

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA PEDAGOGICKÁ

KATEDRA CHEMIE

**VYUŽITÍ FOTOMETRIE VE VÝUCE CHEMIE NA VŠECH
STUPNÍCH ŠKOL**
DIPLOMOVÁ PRÁCE

Bc. Adéla Turčová

Učitelství pro střední školy

Vedoucí práce: Ing. Jan HrdličkaPh.D.

Plzeň, 2016

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně
s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

V Plzni, 30. června 2016

.....
vlastnoruční podpis

Poděkování

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu práce Ing. Janu Hrdličkovi, Ph.D. za vedení mé diplomové práce, za jeho čas, rady, připomínky a trpělivost při konzultacích. Děkuji za možnost experimentování. Zároveň děkuji katedře chemie FPE ZČU v Plzni za možnost využití laboratoří, laboratorních pomůcek, laboratorních přístrojů a chemikálií. Ve všem mi bylo ze strany katedry vyhověno, čehož si nesmírně vážím. Dále bych chtěla poděkovat všem učitelům, žákům a studentům, kteří se mnou zkoušeli dále zmíněné chemické experimenty. Děkuji za možnost realizace svých hodin chemie. Na závěr děkuji svým nejbližším, kteří mě podporují a věří v mé schopnosti.

ZDE SE NACHÁZÍ ORIGINÁL ZADÁNÍ KVALIFIKAČNÍ PRÁCE.

OBSAH

Úvod	4
1 TEORETICKÁ ČÁST	6
1.1 OPTICKÉ METODY	6
1.1.1 Rozdělení optických metod	7
1.2 PRINCIP SPEKTROMETRICKÝCH METOD.....	8
1.2.1 Vlastnosti elektromagnetického záření.....	8
1.2.2 Vlastnosti fotonu	10
1.2.3 Elektromagnetické spektrum	11
Druhy spekter.....	11
1.2.4 povaha výměny energie mezi hmotou a zářením	13
1.3 ROZDĚLENÍ SPEKTRÁLNÍCH METOD	14
1.4 SPEKTROFOTOMETRIE.....	17
1.4.1 Spektrofotometrie v ultrafialové (uv) a viditelné oblasti (<i>visual, vis</i>)	18
1.4.2 Základní veličiny a vztahy používané ve spektrofotometrii	19
1.4.3 Elektronová absorpční spektra	23
1.5 BAREVNOST LÁTEK	24
1.6 OBECNÁ INSTRUMENTACE VE SPEKTROFOTOMETRII	25
1.6.1 zdroj záření	25
1.6.2 Disperzní systém a pomocná optika.....	26
1.6.3 Detektor.....	27
1.6.4 Umístění vzorku.....	27
1.6.5 Vyhodnocovací zařízení	27
1.6.6 uspořádání spektrometrických přístrojů	28
1.7 ANALYTICKÉ VYUŽITÍ	29
1.7.1 Kvalitativní analýza	29
1.7.2 Kvantitativní analýza.....	29
1.8 STANOVENÍ KONCENTRACE ANALYTU.....	30
1.9 HODNOCENÍ A CHYBY SPEKTROMETRICKÝCH STANOVENÍ	31
2 DIDAKTICKÁ ČÁST	33
2.1 OKÉNKO DO MINULOSTI, ANEB OD KDY SE UČÍME CHEMII.....	33
2.2 VÝUKA CHEMIE A SVĚTOVÉ TRENDY 21. STOLETÍ.....	34
2.2.1 Učitel by měl:.....	36
2.3 CHEMICKÝ EXPERIMENT	36
2.3.1 Výuka chemie s edukačním experimentem v ČR.....	37
2.3.2 Současná výuka chemie.....	37
2.4 CHEMICKÉ DOVEDNOSTI STUDENTŮ 21. STOLETÍ	39
2.4.1 Všechno souvisí se vším.....	41
2.5 CHEMIE V RVP PRO ZÁKLADNÍ VZDĚLÁVÁNÍ.....	42
2.6 SPEKTRÁLNÍ METODY NA ZŠ 1. STUPEŇ	43
2.6.1 BARVY KOLEM NÁS	43
2.7 SPEKTRÁLNÍ METODY NA 2. STUPNI ZŠ	44
2.7.1 PAPERSEK NÁS ZACHRÁNÍ	45
2.8 CHEMIE V RVP GYMNÁZIÍ	46
2.9 SPEKTRÁLNÍ METODY NA GYMNÁZIU	47
2.9.1 VĚDA KOLEM NÁS.....	47
2.10 TERCÍÁRNÍ VZDĚLÁVÁNÍ	48

2.11	SPEKTRÁLNÍ METODY NA VYSOKÉ ŠKOLE	49
2.11.1	CHEMICKÉ PRAKTIKUM	49
2.12	SHRNUTÍ	50
3	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	51
3.1	ÚLOHY PRO ZŠ 1.STUPEŇ (BARVY KOLEM NÁS)	51
3.2	ÚLOHY PRO ZŠ 2.STUPEŇ (PAPRSEK NÁS ZACHRÁNÍ)	51
3.3	ÚLOHY PRO GYMNÁZIA (VĚDA KOLEM NÁS)	51
3.4	ÚLOHY PRO VŠ (CHEMICKÉ PRAKTIKUM)	52
3.5	PŘÍSTROJE A PŘÍSTROJOVÁ VYBAVENÍ.....	52
3.6	SEZNAM POUŽITÝCH CHEMIKÁLÍ.....	52
3.6.1	Úlohy pro ZŠ 2. stupeň (paprsek nás zachrání)	52
3.6.2	Úlohy pro gymnázia (věda kolem nás)	53
3.6.3	Úlohy pro VŠ (chemické praktikum)	53
3.7	POMŮCKY A POUŽITÝ MATERIÁL.....	53
3.7.1	Chemické sklo	53
3.7.2	Laboratorní pomůcky	53
3.7.3	Materiál	53
3.8	LABORATORNÍ ŘÁD.....	54
3.9	SPEKTROFOTOMETR A FLUORIMETR SPECTRO VIS PLUS.....	54
3.9.1	Přednosti.....	56
3.9.2	Návod k obsluze.....	56
3.10	SPEKTROFOTOMETR HITACHI U – 2001	59
3.10.1	Práce s přístrojem.....	59
3.11	NÁVODY PRO EXPERIMENTÁLNÍ VÝUKU NA 1. STUPNI ZŠ	62
3.11.1	Úloha č. 1 ROZKLAD SVĚTLA ⁽²⁸⁾	62
3.11.2	Úloha č. 2 JAK LZE VYUŽÍT STARÉ CD ⁽²⁹⁾	63
3.11.3	Úloha č. 3 NÁPOJOVÁ DUHA ⁽³⁰⁾	64
3.11.4	Úloha č. 4 ŘEDĚNÍ ROZTOKŮ	67
3.12	ÚLOHY PRO ZŠ 2.STUPEŇ (PAPRSEK NÁS ZACHRÁNÍ)	69
3.12.1	Úloha č. 1 OTRÁVENÝ INOTOVÝ NÁPOJ ⁽¹⁹⁾	69
3.12.2	Úloha č. 2 NENÍ FIALOVÁ JAKO FIALOVÁ – výpočet koncentrace ⁽³⁰⁾	71
3.12.3	Úloha č. 3 PROČ JE LIST ROSTLINY ZELENÝ	73
3.12.4	Úloha č. 4 BARVIVA JSOU VŠUDE ⁽³²⁾	75
3.13	ÚLOHY PRO GYMNÁZIA (VĚDA KOLEM NÁS)	78
3.13.1	Úloha č. 1 ABSORBANCE A TRANSMITANCE MANGANISTANU ⁽³⁰⁾	78
3.13.2	Úloha č. 2 BEZ KALIBRAČNÍ KŘIVKY NEMĚŘÍM ⁽³⁰⁾	80
3.13.3	Úloha č. 3 STANOVENÍ ŽELEZA V NEZNÁMÉM VZORKU ⁽²⁷⁾	82
3.13.4	Úloha č. 5 JAK MOC JSOU PŘIBARVOVANÉ MODRÉ NÁPOJE ^(30, 32)	85
3.14	ÚLOHY PRO VŠ (CHEMICKÉ PRAKTIKUM)	87
3.14.1	Úloha č. 1 SPEKTROFOTOMETRICKÉ STANOVENÍ ŽELEZA (Fe ³⁺) S THIOKYANATANEM DRASELNÝM NA PŘÍSTROJI VERNIER SPECTROVIS PLUS ⁽²⁷⁾	87
3.14.2	Úloha č. 2 SPEKTROFOTOMETRICKÉ STANOVENÍ ŽELEZA (Fe ³⁺) S THIOKYANATANEM DRASELNÝM NA PŘÍSTROJI HITACHI U – 2001 ⁽¹⁷⁾	89
3.14.3	Úloha č. 3 SPEKTROFOTOMETRICKÉ STANOVENÍ ŽELEZA (Fe ³⁺) S KYSELINOU SULFOSALICYLOVOU NA PŘÍSTROJI VERNIER SPECTROVIS PLUS ⁽³⁴⁾	90
3.14.4	Úloha č. 4 SPEKTROFOTOMETRICKÉ STANOVENÍ ŽELEZA (Fe ³⁺) : S KYSELINOU SULFOSALICYLOVOU NA PŘÍSTROJI HITACHI U – 2001 ⁽³⁴⁾	91

3.14.5 Úloha č. 5 POROVNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH METOD VHODNÝCH PRO STANOVENÍ (Fe^{3+}) 91	
3.15 DISKUZE	93
3.15.1 Výsledky vlastního testování experimentů na prvním stupni základní školy	93
3.15.2 Výsledky vlastního testování experimentů na druhém stupni základní školy	93
3.15.3 Výsledky vlastního testování experimentů na gymnáziu	94
3.15.4 Výsledky vlastního testování experimentů na vysoké škole	94
ZÁVĚR	95
RESUMÉ	96
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ	99
SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ A DIAGRAMŮ	103

Úvod

V návaznosti na svoji bakalářskou práci se i v diplomové práci zabývám spektrálními metodami, neboť chemická analýza patří k mým neoblíbenějším odvětvím chemie. Svoje nadšení bych velice ráda přenesla i na žáky a studenty. Z tohoto důvodu se tato diplomová práce zabývá využitím spektrálních metod ve výuce chemie na všech stupních škol.

Ráda bych díky této diplomové práci vzbudila zájem o vědu nejen u studentů, ale i učitelů. Učitelé chemie v současné době zastávají spíše roli úředníka než roli vědce. Na vlastní experimentování a přípravu chemických pokusů není čas a ani dostatek prostředků. Pokusím se v této práci ukázat, že situace není tak zlá a že existuje mnoho způsobů jak hodiny chemie dělat zábavnější.

Cílem této práce, ale není pouze příprava experimentů. Nejprve je třeba porozumět podstatě spektrálních metod. Osvětlit si zákonitosti, dle kterých probíhají jednotlivá chemická stanovení. Úkolem této práce je prostudovat dostupné návody a spektrální metody, které je možné aplikovat na spektrofotometr spectroVis Plus značky Vernier. Seznámit se s tímto přístrojem a podrobně prostudovat dostupné návody, tak aby na něm mohla probíhat experimentální výuka.

Hlavním cílem této práce je vyhledat dostatek experimentů vhodných pro žáky základní školy, studenty gymnázií a studenty vysoké školy s chemickým zaměřením. Díky moderním informačním technologiím a dostupnosti cizojazyčné literatury mám tu možnost v této diplomové práci představit několik experimentů vhodných pro výuku chemie na všech stupních škol. Dostupné návody bylo třeba otestovat nejprve v laboratoři a poté na jednotlivých školách. Na základě vlastního pozorování sestavit pracovní postupy vhodných pro chemická praktika.

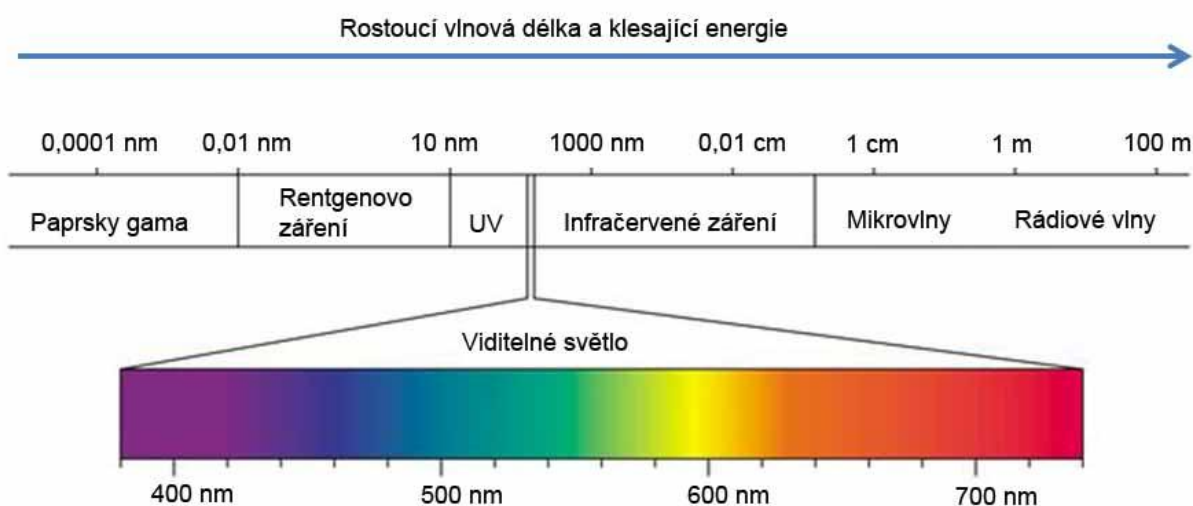
Pro větší přehlednost je tato diplomová práce rozdělena na tři základní části: část teoretickou, část didaktickou a část experimentální. Teoretická část se zabývá studiem spektrálních metod. Charakterizuje vlastnosti elektromagnetického záření. Dále se věnuje dělením spektrálních metod. Popisuje uspořádání jednotlivých spektrálních přístrojů a v neposlední řadě popisuje fyzikální veličiny, bez jejichž charakteristiky bychom se neobešli.

Po představení spektrálních metod následuje část didaktická. V didaktické části je kladen důraz na dovednosti studentů v současné době. Jsou zde uvedeny hlavní problémy, se kterými se setkáme v hodinách chemie. Jsou zde vypsány hlavní mezníky důležité pro současný vývoj chemie. Důraz je zde kladen na zvýšení zájmu o chemii. V závěru didaktické části jsou uvedeny experimenty pro žáky a studenty různých typů škol. Jednotlivé experimenty jsou podrobně popsány v experimentální části této práce.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 OPTICKÉ METODY

Optické metody jsou založeny na měření optických vlastností látek. Podstatná část moderní instrumentální analytické chemie se zaměřuje na studium výměny energie mezi elektromagnetickým zářením a hmotou. Pro optické metody platí, že dochází k interakci elektromagnetického záření se zkoumaným vzorkem (analytem). Tento mechanismus, založený na interakci hmoty a elektromagnetického záření je typický pro všechny známé optické metody. Z počátku vývoje byla pro analytické účely využívána pouze viditelná část elektromagnetického záření. Toto pojetí se vlivem vývoje a potřeb změnilo. Bylo zapotřebí, aby optické metody zahrnovaly celou stupnici elektromagnetického záření, a to od záření gama až po rádiové vlny. V této práci bude pozornost věnována především viditelné oblasti záření. ⁽¹⁾



Obr. 1 Elektromagnetické spektrum ⁽²⁾

1.1.1 ROZDĚLENÍ OPTICKÝCH METOD

Nespektrální metody

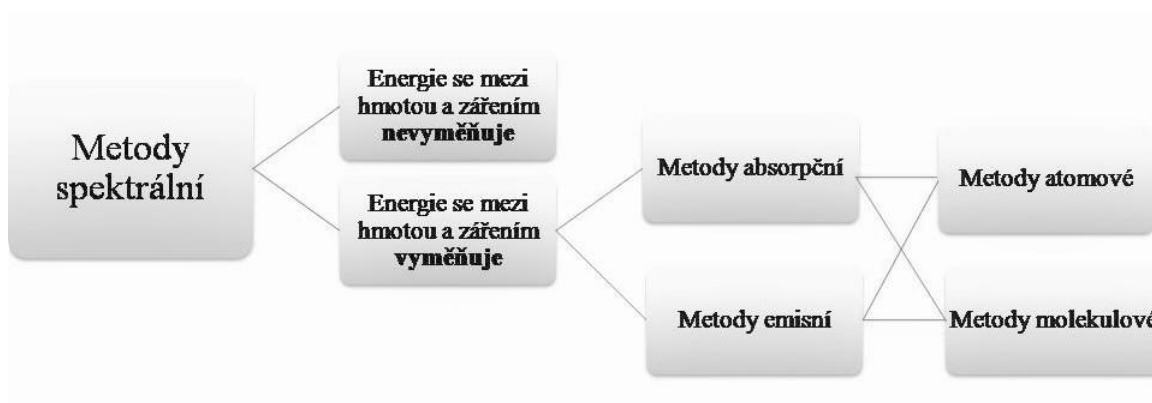
Metody, při nichž záření s látkou energii nevyměňuje. Zkoumaná látka pouze určitým způsobem ovlivňuje vlastnosti procházejícího záření. Do této skupiny patří např. refraktometrie a interferometrie využívající lomu záření, polarimetrie zkoumající zda látka stáčí rovinu polarizovaného záření a v neposlední řadě difrakční metody sledující interferenci a rozptyl záření. Tyto metody jsou poměrně nenáročné a v řadě případů přináší cenné informace pro praktickou analýzu. ⁽³⁾

Spektrální metody

Metody, při nichž dochází k výměně energie mezi zářením a zkoumanou látkou. Tato výměna energie spočívá v absorpci nebo emisi záření. Na základě tohoto tvrzení dělíme spektrální metody na metody emisní a absorpční. Komplexně spektrometrické metody tvoří základ optických metod. Výsledkem analýzy je emisní nebo absorpční spektrum zkoumané látky. Spektrum je závislost veličiny, která je mírou intenzity záření vysílaného nebo prošlého vzorkem, na vlnové délce záření. Vlnovou délku je možné nahradit jinou fyzikální veličinou např. vlnočtem, frekvencí a někdy také energií. ^(4,5)

- A. **Metody emisní** jsou založeny na měření záření vysílaného (emitovaného) vzorkem. Emise je vyvolána dodáním energie vzorku v podobě tepla, elektrické energie, proudu elementárních částic nebo jiného elektromagnetického záření: Přijetím této energie se atomy nebo molekuly dostávají do méně stabilních energeticky bohatých stavů a přebytečné energie se zbavují v podobě elektromagnetického záření.
- B. **Metody absorpční** jsou založeny na pohlcování (absorpci) elektromagnetického záření vzorkem. Využíváme při nich vlnové délky z různých oblastí elektromagnetického spektra. Podle užitého záření charakterizujeme a pojmenováváme jednotlivé absorpční metody. ⁽³⁾

Dle charakteru vzorku spektrální metody dále dělíme:



Obr. 2 Schéma dělení spektrálních metod

1.2 PRINCIP SPEKTROMETRICKÝCH METOD

Spektrometrie lze definovat jako obor, zabývající se měřením elektromagnetického záření pohlcované (emitované) hmotou nebo interagující s hmotou. Emise a způsob interakce záření závisí mimo jiné na struktuře hmoty. Z tohoto důvodu budou v úvodu této kapitoly nejprve shrnuty obecně platné zákonitosti elektromagnetického záření a základní vlastnosti stavby hmoty (atomů a molekul).

Cílem spektrometrických metod je prokázání přítomnosti látky ve vzorku, studium struktury látky nebo stanovení koncentrace látky ve vzorku. Aby bylo možné efektivně využívat spektrálních metod, je zapotřebí porozumět teorii, bez které se při jednotlivých měření neobejdeme. ⁽⁵⁾

1.2.1 VLASTNOSTI ELEKTROMAGNETICKÉHO ZÁŘENÍ

Z výsledků studia interakce záření s různými objekty byla vytvořena duální koncepce záření. Tato koncepce říká, že elektromagnetické záření má vlnově – korpuskulární charakter, tj. chová se současně jako vlnění (ohýbá se, odráží, láme atd.) a jako proud elementárních kvant energie, fotonů, jež se pohybují jako částice.

Duální koncepci spojují dva významné matematické vztahy, rovnice Einsteinova – Planckova [1] a rovnice de Broglieova [2]. První rovnice vyjadřuje vztah mezi energií fotonů a frekvencí záření. Druhá rovnice vyjadřuje vztah mezi vlnovou délkou a zářením s určitou rychlostí a hmotností fotonů. ⁽⁶⁾

$$E = h \cdot \nu$$

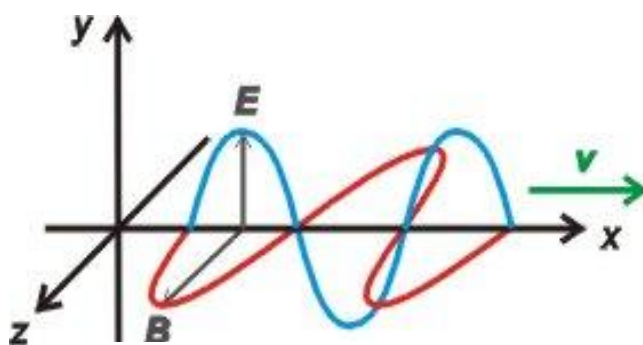
Chyba! Záložka není definována.

Kde: h je Planckova konstanta, $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ (Joule·sekunda).

$$\lambda = \frac{h}{m\nu} \quad 1$$

Kde: h je Planckova konstanta, m je hmotnost částice a ν je její rychlost.

Elektromagnetické záření chápeme jako vlnění příčné. Každé jeho vlně náleží elektrická složka (vektor intenzity elektrického pole E) a magnetická složka (vektor magnetické indukce B). Tyto složky (vektory) jsou na sebe vzájemně kolmé a ještě navíc jsou obě kolmé na směr šíření vlnění. ⁽³⁾



Obr. 3 Elektromagnetické vlnění ⁽⁷⁾

Každou oblast elektromagnetického záření lze charakterizovat několika základními veličinami:

- **Frekvence** (kmitočet) ν – udává počet kmitů za sekundu. Jednotkou kmitočtu je 1 hertz (Hz), který představuje 1 kmit za sekundu. Většinou se v praxi setkáme s násobky této jednotky, např. kHz, MHz.
- **Vlnová délka** λ – definuje dráhu, o kterou postoupí vlna za dobu jednoho kmitu. Ve spektrálních metodách se pro měření vlnové délky nejčastěji používají mikrometry (10^{-6} m) a nanometry (10^{-9} m).

- **Vlnočet $\tilde{\nu}$** – je počet vln připadající na délkovou jednotku (tradičně 1 cm). Vlnočet je odvozen od vlnové délky ($\tilde{\nu} = 1/\lambda$). Jednotkou je cm^{-1} .
- **Rychlost záření v** – je vzdálenost, o kterou postoupí vlna za jednu sekundu. Ve vakuu má elektromagnetické záření rychlost rovnou $2,9979 \cdot 10^8 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$. V ostatních prostředí je rychlost záření poněkud menší. V běžné praxi však tyto rozdíly v rychlosti zanedbáváme a předpokládáme zjednodušený vztah $v = c$.^(4,5)

Frekvence, vlnová délka, vlnočet a rychlost záření spolu souvisí vztahem:

$$v = \frac{c}{\lambda} = c \cdot \tilde{\nu} \quad 2$$

S použitím výše uvedených vztahů získáme výraz:

$$E = h \frac{c}{\lambda} = h \cdot c \cdot \tilde{\nu} \quad 3$$

Z posledního uvedeného vztahu [4] můžeme vyvodit závislosti jednotlivých veličin. Frekvence a vlnočet jsou přímo úměrné energii záření. Naopak vlnová délka je energii nepřímo úměrná.

1.2.2 VLASTNOSTI FOTONU

Foton je definovaný jako kvantum energie elektromagnetického záření. Jako částice má foton nulovou klidovou hmotnost a pohybuje se výhradně rychlostí světla. Byť má nulovou klidovou hmotnost, má nenulovou hybnost, která se projevuje, např. při srážkách. (Comptonův rozptyl, tlak záření,...).⁽⁶⁾

Energie fotonu je přímo úměrná jeho frekvenci [5].

