životě i odborné praxi.

### **Přínos předmětu k rozvoji klíčových kompetencí a aplikaci průřezových témat**

Analytická chemie rozvíjí následující kompetence:

- využívat ke svému učení různé informační zdroje včetně zkušeností svých i jiných lidí,
- znát možnosti svého dalšího vzdělávání, zejména v oboru a povolání,
- porozumět zadání úkolu nebo určit jádro problému, získat informace potřebné k řešení problému, navrhnout způsob řešení, popř. varianty řešení, a zdůvodnit jej, vyhodnotit a ověřit správnost zvoleného postupu a dosažené výsledky,
- mít přehled o možnostech uplatnění na trhu práce v daném oboru; cílevědomě a zodpovědně rozhodovat o své budoucí profesní a vzdělávací dráze,
- umět získávat a vyhodnocovat informace o pracovních i vzdělávacích příležitostech,
- vhodně komunikovat s potenciálními zaměstnavateli, prezentovat svůj odborný potenciál a své profesní cíle,
- pracovat s osobním počítačem a dalšími prostředky informačních a komunikačních technologií,
- získávat informace z otevřených zdrojů, zejména pak s využitím celosvětové sítě internet,
- pracovat s osobním počítačem a dalšími prostředky informačních a komunikačních technologií.

Předmět analytická chemie rozvíjí odborné kompetence tak, aby žáci:

- dbali zásad správné výrobní praxe a vedli dokumentaci systému řízení jakosti v laboratoři,
- chápali princip a funkci měřicích a regulačních strojů, přístrojů a zařízení používaných v chemických laboratořích a provozech a dovedli s nimi pracovat; dodržovali předpisy bezpečné práce s chemickými látkami a přípravky v různých chemických odvětvích;

- znali principy, postupy a užití klasických analytických a instrumentálních metod chemické analýzy;
- odebrali a upravili vzorek k analýze, zvolili vhodný způsob analýzy, provedli měření podle návodu, zpracovali a vyhodnotili výsledky;
- prováděli kontrolní analýzy jednotlivých fází výroby (analýza surovin, poloproduktů, produktů a odpadu) a navrhovali opatření k dodržování jejich požadované kvality;
- dodržovali příslušné normy a standardní postupy analýz v příslušných laboratořích i v provozech,
- měli pracovní návyky potřebné pro praktické činnosti v chemické laboratoři.
- chápali bezpečnost práce jako nedílnou součást péče o zdraví své i spolupracovníků (i dalších osob vyskytujících se na pracovištích, např. klientů, zákazníků, návštěvníků) i jako součást řízení jakosti a jednu z podmínek získání či udržení certifikátu jakosti podle příslušných norem;
- nakládali s materiály, energiemi, odpady, vodou a jinými látkami ekonomicky a s ohledem na životní prostředí.

### **3.4 Didaktická analýza navrhovaného učebního textu**

Navrhovaný učební text je pramenem, z něhož se žák naučí základním analytickým poznatkům v oblasti chromatografie. Při tvorbě didaktického textu jsem se snažila netvořit složité větná spojení, ale zaměřila jsem se spíše na výstižné a kratší věty. Dále jsem se snažila, aby vzniklý navrhovaný text byl pochopitelný, zajímavý, přehledný a neobsahoval příliš rozšířené znalosti z této problematiky.

Na konci kapitol jsou obsaženy shrnutí učiva k jednotlivým tématům. Součástí jsou také uvedeny kontrolní otázky, které by měly prověřit, zda žáci pochopili danou problematiku a zda si zapamatovali nezbytné pojmy pro orientaci v oboru chromatografie, případně obecné pojmy analytické chemie.

Pro zdůraznění důležitých pojmů jsem použila grafické zvýraznění ať už v podobě tučného písma nebo použití kurzívy. Pro přehlednost plynulého přechodu probírané látky jsem využívala možnosti odstavců s odrážkami. V řadě chemických publikací jsou uvedeny obrázky, které mohou usnadnit pochopení daného tématu, proto v učebním textu mohou žáci nalézt i pár obrázků.

### 3.5 Motivace

Motivaci lze chápat jako souhrn hybných momentů v osobnosti a v činnosti: toho, co člověka pobízí, aby něco dělal, nebo co mu v tom brání. Teoretické koncepce zdůrazňují základní biologické pudy nebo potřeby a pokoušejí se redukovat mnohotvárnou lidskou motivaci na tyto biologicky dané síly. Naproti tomu jiné koncepce odmítají takový redukcionismus jako nepřiměřené zjednodušování a zdůrazňují nezbytnost respektovat mnohotvárnost, rozmanitost a rozvinutost lidských motivů. Za adekvátní se považuje tento druhý názor, odmítající redukci vývojově mladších, složitějších forem motivace na elementární formy. Zvláště v pedagogické, vývojové a poradenské psychologii vede redukcionismus k závažným chybám (Čáp, 2007).

Složitost psychologie motivace neumožňuje vytvořit jednoduchý návod, který by z nemotivovaných dětí udělal žáky toužící po studiu. R. Slavin říká, že učitel nemůže „motivovat žáka“, může jen vytvořit ve třídě prostředí, které motivaci povzbuzuje (výběrem učiva a metod nebo užíváním pobídek). Na druhou stranu, motivace k učení je výsledkem interakce mezi osobností žáka, učitele, spolužáky, učivem aj. Motivace učení je sama naučená, na jejich vytváření se nejvíce podílí nápodobování vzorů, jasné vyjadřování požadavků a očekávání a přímé pokyny osob, vnímaných jako důležité (Obst, 2002).