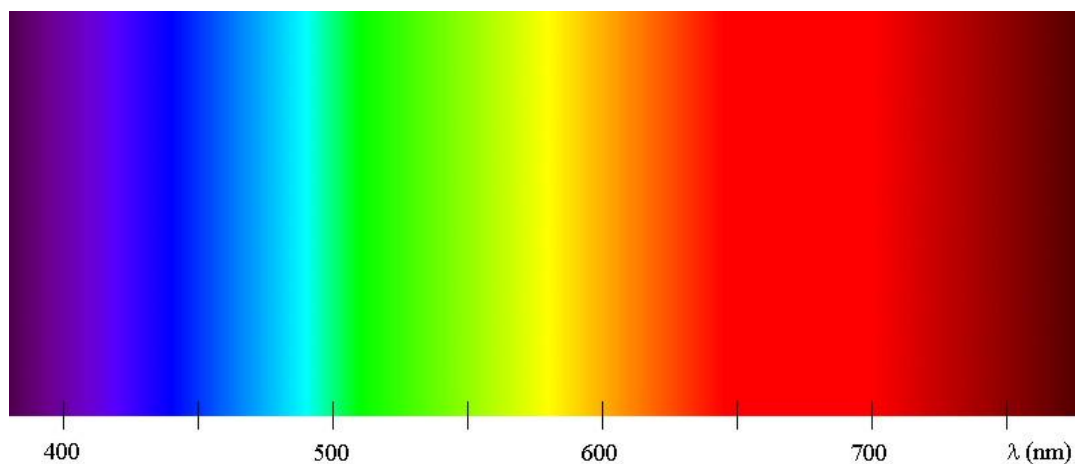
$$E = h \cdot \nu \quad 4$$

Energii nesenou elektromagnetickým zářením charakterizujeme pomocí fotometrických veličin. Tyto veličiny zahrnují jen tu část elektromagnetického spektra, jež lidské oko vnímá jako viditelné záření. Zářivý tok Φ_e , běžně měřená veličina u optických metod. Rozlišujeme zářivý tok a spektrální zářivý tok. **Zářivý tok** je zářivá energie (Q_e) o

všech přípustných vlnových délkách procházející určitou plochou za jednotku času. Značí se Φ_e . *Spektrální zářivý tok* je zářivá energie (Q_e) o jedné specifické vlnové délce (λ) procházející určitou plochou za jednotku času. Značí se $\Phi_{e\lambda}$. Jednotkou zářivého toku je watt (W). Jednotkou spektrálního zářivého toku je watt na metr ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}$).^(3, 7)

1.2.3 ELEKTROMAGNETICKÉ SPEKTRUM

Elektromagnetické spektrum zahrnuje všechny typy elektromagnetického záření řazené nejčastěji dle (rostoucí/klesající) vlnové délky. Elektromagnetické záření je charakterizované určitou vlnovou délkou, frekvencí a energií. Široký pás vlnových délek je dělen do několika typů elektromagnetického záření: rádiové vlny, mikrovlny, infračervené záření, viditelné záření, ultrafialové záření, rentgenové záření a záření gama. Oblast viditelného záření je poměrně úzká: přibližně od 400 do 800 nm. Tuto oblast označujeme jako viditelné (barevné) spektrum. Pořadí barev ve spektru je vždy stálé (dle klesající vlnové délky) od červené přes oranžovou, žlutou, zelenou, modrou až po fialovou. Tyto barvy označujeme jako elementární spektrální barvy, které už nelze dále rozložit. Rozložit je sice nelze, ale libovolně je můžeme skládat a vytvářet z nich jakékoli odstíny barev, např. hnědou, růžovou.⁽³⁾



Obr. 4 Barevné spektrum ⁽¹⁾

DRUHY SPEKTER

Zkoumáním spekter se zabývá vědní obor experimentální fyziky - spektroskopie. Spektroskopie má rozsáhlé využití, umožňuje zkoumat vlastnosti vzdálených hvězd nebo prohlížet vnitřní orgány lidského těla pomocí magnetické rezonance.

Absorpční spektrum dané látky je doplňkem jejího emisního spektra. Tam, kde se u absorpčního spektra nachází tmavé pruhy (Obr. 6), jsou u emisního spektra stejné látky spektrální čáry (Obr. 7).

Dle tvaru spektra lze spektrum rozdělit na čárové, spojité a pásové. **Čárové spektrum** je tvořené řadou ostrých vzájemně oddělených čar, mezi kterými se nachází neosvětlené tmavé pásy. Jednotlivé ostré čáry označujeme jako spektrální čáry. Toto spektrum vytváří např. zářící páry sodíku. **Spojité spektrum** je tvořené vlnovými délkami určitého rozsahu. Spojité spektrum vytvářejí např. rozžhavené látky, vysokotlaké výbojky. Sluneční záření obsahuje spojitě široký interval vlnových délek, proto sluneční záření považujeme za polychromatické. Rozkladem spojitého spektra získáváme souvislý pás elementárních spektrálních barev. Tímto způsobem vzniká **pásové spektrum**, které je tvořené velkým množstvím spektrálních čar ležících blízko sebe. Tyto skupiny čar tvoří charakteristické pásy. Jednotlivé spektrální čáry nelze vzájemně odlišit. ^(10,11)

U atomů absorbované nebo emitované záření poskytuje čárové spektrum. U molekul jsou příslušná spektra pásová. Nejčastěji čárová spektra tvoří jednoatomové prvky v plynném stavu. Naopak plyny tvořené molekulami poskytují spektra pásová. ^(10,12)

Obr. 5 Spojité spektrum ⁽¹²⁾Obr. 6 Absorpční spektrum ⁽¹²⁾Obr. 7 Emisní spektrum ⁽¹²⁾

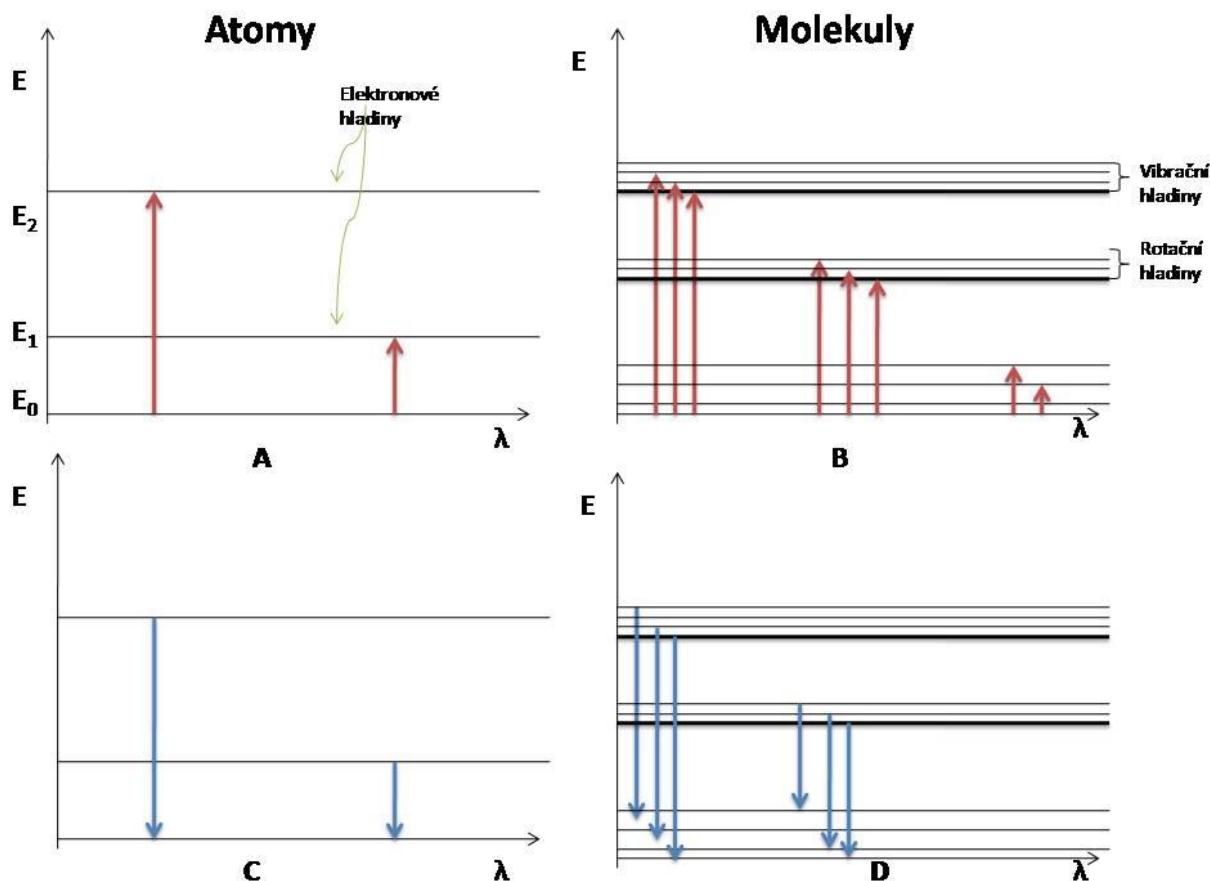
1.2.4 POVAHA VÝMĚNY ENERGIE MEZI HMOTOU A ZÁŘENÍM

Jak již bylo uvedeno v předchozí kapitole, spektrální metody jsou charakterizovány interakcí mezi hmotou a zářením doprovázenou výměnou energie. Atomy a molekuly tak mohou měnit svůj energetický stav. Dotyčná částice prodělává přechody mezi energetickými hladinami. Atomy a molekuly mění svůj energetický stav buď přijetím energie (při absorpci záření), nebo vyzářením energie (při emisi záření). Energie přijatá i vyzářená může dosahovat pouze určitých diskrétních hodnot. ⁽⁴⁾

V **atomech** energii přijímají nebo vyzářují pouze elektrony. Předpokládáme, že tato energie je kvantována. Elektrony se po interakci dostávají do určitých elektronových energetických hladin.

V **molekulách** se setkáváme rovněž s elektronovými energetickými hladinami. Avšak situace je poněkud složitější, neboť molekuly se skládají z atomů. Atomy tvořící jednotlivé molekuly ovlivňují jejich energetické hladiny. Atomy neustále vibrují kolem svých rovnovážných poloh daných chemickou vazbou. Jednotlivým vibračním stavům odpovídá určitá energie, která je kvantována. Vibrační pohyby atomů způsobí rozštěp elektronových energetických hladin na jednotlivé **vibrační energetické podhladiny**. Molekula jako celek dále ještě vykonává rotační pohyb. Také energie těchto pohybů je kvantována. Rotační pohyb molekul způsobuje rozštěp každé vibrační hladiny na **rotační vibrační podhladiny**. ⁽⁴⁾

Procesy vyvolané změnou energie mezi zkoumanou látkou a elektromagnetickým zářením jsou schematicky znázorněny na obr. 8.



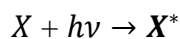
Obr. 8 Schéma znázorňující princip výměny energie mezi elektromagnetickým zářením a atomy či molekulami⁽⁴⁾

U atomů dochází k absorpci (A) a emisi (C) záření pouze mezi elektronovými energetickými hladinami. Molekuly absorbují (B) nebo emitují (D) o mnohem větším počtu vlnových délek. Je to způsobeno přítomností vibračních a rotačních hladin.

1.3 ROZDĚLENÍ SPEKTRÁLNÍCH METOD

První kritériem dělení je, zda dochází k emisi nebo absorpci záření.

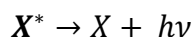
Absorpce záření jev, při kterém atom nebo molekula (X) pohlcuje záření s energií odpovídající hodnotě $h\nu$.



Látky absorbují určitou část elektromagnetického záření. Uspořádaný soubor vlnových délek, které látka absorbuje, označujeme jako **absorpční spektrum**.

Absorbované vlnové délky jsou pro určitou látku charakteristické a látku tak lze díky absorpčnímu spektru identifikovat, případně studovat její strukturu. ^(4, 5)

Emise záření je opakem absorpce. Látka, která spontánně podstoupila během velice krátké doby excitaci do vyšší energetické hladiny, vyzářila energii a přešla zpět na nižší energetickou hladinu nebo až na základní energetický stav. Látka vyzářuje energii ve tvaru $h\nu$.



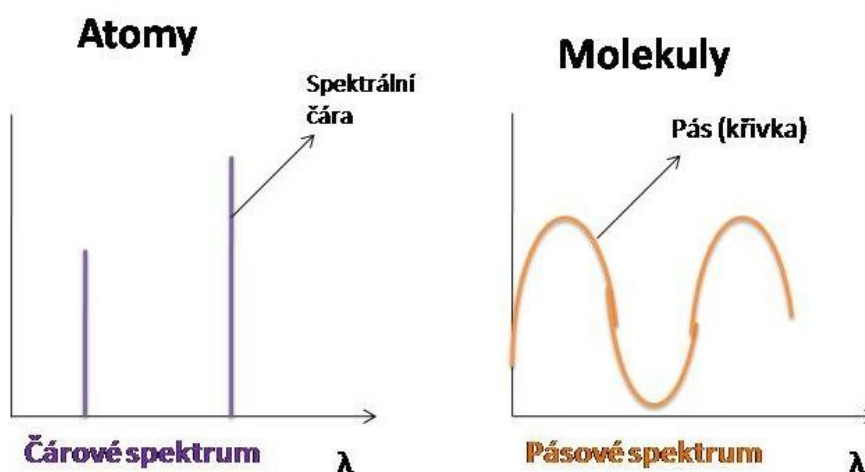
Podobně, jako u absorpce, látky emitují určitý soubor vlnových délek. Nikoho nepřekvapí, že tento soubor se nazývá **emisní spektrum**. Toto vyzískané spektrum nám opět danou látku charakterizuje. Díky tomuto emisnímu spektru můžeme analyzovat látky ve vzorku. ^(4, 5)

Pozn.: Do excitovaného stavu můžeme látku (atom, molekulu) dostat nejen absorpcí elektromagnetického záření, ale i dodáním tepla nebo bombardováním látky urychlenými částicemi s vysokou hodnotou energie.

Fluorescence. Některé látky po excitaci elektromagnetického záření přecházejí z vyšší elektronové hladiny do nižších energetických stavů složitějším mechanismem, než tomu bylo v předchozím případě. Po excitaci molekula nebo atom ztrácí část přijaté energie v podobě tepla. Tato ztráta je zapříčiněna kolizemi s ostatními částicemi přítomnými ve vzorku. Teprve poté se látka dostává zpět do základního elektronového stavu.

Druhým kritériem dělení je, zda probíhající absorpce nebo emise záření mění energii atomů nebo celých molekul. ⁽⁴⁾

Na základě dřívějších poznatků můžeme spektrální metody dělit na atomovou nebo molekulovou spektrometrie. Tyto metody od sebe snadno rozeznáme pomocí naměřených spekter, neboť spektra atomů se liší od spekter molekul (Obr. 9). U atomů pozorujeme méně elektronových přechodů na rozdíl od vibračních a rotačních přechodů, které probíhají v molekulách. Z tohoto tvrzení vyplývá, že spektra atomů jsou čárová (emisní nebo absorpční). Jednotlivé energetické přechody elektronů jsme schopni rozlišit, a proto se nám spektra atomů jeví jako čárová. Na druhou stranu velký počet energetických přechodů v molekule lišící se malým energetickým rozdílem od sebe rozlišit neumíme. Tyto nepatrné přechody nám splývají do pásů a vytváří tak molekulová spektra pásová.



Obr. 9 Naměřená spektra atomů a molekul

Třetím kritériem hodnocení je rozsah využívané oblasti vlnových délek (popř. vlnočtů, frekvence nebo energie) studovaného emitovaného nebo absorbovaného záření. ⁽⁴⁾

Tento typ dělení je často využíván pro svou jasnost a přehlednost. Typ elektromagnetického záření bývá uveden v názvu jednotlivých metod, např. rentgenová spektrometrie, viditelná spektrometrie, atd. (viz Tabulka 1 Elektromagnetické záření a příslušné spektrometrické metody).

Spektrálních metod je velké množství, z tohoto důvodu je vhodné je třídit dle jednotlivých kritérií. Cílem této práce není charakteristika všech spektrálních metod.

Pozornost bude v dalších kapitolách věnována hlavně spektrofotometrii ve viditelné oblasti elektromagnetického záření. ⁽⁵⁾

Tabulka 1 Elektromagnetické záření a příslušní spektrometrické metody ⁽⁵⁾

Vlnová délka	0,1-10 nm	10 – 800 nm	800 – 10 ⁵ nm	1 mm – 1 m	1 m – 1 km
Záření	rentgenové	ultrafialové a viditelné	infračervené	mikrovlnné	radiofrekvenční
Metoda	rentgenová spektrometrie	UV a VIS spektrometrie	infračervená spektrometrie	elektronová paramagnetická rezonance	nukleární magnetická rezonance

1.4 SPEKTROFOTOMETRIE

Spektrofotometrické stanovení využívá principu interakce mezi stanovovanou látkou (analytem) a zářením. Existuje velké množství látek schopných pohlcovat elektromagnetické záření o různých vlnových délkách, nejčastěji ve viditelné nebo ultrafialové části spektra méně často v infračervené oblasti spektra. Na základě absorpce světla různých vlnových délek vznikají absorpční spektra. Jak již bylo zmíněno v kap. 1.3. Toto spektrum je pro určitou látku typické. Základní otázkou spektrofotometrického stanovení je, jak velkou část elektromagnetického spektra zkoumaná látka absorbuje a jak vypadá její absorpční spektrum. V běžné praxi se při analytickém stanovení setkáváme se různými označeními. Prvním termínem je **spektrofotometrie** typická pro měření v určitém souvislém rozsahu vlnových délek elektromagnetického záření. Druhým termínem je **fotometrie**, která využívá při měření jednu nebo několik konkrétních hodnot vlnových délek. ⁽⁵⁾

Vizuální absorpční spektrometrie ve viditelné oblasti označovaná jako **kolorimetrie** patří bezesporu k nejstarším fyzikálně chemickým metodám. Umožňovala společně s jednoduchými přístroji sledovat a vyhodnocovat barevné roztoky různých látek. Uplynulo více než 150 let od popsání první kolorimetrické metody pro stanovení bromidů. Avšak až koncem druhé světové války fotometrie zaznamenala intenzivní rozvoj. Zejména v přístrojové technice a metodice. Nové metody stanovení, nové přístroje, nové lepší materiály (moderní instrumentace). Za těch pár desítek let se zdokonalila detekce záření i

automatický zápis spektra. Důležitou roli ve vývoji sehrála výpočetní technika a automatizace. ⁽¹⁴⁾

1.4.1 SPEKTROFOTOMETRIE V ULTRAFIALOVÉ (UV) A VIDITELNÉ OBLASTI (VISUAL, VIS)

Spektrofotometrie v UV a VIS oblasti patří mezi běžné analytické metody. Ačkoli je spektrofotometrie v současné době spíše na ústupu. Iniciativu přebrali nové moderní metody a postupy, např. hmotnostní spektrometrie. Nicméně má spektrofotometrie stále široké uplatnění v praxi. Jejimi výhodami jsou rychlost, citlivost a značná přesnost.

Při jednotlivých spektrofotometrických stanoveních dochází k absorpci elektromagnetického záření v rozsahu vlnových délek 200 až 800 nm. Látky absorbující záření o vlnové délce menší než 380 nm (ultrafialové záření) nejsme schopni barevně rozlišit, neboť tyto látky vnímáme jako bezbarvé. Naopak látky, které absorbují záření vlnové délky v rozsahu 380 až 780, vnímáme jako barevné. ⁽⁵⁾

Při studiu odborné literatury narazíme na několik označení prezentující spektrální metody. Typickou a hojně využívanou spektrální metodou je molekulová absorpční spektrometrie v ultrafialové a viditelné oblasti. V jednodušších případech klasického uspořádání pro viditelnou oblast záření se setkáváme s historickým označením kolorimetrie.

Principem spektrometrického stanovení je absorpce látky (organického i anorganického původu) rozpuštěné ve vhodném rozpouštědle. Při průchodu paprsku měřenou látkou zaznamenáme úbytek světelného toku monochromatického záření. Z tohoto důvodu by měl být měřený vzorek zcela čirý. Obecně platí, že látky, které jsou schopny absorbovat viditelné záření, jsou barevné. Vlastní měření je uskutečněno na přístrojích, které nazýváme absorpční spektrometry. ⁽¹⁵⁾

Abychom mohli využívat spektrofotometrická stanovení, je nutné, aby stanovovaná látka (molekula) pohlcovala elektromagnetické záření. Množství absorbovaného záření s určitou vlnovou délkou je závislé na charakteru a koncentraci absorbující látky v roztoku. Z již získaných informací o chování atomů a molekul je patrné, že látky absorbují elektromagnetické záření pouze určitých vlnových délek, protože látky (molekuly, atomy) mohou existovat pouze v určitých energetických hladinách. Všechny výše uvedené podmínky je třeba si při vlastní analýze uvědomit, tak aby spektrofotometrické stanovení proběhlo úspěšně. K úspěšnému stanovení je ještě nutné definovat základní veličiny, se kterými se během stanovení setkáme. ^(3,5)

1.4.2 ZÁKLADNÍ VELIČINY A VZTAHY POUŽÍVANÉ VE SPEKTROFOTOMETRII

V této kapitole budou definovány základní veličiny potřebné pro hodnocení velikosti absorpce v absorpčních metodách. Při analytickém stanovení se zabýváme měřením propustnosti. V praxi se ale spíše setkáme s měřením absorbance (odvozená veličina).

Transmittance (propustnost) T je při měření absorpce definována jako poměr toku záření prošlého měřeným vzorkem (Φ) k toku záření vstupujícího do vzorku (Φ_0). V jednodušším případě kolik světla určité vlnové délky prošlo vzorkem.

$$T = \frac{\Phi}{\Phi_0} \quad 5$$

Kde, Φ je intenzita světla, které prošlo vzorkem a Φ_0 je intenzita světla, které do vzorku vstoupilo. Hodnota transmittance se často uvádí v procentech.^(5,15)

V běžné praxi se používá upravené definice vztahu, neboť měřit přesně obě dvě intenzity je nevhodné a navíc mohou být i tyto hodnoty zkreslené. Mohou být ovlivněny absorpcí a odrazem světla na stěnách kyvety a v optice fotometru atd. Proto hodnoty transmittance stanovujeme relativně vzhledem ke slepému vzorku (blanku). Nejprve se měří intenzita světla u slepého vzorku. Tento slepý vzorek obsahuje všechna činidla potřebná ke stanovení vyjma barevné stanovované látky. Za stejných podmínek pak naměříme hodnoty pro neznámý vzorek

Předpokládáme, že intenzita světla, která prošla slepým vzorkem je 100%. Tudiž transmittance blanku je 100% a transmittance neznámých vzorků musí být za shodných podmínek měření menší než 100 %.^(5,15)

Absorptance α je definována jako podíl toku absorbovaného monochromatického záření k toku záření vystupujícího.

$$\alpha = \frac{\Phi_0 - \Phi}{\Phi} = 1 - T \quad 6$$

Stejně tak jako u transmittance se hodnoty absorptance uvádějí v procentech.

Absorbance A , se starším označením extinkce, je definována pro uvedené toky monochromatického záření jako záporně vzatý dekadický logaritmus transmitance. Absorbance je bezrozměrná veličina.

$$A = -\log T = -\log \frac{\Phi}{\Phi_0} \quad 7$$

Je-li absorpce nulová, pak je nulová i absorbance. S rostoucí absorpcí záření se zvyšuje i hodnota absorbance. Blíží-li se transmitance hodnotě nula, hodnota absorbance směřuje k nekonečnu. Při vlastním měření mají největší význam hodnoty pohybující se okolo jedné. Vztah pro krajní hodnoty veličin vyjádříme pomocí znamének nerovnosti: ^(5,15)

$$T < 1 ; 0 > \alpha < 0 ; 1 > A < 0 ; \infty >$$

Využitím již definovaných veličin se dostáváme k **Lambert-Beerovu zákonu** [9]. Podle Lamberta je úbytek intenzity světla přímo úměrný tloušťce absorbující vrstvy (Obr. 10). Beer potvrdil, že v transparentních rozpouštědlech je absorpční koeficient lineární funkcí koncentrace rozpuštěné látky. Z těchto poznatků vyplývá formulace zákona ve tvaru:

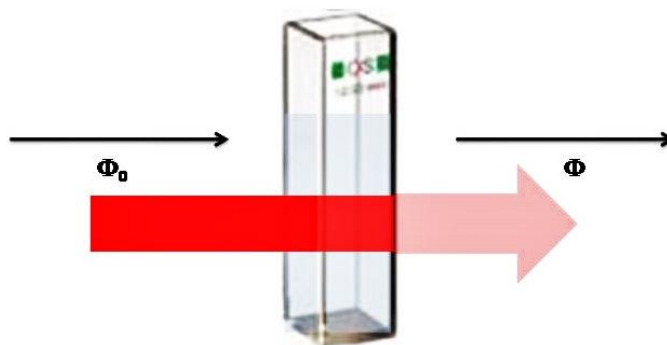
$$A = \varepsilon_\lambda \cdot c \cdot l \quad 8$$

Kde:

ε_λ je molární absorpční koeficient (konstanta pro danou látku za daných podmínek při určité vlnové délce) v $\text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$,

c je koncentrace absorbující látky v $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$,

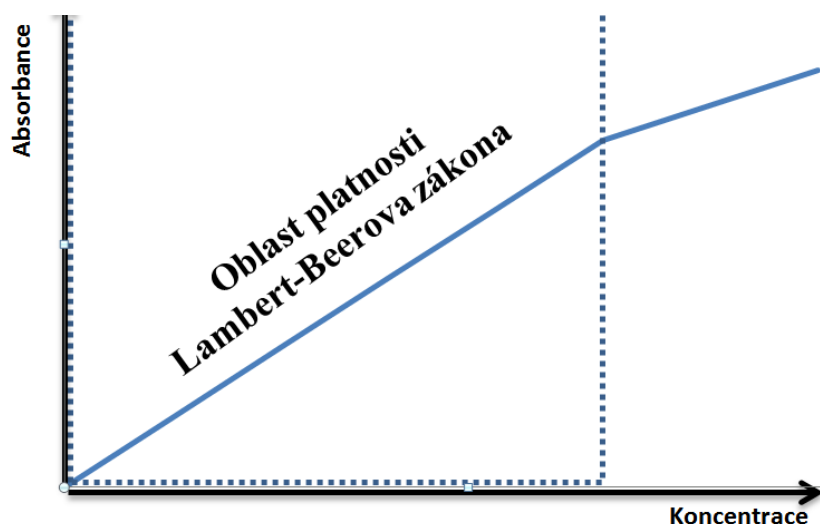
l je tloušťka absorbující vrstvy v cm. ⁽³⁾



Obr. 10 Absorpce záření při průchodu kyvetou

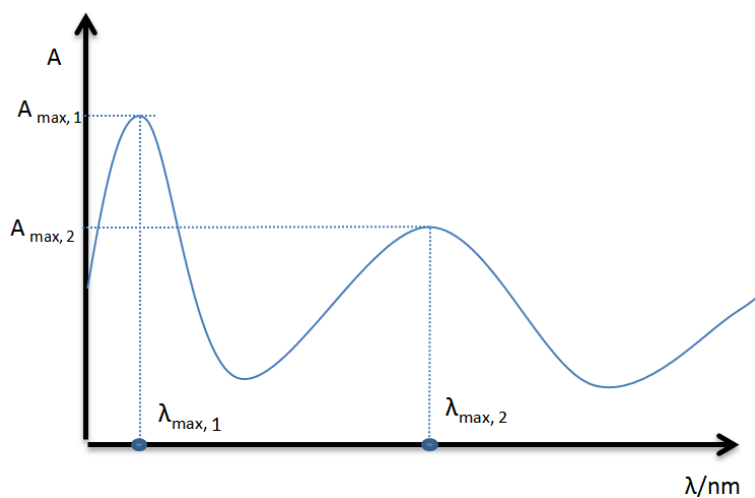
Lambert-Beerův zákon říká, že absorbance je přímo úměrná koncentraci absorbující látky a tloušťce absorbující vrstvy [9]. Platnost zákona je předpokládána pro téměř všechna spektrofotometrická popř. fotometrická stanovení. Existují určité podmínky, které je nutno respektovat, aby zákon byl platným. ⁽³⁾

Užití Lambert-Beerova zákona je možné pouze pro lineární oblast závislosti absorbance na koncentraci. Dalším omezením je koncentrace absorbující látky, která by neměla být větší než cca $10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$. Při vyšších koncentracích se grafická závislost zakřivuje k ose koncentrace. (Obr. 11). V neposlední řadě je nutné, aby veškerá energie absorbovaná látkou přecházela v energii tepelnou, nemělo by tedy docházet k fluorescenci nebo rozptylu záření. Platnost zákona je možné velice snadno ověřit a to vynesemím naměřených hodnot do grafu s funkční závislosti absorbance na koncentraci při konstantní tloušťce absorbující vrstvy (Obr. 11).

Obr. 11 Grafické zobrazení platnosti Lambert-Beerova zákona v závislosti absorbance na koncentraci ⁽³⁾

Další důležitou veličinou definující Lambert-Beerův zákon je **molární absorpční koeficient** ϵ_{λ} . Tento koeficient slouží k charakteristice určité látky ve vzorku. Odpovídá hodnotě maximální absorbance látky při určité vlnové délce. Je závislý na druhu rozpouštědla. Určitou vlnovou délku v praxi uvádíme obvykle jako spodní index molárního absorpčního koeficientu (např. ϵ_{420}). Hodnotu molárního koeficientu nemůžeme považovat za obecně platnou konstantu, neboť tato hodnota byla zjištěna v určitém systému. Systém tvořený konkrétní látkou stanovovanou za daných podmínek při konkrétní vlnové délce. ⁽¹⁵⁾

Absorbance roztoku určité konkrétní látky je závislá na vlnové délce. Proto se při konkrétních stanovení setkáváme i s konkrétní vlnovou délkou, při které je vhodné realizovat měření. Při měření absorbance získáváme z původního spojitého spektra (které vzniklo rozložením bílého světla) spektra pásová nebo spektra čárová (Obr. 9). U molekul látek organických i anorganických vzniká spektrum pásově (maxima na křivce, Obr. 12). Pro analytické účely vybíráme z elektromagnetického záření absorpční pás s nejvyšším maximem, který je pak vhodný pro vlastní spektrofotometrické stanovení. ⁽¹⁵⁾



Obr. 12 Elektronové absorpční spektrum pásově se dvěma absorpčními maximy ⁽¹⁵⁾

1.4.3 ELEKTRONOVÁ ABSORPČNÍ SPEKTRA

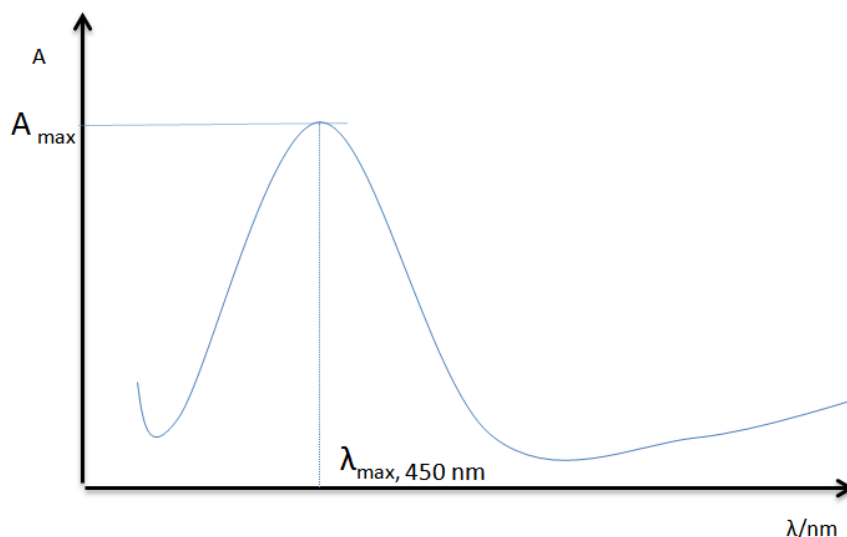
Při fotometrickém stanovení v UV a VIS oblasti vzniká pro určité látky charakteristické elektronové absorpční spektrum vyjadřující závislost absorbance na vlnové délce. Jak již bylo zmíněno v kapitole 1.2.5., energie molekul nabývají určitých diskrétních hodnot odpovídajících energetickým hladinám. Za normálních podmínek se molekula látky nachází v základním elektronovém stavu E_0 a její energie se rovná součtu základní elektronové E_{el} , vibrační E_{vibr} a rotační E_{rot} energie [10]. Mezi základním stavem molekuly a excitovanou elektronovou hladinou je velký energetický rozdíl ($10^2 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$).^(3, 4, 5)

$$E_0 = E_{rot} + E_{vibr} + E_{el} \quad 9$$

Molekuly se za standardních podmínek vyskytují na základní vibrační hladině. V tomto stavu nejsou elektrony excitovány. Excitace nastává až po přijetí energie absorpcí fotonu. Molekula pak přechází na jednu z mnoha vibračních a rotačních hladin. Dochází k absorpci fotonů s podobnými hodnotami energie a tím pádem ve spektru vznikají absorpční čáry, které splývají v absorpční pás. Pouze při měření v plynné fázi (při nízké teplotě) lze v absorpčním spektru jednotlivé diskrétní přechody rozeznat.⁽⁵⁾

Klasifikace absorpčního pásu

Do excitovaného stavu se molekula dostává určitým typem elektronového přechodu. Jeden pás v absorpčním spektru představuje jeden typ elektronového přechodu. Absorpční spektrum konkrétní látky může být tvořeno jedním nebo i více pásy. Záleží na typu a počtu elektronových přechodů. Absorpční pásy mají tvar Gaussovy křivky. Její maximum (vrchol) označujeme anglickým termínem „peak“ (pík). Polohu píku určuje vlnová délka maxima λ_{max} . Polohu absorpčního pásu pak určují energie orbitalů podílející se na excitaci.⁽³⁾



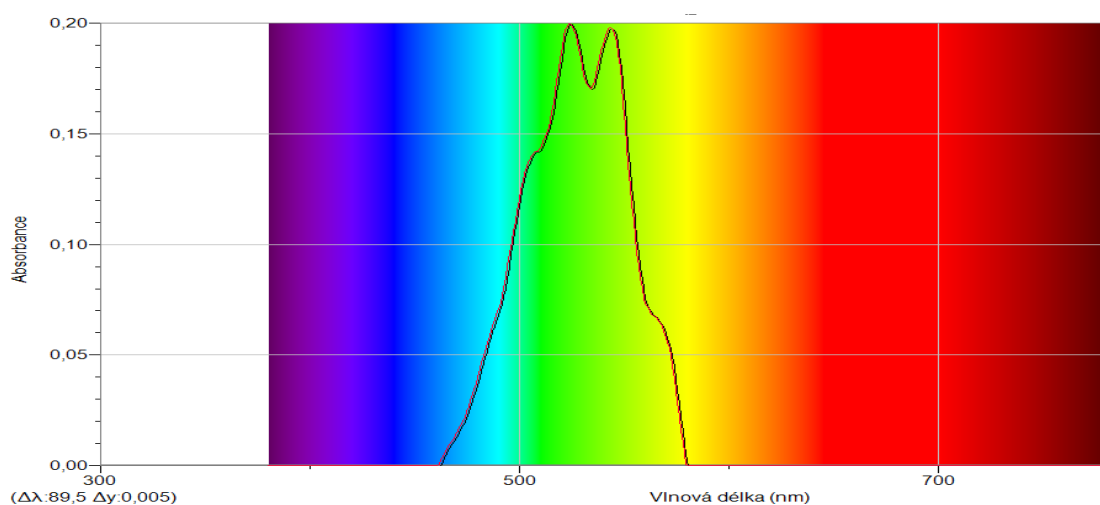
Obr. 13 Elektronové absorpční spektrum s jedním vrcholem

1.5 BAREVNOST LÁTEK

Barevnost látek je důsledkem absorpce záření ve viditelné oblasti spektra. Látka je schopna absorbovat jen záření o určité vlnové délce. Záření ostatních vlnových délek procházející vzorkem bez absorpce a tvoří, tzv. doplňkové zabarvení (viz. Tabulka 2). Barva doplňková představuje barvu látky - roztoku. Jestliže roztok absorbuje nejvíce např. zelené záření v rozmezí 500 – 560 nm, tak se nám roztok jeví v barvě doplňkové jako purpurový.⁽³⁾

Tabulka 2 Barvy doplňkové⁽³⁾

Absorbované (nm)	záření	Barva záření	absorbovaného	Barva roztoku)	doplňková (barva
400 – 435		fialová		žlutozelená	
435 – 480		modrá		žlutá	
480 – 490		zelenomodrá		oranžová	
490 – 500		modrozelená		červenooranžová	
500 – 560		zelená		purpurová	
560 – 580		zelenožlutá		fialová	
580 – 595		žlutooranžová		modrá	
595 – 610		červenooranžová		zelenomodrá	
620 – 760		červená		modrozelená	



Obr. 14 Reálné absorpční spektrum „fialového“ roztoku manganistanu draselného

1.6 OBECNÁ INSTRUMENTACE VE SPEKTROFOTOMETRII

V následující kapitole budou uvedeny základní typy přístrojů, které se využívají pro měření absorpce v ultrafialové a viditelné oblasti záření. Dále zde budou charakterizovány jednotlivé části přístrojů a princip uspořádání přístrojů. Z historického hlediska mohou mít spektrální přístroje různá pojmenování (kolorimetr, fotometr, spektrofotometr). U fotometru se setkáme s barevnými filtry sloužících k vymezení intervalu používaných vlnových délek. Složitější typy přístrojů jako jsou spektrofotometry, využívají k nastavení vlnové délky monochromátoru.

Aby bylo fotometrické měření, co možná nejpřesnější, je nutná objektivní detekce. Objektivním detektorem je např. fotonka nebo fotonásobič nikoli lidské oko. Subjektivní způsob detekce najdeme u nejstarších metod (kolorimetrie), kdy detektorem je právě lidské oko. ^(4, 5)

1.6.1 ZDROJ ZÁŘENÍ

Pro viditelnou oblast záření (případně pro blízkou infračervenou oblast) využívají spektrofotometry wolframovou nebo halogenovou žárovku vysílající spojité záření až do 3 μm . Pro ultrafialovou oblast je zdrojem záření vodíková nebo častěji využívaná deuteriová výbojka.

Wolframová žárovka zahrnuje rozsah vlnových délek v rozmezí 350 – 3 000 nm. Je poměrně citlivá a náchylná na změny napětí, tudíž by mělo být napětí dobře stabilizováno. Halogenová žárovka obsahuje malé množství jodu v křemenné baňce a má oproti

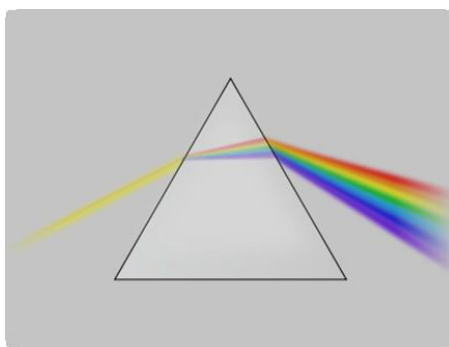
wolframové žárovce asi dvojnásobnou životnost. Je velmi účinná a její spektrum zasahuje až do ultrafialové oblasti. Deuteriová výbojka emituje záření v rozsahu 160 – 375 nm. Je ideálním zdrojem pro ultrafialovou oblast záření. ^(3, 15)

1.6.2 DISPERZNÍ SYSTÉM A POMOCNÁ OPTIKA

Polychromatické záření je nezbytně nutné převést na monochromatické záření o určité vlnové délce. Tuto úlohu zajišťují monochromátory a v jednodušších případech se využívají filtry. Můžeme říci, že monochromátor slouží k rozdělení (disperzi) vstupujícího záření na řadu monochromatických paprsků. Je složen ze vstupní štěrbinu, disperzního prvku (hranol, optická mřížka) a výstupní štěrbinu pro paprsek vybrané vlnové délky. Čím kvalitnější monochromátor, tím jemnější struktura spektra může být rozlišena. Rozsah vlnových délek, které vycházejí z monochromátoru, určuje výstupní štěrbina. ^(3, 15)

Hranol

Hranol se využívá k disperzi polychromatického svazku rovnoběžných paprsků (v důsledku odlišného indexu lomu záření o odlišných vlnových délkách). Index lomu se liší pro různé vlnové délky. Záření s menší vlnovou délkou se láme více než záření s větší vlnovou délkou. Tento disperzní prvek najdeme spíše u starších přístrojů. V moderní spektrometrii se s ním setkáváme výjimečně. ⁽³⁾



Obr. 15 Rozklad světla hranolem⁽¹⁶⁾

Mřížka

Principem mřížky vyskytující se ve spektrálních přístrojích je ohyb a odraz záření. Daná mřížka je použitelná jen pro danou oblast elektromagnetického záření. Obecně je mřížka nějaká plocha z transparentního materiálu opatřená řadou rovnoběžných čar neboli vrypů. Aby mohl na mřížce nastat ohyb záření, musí být vzdálenost vrypů řádově blízká vlnové délce záření. ⁽³⁾

1.6.3 DETEKTOR

Detektory (čidla) záření jsou zařízení, jež převádějí energii záření v jinou formu energie. energii, kterou pak lze jednoduše změřit. Nejčastěji se energie záření převádí na energii elektrickou. Jako detektory záření se často využívají fotonásobiče, dále pak polovodičové fotoelektrické články, diodová pole a detektory CCD (*Contactless Conductivity Detector*). U spektrofotometrie v UV a VIS oblasti se nejčastěji setkáváme s fotoelektrickými články, které využívají vnějšího a vnitřního fotoelektrického efektu. Na vnějším fotoelektrickém efektu je založena činnost fotonásobiče a na principu vnitřního fotoelektrického efektu pracují odporové články.

Jak již bylo uvedeno v úvodu kapitoly, za subjektivní detektor můžeme považovat i lidské oko. Však právě díky vnímání lidského oka, mohla být popsána metoda kolorimetrie. Lidské oko vnímá záření v rozsahu 380 – 780 nm (barevné světlo). Nejsme však schopni měřit absolutní hodnoty intenzity záření. Můžeme porovnávat intenzitu záření dvou zdrojů. Pro vlnovou délku 550 nm je citlivost oka maximální. ^(3,5)

1.6.4 UMÍSTĚNÍ VZORKU

V molekulových spektrálních metodách jsou vzorky umístěny ve speciálních nádobkách kulatého častěji hranatého tvaru. Tyto nádoby označujeme jako **kyvety**. Kyvety zajišťují konstantní tloušťku absorbující vrstvy od 0,1 do 10 cm. Nejčastěji se pro běžná stanovení využívá kyveta s optickou dráhou 1 cm. Materiál, z kterého je kyveta vyrobena, musí být propustný pro používanou oblast záření o určité vlnové délce. Pro UV oblast záření se využívá křemenné sklo a pro VIS oblast sklo, popřípadě plast. Životnost kyvet je omezená a jejich údržba je poměrně náročná. Je třeba, aby kyvety byly dokonale čisté, aby nic nebránilo v průchodu paprsku. Z těchto důvodů se v praxi setkáváme s jednorázovými plastovými kyvetami. Většinou se vyrábějí z polyesteru – pro VIS oblast záření a pro UV část spektra lze využít polymetylmakrylátu. ⁽¹⁵⁾

1.6.5 VYHODNOCOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Abychom mohli realizovat kvalitní měření je asistence počítače (tabletu) nezbytně nutná. Elektrický signál vycházející z detektoru se po úpravě a zesílení dostává do počítače, kde je zpracován speciálním programem. V současné době si bez moderní výpočetní techniky vyhodnocení analýzy nedokážeme ani představit. K tomu bychom mohli např. identifikovat neznámou látku. Počítačové programy nám umožňují náhled celého absorpčního spektra látky. Dále nám poskytují spoustu důležitých dat, které můžeme, díky speciálním programům, dále zpracovávat a vyhodnocovat.

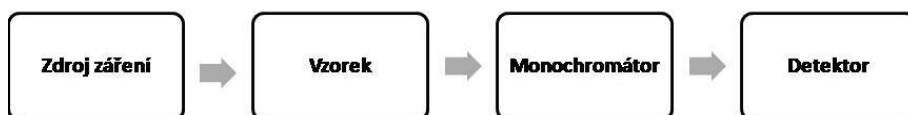
Moderní spektrální přístroje umožňují měření absorbance v rozsahu 0,1 až 4,000 jednotek absorbance (A.U.). Měřit můžeme při jedné vlnové délce nebo si můžeme zvolit konkrétní rozmezí vlnových délek. Na monitoru počítače pak registrujeme absorpční spektrum ve funkční závislosti absorpce na vlnové délce. Pokud se naučíme se speciálními vyhodnocovacími programy pracovat, bude naše práce kvalitní a úspěšná. Ačkoli žádný program nám nezaručí správnost měření. Na úspěšném stanovení se podílí více faktorů, např. správný odběr vzorků, příprava činidel atd. ^(5, 15)

1.6.6 USPOŘÁDÁNÍ SPEKTROMETRICKÝCH PŘÍSTROJŮ

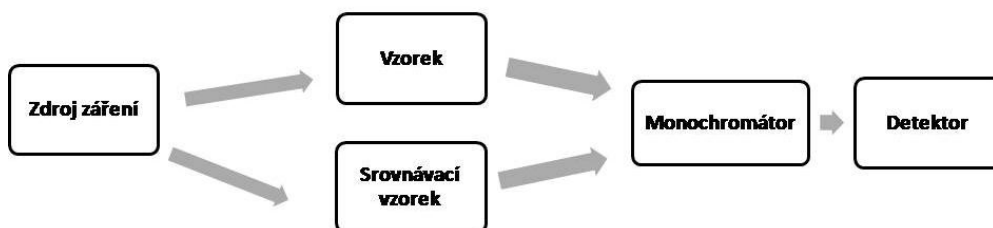
Dle typu konstrukce dělíme spektrofotometrické přístroje na jednopaprskové a dvoupaprskové. Dvoupaprskové uspořádání najdeme u dražších spektrometrů měřící v ultrafialové, viditelné a infračervené oblasti záření.

Před vlastním měření vzorků je třeba spektrofotometrický přístroj nastavit na nulovou koncentraci analytu pomocí slepého srovnávacího vzorku, tzv. blanku. U jednopaprskových přístrojů je nezbytné nastavit tuto nulovou koncentraci před vlastním měření vzorku. Poté můžeme měřit absorbanci vlastních vzorků. U jednopaprskového přístroje prochází světelný paprsek ze zdroje na vstupní štěrbinu monochromátoru, dále prochází kyvetou se vzorkem a detekuje se, např. fotonkou.

U dvoupaprskového přístroje se srovnávací a měřený vzorek porovnává průběžně/souběžně, neboť paprsek je dělen na dva nové paprsky. Jeden prochází měrným vzorkem a druhý prochází srovnávacím vzorkem (blankem). Po výstupu paprsků z kyvet jsou oba paprsky pomocí systému zrcadel spojeny do paprsku společného, jež dopadá na detektor. Neplatí to však pro všechny dvoupaprskové přístroje. Dvoupaprskový spektrofotometr může porovnat absorbanci čistého rozpouštědla (srovnávací vzorek) s měřeným vzorkem. ^(5, 15)



Obr. 16 Schéma uspořádání jednopaprskového přístroje



Obr. 17 Schéma uspořádání dvoupráskového přístroje

1.7 ANALYTICKÉ VYUŽITÍ

V této kapitole se seznámíme s využitím molekulové absorpční spektrofotometrie v UV a VIS oblasti. Uplatnění této metody je mnohostranné a najdeme jej jak v organické tak i v anorganické analýze. Nejprve bude popsána kvalitativní analýza (kvalitativní posouzení struktury látek) a poté přijde na řadu kvantitativní analýza. ^(3, 5)

1.7.1 KVALITATIVNÍ ANALÝZA

Kvalitativní analýza se zabývá kvalitativním posouzením struktury látek. Vzniklá UV a VIS spektra mohou doplňkově sloužit k identifikaci neznámé organické látky. Identifikaci látky ale nemůžeme považovat za jednoznačnou. Získaná absorpční spektra jsou příliš jednoduchá a poskytují omezené množství potřebných informací. Můžeme pouze odhadovat strukturu látky porovnáním naměřeného spektra s již známými spektry. Získané informace je ale možné využít jako podklady a doplňující informace k měření infračervených spekter, NMR spekter a hmotnostních spekter. Ze vzniklých absorpčních spekter organických látek můžeme získat informace o přítomnosti typických skupin v molekule. Jedná se o, tzv. chromofory absorbující záření o určité vlnové délce. ^(3,5)

1.7.2 KVANTITATIVNÍ ANALÝZA

Kvantitativní analýza využívá naměřených hodnot absorbance k výpočtu koncentrace látky ve vzorku. K výpočtu koncentrace musíme předpokládat platnost **Lambert-Beerova zákona** (Kap. 1.4.2.). Výpočet koncentrace vychází z funkční závislosti absorbance na koncentraci $A = f(c)$ (metoda kalibrační křivky). Je zapotřebí, aby vlastní měření absorbance, probíhalo za konstantní vlnové délky, zpravidla λ_{\max} , při nichž látka absorbuje nejvíce (vrchol na absorpčním pásu). Z již získaných informací o Lambert-Beerově zákoně, víme, že absorbance látky závisí nejen na koncentraci, ale i na tloušťce kvety a molárním absorpčním koeficientu.

Ty látky, které jsou schopné absorpce záření v UV a VIS oblasti obsahují chromofory a můžeme je stanovovat přímo. Naopak ty látky, které z těchto oblastí spektra

neabsorbují, případně mají nízké hodnoty molárního absorpčního koeficientu, musíme převést na sloučeniny schopné absorpce. K této přeměně slouží spektrofotometrické reakce (tzv. vybarvovací reakce). Těmito reakcemi zavedeme do látky vhodný chromofor nebo látku převedeme na vhodný komplex. Příkladem z praxe může být stanovení železa. Pro toto stanovení využíváme vybarvovací reakce železitých iontů s thiokyanatonovým iontem za vzniku komplexu schopného absorpce. ^(3, 5)

1.8 STANOVENÍ KONCENTRACE ANALYTU

Máme více možností jak vyjádřit a stanovit koncentraci analytu. U analytických stanovení využívajících spektrofotometrických metod používáme nejčastěji tzv. metody nepřímé, kdy koncentraci analytu zjišťujeme porovnáváním se standardními roztoky.

Nejběžnějším a nejuniverzálnějším způsobem vyjádření koncentrace analytu představuje **metoda kalibrační křivky**. Tento způsob je časově poměrně náročný, protože vyžaduje přesnou práci při přípravě standardních roztoků o různých vhodně zvolených hodnotách koncentrace (c) za předem definovaných optimálních podmínek. Standardní roztoky, jejichž složení je podobné zkoumaným vzorkům lišící se pouze koncentrací stanovovaného analytu. Pro metodu kalibrační křivky musíme mít připraveno několik standardních roztoků splňujících vysoké nároky chemické analýzy (přesnost, čistota chemikálií). ⁽⁵⁾

Proces vzniku kalibrační křivky nazýváme kalibrace. V této metodě využíváme závislosti zvolené měřené veličiny (v našem případě absorbance) na koncentraci stanovované složky – analytu. Experimentální měření absorbance (A) standardních roztoků nám poskytne několik dvojic veličin (dle počtu standardů), ze kterých získáme kalibrační přímkou. Naměřené hodnoty absorbance o určité koncentraci zpracováváme buď graficky jako funkční závislost $A = f(c)$, nebo lineární regresí [11] s použitím metody nejmenších čtverců ve tvaru:

$$A = a \cdot c + b \quad 10$$

V absorpčních metodách je a absorpční koeficient (absorptivita). Konstanta charakteristická pro určitou látku. Při měření roztoků se nejčastěji využívá molární absorpční koeficient ϵ (molární absorptivita). Hodnoty absorpčních koeficientů jsou závislé na podmínkách měření. Konstanta b představuje hodnotu slepého pokusu (blanku).

Aby kalibrační přímka procházela nulou, musíme měření provádět proti slepému stanovení. ⁽⁵⁾

Mírou odchylek naměřených hodnot od funkční závislosti $A = f(c)$ je regresní koeficient r . Ideální hodnota regresního koeficientu se rovná jedné. Pokud se regresní koeficient značně odlišuje od jedné, je nutné upravit hodnoty ve funkční závislosti.

Pokud vzorek obsahuje látky, které ovlivňují hodnotu signálu analytu, např. hodnotu absorbance A_x , jsme nuceni použít ke stanovení koncentrace analytu c_x **metodu standardního přídatku**. V rozsahu platnosti Lambert-Beerova zákona spočívá princip této metody v tom, že k odměrnému množství vzorku přidáme známé množství standardu o předem známé koncentraci. Analyzujeme neznámý vzorek a vzorek s přídatkem standardu o koncentraci c_s . Oba vzorky musí být doplněny na stejný objem. Provedeme měření, při kterém získáme hodnoty absorbance jak pro neznámý vzorek A_x , tak pro vzorek s přídatkem standardu A_s . Po poměření určíme zvýšení hodnoty absorbance, které je přímo úměrné přidanému objemu roztoku standardu. Z této úměry pak lze vypočítat koncentraci složky ve vzorku. ⁽⁵⁾

$$c_x : c_s = A_x : A_s \quad 11$$

1.9 HODNOCENÍ A CHYBY SPEKTROMETRICKÝCH STANOVENÍ

Citlivost spektrometrické metody se hodnotí jednak dle směrnice kalibrační přímky, a jednak dle hodnoty meze detekce (*limit of detection*) a meze stanovitelnosti (*limit of determination, quantification*).