Základ motivace ke školnímu učení se klade v rodině. Rodiče předávají pozitivní postoje k učení tím, že ochotně reagují a odpovídají na otázky svých dětí, podporují je v jejich zájmech, učí je pracovat a využívat informační zdroje. Zázemí v rodině vyvolává pozitivní sebepojetí, které je chápáno jako příčina, tak i výsledek úspěchu v učení. Neméně důležitou roli v motivaci žáka hraje také věk dítěte. Pitřha a Helus (1994) připomínají, že na sekundární škole často může docházet k motivační krizi ve vztahu ke školnímu učení se (tzv. motivační vakuum). Odmítání školy a učitelů je vnímáno jako vrstevníky oceňovaný projev dospělosti. Výraznou motivační roli hraje zájmové seskupení – kroužky, sportovní kluby, umělecké soubory atd., klima třídy a školy a neposlední řadě i pocit bezpečí, že se žáci necítí ohroženi a vědí, že když se budou snažit, tak je učitel nebo spolužáci na to zareagují pozitivně, nikoliv výsměchem nebo urážkou „šprte“.

Obecně platí, že stejnou motivaci lze vyjádřit různými termíny: např. žák projevuje zájem o určitý předmět, tím že má k danému předmětu kladný emoční vztah, kladný postoj. Žák má tento předmět „rád“, má potřebu poznání a společenského uznání, žakovým cílem

je ovládnout předmět, pokračovat v dalším studiu například na vysoké škole, dosáhnout kvalifikace.

Důležitou podmínkou pro vyučování jakéhokoliv předmětu je účinná psychologická příprava na osvojování nového učiva, která aktivizuje poznávací schopnost žáků, soustřeďuje jejich pozornost a vyvolává chuť se učit. Motivačně na žáky mohou působit jednak textové složky, obrázky nebo nakonec samotná grafická úprava. Celková kompozice učebnice hraje důležitou motivační roli. Do jisté míry mohou působit i fixační části textů. K fixaci učiva vede opakování a procvičování.

## Závěr

Ve své závěrečné práci z doplňkového pedagogického studia jsem se zabývala návrhem učebního textu do předmětu analytická chemie, pro čtvrté ročníky studijního oboru Aplikovaná chemie se zaměřením analytické chemie na SPŠCH Akademie Heyrovského a Gymnázia v Ostravě. Práce byla zaměřena na vybranou kapitolu chromatografie z celého obsahu učiva předmětu analytická chemie. Účelem bylo vytvořit takový studijní poklad, který by studenti využili, nejen pro přípravu k maturitním zkouškám, ale i pro studium na vysokých školách.

V první části práce jsem se zaměřila na rozbor učebnice jako jedné z didaktických prostředků (resp. učebních pomůcek) využívaných v učebním procesu. V této části je například popsána funkce a specifika učebnice, textu a didaktická vybavenost učebnice.

Dále jsem se zabývala samotným návrhem učebního textu do předmětu Analytické chemie. V této části jsou s určitou návazností uvedeny jednotlivé kapitoly. Při tvorbě učebního textu jsem vycházela z vlastních teoretických i praktických dovedností, získaných během mého studia na Univerzitě Pardubice. Ke vzniku učebního textu mě inspiroval fakt, že i přes dostupnost odborné literatury v knihovnách, je těžké nalézt knihy nebo skripta, které by zcela jasně objasňovaly dané téma. Hlavním účelem bylo vytvořit jednoduchý, přehledný a srozumitelný učební text, který má posloužit studentům. Pokud by alespoň část studentů po prostudování považovala tento studijní materiál za vhodný, mé cíle by byly splněny.

Domnívám se, že pro studenty, kteří se rozhodnou pokračovat ve studiu na vysokých chemických školách je tento učební text základem pro porozumění složitější problematice chromatografických separací.

Poslední část práce obsahuje didaktický rozbor, který se stručně věnuje představení SPŠCH v Ostravě, komu je učební text určen, učební osnově, didaktické analýze navrhovaného učebního textu.



## Použitá literatura

- [1] Kalhous, Z.: Obst O. a kol.: Školní didaktika. Praha: Portál 2002. ISBN 80-7178-253-X
- [2] Průcha, Jan. Učebnice: teorie a analýzy edukačního média. Brno: Paido 1998. ISBN 80-85931-49-4
- [3] Čáp, J., Mareš J.: Psychologie pro učitele. Praha: Portál 2001. ISBN 978-80-7367-273-7
- [4] Petty, G.: Moderní vyučování. Praha: Portál 2002. ISBN: 80-7178-681-0
- [5] Skalková, J.: Obecná didaktika. Praha: Grada 2007. ISBN 978-80-247-1821-7
- [6] Průcha, Jan. Moderní pedagogika. Praha: Portál, 2002. ISBN 80-73-67-047-X.
- [7] Churáček J. a kol.: Analytická separace látek. Praha: SNTL 1990. ISBN: 80-03-00569-8
- [8] Meloun, M.: Statistická analýza experimentálních dat. Praha: Academica 2004. ISBN: 80-200-1254-0
- [9] Surmová S.: Stanovení látek a kontaminantů v silicích. Univerzita Pardubice 2011
- [10] Surmová S.: Stanovení těžkých organických látek v alkoholických nápojích. Univerzita Pardubice 2013.
- [11] Holčápek M.; Černohorský T.: Atomová a molekulová spektrometrie. Univerzita Pardubice 2012.
- [12] SPŠ Chemická Akademie Heyrovského a Gymnázium [online]. [ cit. 2014-03-24]. Dostupné na WWW: <http://chemgym.cz/int/chemie-svp.pdf>