Mez detekce definována jako nejmenší koncentrace analytu ve vzorku, jež můžeme danou analytickou metodou detekovat. Podle definice IUPAC se mez detekce vyjadřuje jako trojnásobek směrodatné odchylky signálu nulového vzorku. Mez detekce odpovídá koncentraci, pro kterou je analytický signál statisticky významný od šumu.

Mez stanovitelnosti definována jako nejmenší koncentrace analytu ve vzorku, jež můžeme danou analytickou metodou ještě stanovit s přijatelnou přesností. Jinak řečeno, jaké nejnížší množství analytu ve vzorku, může být stanoveno jako exaktní hodnota. Podle definice IUPAC je mez stanovitelnosti koncentrace analytu rovna desetinásobku směrodatné odchylky signálu nulového vzorku. Mez stanovitelnosti odpovídá koncentraci, při které je přesnost stanovení taková, že dovoluje kvantitativní analýzu.

Experimentálně se mez detekce a mez stanovitelnosti určuje pomocí nulového vzorku (blanku). Za podmínek odpovídajících použité spektrální metodě se změří pětkrát raději desetkrát signál (absorpce) nulového vzorku. Naměřené hodnoty absorbance poslouží k výpočtu standardní směrodatné odchylky. Současně se sestrojí kalibrační křivka pro vzorky v oblasti nízkých koncentrací včetně nulového bodu, tak aby křivka procházela počátkem.⁽⁵⁾

Za správné výsledky analýzy považujeme ty hodnoty, které se v průměru bez větších výkyvů shodují s reálnou hodnotou. Předpokládáme, že tyto hodnoty jsou zatížené pouze náhodnými chybami. **Náhodné chyby** se vyskytují nepravidelně, mohou to být kladné i záporné hodnoty. Nikdy však nemají vysokou hodnotu, takže nezkrslují výsledky analýzy.

Za přesné výsledky analýzy označujeme ty hodnoty, které se vzájemně dobře shodují, ale od reálné hodnoty se odlišují soustavnou chybou. Soustavné **neboli systematické chyby** mají pravidelný charakter a ovlivňují výsledky vždy v určitém směru. Vznikají v důsledku použití nevhodné experimentální techniky nebo nevhodným používáním správné laboratorní techniky.

V neposlední řadě se můžeme setkat s **chybami hrubými**, jež vznikají jako důsledek nedopatření a bývají jimi zatíženy výsledky z celého souboru měření.⁽⁵⁾

2 DIDAKTICKÁ ČÁST

Cílem této práce je příprava pracovních postupů pro fotometrická stanovení pro žáky a studenty různých typů škol. Z tohoto důvodu je v této práci uvedena didaktická část. Neboť bez znalosti teorie nelze úspěšně aplikovat naše poznatky do učitelské praxe. Důraz je zde kladen na zvýšení zájmu o chemii. Jak efektivně a zábavně vyučovat přírodovědné předměty.

Didaktická část je rozdělena na několik kapitol, které se věnují minulosti, přítomnosti i budoucnosti výuky chemie jak ve světě, tak v České republice. Co ovlivňuje výuku chemie a jak se výuka chemie mění v závislosti na čase. V závěru didaktické části jsou uvedeny experimenty pro žáky a studenty různých typů škol. Jednotlivé experimenty budou podrobně popsány v experimentální části této práce.

2.1 OKÉNKO DO MINULOSTI, ANEB OD KDY SE UČÍME CHEMII

V této kapitole se posuneme o pár let později až k počátkům výuky chemie. V následujících odstavcích budou vymezeny důležité mezníky, které významně ovlivnili a formovali výuku chemie.

Chemii řadíme mezi přírodní vědy, jež byly v minulosti společně s dalšími vědními obory součástí filosofie. Přírodní vědy byly označovány společným termínem fyzika (řecky: *fysis*: přírodní věda). Počátky výuky přírodních věd sahají do dob středověku ještě před vznikem středních (základních) škol jako takových. Ve středověku měla hlavní slovo křesťanská církev, která udávala směr učení. Koncem 11. století začínají vznikat církevní, klášterní a farní školy.

Na konci 16. století se fyzika vyčleňuje jako samostatný vyučovací předmět zkoumající i zákonitosti chemie. Je důležité si ale uvědomit, že se jednalo spíše o směr empirických poznatků a někdy i bájí.

Na přelomu 16. a 17. století, za vlády císaře Rudolfa II., se do popředí zájmu dostává alchymie. Alchymie jako předvědecká disciplína, která na základě filosofických i teoretických poznatků usilovala o přeměnu hmoty. Alchymie přinesla kromě „kamene mudrců“ i řadu reálných a důležitých chemických postupů jako je např.: krystalizace, destilace, sublimace, Dále byla poprvé připravena kyselina sírová (suchou destilací síranu železnatého). Byly objeveny nové prvky, např. fosfor, arsen, antimon, bismut a zinek.

Od poloviny 18. století vznikají první střední školy (gymnázia). Roku 1774 vstoupil v platnost všeobecný školní řád a do výuky byly zařazeny přírodní vědy. Chemické poznatky byly však stále součástí fyziky. Chemie jako samostatný vyučovací předmět se objevuje až v roce 1909.

Ve 30. letech 19. století začínají vznikat školy reálné, jejichž součástí je výuka chemie. Dále Justus von Liebig zavádí do výuky experiment jako didaktickou metodu. Již od počátku 19. století se na našich vysokých školách přednášela chemie. Poprvé roku 1907 na Polytechnickém institutu v Praze. Důležitým mezníkem ve vývoji výuky chemie je rozvoj chemického průmyslu u nás i ve světě. Bylo a stále je zapotřebí rozvíjet chemické poznatky nejen na vysokých školách, ale i na středních odborných školách. Na počátku 19. století byly poprvé zaznamenány i hodiny laboratorní přípravy jako součást výuky analytické chemie. Stejně tak, jako je tomu i dnes.⁽¹⁷⁾

2.2 VÝUKA CHEMIE A SVĚTOVÉ TRENDY 21. STOLETÍ

Úvodem této kapitoly je nastínění situace, která by mohla být součástí každé hodiny chemie. Pro představu uvádím úryvek z reálné hodiny chemie na SŠ (ZŠ). Jak by to na hodinách přírodovědných předmětů mohlo (mělo) vypadat.

Zazvoní. Studenti čekají na svého učitele chemie. Učitel chemie vstoupí do třídy a začíná hodinu: „Mám pro vás menší záhadu. Někdo se pokusil otrávit hráče českého hokejového národního týmu. Dokážeme dopadnout pachatele? Najdeme příčinu otravy?“ Žáci začínají přemýšlet o problému. Aktivně se zapojují do hodiny. V jejich očích je vidět zájem a nadšení. Učitel po chvíli vysvětluje problém a přitom zapojuje přístroj pro analýzu odebraných vzorků pití z hráčské střídačky. Učitel vloží vzorek do přístroje a začíná s měřením. „Jak poznáme infikovaný vzorek.“ ptá se učitel. Po krátké diskuzi se optá svých žáků: „Chcete to vědět?“ Žáci sborově odpovídají: „ANO“. Tímto úvodem jsme přešli k hlavnímu úkolu a náplni hodiny, stanovili jsme si cíl.⁽¹⁸⁾

Pokud máme ve třídě jeden přístroj (předpokládám, že ve většině případů tomu tak bude), mohou se studenti rozdělit k jednotlivým „stanovištím“, jež připraví učitel. Jedna skupina může pomocí počítače zkoumat a pracovat s vyhodnocovacím programem přístroje. Další skupina může vyhledávat v tištěných materiálech informace o podobných záhadách. Další skupina může hledat informace o této problematice na internetu. Mezi skupinkami probíhá spolupráce. Studenti si vyměňují získané informace. Dochází ke kooperaci. Směřujeme ke společnému cíli. Učitel koordinuje práci studentů, tak aby neodbíhali od tématu.

Naši mladí vědci předpovídají, pozorují, experimentují, hledají, analyzují! Najednou se ve třídě ozve: „Máme to.“ Pro učitele signál dobře odvedené práce. (21.century)

Někdo by se mohla tato situace zdát nereálnou. Někdo by mohl tvrdit, že se jedná o čistou utopii. Ale není tomu tak. V praktické části této práce představím několik reálných situací, které lze poměrně jednoduše aplikovat do výuky chemie.

Možná nám to ani tak nepřijde, ale společnost je závislá na tom, jak moudře využíváme vědu dnes a jak ji budeme rozvíjet v budoucnu. Věda vybízí k tomu, aby se studenti chtěli učit, aby byli aktivní a měli o přírodní vědy zájem. Jak toho docílit? V hodinách chemie klademe důraz na experiment, na diskuzi, na ústní prezentaci, na problémovou výuku. Měli bychom se opřít o zkušenosti a znalosti vycházející z denního života. Aniž bychom si to uvědomovali, s vědeckými poznatky se setkáváme každý den. Je zapotřebí, aby studenti byli co možná nejvíce vědecky gramotní. K dosažení tohoto cíle, nám pomohou naši studenti, kteří budou schopni kriticky myslet, budou schopni produkovat nápady v globálních souvislostech 21. století. ⁽¹⁸⁾

V hodinách chemie se opíráme o výukové metody: POZOROVÁNÍ, MYŠLENÍ, EXPERIMENTOVÁNÍ, DOKAZOVÁNÍ. V chemii a ostatních přírodovědných oborech máme jedinečnou možnost „učit se jinak“. Studenti získávají pozitivní zkušenosti a aktivně se podílejí na chodu hodiny, kde produkují vědecké postupy a řeší problémové úlohy.

Nedokážeme přesně říci, jak by měla vypadat ideální hodina chemie, ale měli bychom vycházet z ověřených postupů, jež úspěšně vedou ke stanovenému cíli. V následující kapitole bude uvedena charakteristika „ideálního“ učitele. ⁽¹⁸⁾

2.2.1 UČITEL BY MĚL:

- 1) Navazovat na již získané znalosti.
- 2) Stavět na předchozím porozumění, identifikovat mylné poznatky a ty odstranit.
- 3) Používat široké spektrum informačních zdrojů – vědecké zdroje, knihy, časopisy, multimediální technologie. Informace by měly být aktuální, fakticky správné a dostatečně odborné.
- 4) Zdůrazňovat skutečný životní význam vědy.
- 5) Přimět studenty uplatňovat své vlastní zkušenosti.
- 6) Pokládat zajímavé až záhadné otázky, tak aby byly vhodným námětem pro diskuzi.
- 7) Zapojit studenty do projektu, chemické olympiády a dalších vědeckých soutěží.
- 8) Podporovat spolupráci mezi studenty. Utvářet vhodné prostředí pro kooperaci.
- 9) Aktivně studenty zapojovat do vědeckého procesu (sběr a analýza dat)
- 10) Přimět studenty ke komunikaci.
- 11) Zapojovat studenty do výuky, tak aby byli schopni se ztotožnit s daným tématem.
- 12) Používat smysluplné a rozmanité hodnocení.⁽¹⁸⁾

2.3 CHEMICKÝ EXPERIMENT

Chemický pokus jeden z nejvýznamnějších prostředků pro realizaci efektivní výuky chemie na ZŠ, SŠ i VŠ. Chemický experiment přináší bezprostřední informace o průběhu zkoumaného chemického děje a zprostředkovává také informace o vlastnostech a struktuře látek vstupujících a vystupujících z chemické reakce.

Prostřednictvím chemického pokusu se studenti seznamují s experimentální výukovou metodou, jež patří k velice efektivním metodám. Chemický pokus je ve výuce chemie naprosto nepostradatelný, nelze jej z výukového procesu vyřadit. Bez jeho realizace by chemie ztratila své ojedinělé kouzlo a jedinečnost mezi ostatními předměty.

V současné době je proces objevování chemických zákonitostí na základě chemický experimentů velice žádaným a potřebným. (viz. světové trendy 21. století). Do výuky zapojujeme proces bádání. Studenti si na vlastní kůži mohou vyzkoušet roli objevitele. Výuka chemie by se měla opírat o chemické experimenty, realizované učitelem (demonstrační pokusy) nebo samostatnými žáky (žákovské pokusy).⁽¹⁷⁾

2.3.1 VÝUKA CHEMIE S EDUKAČNÍM EXPERIMENTEM V ČR

Jak již bylo zmíněno, pro výuku chemie mají mimořádný a nepostradatelný význam pokusy (experimenty). V současné době se setkáváme s novým termínem – edukační chemický experiment. Tento termín zahrnuje jak pokusy školní, tak pokusy v zájmové činnosti realizované mimo školu a pokusy domácí.

Proces výuky chemie je realizovaný prostřednictvím učení na základě důkazu s využitím všech lidských smyslů k pozorování a pochopení chemických jevů. Z tohoto důvodu chemii řadíme mezi vědy experimentální, které pracují s experimentem. ⁽¹⁹⁾

Didaktická kritéria edukačních chemických experimentů:

- Shoda s danými vzdělávacími cíli
- Specifický přínos pro efektivitu vzdělávacího procesu
- Motivace žáků
- Vhodná struktura a srozumitelnost
- Přiměřené časové nároky
- Využití při různých výukových metodách a organizačních formách
- Dodržení bezpečnostní normy
- Originalita zpracování
- Technická a finanční náročnost ⁽¹⁹⁾

2.3.2 SOUČASNÁ VÝUKA CHEMIE

Vzpomeňme si na ideální hodinu z kap. 2.2. a na chvíli odložme růžové brýle. Je na čase podívat se do současné běžné hodiny chemie. Učitelé s oblibou používají frázi: Ano, bylo by to hezké, ale praxe je úplně jiná. Pravda je taková, že pokusů v chemii vidíme málo. Chemie pokulhává za očekáváním. Edukační experimenty nejsou základními stavebními kameny současné výuky chemie, ačkoli bychom byli velice rádi, kdyby tomu tak bylo. Kde se stala chyba? Vždyť každá publikace zabývající se didaktikou chemie klade důraz na experiment a na zásadu názornosti. Učitelé chemie tuto skutečnost zdůvodňují nedostatkem času. Hodiny chemie jsou obsahově náročné a na pokusy chemie zkrátka nezbývá čas.

Další důvodem může být nedostatek pomůcek a chemikálií (nedostatek financí na jejich pořízení). Jak se říká, každá mince má dvě strany. Proto se ptám, je situace opravdu tak náročná, abychom nebyli schopni výuku zpestřit o chemický experiment? Ne náhodu jsou chemické pokusy to jediné, co si z hodin chemie na základní škole dokážeme vybavit i několik let nazpět (spojeno se zážitkem). Je to až k politováníhodné, ale studie hovoří o tom, že v českých hodinách chemie převládá stále teoretický styl učení bez experimentu, bez dostatečné motivace. Žáci ztrácejí zájem o chemii. Je jim odepírána možnost vlastního empirického poznání světa. Necht' si každý učitel chemie sáhne do svědomí. Pravděpodobně to bude ještě běh na dlouhou trať, ale základ v teorii a metodice je, tudíž nezbyvá nic jiného než pracovat s tímto problémem a dosud získané poznatky aplikovat do praxe.⁽¹⁹⁾

Cílem této práce není hodnocení práce druhých. Pouze je zde podán pohled na danou problematiku z více úhlů pohledu. Dalším pohledem je podpora státu. V nedávné době došlo k úpravě legislativy věnující se práci s chemickými látkami při realizaci žákovských pokusů. Došlo k zpřísnění pravidel pro používání chemických látek. Některé látky byly dokonce zakázány. Tato legislativní úprava velké nadšení nepřinesla, neboť učitelé mají málo času k pročítání nových opatření. Je velice těžké se v této problematice zorientovat a říci, které látky jsou ještě přípustné a které jsou naopak zakázané. Důsledkem tohoto opatření bylo nutné upravit chemické návody žákovských pokusů. Někteří vyučující se postavili do opozice a přestali pokusy realizovat. Na některých školách dokonce došlo k likvidaci chemických laboratoří. Důsledky tohoto opatření mohou být pro výuku chemie fatální. Mohlo by dojít ke ztrátě názornosti, ke ztrátě motivace a zájmu žáků o chemii vůbec. Východiskem této situace je dostatek dostupných pomůcek a chemikálií, jež budou pro experimentální výuku bezpečné a z hlediska legislativy vhodné. Dále je zapotřebí, aby chemické experimenty byly časově nenáročné jak na přípravu, tak na samotnou realizaci. Na knižním trhu najdeme několik publikací věnující se chemickým experimentům. (viz *Enviro Experiment Chemie pro 2. stupeň ZŠ*). Ostatně i tato práce je založena na chemických experimentech, jež jsou vhodné pro výuku chemie. Je nezbytné za chemii bojovat a nenechat se odradit od realizace experimentů, protože pokud chceme efektivně učit, nemůžeme zapomínat na chemický experiment.⁽¹⁹⁾

2.4 CHEMICKÉ DOVEDNOSTI STUDENTŮ 21. STOLETÍ

Tato kapitola je zaměřená na dovednosti osvojované při výuce chemie. Jak vypadá vývoj dovednosti a dle čeho klasifikujeme dovednost. Jak můžeme tento termín definovat a jak jej můžeme rozvíjet při výuce chemie.

Existují mezinárodní výzkumy, jež se v posledních letech zaměřují na osvojování chemických dovedností (např. OECD, PISA, NSES). Je ale velice náročné objektivně zmapovat situaci a úroveň dovedností žáků a studentů ZŠ a SŠ (gymnázií). Pokusím se alespoň v pár odstavcích zhodnotit situaci tradičních postupů výuky 20. století s novými alternativními tendencemi 21. století typickými pro Českou republiku.

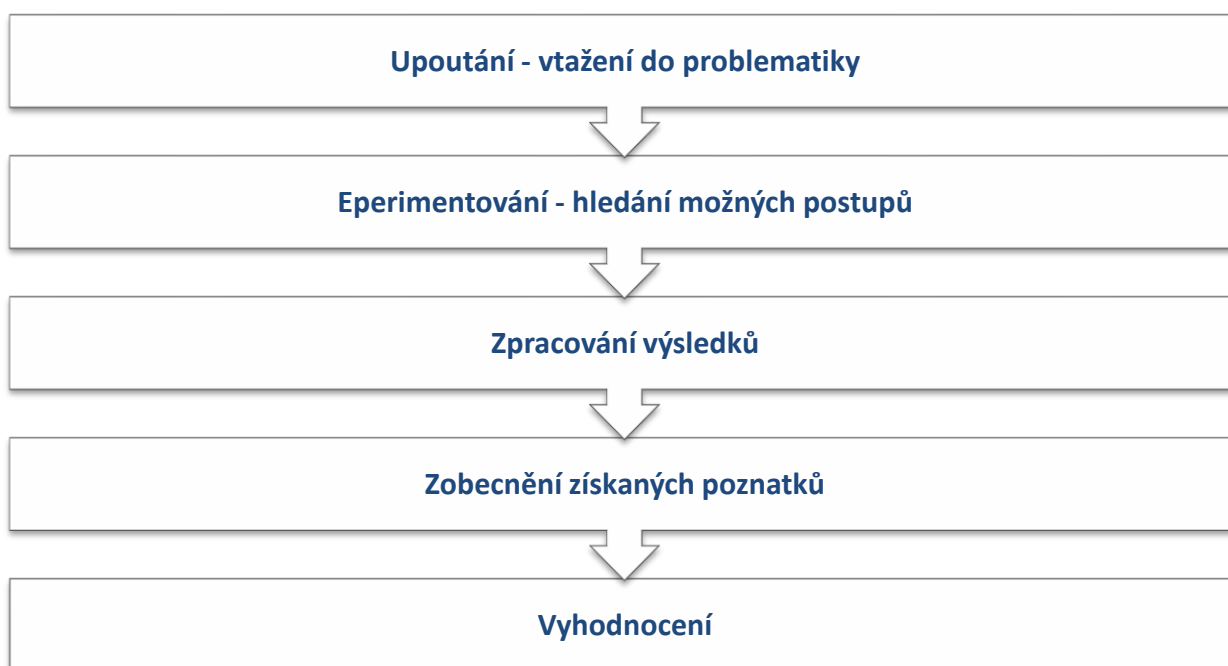
Konec 20. století je charakteristický kritikou tradičního školství. Dle odpůrců tradiční školní výuka dostatečně nepřipravuje žáky na život. Žáci mají negativní postoj k přírodovědným předmětům. Tyto předměty považují za obtížné, učivo je pro ně náročné. Zájem o přírodní vědy, tedy i o chemii je poměrně malý. Na druhou stranu o jaké předměty dnes studenti jeví zájem. Proto je důležité v dětech (studentech) probudit zájem o přírodovědné a technické obory s využitím všech dostupných prostředků.⁽²⁰⁾

V roce 2000 Evropská rada na setkání v Lisabonu dospěla k usnesení, že by měl být vymezen evropský rámec, který by definoval nové tendence ve výuce. Výsledkem zasedání Evropského parlamentu a Rady Evropy bylo představení konceptu celoživotního učení pro všechny. Celoživotní učení je důležité pro snižování nezaměstnanosti a zvyšování gramotnosti v celé Evropě. Výsledkem zasedání bylo předložení tzv. klíčových kompetencí pro celoživotní vzdělávání. Klíčové kompetence jsou definovány jako kompetence potřebné k osobnímu naplnění a rozvoji jedince, aktivnímu občanství, sociálnímu začlenění pro pracovní život. Evropský rámec zahrnuje osm klíčových kompetencí. Zásadní pro výuku chemie je kompetence v oblasti vědy a technologie zaměřující se na principy přírody, základní vědecké pojmy, zásady a metody, technologie a procesy. Členskými státy bylo doporučeno uplatnění jednotlivých klíčových kompetencí při tvorbě národních vzdělávacích programů. Česká republika také přijala tento cíl a koncept celoživotního učení realizovaný v Národním vzdělávacím programu tzv. Bílá kniha z roku 2001 vydaná MŠMT. Tento program formuje vládní strategii v oblasti vzdělávání. Strategie odráží celospolečenské zájmy a dává konkrétní podněty k práci škol. V období 2000 až 2010 došlo k vypracování tzv. rámcových vzdělávacích programů (dále jen RVP) pro jednotlivé stupně vzdělávání.⁽²⁰⁾

RVP přináší nové strategie v oblasti vzdělávání. Postupy vycházejí z klíčových kompetencí. Při výuce chemie je kladen důraz na aktuálnost a užitečnost zkoumaných jevů související s dovednostmi a znalostmi žáků. Je důležité nezapomínat na rozvoj dovedností žáků, nestačí pouze znalosti. Nabízí se otázka, co to vlastně dovednost je. V naší pedagogice neexistuje ustálená definice tohoto termínu. V odborné literatuře se setkáváme s různými definicemi. Záleží, z jakého úhlu pohledu na dovednost nahlížíme. Zda jsem psycholog, didaktik či učitel chemie. Pro tuto práci bude dovednost definována jako způsobilost člověka k realizování určité činnosti, která je do jisté míry podmíněna vrozenými předpoklady, ale dosahuje se jí učením a výcvikem. ^(21, 22)

Dovednost již byla definována. Je na čase věnovat pozornost konkrétním dovednostem, které by si měli žáci osvojit během hodin chemie. Dovednosti vyplývají z rámcově vzdělávacích programů a klíčových kompetencí. V současné době jsou dovednosti ve výuce chemie považovány za základní složku klíčových kompetencí, kterými by měl žák disponovat. K osvojování dovedností v chemii vyšla řada publikací. Důraz je kladen na efektivitu osvojování nových speciálních chemických dovedností. S problematikou dovedností souvisí již zmíněná „nová“ tendence 21. století vycházející z publikace s názvem „*Dovednosti 21. století*“ („*twentyfirst century skills*“). Mezi stěžejní dovednosti 21. století patří kritické myšlení, řešení problémů, spolupráce, efektivní komunikace a sebevzdělávání. Všechny tyto dovednosti lze uplatnit v badatelském způsobu výuky chemie. Neboť badatel (student) nememoruje naučené definice, ale s porozuměním dokáže vysvětlit jednotlivé poznatky, ke kterým sám došel. ⁽²³⁾

Badatelsky orientované přírodovědecké vzdělávání v anglickém originále „Inquiry Based Science Education (IBSE)“ představuje výukový proces, jež vychází z vlastního pozorování žáků. Žáci jsou aktivně zapojováni do výuky. IBSE patří mezi inovativní výukové metody odklánějící se od systému výuky, jež je založen na pouhém osvojování faktů. Badatelská výuka má určité charakteristické fáze: stanovení problému, vyhledávání informací, stanovení a ověření hypotéz, plánování výzkumu, vlastní experimentování, tvorba modelů a tvorba závěrů a diskuzí. Důraz je kladen na logický proces osvojování dovedností a koncepční porozumění. Badatelský styl výuky podporuje zájem o chemii a pozitivně ovlivňuje postoje žáků k přírodním vědám. ⁽²¹⁾

Obr. 18 Schéma badatelského stylu výuky ⁽²¹⁾

Metoda badatelského stylu výuky se zdá být vhodnou cestou vedoucí ke zlepšení výuky chemie. Avšak abychom mohli tuto metodu aplikovat do praxe, musí mít žáci zažité dílčí dovednosti. Měli by umět přemýšlet o zadaném problému, diskutovat, navrhnout postupy řešení, spolupracovat, kooperovat,.... Úroveň těchto dovedností lze testovat. Dle zahraničních výzkumů, by měla být výuka přírodovědných předmětů spojena s děním kolem nás, žáci by měli být schopni propojovat souvislosti s běžným životem. Jednotlivé problémy by měly, pokud je to možné, vycházet z každodenních známých situací. Chemie by neměla být vyučována pouze jako teorie bez logické návaznosti na dění kolem nás. ^(21,24)

2.4.1 VŠECHNO SOUVISÍ SE VŠÍM

V následujícím odstavci je zdůrazněn vliv propojování poznatků přírodovědných předmětů. Nikoho nepřekvapí, že jednotlivé přírodovědné jevy spolu souvisejí a jednotlivé konflikty nelze řešit odděleně. Nelze striktně učit v hodinách chemie jen „chemii“ bez návaznosti na ostatní předměty. Žáci by měli být schopni využívat a propojovat již získané znalosti nejen z různých předmětů ve škole, ale i znalosti získané z běžného života (mimoškolní prostředí). Jedině komplexní pohled umožňuje to správně poznání a pochopení složitých jevů a vztahů v prostředí, které tvoříme a kterého jsme součástí. Často

se setkáme s tím, že žáci chápou výuku chemie jako pouhou teorii vytrženou z kontextu. Na přírodní jevy nahlíží žáci z každého předmětu zvlášť. Je nutné oprostít se od zajetých stereotypů mechanického pohledu na svět. Tuto problematiku řeší tzv. mezipředmětové vztahy. Naštěstí je v současnosti kladen velký důraz na opuštění zastaralého izolovaného pojetí výuky a pozornost věnovat mezipředmětovým vztahům. Díky tomu, je žák schopen nacházet souvislosti mezi znalostmi získanými z různých předmětů. Mezipředmětové vztahy uplatníme hlavně v projektovém vyučování a kooperativním vyučování. ^(19, 20)

2.5 CHEMIE V RVP PRO ZÁKLADNÍ VZDĚLÁVÁNÍ

Rámcově vzdělávací program pro základní vzdělávání (RVP pro ZV) realizovaný poprvé na našich školách roku 2007. V současné době vycházíme z upraveného RVP pro základní vzdělávání platného od 1. září 2013. Změny nebyly nikterak velké. Došlo k úpravě výuky druhého cizího jazyka, dále byla upravena osnova výuky matematiky a pár dalších změn. Vzdělávací oblast člověk a příroda, kam řadíme i chemii se víceméně nezměnila.

V rámcově vzdělávacím programu pro základní vzdělávání najdeme minimum teoretického učiva. RVP pro základní vzdělávání vychází ze strategie vzdělávání zdůrazňující klíčové kompetence a jejich logickou provázanost s učivem. Při výuce chemie by měl být kladen důraz na empirické poznatky vycházející z chemického experimentu. Ať už se jedná o demonstrační pokus realizovaný učitelem nebo o pokus žákovský prováděný žákem individuálně nebo ve skupině.

RVP pro základní vzdělávání specifikuje úroveň klíčových kompetencí, již by měli žáci dosáhnout na konci základního vzdělávání. Mezi klíčové kompetence na základní škole patří: kompetence k učení, kompetence k řešení problémů, kompetence komunikativní, kompetence sociální a personální, kompetence občanská a kompetence pracovní. Těchto bodů bychom se při přípravě hodiny chemie měly držet.

Žáci by měli dostat příležitost poznávat přírodu jako systém, ve kterém neustále dochází k interakci přírodovědných předmětů. Žáci by se měli naučit kriticky myslet a logicky uvažovat o zadaném problému. Žáci si uvědomují důležitost a praktičnost přírodovědných poznatků. Žáci zkoumají příčiny přírodovědných procesů. Hledají odpovědi. Vysvětlují, analyzují a hodnotí. Žáky vedeme k tomu, aby si uvědomili, že člověk je závislý na přírodě (nenahraditelnost některých přírodních zdrojů). Učitel zdůrazňuje vliv člověka na lidské zdraví a na životní prostředí, kterého jsem součástí. Bez základních znalostí o chemických látkách a o chemických reakcích se člověk neobejde, neboť nás doprovází každým dnem. ^(17,22)

2.6 SPEKTRÁLNÍ METODY NA ZŠ 1. STUPEŇ

V této kapitole nastíním, jak lze využít fotometrii ve výuce na prvním stupni. Ačkoli na prvním stupni se ještě nevyučuje chemie jako samostatný předmět, s chemickými reakcemi se děti setkávají již např. v prvouce v tematických celcích - poznávání přírody a svět kolem nás. Jak by taková hodina prvouky (přírodopisu) mohla vypadat z teoretického hlediska, bude uvedeno v následujících odstavcích. Jak by hodina probíhala v praxi, ukážu v praktické části této práce, kdy se budu opírat o vlastní poznatky získané během vlastního pozorování.

2.6.1 BARVY KOLEM NÁS

Tematický celek: poznávání přírody a svět kolem nás ⁽²²⁾

Téma hodiny: barvy kolem nás

Čím se v těchto hodinách můžeme zabývat:

Proč vidíme svět barevný? Vše na co si posvítiš, je barevné. Jaké barvy dokážeš pojmenovat? Jaké barvy tvoří duhu? Můžeme si duhu vyrobit? Co je to spektrum barev? Kam se ztrácí světlo? Není fialová jako fialová.

Cíl

Obecný cíl: Pomocí praktické výuky s experimentem vybudovat v dětech zájem o přírodovědné předměty již na první stupni základní školy v hodinách prvouky později přírodopisu a vlastivědy. Dále vzbudit v dětech touhu po poznávání světa a sebezdokonalování. Rozvíjet vědecké dovednosti zábavnou a poutavou formou. Podněcovat žáky k tvořivosti (kreativitě), k logickému myšlení a k řešení problémů vycházejících z běžného života.

Konkrétní cíle hodiny: Ukázat, že zdánlivě samozřejmé věci skýtají hluboký význam (svět vidíme barevný). Žáci si rozšíří znalosti o barvách. Žáci dokážou vyjmenovat barvy duhy. Žáci budou schopni nakreslit viditelné spektrum barev. Žáci se seznámí se spektrální metodou. Žáci zjistí, jak vzniká duha a sami si ji připraví. Žáci budou schopni vysvětlit principi ředění roztoků. (pozn. Všechny nelze uskutečnit v jedné hodině, jsou zde uvedeny pro inspiraci)

Kompetence:

- Kompetence k učení
- Kompetence komunikativní
- Kompetence sociální a personální

Klíčová slova: barva, spektrum, základní barvy, koncentrace, absorpce, lom a odraz světla, štěrbina, roztok, ředění

Experimenty:

- 1) Rozklad světla
- 2) Jak lze využít staré CD
- 3) Nápojová duha
- 4) Ředění roztoků

Díky přístroji spectroVis Plus můžeme u třetího a čtvrtého experimentu naměřit jednotlivá spektra látek. Žáci pak mohou tyto spektra porovnávat a charakterizovat dle získaných znalostí. Seznámí se s prací s spectroVis Plus.

2.7 SPEKTRÁLNÍ METODY NA 2. STUPNI ZŠ

Na druhém stupni základní školy se setkáváme poprvé s výukou chemie jakožto samostatného předmětu. Chemie se vyučuje téměř ve všech případech v 8. a 9. ročníku studia základní školy. Chemie spolu s dalšími přírodovědnými předměty (fyzika, přírodopis, zeměpis) patří do vzdělávací oblasti - člověk a příroda, která navazuje na elementární oblast člověk a jeho svět. ⁽¹⁷⁾

Základní vzdělávání na 2. stupni pomáhá žákům získat vědomosti, dovednosti a návyky, které jim umožňují samostatné učení. Žáci mají možnost vlastního pozorování, experimentování. Pozornost se věnuje vlastnímu vyhledávání informací k řešení problémů a vyvozování důsledků z vlastní experimentální činnosti. Uplatňujeme zde badatelský styl výuky umožňující žákům hlouběji porozumět zákonitostem chemických procesů. ⁽¹⁷⁾

2.7.1 PAPERSEK NÁS ZACHRÁNÍ

Tematický celek: Člověk a příroda ⁽²²⁾

Téma hodiny: Záhada není náhoda

Náměty pro badatelský styl výuky:

Proč vidíme svět barevný? Vše na co si posvítiš, je barevné. Můžeme si duhu vyrobit? Co je to spektrum barev? Kam se ztrácí světlo? Není modrá jako modrá? Jak změníš koncentraci roztoku? Na pohled vypadají roztoky stejně, ale přece je každý jiný. Kolik železa obsahuje vitamínová tableta? Je tvůj bazén bezpečný?

Cíl

Obecný cíl: Utvářet a rozvíjet klíčové kompetence. Zkoumat přírodní jevy a jejich souvislosti s využitím empirických metod poznávání (pozorování, měření, experimentování). Hledat příčiny přírodních procesů, jež ovlivňují životní prostředí a naše zdraví. Umět obhájit správnost (spolehlivost) získaných dat pro vyvrácení, nebo potvrzení naší hypotézy. Úspěšně vyhledávat informace vedoucí k řešení problému. Za každou cenu motivovat žáky a vzbudit v nich zájem o vědu.

Konkrétní cíl: Seznámit žáky s jednoduchými analytickými metodami. Žák dokáže vysvětlit princip fotometrie. Seznámit žáky s přístrojem SPECTROVISPLUS. Žáci dokážou analyzovat připravené vzorky a zpracovávat naměřené hodnoty. Ze získaných poznatků měření zhodnotit, co může a co nemusí být pro člověka nebezpečné.

Kompetence:

- Kompetence k učení
- Kompetence k řešení problému
- Kompetence komunikativní
- Kompetence sociální a personální

Klíčové pojmy: spektrum, spektrofotometr, koncentrace, roztok, absorpce a emise záření, RTG barvy, ředění roztoků

Experimenty:

- 1) Otrávený iontový nápoj
- 2) Není fialová jako fialová – výpočet koncentrace
- 3) Zelený list rostliny
- 4) Barviva jsou všude
- 5) Kouzlení s barvami (RTG barvy)

2.8 CHEMIE V RVP GYMNAZIÍ

RVP pro gymnázia realizovaný na českých školách od roku 2009 vymezuje opět klíčové kompetence, mezi které patří: kompetence k učení, kompetence komunikativní, kompetence k řešení problému, kompetence sociální a personální, kompetence občanská a kompetence k podnikavosti. Důležité je propojování kompetencí se vzdělávacím obsahem a uplatnění získaných vědomostí a dovedností v praxi. Stále vycházíme z koncepce celoživotního učení.

RVP pro gymnázia je určen pro tvorbu školních vzdělávacích programů na 4letých gymnáziích a vyšším stupni víceletých gymnázií. Vzdělávání na nižším stupni víceletých gymnázií se řídí RVP pro základní vzdělávání. RVP pro gymnázia se vztahuje pouze na vzdělávání na 4letých gymnáziích a na vzdělávání na vyšším stupni víceletých gymnázií.

Jak efektivně vyučovat chemii na střední škole (gymnaziu). V učebních plánech 4letých gymnáziích je chemie standardně vyučována od 1. do 3. ročníku. Setkáváme se i s hodinami laboratorního cvičení, kde si studenti prakticky s vlastní zkušeností osvojují nové dovednosti. Chemie patří mezi volitelné maturitní předměty. Z tohoto důvodu se do učebních plánů zařazuje seminář z chemie, který studenty připravuje na maturitní zkoušku, popřípadě přijímací zkoušku. ⁽¹⁷⁾

Učitel má na gymnáziu větší možnosti a podporu studentů při realizaci badatelského stylu výuky. Předpokládá se, že studenti gymnázia mají vyšší úroveň získaných dovedností a znalostí. Studenti mají větší motivaci a zájem o studium. Bohužel chemie, co se týče oblíbenosti, značně pokulhává za ostatními přírodovědnými předměty. Studenti zkrátka chemii nepřisuzují velký význam a důležitost. Dle nedávných průzkumů lze říci, že studenti se učí chemii pouze kvůli celkovému prospěchu. Nejnižší zájem o přírodu a přírodovědné předměty je u studentů ve věkové skupině 16-18 let. Je tyto důležité skutečnosti brát na vědomí a snažit se hodiny chemie dělat zábavnější, atraktivnější, tak aby studenti jevíli o chemii zájem. Proto tato práce nabízí škálu chemických experimentů, které učitelům mohou pomoci k zatraktivnění výuky chemie.

Učitel chemie na gymnáziu má za úkol připravit studenty na budoucí povolání. Dále má chemii vykreslit jako obor, jež doprovází člověka každým dnem. S tím souvisí i zařazování aktuálních témat, zabývající se problémy dnešního světa. ^(17,25)

2.9 SPEKTRÁLNÍ METODY NA GYMNÁZIU

2.9.1 VĚDA KOLEM NÁS

Tematický celek: člověk a příroda ⁽²⁵⁾

Téma hodiny: Analytické metody, aneb jak se pracuje v laboratoři

Náměty pro badatelský sty výuky:

Popis spektrofotometru. Jaká voda je pitná. Není voda jako voda. Když ti oči nestačí. Kam se ztrácí světlo. Spektrum barev nám není cizí. K čemu slouží absorpční spektrum. Duha připravená v kuchyni.

Cíl

Obecné cíle: Nalezení zákonitých souvislostí mezi přírodními objekty a chemickými procesy. Zapojení studentů do vědeckého výzkumu. Schopnost řešit problémy, se kterými se studenti setkávají dnes a denně. Vnímat chemii společně s dalšími přírodovědnými předměty jako neoddělitelnou a nezastupitelnou součást naší kultury. Studenti jsou schopni formulovat přírodovědný problém s vhodným řešením. Seznámit studenty s objektivním pozorováním, měřením a experimentováním v chemických laboratořích. Schopnost interpretace získaných dat a vyvozování závěrů. Využívání moderních technologií pro rozmanitější pozorovací činnost. Předpovídání průběhu chemických reakcí. Dbát na ochranu životního prostředí a lidského zdraví.

Konkrétní cíle: Žák dokáže pracovat s přístrojem SPECTROVISPLUS. Žák hodnotí výsledky analytického měření. Žák vyvozuje závěry ze zjištěných hodnot měření. Žák si dokáže obhájit své výsledky měření. Žák vyhledává a zpracovává informace z učebnice a dalších dostupných zdrojů. Žák dokáže aplikovat získané poznatky do praxe.

Kompetence:

- Kompetence k učení
- Kompetence k řešení problému
- Kompetence komunikativní
- Kompetence pracovní

Experimenty:

- 1) Měření absorbance a transmitance s manganistanem draselným
- 2) Bez kalibrační křivky neměřím
- 3) Stanovení železa Fe^{3+} v neznámém vzorku
- 4) Jak moc jsou přibarvované nápoje

2.10 TERCIÁRNÍ VZDĚLÁVÁNÍ

Terciární vzdělávání navazuje na úplné středoškolské všeobecné vzdělání nebo na úplné střední odborné vzdělání ukončené maturitní zkouškou. Je charakteristické vzděláváním dospělých lidí s plnou právní odpovědností, s výraznou motivací a zodpovědným přístupem ke vzdělávání. Terciární vzdělávání představuje nejvyšší stupeň vzdělání. Hlavním úkolem terciárního vzdělávání je příprava absolventů, kteří najdou uplatnění na trhu práce. Je tedy nezbytné, aby vysoké školy vyhověli potřebám a požadavkům zaměstnavatelů. ⁽¹⁷⁾

Strategii terciárního vzdělání upravuje národní vzdělávací program vydaný MŠMT. Vysoké školy již nevychází z rámcově vzdělávacích programů. Stále je ale kladen důraz na koncepci celoživotního učení. Studium na vysoké škole přináší řadu specifik, nejdůležitější budou zmíněny v následující kapitole.

2.11 SPEKTRÁLNÍ METODY NA VYSOKÉ ŠKOLE

Ačkoli jsem v této práci vykreslila chemii spíše jako neoblíbený předmět, existují studenti, kteří se chemii chtějí věnovat i na vysoké škole. Pokud jsme zájemci o studium chemii, nabízí se nám několik možností např.: studium na fakultách chemicko-technologických, přírodovědeckých, pedagogických, zdravotnických a v neposlední řadě na fakultách lékařských. Máme možnost si vybrat z několika studijních programů. Studijní programy přináší řadu předmětů zabývajících se chemií. Pro představu uvádím nejčastěji vyučované chemické předměty: anorganická chemie, organická chemie, analytická chemie, biochemie, chemické technologie, jaderná chemie a mnohé další. Na vysoké škole bychom se pravděpodobně setkaly poprvé se spektrálními metodami jako takovými.

Základem každého studia chemie na vysoké či vyšší odborné škole je laboratorní příprava. Vysoké školy mají své vlastní specializované laboratoře, kde připravují studenty na budoucí povolání. Vysoké školy dávají možnost akademické svobody a výzkumu. Ověřování různých vědeckých názorů a postupů. Máme možnost být vědcem. Z těchto důvodů tato práce přináší pár zajímavých experimentů, které lze využít jako návody na chemická praktika za předpokladu specifického laboratorního (přístrojového) vybavení. ⁽¹⁷⁾

2.11.1 CHEMICKÉ PRAKTIKUM

Obecné cíle:

Věnovat se vědecké, výzkumné nebo jiné tvůrčí činnosti. Soustředit se na výchovu ke kritickému a kreativnímu myšlení. Uvědomování si koncepce celoživotního učení. Všem studentům by měla být poskytnuta možnost aktivně se účastnit na tvůrčí práci. Připravit studenty k vysoké odborné flexibilitě, tvůrčím, kulturním a komunikativním schopnostem a morálním hodnotám.

Konkrétní cíle uvedených experimentů:

Seznámení se s principem spektrofotometrie ve viditelné oblasti záření. Ověření platnosti Lambert-Beerova zákona při kvantitativní analýze. Seznámit se nejprve s přístrojem Vernier SPECTROVIS PLUS a poté s přístrojem HITACHI U – 2001. Porovnat spektrofotometrická stanovení na zmíněných přístrojích. Porovnání jednotlivých spektrofotometrických metody použitých pro stanovení železa v odebraných vzorcích vody. Uvést výhody a nevýhody jednotlivých stanovení. Dále pak kvantitativně stanovit koncentraci (obsah) železa ve vitamínové tabletě pomocí molekulové absorpční spektrofotometrii ve VIS oblasti.

Experimenty

- 1) Spektrofotometrické stanovení železa na přístroji Vernier SPECTROVIS PLUS pomocí thiokyanatanu draselné a kyseliny sulfosalicylové
- 2) Spektrofotometrické stanovení železa na přístroji HITACHI U – 2001 pomocí thiokyanatanu draselného a kyseliny sulfosalicylové
- 3) Porovnání jednotlivých metod stanovení

2.12 SHRNU TÍ

Abychom mohli vést efektivně hodiny chemie, je důležité respektovat moderní trendy současného vzdělávání vycházející z koncepce celoživotního učení. Hodiny chemie by měly být pestré, zajímavé a pro žáky motivující. V hodinách chemie by neměl chybět edukační experiment a badatelský styl výuky. Vyzkoušet si roli vědce a objevitele může být pro žáky silně motivující. Za každou cenu se snažit v dětech (studentech) vzbudit zájem o vědecké poznání.

Připravit kvalitní hodinu chemie je časově i materiálně náročné, ale já věřím, že se ve třídě najdou studenti, kteří to ocení. Sama jsem si to vyzkoušela při přípravě experimentů pro jednotlivé typy škol. Své poznatky a návody na jednotlivé experimenty uvádím v experimentální části této kvalifikační práce.

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Z mého pohledu nejdůležitější část této kvalifikační práce. V úvodu jsou vypsány chemické experimenty, chemikálie a pomůcky potřebné k realizaci představených experimentů. V některých případech jsou chemikálie nahrazeny dostupnými látkami, jež využíváme v domácnosti a volně si je můžeme zakoupit. Dále jsou zde charakterizovány dva analytické přístroje, které byly použity k experimentální výuce chemie na různých typech škol. V neposlední řadě jsou v této části představeny podrobné návody k jednotlivým experimentům i s metodickými poznámkami pro jejich snadnou realizaci v hodinách chemie.

3.1 ÚLOHY PRO ZŠ 1.STUPEŇ (BARVY KOLEM NÁS)

- Úloha č. 1 ROZKLAD SVĚTLA
- Úloha č. 2 JAK LZE VYUŽÍT STARÉ CD (DOMÁCÍ SPEKTROSKOP)
- Úloha č. 3 NÁPOJOVÁ DUHA
- Úloha č. 4 ŘEDĚNÍ ROZTOKŮ A RGB EFEKT

3.2 ÚLOHY PRO ZŠ 2.STUPEŇ (PAPRSEK NÁS ZACHRÁNÍ)

- Úloha č. 1 OTRÁVENÝ INOTOVÝ NÁPOJ
- Úloha č. 2 NENÍ FIALOVÁ JAKO FIALOVÁ - VÝPOČET KONCENTRACE
- Úloha č. 3 ZELENÝ LIST ROSTLINY
- Úloha č. 4 BARVIVA JSOU VŠUDE

3.3 ÚLOHY PRO GYMNÁZIA (VĚDA KOLEM NÁS)

- Úloha č. 1 MĚŘENÍ ABSORBANCE A TRANSMITANCE S MANGANISTANEM DRASELNÝM
- Úloha č. 2 BEZ KALIBRAČNÍ KŘIVKY NEMĚŘÍM
- Úloha č. 3 STANOVENÍ ŽELEZA (Fe^{3+}) V NEZNÁMÉM VZORKU
- Úloha č. 4 JAK MOC JSOU PŘIBARVOVANÉ MODRÉ NÁPOJE

3.4 ÚLOHY PRO VŠ (CHEMICKÉ PRAKTIKUM)

- Úloha č. 1 SPEKTROFOTOMETRICKÉ STANOVENÍ ŽELEZA (Fe^{3+})
S THIOKYANATANEM DRASELNÝM NA PŘÍSTROJI
VERNIER SPECTROVIS PLUS
- Úloha č. 2 SPETKROFOTOMETRICKÉ STANOVENÍ ŽELEZA (Fe^{3+})
S THIOKYANATANEM DRASELNÝM NA PŘÍSTROJI
HITACHI U – 2001
- Úloha č. 3 SPEKTROFOTOMETRICKÉ STANOVENÍ ŽELEZA (Fe^{3+})
S KYSELINOU SULFOSALICYLOVOU NA PŘÍSTROJI
VERNIER SPECTROVIS PLUS
- Úloha č. 4 SPEKTROFOTOMETRICKÉ STANOVENÍ ŽELEZA (Fe^{3+})
S KYSELINOU SULFOSALICYLOVOU NA PŘÍSTROJI
HITACHI U – 2001
- Úloha č. 5 POROVNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH METOD VHODNÝCH PRO
STANOVENÍ (Fe^{3+})

3.5 PŘÍSTROJE A PŘÍSTROJOVÁ VYBAVENÍ

1. VERNIER SPECTROVIS PLUS
2. HITACHI U – 2001
3. Elektronická analytická váha – 240 A – Precisa – Švýcarsko

3.6 SEZNAM POUŽITÝCH CHEMIKÁLIÍ

3.6.1 ÚLOHY PRO ZŠ 2. STUPEŇ (PAPRSEK NÁS ZACHRÁNÍ)

- síran měďnatý pentahydrát
- ethanol (denaturovaný líh)
- manganistan draselný p.a.

3.6.2 ÚLOHY PRO GYMNÁZIA (VĚDA KOLEM NÁS)

- manganistan draselný p.a.
- thiokyanatan draselný p.a.
- koncentrovaná kyselina sírová ($\rho = 1,836 \text{ g/ml}$) p.a.
- zředěná kyselina sírová (1:4)

3.6.3 ÚLOHY PRO VŠ (CHEMICKÉ PRAKTIKUM)

- kyselina sírová ($\rho = 1,83 \text{ g/ml}$) p.a.
- síran železitý nonahydrát p.a.
- thiokyanatan draselný p.a.
- 10% roztok amoniaku
- kyselina sulfosalicylová p.a.

3.7 POMŮCKY A POUŽITÝ MATERIÁL**3.7.1 CHEMICKÉ SKLO**

kádinky, zkumavky, 50ml, 100ml, 250ml odměrné baňky, 2ml, 5ml, 10ml dělené pipety, byrety, lodička

3.7.2 LABORATORNÍ POMŮCKY

stojánek na zkumavky, lžička, stojan, svorky, kyvety (plexisklo = polymethylmethakrylát = PMMA; křemenné sklo), stříčka s destilovanou vodou, gumové zátky, plastová lžička, filtrační papír, pipetovací balónek.

3.7.3 MATERIÁL

ZŠ: miska, zrcátko, baterka, list bílého papíru; 0,5l; 0,04l; 0,2l PET kelímky, čtvrtky, nůžky, izolepa, papírová krabice, rulička od toaletního papíru, lepicí páska, staré CD/DVD, fix, vizitka (žiletka), alobal, zdroj světla (barevné žárovky, žárovka, svíčka), žluté potravinářské barvivo (E102 - tartrazin), Vitacit citron, červené potravinářské barvivo (E124 - košenilová červeň, E122 - azorubin), Vitacit malina, energetický nápoj, modrého potravinářské barvivo (E133 - brilantní modř, E132 - indigotin), iontové nápoje, nápoje ZON, potravinářské barvivo zelené (E102 a E133), destilovaná voda, lentilky, absorpční spektra jednotlivých barviv, seznam E kódů, vzorky iontových nápojů – modré, fialové a zelené barvy, listy špenátu (kopřivy), listy pelargonie, listy šťavelanu, záznam absorpčního spektra

„chlorofyl typu a“ a „chlorofyl typu b“, vaříč/varná konvice, Skittles bonbóny, lentilky, modré cukrovinky

3.8 LABORATORNÍ ŘÁD

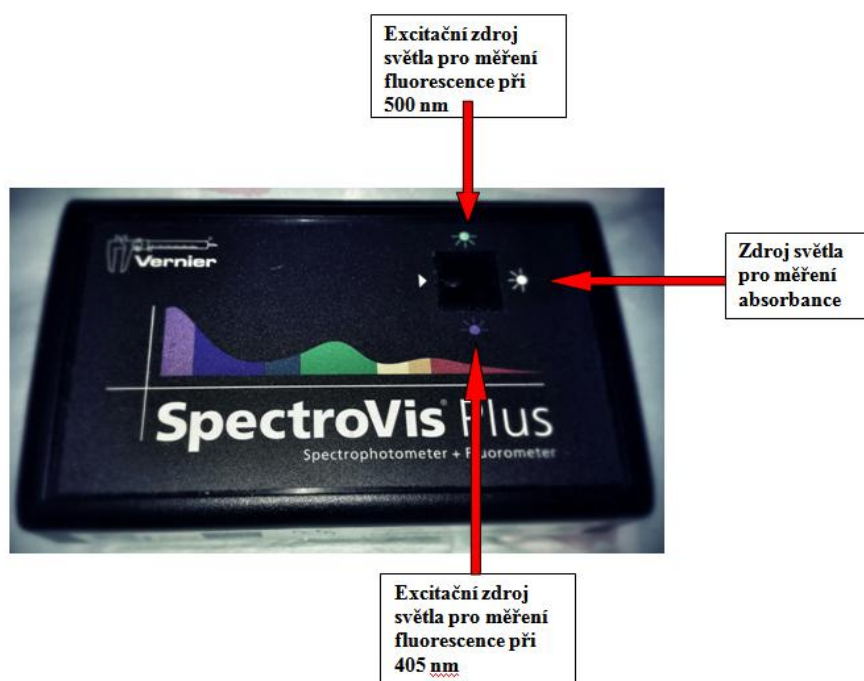
Pokud hodina chemie probíhá v laboratoři je za potřebí, dodržovat speciální pravidla, která jsou sepsána v laboratorním řádu každé chemické laboratoře. Každá odborná učebna chemie neboli chemická laboratoř, ať už na základní, střední nebo vysoké škole musí mít svůj laboratorní řád, který musí návštěvníci (studenti, učitelé, laboranti) chemické laboratoře dodržovat. Pro názornost uvádím pár pravidel z laboratorního řádu:

1. Do chemické laboratoře si vezměte pouze věci nezbytné k práci: pracovní plášť, psací potřeby a návody pro práci. V laboratoři je zakázáno pít a jíst!
2. V Laboratoři je možné pracovat pouze v přítomnosti vedoucího, jenž vede laboratorní cvičení. Zadanou práci provádějte způsobem, který schválil vedoucí cvičení.
3. Po celou dobu v laboratoři a na pracovní stole dodržujte pořádek.
4. Používejte ke své práci pouze vyhrazený prostor a pomůcky, které vám byly přiděleny. Osobně tedy za ně zodpovídáte.
5. Bezdůvodně neopouštějte své pracovní místo
6. Seznamte se s umístěním a použitím hasicích přístrojů a dalších protipožárních prostředků.
7. Při práci dodržujte hygienické a bezpečnostní pokyny a opatření.
8. Odpad likvidujte dle pokynů vedoucího cvičení.
9. Po ukončení práce je každý povinen uklidit své pracovní místo. Před odchodem se přesvědčte, že je uzavřený plyn a že zbytečně neběží nějaký elektrický spotřebič. ⁽²⁶⁾

3.9 SPEKTROFOTOMETR A FLUORIMETR SPECTRO VIS PLUS

Přenosný spektrofotometr a fluorimetr SpectroVis PLUS od firmy Vernier Software & Technology byl navržen hlavně jako učební pomůcka přinášející nový pohled na vzdělávání studentů v oblasti vědy. Tento spektrofotometr dokáže měřit absorbanci v rozmezí vlnových délek od 380 až do 950 nm. Dále můžeme měřit transmitanci (%), fluorescenci a zobrazovat emisní spektra. Pro měření fluorescence přístroj obsahuje dva

různé excitační zdroje s vlnovou délkou 405 nm a 500 nm (Obr. 18). Abychom mohli zobrazovat emisní spektra, je nutné, aby byl přístroj vybaven optickým kabelem (Spectrovis Optical Fiber Vernier). Optický kabel nemusí být součástí balení, ale je možné ho ke spektrometru dokoupit. Experimenty s optickým kabelem využijeme spíše v hodinách fyziky. V této práci nebyl používán. Představené experimenty jsou ve směr orientované na měření absorbance nebo transmitance. Místo optického kabelu bylo zapotřebí kyvet, které jsou součástí základního vybavení přístroje. Kyvety vkládáme do otvoru tak, aby jejich hladká strana směřovala proti trojúhelníčku na spektrometru (Obr. 18). Pro měření fluorescenčního spektra je třeba kyvetu natočit o 90° , taky aby hladkou stranou byla kolmo na trojúhelníček.^(15.)



Obr. 19 Spektrofotometr a fluorimetr SpectroVis Plus

Ještě před samotným návodem k obsluze, uvádím jednu zajímavost. Spektrometr SpectroVis Plus získal v roce 2011 prestižní ocenění od časopisu „Tech & Learning“ (Obr. 19). Toto ocenění vypovídá o tom, že SpectroVis Plus je přístroj, který zlepšuje výuku i učení a inspiruje učitele i studenty k efektivní práci. Máme tu čest pracovat s cenným a osvědčeným nástrojem vzdělávání. Kompaktní poměrně malý nástroj bez externího napájení, který lze připojit pomocí USB kabelu k počítači nebo na LabQuest.



Obr. 20 Ocenění

3.9.1 PŘEDNOSTI

- Snadné připojení k počítači pomocí USB
- Dostupný software *Logger Pro 3*
- Rychlá automatická kalibrace (max 3 minuty)
- Měření absorbance a dalších veličin během jedné sekundy
- Široká škála experimentů vhodných pro hodiny chemie, fyziky a biologie

3.9.2 NÁVOD K OBSLUZE

• ÚVEDENÍ PŘÍSTROJE DO CHODU A JEHO KALIBRACE

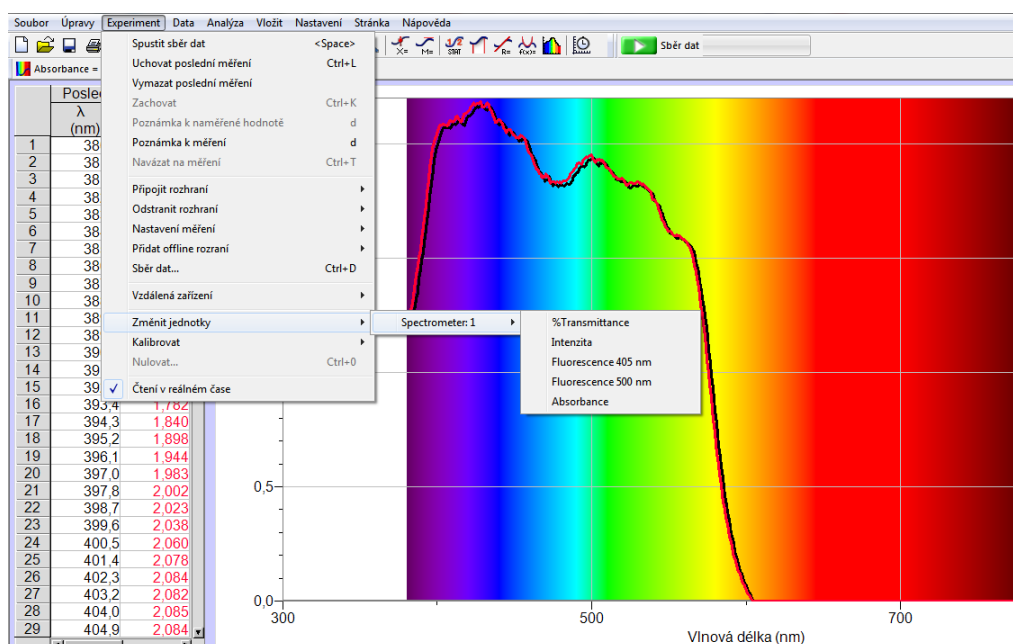
- 1) Provedeme Instalaci softwaru *Logger Pro 3.8.5.1*.
- 2) Propojíme spektrofotometr s počítačem přes USB kabel.
- 3) Spustíme program *Logger Pro 3.8.5.1*.
- 4) Před vlastní měření je nutná kalibrace – postupným kliknutím na ikony:

Experiment → *Calibrate* (Kalibrovat) → *Spectrometr: 1* a počkáme 90 sekund.

- 5) Poté vložíme do spektrometru kyvetu s destilovanou vodou a odklikneme → *Finish Calibration* (Ukončit kalibraci) a po několika sekundách kalibraci ukončíme tlačítkem → **OK**.

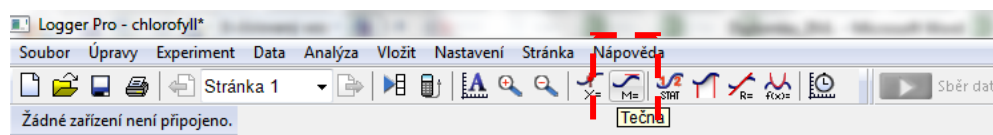
Jak již bylo uvedeno v úvodní charakteristice spektrofotometru na přístroji SpectroVis Plus můžeme měřit více veličin. Tato skutečnost nám dává možnost volby. Záleží na nás, co chceme měřit. Kliknutím na následující ikony provedeme výběr: → *Experiment* → *Change Units* (Změnit jednotky) → *Spectrometr: 1* → v tuto chvíli se nám rozevře seznam s nabídkou: → *%Transmittance*, → *Intenzita*, → *Fluorescence 405 nm* → *Fluorescence 500 nm* a → *Absorbance* (Obr. 20).^(15, 30)

V této práci budou popsány tři typy měření: nejprve vlastní měření absorbance, transmittance a poté měření fluorescence. Měření absorbance bylo využíváno nejvíce v této práci.

Obr. 21 Volba metody v programu *Logger Pro*

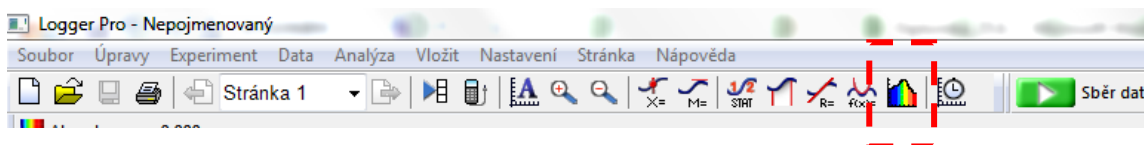
• VLASTNÍ MĚŘENÍ ABSORBANCE A STANOVENÍ KONCENTRACE

- 1) Nejprve realizujeme měření slepého vzorku (*blanku*). Kyvetu vložíme do spektrometru a klikneme na zelené tlačítko → *Collect (Sběr dat)* poté klikneme na to stejné tlačítko již červené barvy → *Stop (Zastavit)* a ze záznamu spektra odečteme maximální hodnotu vlnové délky proložením tečny.
- 2) Z naměřených hodnot absorbancí slepých vzorků vypočteme směrodatnou odchylku, tato hodnota nám poslouží k výpočtu meze detekce a meze stanovitelnosti.¹
- 3) Dále provedeme měření standardní kalibračních roztoků o známé koncentraci. Výsledkem měření je absorpční spektrum v závislosti absorbance na vlnové délce.



- 4) Naměřené hodnoty absorbancí využijeme při hledání absorpčního maxima, respektive hledáme hodnotu vlnové délky, při které byla absorbance roztoku nejvyšší. Tuto hodnotu nám nabídne sám program *Logger Pro* v případě, že klikneme na políčko → *Konfigurovat*

¹ Zmíněné první dva kroky měření nejsou nezbytně nutné. Používáme jich v případě, že exaktně stanovujeme koncentraci určité látky v neznámém vzorku.



- 5) Objeví se nám okno s výběrem možností. Vzhledem k tomu, že chceme sestavit kalibrační přímku, zaškrtneme závislost absorbance na koncentraci a vyplníme jednotky odpovídající jednotkám koncentrací kalibračních roztoků.
 - 6) Po nastavení parametrů změříme absorbanci všech kalibračních roztoků dle následujících kroků: Vložíme kyvetu do přístroje a klikneme na → **Sběr dat** poté → **Zachovat**. Do nabízeného okna vyplníme hodnotu koncentrace právě měřeného roztoku a zastavíme měření. Mezitím se nám do grafu v závislosti absorbance na koncentraci zakreslil první bod kalibrační přímky. Při dalším měření absorbance kalibračních roztoků postupujeme stejně jen s tím rozdílem, že před každým novým měřením se nás program zeptá, zda chceme uložit nebo vymazat nebo přidat na konec poslední měření. Zvolíme → **Přidat na konec**.
 - 7) Po naměření všech kalibračních roztoků proložíme grafem přímku. Naměřené hodnoty by měly být v lineární závislosti. Program *Logger Pro* sám vygeneruje rovnici přímky i se směrnici.
 - 8) Změříme absorbanci stanovované látky ve vzorku. Díky vyhodnocovacímu programu nemusíme koncentraci stanovované látky počítat manuálně dosazením hodnoty absorbance do rovnice kalibrační přímky Stačí, když klikneme na políčko → **Analýza** a v seznamu vybereme → **Interpolace** a výsledná koncentrace se nám ukáže v tabulce hned vedle rovnice pro kalibrační přímku.^(15, 30)
- **VLASTNÍ MĚŘENÍ FLUORESCENCE**
 - 1) Vložíme kyvetu se slepým vzorkem (*blankem*) do spektrofluorimetru.
 - 2) Klikneme postupně na ikony: → **Experiment** → **Change Units** (Změnit jednotky) → **Spectrometr: 1** → **Fluorescence 405 nm**.

- 3) Proměříme standardní kalibrační roztoky při konkrétní vlnové délce nejprve 405 nm.
- 4) Naměřené hodnoty fluorescence vyneseme do grafu a z kalibrační závislosti vyjádříme koncentraci neznámého vzorku.
- 5) Poté opět klikneme postupně na ikony: → *Experiment* → *Change Units* (Změnit jednotky) → *Spectrometr: 1* → *Fluorescence 500 nm*.
- 6) Stejně jako u vlnové délky 405 nm proměříme kalibrační roztoky tentokrát při vlnové délce 500 nm.
- 7) Naměřené hodnoty fluorescence vyneseme do grafu a z kalibrační závislosti vyjádříme hodnotu koncentrace u neznámého vzorku.⁽¹⁵⁾

3.10 SPEKTROFOTOMETR HITACHI U – 2001

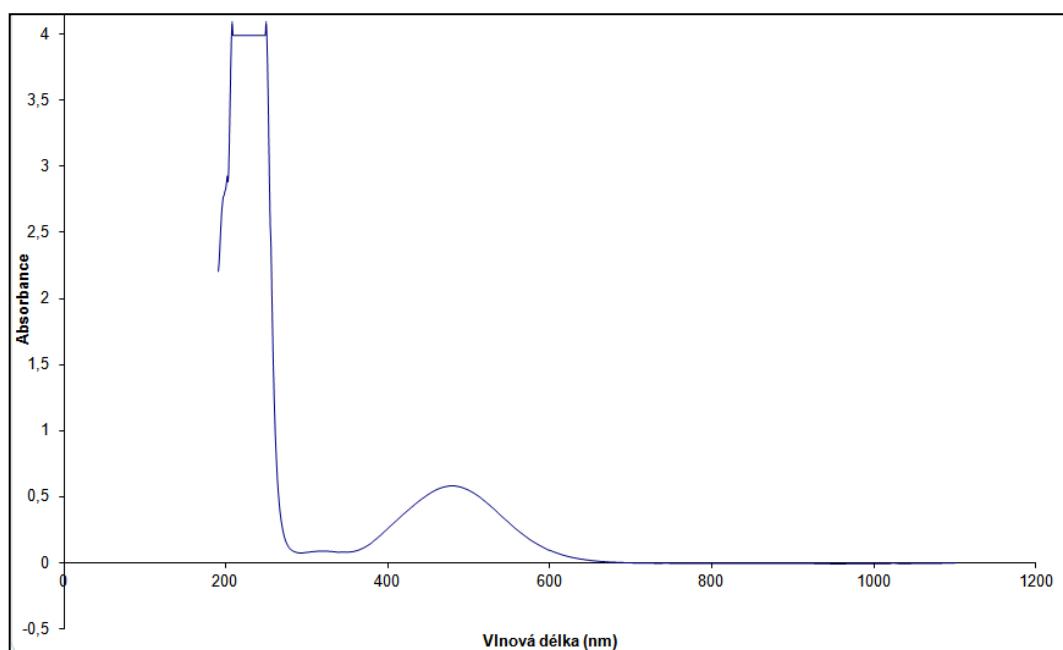
Jedná se o dvoupraskový UV/VIS spektrofotometr využívaný při chemické analýze pro měření v rozmezí vlnových délek od 190 do 1100 nm. Zdrojem záření je wolframová výbojka a deuteriová lampa. Wolframová výbojka sloužící jako zdroj spojitého spektra záření o vlnové délce 320 až 1100 nm a deuteriová lampa jako zdroj spojitého spektra v rozmezí vlnových délek 190 až 380 nm. Změna zdrojů záření je programovatelná a dochází k ní nejčastěji při vlnové délce 340 nm. Disperzní systém se skládá z monochromátoru s konkávní difrakční mřížkou (disperze ohybem, tj. difrakcí). Po průchodu paprsku monochromátorem se paprsek rozděluje na referenční a srovnávací. V dráze srovnávacího paprsku stojí kyveta se srovnávacím roztokem (*blankem*) nejčastěji s destilovanou vodou. V dráze referenčního paprsku stojí kyveta s měřeným vzorkem umístěná v manuálně otočném zásobníku. Celkem do zásobníku můžeme vložit šest kyvet s měrným vzorkem a jednu kyvetu se srovnávacím roztokem. Pro měření v UV je nutno použít kyvety z křemenného skla, ve viditelné oblasti postačí skleněné či jednorázové plastové kyvety. Po průchodu paprsku kyvetou dopadá paprsek na detektor, který tvoří křemíková fotodioda. Jako vyhodnocovací zařízení slouží počítač s programem *UV-Solutions*.⁽²⁷⁾

3.10.1 PRÁCE S PŘÍSTROJEM

Práce se spektrofotometrem se odvíjí od programu *UV-Solutions*, který zajišťuje nastavení a volbu parametrů pro jednotlivá měření. Nutno podotknout, že tento přístroj na rozdíl od předcházejícího neslouží pouze vzdělávacím účelům. S tímto spektrofotometrem se můžeme setkat výjimečně v chemické laboratoři na vysoké škole, nikoli na základní

nebo střední škole. Po manuálním zapnutí spektrometru připojeného k počítači proběhne automatická vnitřní kontrola, která prověřuje oblasti paměti ROM a RAM, mechanismus monochromátoru a dále oblast wolframové a deuteriové lampy. Poté je nutné spustit samotný program *UV-Solutions* nainstalovaný v počítači. Po jeho spuštění je důležité nastavit výchozích parametry měření. Toto nastavení je charakteristické pro danou analytickou metodu. Lze si vybrat ze tří možností nastavení měření – skenování spekter („*Wavelength scan*“), měření kinetiky („*Time scan*“) nebo fotometrie („*Photometry scan*“).

Před samotným měřením neznámých vzorků je zapotřebí učinit kalibraci dané metody. V této práci bylo pro stanovení látek využito dvou typů měření – „*Wavelength scan*“ a hlavně „*Photometry scan*“. První typ měření poskytuje grafické zobrazení absorpčního spektra v určitém předem zvoleném rozsahu vlnových délek od 190-1100 nm. Z výsledného grafu v závislosti absorbance na vlnové délce můžeme odečíst hodnotu vlnové délky, při níž byla absorbance nejvyšší (tzv. absorpční maximum). Tento typ měření využíváme v případě, kdy nás zajímá průběh absorpční křivky. Když neznáme absorpční maximum stanovované látky. Křivka znázorňuje průběh závislosti absorbance na vlnové délce (Obr. 21.).⁽²⁷⁾



Obr. 22 Záznam absorpčního spektra

Druhý typ měření „*Photometry scan*“ neboli fotometrie umožňuje měřit hodnoty absorbance při konkrétní vlnové délce. Jedná se o konkrétní hodnotu vlnové délky, při

keré měřený roztok zaznamenává absorpční maximum. Hodnoty vlnových délek, při kterých lze měřit maximální absorbanci, jsou většinou součástí pracovních návodu. Např. pro spektrální stanovení železitých s thiokyanatanem draselným se absorbance standardně měří při vlnové délce 500 nm. V tomto typu měření je automaticky odečtena hodnota absorbance a dle předem provedené kalibrace je automaticky vypočtena koncentrace stanovované látky.⁽²⁷⁾

- **VLASTNÍ MĚŘENÍ ABSORBANCE A STANOVENÍ KONCENTRACE**

- 1) Spustíme program *UV Solution*.
- 2) Nastavíme parametry měření kliknutím na políčko → **Method**.
- 3) Zvolíme typ měření v našem případě → **Photometry**
- 4) Zadáme hodnotu vlnové délky, při které chceme měřit absorbanci.
- 5) Vyplníme nabízenou tabulku standardů. Do tabulky vypíšeme hodnoty koncentrace odpovídající jednotlivým standardním kalibračním roztokům.
- 6) Vložíme kyvety s jednotlivými kalibračními roztoky do posuvného zásobníku. Nezapomene umístit referenční kyvetu s destilovanou vodou.
- 7) Klikneme na tlačítko → **Measure**.
- 8) Vyhodnocovací program sám zapisuje hodnoty naměřené koncentrace do grafu. My pouze otáčíme posuvným zásobníkem .
- 9) vyhodnocovací program vygeneruje rovnici přímky a po naměření absorbance u stanovované látky v neznámém roztoku vyjádří výslednou hodnotu koncentrace.

3.11 NÁVODY PRO EXPERIMENTÁLNÍ VÝUKU NA 1. STUPNI ZŠ

3.11.1 ÚLOHA Č. 1 ROZKLAD SVĚTLA⁽²⁸⁾

Téma: Barvy kolem nás

Cíl: Žáci si prohloubí své znalosti o světle - jak se šíří, jak vypadá jeho barevné spektrum. Žáci si sami vyzkouší, jak vzniká duha.

Princip: Duha vzniká rozkladem slunečních paprsků na kapkách deště. Sluneční světlo je bílé a lze jej rozložit na barevné spektrum (barvy duhy). Barevné spektrum je složené ze sedmi barev – červená, oranžová, žlutá, zelená, světle modrá, modrá a fialová. V kapkách deště dochází k lomu světla. Světlo se v kontaktu s vodou láme (každá jeho barevná složka pod jiným úhlem) a ve vrženém stínu můžeme na bílém papíru pozorovat barevné spektrum.

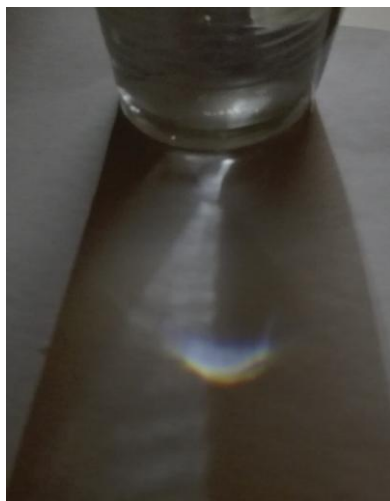
Pomůcky: miska, zrcátko, baterka, list bílého papíru; 0,5l PET kelímek, čtvrtka, nůžky, izolepa

Pracovní postup 1: Do misky nalijeme vodu a šikmo do ní vložíme zrcátko. Baterkou posvítíme na zrcátko tak, aby světlo procházelo i přes hladinu vody. Spolužák drží papír nad vodou a pohybuje jím, dokud se na něm neobjeví duha.



Obr. 23 Příprava duhy

Pracovní postup 2: Naplníme po okraj 0,5l PET kelímek vodou. Poté ve čtvrtce vystříháme dlouhou svislou štěrbinu o rozměrech cca 1 x 13 cm. Štěrbinu přilepíme k PET kelímku s vodou. Pokud bude svítit Slunce, PET kelímek postavíme před okno na bílý papír, tak aby světlo procházelo štěrbinou. Pokud bude zataženo, použijeme jako zdroj světla baterku (postačí i baterka v telefonu). Světlo musí na štěrbinu dopadat svrchu, ne kolmo.



Obr. 24 Lom světla a vznik duhy



Obr. 25 Potřebný materiál

Metodické poznámky: Jedná se o žákovský pokus. Žáci mohou pracovat ve skupině, popřípadě ve dvojicích. Učitel si před hodinou připraví dostatek materiálu a pomůcek (žáci si mohou z domova donést vlastní zrcátko, baterku). Vhodné použít na začátku hodiny jako motivační pokus.

Časová náročnost: 20 minut

3.11.2 ÚLOHA č. 2 JAK LZE VYUŽÍT STARÉ CD⁽²⁹⁾

Téma: Barvy kolem nás

Cíl: Žáci si prohloubí znalosti o světle. Žáci budou schopni vysvětlit, co je to barevné spektrum a jak vzniká. Žáci dokážou vysvětlit princip a využití spektroskopu.

Princip: Spektroskop je zařízení, které umožňuje zjistit, z jakých látek se skládají nejrůznější předměty. Spektroskopie využívá skutečnosti, že různé prvky vyzařují (emitují) různou oblast elektromagnetického záření. Světlo umíme rozložit na jednotlivé barevné složky. Na základě emisních spekter můžeme identifikovat jednotlivé látky.

Náš budoucí spektroskop má tři části. **Štěrbinu** tvořenou z tvrdého papíru (žiletek), kudy prochází světlo. V zadní části se nachází CD, které funguje jako **difrakční mřížka**, která rozděluje světlo na jeho jednotlivé barevné složky. Po straně spektroskopu je z ruličky od toaletního papíru a otvoru v krabici zhotoven **pozorovací otvor**.

Různé zdroje světla, ale i různé prvky poskytují odlišná spektra, když svítí nebo když jsou ozářené. Různé objekty můžeme ozářit plamenem. Díky vzniklým spektrům lze identifikovat prvky jasnými spektrálními čarami, které lze zaznamenat ve spektroskopu. Pomocí našeho spektroskopu můžeme rozložit, v nejjednodušším případě, sluneční světlo na jeho jednotlivé barvy.

Pomůcky a materiál: papírová krabice, rulička od toaletního papíru, lepicí páska, staré CD/DVD, nůžky, fix, vizitka (žiletka), čtvrtka, alobal, zdroj světla (barevné žárovky, žárovka, svíčka),

Postup: Nejprve ve výšce přibližně 15 cm nad dnem krabice načrtne a vystřihneme otvor pro budoucí pozorovací trubičku (toaletní papír) – okulár. Na sousední stěně - přibližně ve stejné výšce nad dnem krabice – vystřihneme štěrbinu (cca 1x8 cm). Na ni pomocí lepicí pásky a čtvrtky připevníme dvojici vizitek (žiletek). Mezi vizitkami (žiletkami) by měla zůstat co nejužší štěrbinu. Světlo přichází štěrbinou a mělo by dopadat na naše CD/DVD. CD přilepíme na protější stranu krabice, kde se nachází štěrbinu. Všechny otvory, kterými by mohlo dovnitř pronikat světlo, je třeba důkladně zakrýt (tmavá lepicí páska, alobal). V poslední řadě připevníme ruličku od toaletního papíru, tak aby mělo odražené světlo od CD přímou cestu k pozorovateli.

Metodické poznámky: Spektroskop můžeme využít k pozorování různých zdrojů světla. Lze použít modré světlo, červené světlo a plamen svíčky. Díky různým světelným zdrojům můžeme pozorovat rozdílná spektra. Pokud tyto zdroje nemáme k dispozici, postačí sluneční záření, které poskytuje celé spektrum barev. Dávejte pozor, aby děti nenamířily štěrbinu přímo do Slunce! Tento pokus se dá zahrnout např. do projektového dne. Je vhodný pro práci ve skupině. Kdy každý člen skupiny přinese jiný druh materiálu. K celému pokusu jsou dostupné na internetu i video návody.

Časová náročnost: 40 minut

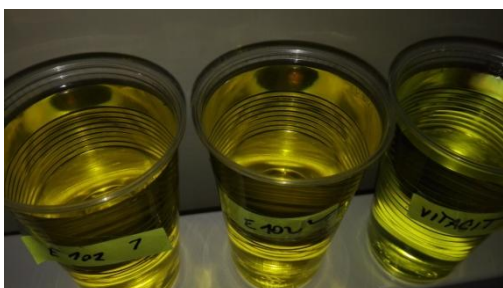
3.11.3 ÚLOHA Č. 3 NÁPOJOVÁ DUHA ⁽³⁰⁾

Téma: Barvy kokem nás

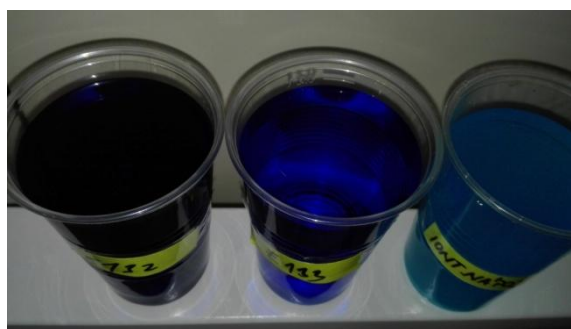
Cíl: Žáci si prohloubí znalosti z oblasti viditelného spektra barev. Žáci dokážou vyjmenovat a seřadit jednotlivé barvy viditelného záření. Dokážou vysvětlit, co to jsou barvy doplňkové. Žáci se seznámí s přístrojem SpektroVis Plus.

Princip: Lidské oko vnímá světelné záření v rozsahu vlnových délek přibližně od 380 do 780 nm. Z tohoto důvodu tuto oblast záření nazýváme viditelné světlo (VIS oblast). Látka může světlo emitovat (vyzařovat) nebo absorbovat (pohlcovat). Pokud látka absorbuje veškeré dopadající záření, jeví se našemu oku jako černá, naopak jestli veškeré dopadající parsky viditelného světla propouští, vnímáme látku jako bezbarvou. Pokud látka pohlcuje záření určitých vlnových délek ve viditelné oblasti, vidíme ji jako barevnou.

Pomůcky a materiál: roztok žlutého potravinářského barviva (např. E102 – tartrazin) nebo roztok neperlivého nápoje - vitacit citron, červený roztok potravinářského barviva (např. E124 – košenilová červeně, E122 - azorubin) nebo roztok neperlivého nápoje - vitacit malina, energetický nápoj, roztok modrého potravinářského barviva (např. E133 – brilantní modř, E132 - indigotin) nebo iontové nápoje, energetické nápoje a nápoje ZON, destilovaná voda (nebo voda vodovodní nezakalená, neabsorbující). **Pomůcky:** kádinky nebo zkumavky (plastové kelímky 0,04l a 0,2l), spektrofotometr Vernier SpectroVis Plus, plastové kyvety, plastová lžička (špejle)



Obr. 27 E102, citronová žluť, vitacit



Obr. 26 E132, E133, iontový nápoj



Obr. 28 E124, azorubin, vitacit

Postup: Připravíme si postupně: roztoky barvy žluté (roztok tartrazinu), červené (roztok košenilové červeně) a modré (roztok brilantní modři) o vhodné intenzitě zabarvení (roztoky musí být průhledné). V dalším postupu připravíme z našich roztoků duhu za pomoci znalostí z výtvarné výchovy a míchání barev.

Tabulka 3 Míchání barev

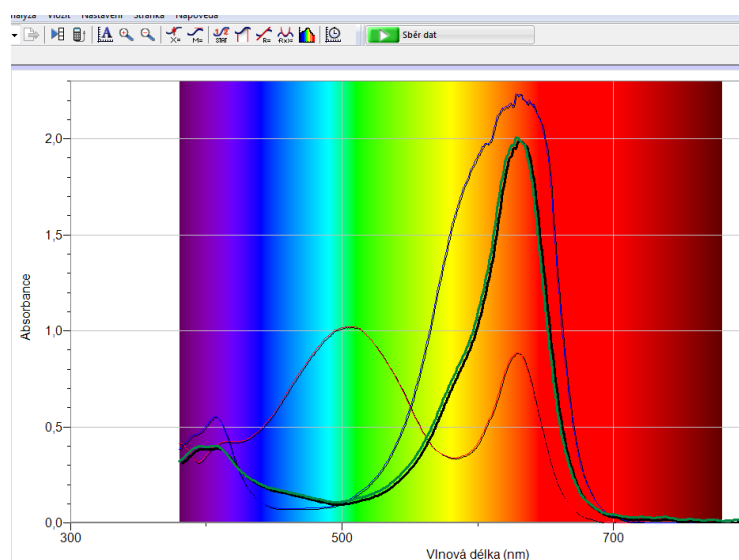
modrá	+ červená	= FIALOVÁ
modrá	+ fialová	=TMAVĚ MODRÁ
žlutá	+ červená	= ORANŽOVÁ
žlutá	+ modrá	=ZELENÁ

Výsledná duha by mohla vypadat asi takto:



Obr. 29 Nápojová duha

Metodické poznámky: Vzhledem k tomu, že máme k dispozici jeden spektrofotometr, je nutné práci rozdělit do skupin (5 žáků). Každá skupina si připraví roztoky, některá na přípravu použije barviva a některá zmíněné nápoje. Spektrum pro jednotlivé roztoky naměří učitel, pravděpodobně bude nucen vybrat jednu skupinu a na té, demonstrovat daný přístroj. Výsledná spektra v ideálním případě promítne přes dataprojektor. Při míchání barev dejte žákům prostor a čas. Měla by to zvládnout každá skupina. Je výhodné, aby děti pracovali s 0,04l plastovými nádobkami. Nehrozí nebezpečí úrazu při přelévání.



Obr. 30 Měření absorbance fialového a modrého roztoku

Časová náročnost: 30 minut

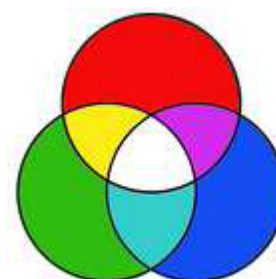
3.11.4 ÚLOHA Č. 4 ŘEDĚNÍ ROZTOKŮ

Téma: Barvy kolem nás

Cíl: Žáci si uvědomí, co je to roztok, jak je možné roztoky ředit a vyzkouší si vyrobit ředící řadu základních barev. Žáci budou schopni vysvětlit pojem RGB barvy.

Princip: Pracujeme se třemi základními barvami RGB: červenou, zelenou, modrou (red, green, blue). Pokud se jednotlivé složky barev sčítají a vytváří světlo větší intenzity, mluvíme o aditivním míchání RGB barev. Princip aditivního míchání barev je uplatňován např. na počítačových monitorech a televizních obrazovkách. Aditivní míchání barev:

- · červená + zelená + modrá = bílá
- · červená + zelená = žlutá
- · modrá + zelená = tyrkysová
- · červená + modrá = fialová (purpurová)



Obr. 31 Míchání aditivních barev

Pomůcky a materiál: potravinářské barvivo: zelené, červené, modré, lžičky, průhledné PET kelímky o objemu: 0,04 l; 0,2 l; 0,5 l, spektrofotometr spectroVis Plus, váhy

Postup: Nejprve si utvoříme ředící řadu. Vytvoříme 3 řady z PET kelímků 0,5 l po 3 vedle sebe a označíme je: v první řadě budou označeny 1:1, ve druhé řadě budou označeny 1:4 a ve třetí řadě budou označeny 1:9. Dále připravíme do 0,3l PET kelímků zásobní roztoky jednotlivých barviv. Vzniknou nám tři roztoky o přibližné koncentraci 0,5 g barviva na 300 ml vody. Dále postupným ředěním zásobního roztoku připravíme pracovní roztoky. Vezmeme si PET kelímek 0,04 l a nalijte do něho červený zásobní roztok až po rysku. Následně tento roztok přelijeme do 0,5l PET kelímku s označením 1:1. Do dalšího čistého PET kelímku 0,04 l nalijeme čistou vodu po rysku a vodu následně přilijeme do stejného PET kelímku jako předchozí červený roztok. Tento postup opakujeme i u modré a zelené barvy. V dalším kroku připravíme zředěný roztok 1:4. Opakujte stejný postup jako v předchozím případě. Jeden 0,04l PET kelímek červeného a čtyři 0,04l PET kelímky čisté vody. Tento postup opět zopakujeme i pro zelený a modrý roztok. V dalším kroku připravíme roztok 1:9. Jeden 0,04l PET kelímek červeného roztoku a k němu devět 0,04l PET kelímku čisté vody. Zopakujeme opět i pro zelený a modrý roztok. Sledujeme, jaké barevné rozdíly vznikly vlivem zředění v jednotlivých řadách (Obr. 33).



Obr. 32 Ředění roztoků

RGB efektu docílíme tak, že použijeme 10x zředěné barevné roztoky s označením 1:9.

Do čistého 0,5l PET kelímku odlijeme 0,04 l z každého barevného roztoku. Pozorujeme, co se stane (Obr. 34).



Obr. 33 Výsledný RGB efekt

Metodické poznámky: Po slítí 10x zředěných roztoků červené, zelené a modré barvy by nám měl vzniknout čirý průhledný roztok na základě aditivního míchání barev. O jeho čistotě se přesvědčíme naměřením jeho absorpčního spektra. Pokud bude ve vzniklém roztoku přítomný zbytek barviva, uvidíme jej zobrazený v absorpčním spektru. Tento žákovský pokus je vhodný při práci ve skupinách, každý člen skupiny připravuje jinou řadu roztoků.

Časová náročnost: 45 minut

3.12 ÚLOHY PRO ŽŠ 2.STUPEŇ (PAPRSEK NÁS ZACHRÁNÍ)

3.12.1 ÚLOHA Č. 1 OTRÁVENÝ INOTOVÝ NÁPOJ ⁽¹⁹⁾

Téma: Nápojové absorpční spektrum

Cíl: Žáci si prohloubí znalosti o elektromagnetické záření. Dokážou charakterizovat oblast světelného záření. V jednoduchosti objasní princip spektrometrie. Žák dokáže zhodnotit jednotlivá naměřená spektra.

Princip: Lidské oko vnímá světelné záření v rozsahu vlnových délek přibližně od 380 do 780 nm. Z tohoto důvodu tuto oblast záření nazýváme viditelné světlo (VIS oblast). Látka může světlo emitovat (vyzařovat) nebo absorbovat (pohlcovat). Jestliže látka záření pohlcuje (absorbuje), je naše oko schopné látku vnímat jako barevnou. Naše oko zaznamená záření, které látkou projde (tedy to), které nebylo látkou absorbováno. Spektrofotometr pracuje na podobném principu: světelné záření je procházejícím vzorkem z části absorbováno a z části prostupuje dál až k detektoru. Detektor je součástí spektrofotometru. Úkolem detektoru je měřit intenzitu dopadajícího světla neabsorbovaného roztokem. Množství absorbovaného záření je pak přímo úměrné koncentraci látky ve studovaném roztoku. Díky spektrofotometrii můžeme určovat koncentraci konkrétní látky v neznámém vzorku, ale také dokážeme látky díky absorpčnímu spektru identifikovat. Neboť každá látka má své charakteristické absorpční spektrum. Na základě známých spekter jednotlivých látek můžeme odhadovat složení studovaného vzorku (v našem případě otráveného nápoje). ⁽³⁰⁾

Pomůcky a chemikálie: vzorky iontových nápojů – modré, fialové a zelené barvy, roztok síranu měďnatého, destilovaná voda, kádinky/ zkumavky, stojánek na zkumavky, odměrná baňka, záznamy spekter k porovnání s měřeními vzorky

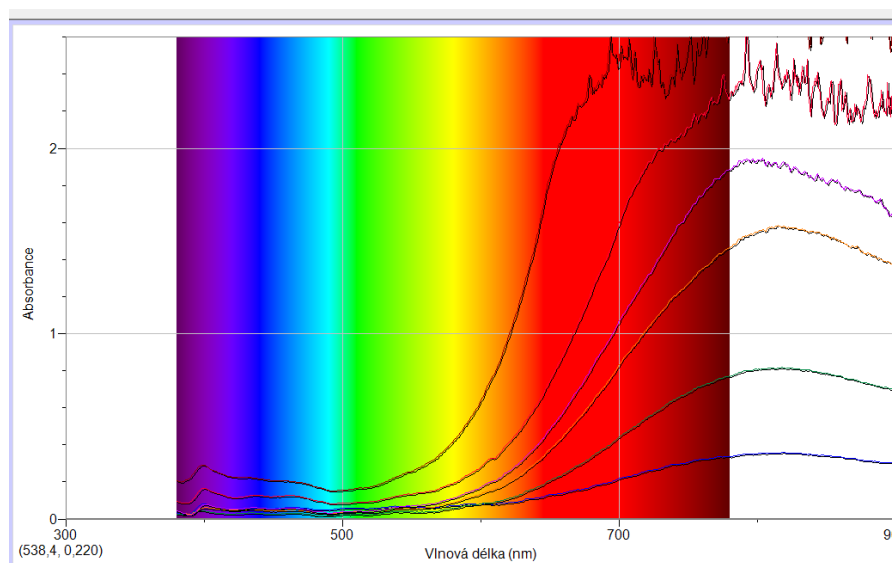
Postup: Studenti od učitele obdrží sedm odebraných vzorků. („Vzorky odebrané na lavičce národního hokejového týmu.“) Studenti si jednotlivé vzorky očíslojí a vytvoří pro ně jednoducho záznamovou tabulku. Poté vzorky připravíme do kyvet a změříme záznam spektra. U každého vzorku nalezneme absorpční maximum, které zaznamenáme do tabulky. Poté co naměříme absorpční spektrum sedmého vzorku, porovnáme jednotlivá měření. Pokusíme se určit, které vzorky vykazují odlišný průběh ve srovnání s již získanými spektry z předchozího úkolu.

Tabulka 4 Absorpční maxima u iontových nápojů

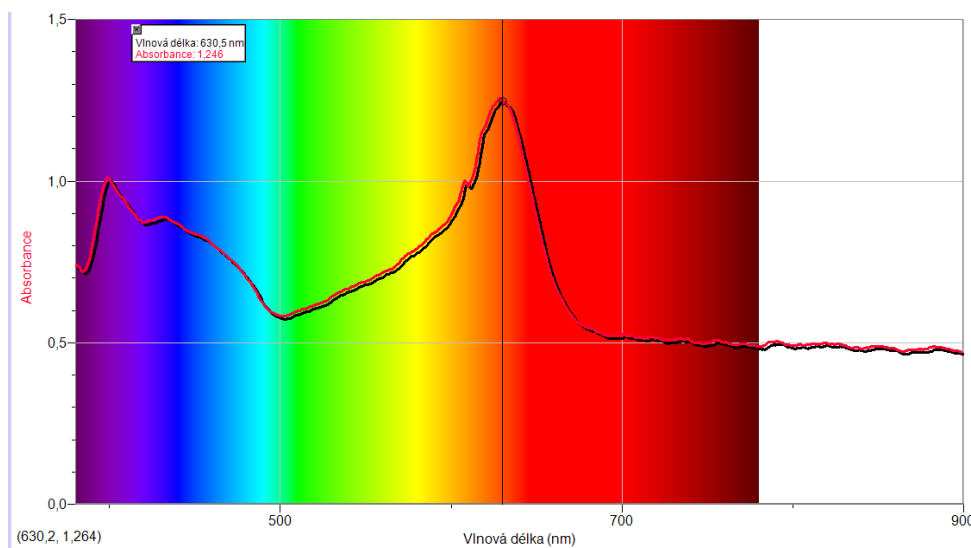
Číslo vzorku	Poloha absorpčního maxima (nm)
1	610
2	630
3	nejasně
4	610
5	635

Metodické poznámky: Učitel je nucen si dopředu připravit sadu měřených vzorků. Vzorky tvořené iontovými nápoji. Do několika vzorků přidáme síran měďnatý. Tyto vzorky v našem případě považujeme za otrávené. S největší pravděpodobností nebude možné, aby každá pracovní skupina měřila na spektrometru sama. Měření bude realizováno učitelem a získaná absorpční spektra promítána. Tak aby každý student mohl odečíst hodnoty maximální absorbance. Tyto hodnoty zaznamenají studenti do tabulky. Pokus lze snadno zařadit do výuky, např. při výuce síranů.

Ukázkové níže uvedené grafy ukazují typické výsledky z experimentu:



Obr. 34 Absorpční spektrum síranu měďnatého



Obr. 35 Absorpční spektrum iontového nápoje modré barvy při 630 nm

Časová náročnost: 30 minut

3.12.2 ÚLOHA Č. 2 NENÍ FIALOVÁ JAKO FIALOVÁ – VÝPOČET KONCENTRACE⁽³⁰⁾

Téma: Sestrojení kalibrační křivky pro manganistan draselný

Cíl: Žák se seznámí s moderními metodami kvantitativní analýzy (práce propojuje poznatky z chemie a fyziky); při ředění vzorků jsou posilovány psychomotorické schopnosti – práce vyžaduje vysokou přesnost.

Princip: Typickou úlohou ve spektroskopii je stanovení koncentrace známé chemické látky v roztoku na základě absorbance nebo transmitance. K tomu je nutno získat kalibrační křivku čili lineární závislost absorbance na koncentraci. Některé látky částečně pohlcují záření, které jimi prochází. Tyto látky jsou v našich očích barevné. Díky moderním analytickým metodám jsme schopni měřit hodnoty absorbance (transmitance) v závislosti na vlnové délce. Na osu x je vynesena vlnová délka dopadajícího záření a na osu y hodnota absorbance. Absorbance je lineární funkcí koncentrace. Na základě měření absorbance připravených roztoků manganistanu draselného vytvoříme kalibrační křivku. Za využití kalibrační křivky stanovíme koncentraci manganistanového kationtu.⁽³⁰⁾

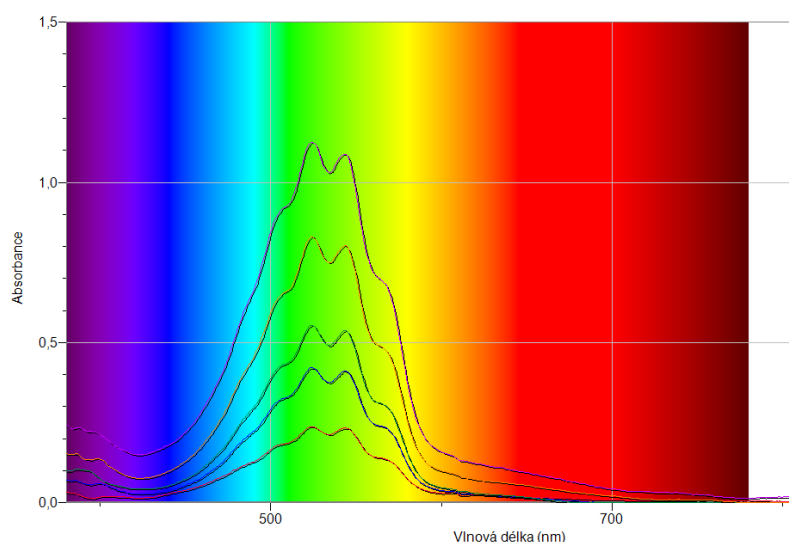
Chemikálie a pomůcky: 0,02M roztok manganistanu draselného (0,7902 g manganistanu draselného doplnit na 250 ml vodou), heptahydrát síranu nikelnatého, destilovaná voda,
Sklo: 100ml a 25ml odměrné baňky, byreta, stojan, kyvety, spektrometr SpectroVis Plus

Postup: Připraveným 0,02M roztokem manganistanu draselného naplníme byretu a do pěti odměrných baněk o objemu 50 ml odměříme postupně 5, 15, 25, 35 a 45 ml roztoku manganistanu draselného a doplníme destilovanou vodou po rysku. U všech vzorků postupně naměříme absorpční spektra (Obr.38). Z výsledných spekter odečteme absorpční maximum a hodnoty vlnové délky absorpčního maxima zapíšeme do tabulky. Hodnoty absorpčního maxima zprůměrujeme. Výsledná průměrná hodnota představuje absorpční maximum manganistanu. Při této vlnové délce je hodnota absorbance nejvyšší. Hodnoty maximální absorbance odečteme z naměřeného spektra a zapíšeme do tabulky. V tuto chvíli je naše tabulka kompletní, tzn., že můžeme sestrojít graf s lineární závislostí absorbance na koncentraci. Po sestrojení grafu změříme absorbanci neznámého vzorku. Z výsledného spektra odečteme hodnotu absorbance při absorpčním maximu. Hodnotu maximální absorbance vyneseme do grafu s již sestrojenou kalibrační přímkou. Tam kde se protíná kalibrační přímka s hodnotou absorbance neznámého vzorku, spustíme tečnu (kolmou na osu x) a odečteme hodnotu koncentrace.⁽³⁰⁾

Další možností jak sestrojít kalibrační křivku je využití programu *Logger Pro*, který dokáže sám, se správně zadanými hodnotami, sestrojít kalibrační přímku.



Obr. 36 Kyvety s různou koncentrací manganistanu draselného v roztoku



Obr. 37 Absorpční spektrum kalibračních roztoků manganistanu draselného

Metodické poznámky: Místo manganistanu lze využít i síranu nikelnatého. Tento pokus je časově náročnější a vyžaduje práci v laboratoři. Učitel by měl mít dopředu připravený 0,02M roztok manganistanu draselného.

Časová náročnost: 90minut

3.12.3 ÚLOHA Č. 3 PROČ JE LIST ROSTLINY ZELENÝ

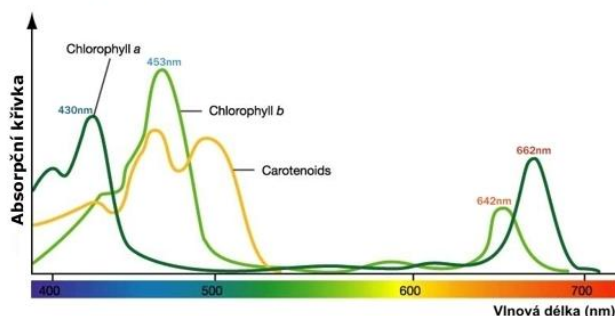
Téma: Zelená barviva v rostlině

Cíl: Žák na základě vlastního pozorování dokáže vysvětlit, proč některé látky vnímáme jako barevné. V průběhu práce získá základní informace o moderních metodách chemického výzkumu (spektrofotometrie). Žák na základě absorpčních spekter dokáže porovnat typy rostlinných barviv. Žák si uvědomí důležitost barviv v rostlinách.

Princip: Látky, které absorbují elektromagnetické záření v oblasti viditelného světla, se nám jeví v doplňkové barvě k té, kterou absorbují. Pokud látka absorbuje například záření v oblasti vlnových délek červeného světla, jeví se nám jako zelená; pokud naopak absorbuje v oblasti vlnových délek světla zeleného, jeví se nám jako červená. V přírodě se setkáváme hojně se zelenou barvou. Zelené zbarvení rostlin způsobuje zelené barvivo chlorofyl. Úkolem chlorofylu je pohlcovat světlo. Díky chlorofylu, vodě, slunečnímu záření a oxidu uhličitému jsou rostliny schopny fotosyntézy - procesu, kdy z jednodušších látek vznikají látky složitější za uvolnění kyslíku.

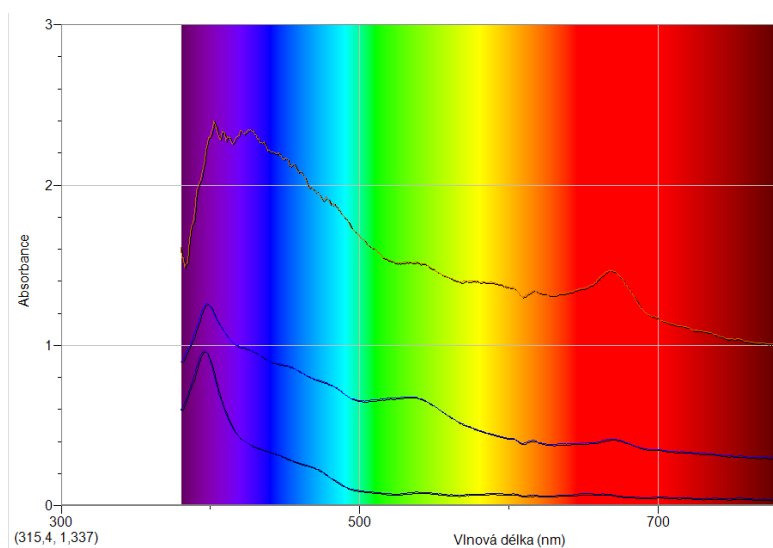
Pomůcky a chemikálie: ethanol, destilovaná voda, listy špenátu (kopřivy), listy pelargonie, listy šťavelanu, záznam absorpčního spektra „chlorofyl typu a“ a „chlorofyl typu b“ (Obr. 37), spektrofotometr spectroVis Plus, vařič/varná konvice

Pro fotosyntézu zelených rostlin jsou nejdůležitější tyto vlnové délky :
 Chlorofyl-a: 430nm/662nm
 Chlorofylu-b: 453nm/642nm
 Karotenoidy: 449nm/475nm



Obr. 38 Záznam absorpčního spektra rostlinných barviv⁽³¹⁾

Postup: Nejprve potřebujeme získat chlorofyl do roztoku. Extrahujeme chlorofyl z listu a to tak, že list vložíme do vařící vodní lázně nebo jej přelijeme horkou vodou (zničíme jednotlivé buňky listu). Poté list vložíme do vlažného ethanolu a necháme cca 10 minut působit. Po uplynutí deseti minut by se nám chlorofyl měl extrahovat do ethanolu a roztok by měl být zabarven do zelena. U vzniklých roztoků změříme absorbanci. Ze záznamu spektra odečteme hodnoty absorpčního maxima a na základě těchto hodnot se pokusíme popsat a porovnat vzniklé absorpční spektrum s ostatními spektry.⁽²⁸⁾



Obr. 39 Absorpční spektrum šťavelanu (to výraznější absorbanci) a pelargonie

Metodické poznámky: Můžeme využít i jiný způsob extrakce rostlinných barviv. Natrháme lístky na malinké kousičky a vložíme je spolu s pískem do třecí misky. Ke vzniklé směsi přidáme 10 ml vody a 2 ml ethanolu. Poté bude nutné směs přefiltrovat. To v první případě nebylo nutné. Práci opět rozdělíme do skupin, každá skupina může mít jiný druh rostliny i jiný postup při získávání rostlinných barviv.



Obr. 40 Extrakce rostlinných barviv

Časová náročnost: 45 minut

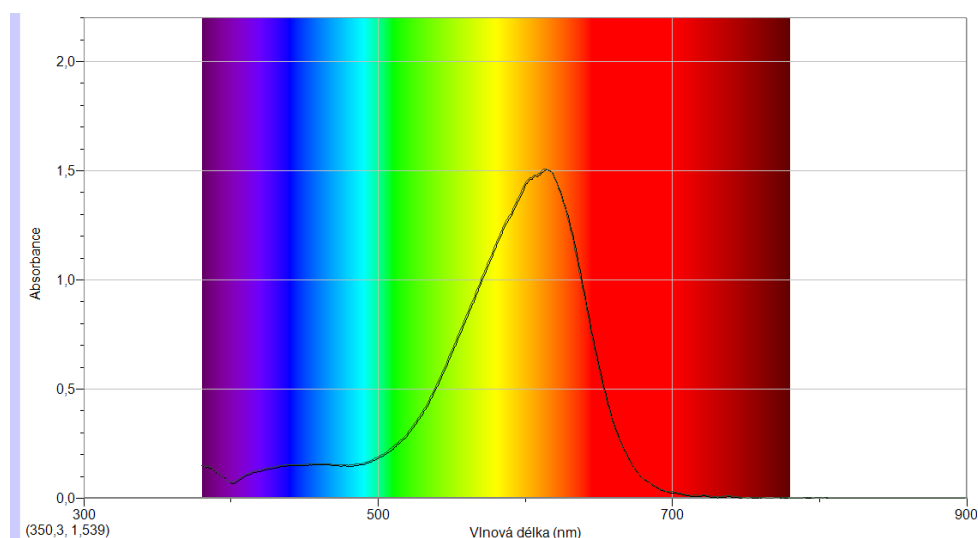
3.12.4 ÚLOHA Č. 4 BARVIVA JSOU VŠUDE ⁽³²⁾

Téma: Jaká barviva se podílejí na zbarvení lentilek

Cíl: Žáci dokážou vysvětlit, co to je barvivo a k čemu se využívá. Pod jakou zkratkou se běžně vyskytuje na etiketách potravin. Žáci zhodnotí vliv barviv na lidský organismus. Žáci si prohloubí znalosti o absorpčních spektrech.

Princip: Povrch lentilek je obarven barvivy, která jsou snadno rozpustná ve vodě. Toho lze využít při extrakci. Výsledné barvy jednotlivých lentilek jsou kombinací různých barviv. Pod barevným povrchem se nachází bílý povlak (titanová běloba), která je vůči vodě odolná. Pomocí absorpčního maxima v absorpčním spektru můžeme identifikovat jednotlivé druhy barviv.

Pomůcky a materiál: lentilky (Skittles bombóny), absorpční spektra jednotlivých barviv přítomných v lentilkách (Obr. 30), seznam E kódů, spektrofotometr spectroVis Plus, plastové kyvety, kádinky (PET kelímky), lžička, destilovaná voda



Obr. 41 Absorpční spektrum modrého barviva E133

Postup: Z obalu výrovku přepíšeme do tabulky „E kódy“ použitých barviv. Na internetu či v dostupném materiálu vyhledáme názvy barviv a připišeme je do tabulky k odpovídajícímu kódu.

Tabulka 5 Barviva v lentilkách vyhledaných při vlastním měření

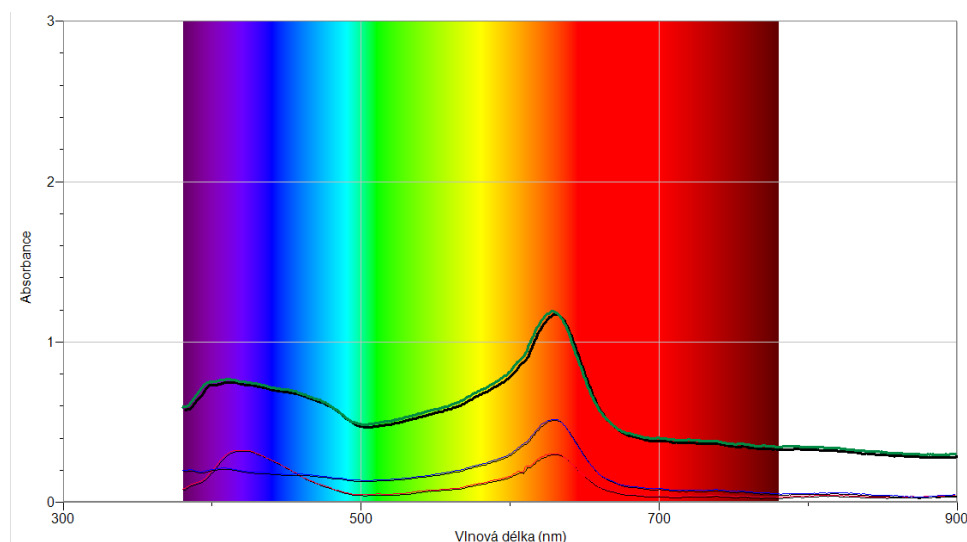
Kód barviva	Název barviva
E133	Brilantní modř FCF
E171	Oxid titaničitý (titanová běloba)

Dále lentilky dle jednotlivých barev rozdělíme do kádínek (kelímků). Od každé barvy postačí dvě lentilky. V případě růžové a fialové je vhodné použít více lentilek, z důvodu možné slabší intenzity barviva. V našem případě byly k pokusu využity pouze modré lentilky. Modré lentilky přelijeme vodou a barvivo necháme pár minut vylouhovat. Poté naměříme absorpční spektrum vzniklého barevného roztoku. Důkladně zaznamenáme absorpční maximum do tabulky. Celé spektrum jednotlivých lentilek si uložíme, popřípadě vytiskneme.

Tabulka 6 Absorpční maximum modré lentilky

barva lentilky	poloha absorpčního maxima (nm)
modrá lentilka (1. vzorek)	630 nm
modrá lentilka (2. vzorek)	630 nm
modrá lentilka (3. vzorek)	630 nm

Naměřená absorpční maxima a příslušná absorpční spektra jednotlivých lentilek (Obr. 30) porovnáme s absorpčními spektry barviv. (viz. Obr. 31). Na základě porovnání spekter můžeme odhadnout přítomnost jednotlivých barviv v konkrétních lentilkách.



Obr. 42 Absorpční spektrum modrých lentilek od různých výrobců

Metodické poznámky: Nutná příprava absorpčních spekter jednotlivých barviv. Buď vyhledáním v odborné literatuře (na internetu), nebo vlastním naměřením spekter standardních roztoků jednotlivých barviv. Nejvíce se osvědčily lentilky modrého zabarvení s modrým barvivem E133. Můžete použít více druhů lentilek a porovnávat tak výrobce. Vzhledem k tomu, že máme jeden spektrofotometr. Děti je třeba rozdělit do skupin. Každá skupina připravuje jiné roztoky (kombinace experimentů). Vlastní měření realizuje učitel na konci hodiny, děti si kontrolují své poznatky.

Časová náročnost: 30 – 40 minut

3.13 ÚLOHY PRO GYMNÁZIA (VĚDA KOLEM NÁS)

3.13.1 ÚLOHA Č. 1 ABSORBANCE A TRANSMITANCE MANGANISTANU⁽³⁰⁾

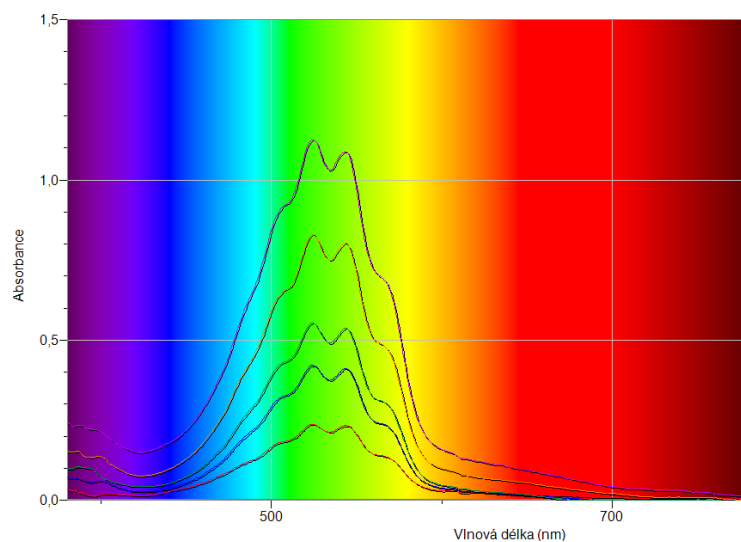
Téma: Barevné spektrum

Cíl: Žák se seznámí se základy práce s fotometrem (spectroVis Plus). Žák na základě vlastního pozorování získá základní informace o moderních metodách chemického výzkumu. Žák dokáže vysvětlit rozdíl mezi absorbancí a transmitancí.

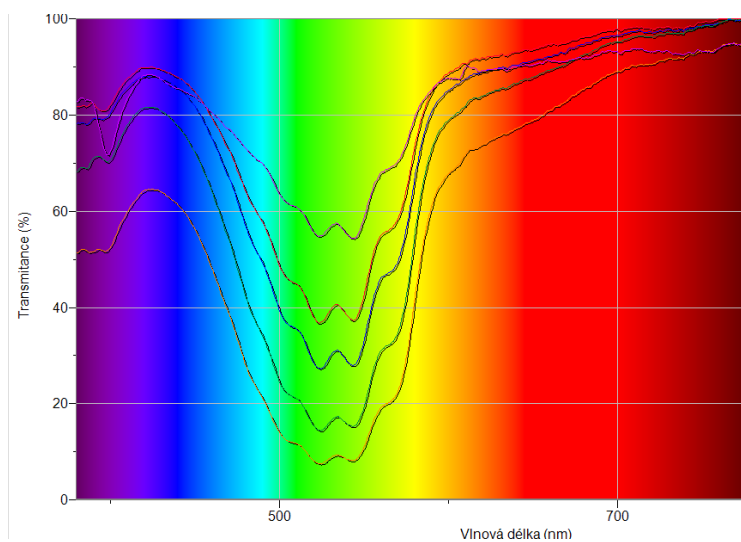
Princip: Látky jsou schopné pohlcovat větší nebo menší „množství“ dopadajícího záření. Tento jev je ovlivněn jednak samotným vzorkem, ale také jeho koncentrací a tloušťkou vrstvy, kterou dopadající záření prochází (tloušťku vrstvy představuje délka kyvety.). Látky mohou tedy část záření pohltit a část propustit. Poměr intenzit prošlého a dopadajícího záření označujeme jako propustnost – transmitanci. Záporně vzatý dekadický logaritmus propustnosti (transmitance) se označuje jako absorbance. Transmitance i absorbance jsou bezrozměrné veličiny, které jsou funkcí vlnové délky. Transmitance nabývá hodnot od 0 (naprosto nepropustný vzorek) do 1 (zcela propustný vzorek). Absorbance nabývá hodnot od 0 (vzorek neabsorbuje) do ∞ (absorbuje všechny vlnové délky). Graf závislosti absorbance a transmitance na vlnové délce se nazývá spektrum. Osa x s hodnotami vlnové délky a osa y s měřenými hodnotami transmitance nebo absorbance.

Pomůcky a chemikálie: 0,02M roztok manganistanu draselného (0,7902 g manganistanu draselného, doplnit na 250 ml vodou), destilovaná voda, byreta, stojan, svorky, 50ml odměrné baňky (5x), spektrofotometr

Postup: Připraveným 0,02M roztokem manganistanu draselného naplníme byretu a do pěti odměrných baněk o objemu 50 ml odměříme postupně 5, 15, 25, 35 a 45 ml roztoku manganistanu draselného a doplníme destilovanou vodou po rysku. Dále provedeme měření absorbance. Stejným způsobem zaznamenáme i transmitanci.



Obr. 43 Měření absorbance



Obr. 44 Měření transmittance

Metodické poznámky: tento pokus je vhodný spojit s pokusem zabývajícím se měřením absorbance. Neboť naměřené hodnoty můžeme využít pro sestavení kalibrační přímky. Tento pokus můžeme zařadit i jako demonstrační. Demonstrovat tak vztah mezi absorbancí a transmittancí, který je díky naměřeným hodnotám snadno pochopitelný.

Časová náročnost: příprava roztoků 15 minut, vlastní měření 10 minut

3.13.2 ÚLOHA Č. 2 BEZ KALIBRAČNÍ KŘIVKY NEMĚŘÍM⁽³⁰⁾

Téma: Lambert-Beerův zákon

Cíl: Seznámit žáky s prací se spektrofotometrem spectroVis Plus. Žák dokáže vysvětlit platnost Lambert-Beerova zákona v měřeném systému. Žák dokáže z naměřených hodnot sestrojít kalibrační křivku.

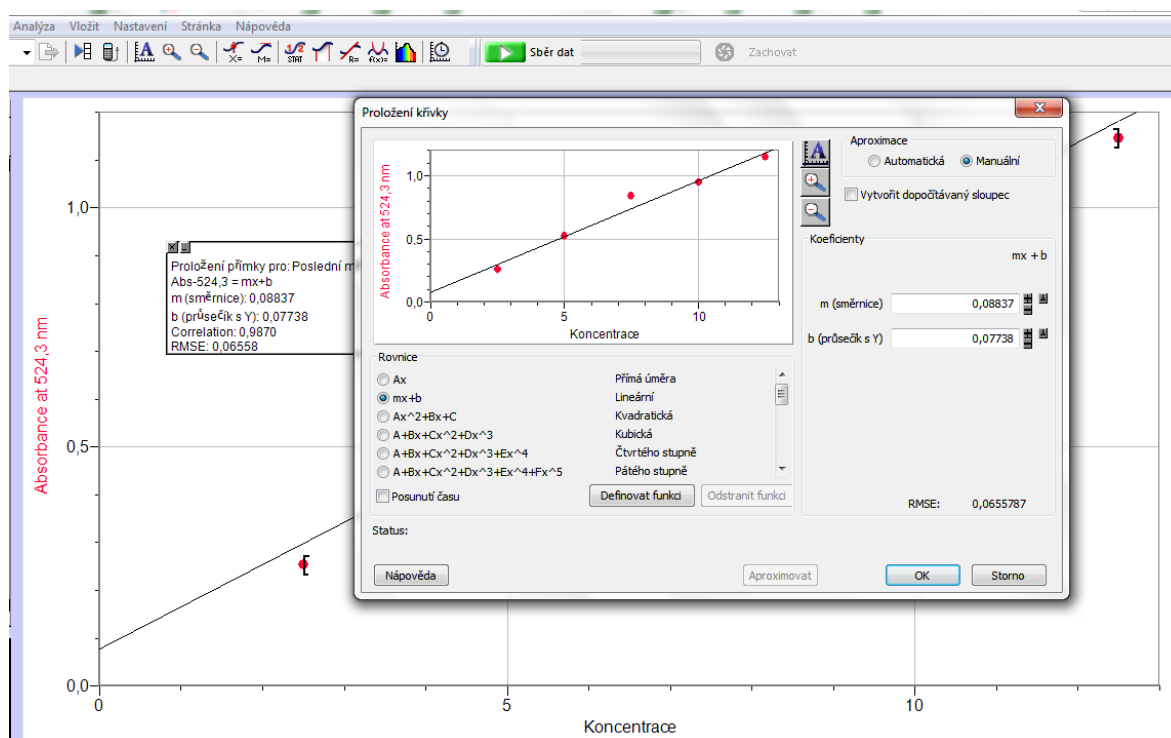
Princip: Typickou úlohou ve spektroskopii je stanovení koncentrace známé chemické látky v roztoku na základě absorbance nebo transmitance. K tomu je nutno získat kalibrační křivku čili závislost absorbance na koncentraci. Tato závislost musí být lineární.

Množství světla, které po průchodu roztokem dopadne na detektor, charakterizují veličiny absorbance a transmitance (viz. předchozí úloha). Čím vyšší je hodnota koncentrace stanovované látky v roztoku, tím více světla je při průchodu roztokem pohlceno (absorbováno) a tím je menší hodnota transmitance (propustnosti). Vztah mezi absorbancí a koncentrací považujeme za lineární v případě platnosti Lambert-Beerova zákona.

Chemikálie a pomůcky: 0,02M roztok manganistanu draselného, destilovaná voda, 50ml odměrné baňky, byrety/pipety, spektrofotometr spectroViS Plus

Postup: Nejprve ze zásobního roztoku manganistanu draselného připravíme sadu kalibračních roztoků (tzv. standardů) o známé koncentraci. Poté je zapotřebí získat hodnotu absorpčního maxima charakteristickou pro manganistan. Naměříme tedy spektrum jednotlivých standardů a pomocí funkce „tečna“ odečteme z grafu hodnotu vlnové délky, při které byla hodnota absorbance vzorku nejvyšší. Tuto hodnotu si poznamenejme. Díky programu *Logger Pro* si můžeme usnadnit práci, neboť program nám sám navrhne absorpční maximum. Když víme hodnotu maximální vlnové délky, může začít s měřením absorbance u standardních roztoků. Před vlastním měřením je nenutná úprava parametrů v programu *Logger pro*. Klikneme na ikonu → **Konfigurovat** a zaškrtneme políčko → **Absorbance na koncentraci**. Dále vyplníme, v jakých jednotkách zadáme hodnoty koncentrace (mg/l). Na závěr zaškrtneme hodnotu vlnové délky, která nám byla programem doporučena. Operaci dokončíme stisknutím tlačítka → **OK**. Parametry byly změněny, neboť i úvodní stránka vyhodnocovacího programu se přeměnila (v pozadí již nevidíme barevné spektrum). Vše je připraveno k měření standardních vzorků. Postupným kliknutím na tlačítka → **Sběr dat** → **Zachovat hodnotu**. Dále vyplníme hodnotu koncentrace měřeného vzorku a potvrdíme → **OK**. Hodnota absorbance se automaticky zakreslí do grafu. Měření ukončíme tlačítkem → **Stop**. Poté vyjmeme vzorek a vložíme

roztok číslo dvě a zahájíme sběr dat. Na obrazovce se objeví okno s dotazem, zda chceme uložit poslední měření nebo jestli jej zahodíme nebo zda chceme toto měření přidat na konec předcházejícího. Poslední možnost si vybereme a klikneme → **Přidat na konec**. Tento postup zopakujeme i u zbylých roztoků. Po proměření všech kalibračních vzorků klikneme na tlačítko → **proložit přímkou**. Automaticky se nám vygeneruje rovnice i s parametry. Nemusíme nic počítat. Jen bychom si měli dávat pozor na to, zda naše naměřené hodnoty jsou lineární, tzn., že hodnoty leží téměř všechny na přímce. Kalibrační přímkou jsme úspěšně vytvořili a můžeme tak začít stanovovat koncentraci v neznámém vzorku. Změříme absorbanci roztoku manganistanu draselného o neznámé koncentraci. Hodnotu absorbance vyneseme do předchozího grafu s lineární závislostí a na kalibrační přímce najdeme odpovídající hodnotu koncentrace. Tuto hodnotu je možné i vypočítat i na základě parametrů rovnice kalibrační přímky.



Obr. 45 Ukázka kalibrační přímky manganistanu draselného

Metodické poznámky: Tento experiment slouží k tomu, aby se žáci naučili samostatně pracovat s přístrojem spectroVis Plus. Pokud nemáme dostatek prostředků, abychom zaměstnali celou třídu, může část třídy stanovovat manganistan pomocí jiné analytické metody – titrace. Výsledky obou stanovení zhodnotíme ve třídě při závěrečné diskuzi.

Časová náročnost: 90 minut (laboratorní cvičení)

3.13.3 ÚLOHA Č. 3 STANOVENÍ ŽELEZA V NEZNÁMÉM VZORKU (27)

Téma: Využití spektrofotometrie v praxi – stanovení železa ve vodě

Cíl: Žák dokáže samostatně pracovat s přístrojem spectroVis Plus. Žáci zvládnou základní úkony při práci v chemické laboratoři. Žáci dokážou zhodnotit výsledky měření a vést na toto téma diskuzi s ostatními spolužáky.

Princip: Železo patří mezi biogenní prvky. Hraje důležitou roli v naší oběhové soustavě. Železo je součástí krevního barviva - hemoglobinu. Funkcí hemoglobinu je transport kyslíku z plic do tkání a opačným směrem odstraňování oxidu uhličitého z tkání do plic. To že je krev červená, způsobuje právě železo. Z předcházejících informací vyplývá, že železo je pro správné fungování našeho organismu nezbytně nutné. Musíme jej přijímat v potravě. Nedostatek železa může vést až k chudokrevnosti (anemii). Pokud trpíme nedostatkem železa, máme možnost různých doplňků stravy obsahující železo nejčastěji v tabletách ve formě rozpustných železnatých solí. V tomto experimentu budeme pomocí spektrometru měřit množství železa ve vodě. Neboť železo je součástí zemské kůry a v podobě rozpustných solí jej najdeme i ve vodě. Pro koncentraci železa v pitné vodě platí určité limity. Železo patří mezi hlavní ukazatele kvality pitné vody. Hodnota koncentrace železa by v pitné vodě neměla přesahovat hranici 0,2 mg/l. Pro stanovení železa bylo popsáno několik metod nejen spektrofotometrických. Každé spektrofotometrické stanovení začíná kalibrací metody. Výsledkem kalibrace by měla být křivka s lineární závislostí absorbance na vlnové délce. Poté můžeme stanovovat danou látku (železo) ve vzorku.

Dále změříme absorbanci vzorku o neznámé koncentraci železitých iontů. Z kalibrační přímky získané měřením kalibračních roztoků o známé koncentraci určíme odpovídající hodnotu koncentrace v odebraném vzorku (jako tomu bylo u měření s manganistanem draselným).

Abychom mohli realizovat měření, je nutné získat barevný roztok vhodný pro spektrofotometrické stanovení. Roztok železitých iontů necháme reagovat s thiokyanatanem draselným za vzniku barevné sloučeniny.



Obr. 46 Kalibrační roztoky standardu síranu železitého s thiokyanatem draselným

Chemikálie a laboratorní pomůcky: thiokyanatan draselný, konc. kyselina sírová, zřed. kyselina sírová (1:4), stříčka s destilovanou vodou, kádinky, tyčinka, lžička, lodička, 50ml a 100ml odměrné baňky, 5ml dělené pipety, spektrofotometr spectroVis Plus, analytické váhy

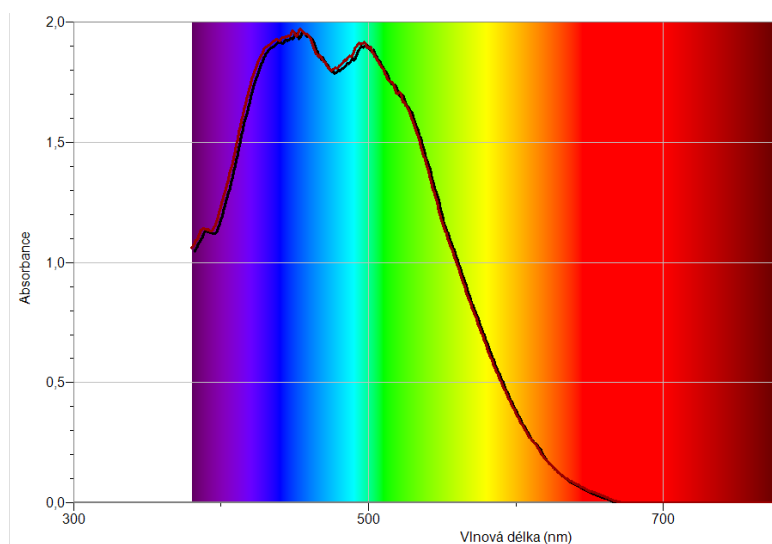
Postup: Nejprve připravíme zásobní roztok: ve 100ml odměrné baňce rozpustíme 0,050 g síranu železitého pomocí 5 ml koncentrované kyseliny sírové. Následně doplníme roztok destilovanou vodou po rysku. Zásobní roztok obsahuje v 1 ml 0,1 mg železa, tj. hmotnostní koncentrace železa v roztoku odpovídá 100 mg/l. Dále je nutná příprava kalibračních roztoků ze zásobního roztoku (ZR) síranu železitého, jež zředíme na hmotnostní koncentraci 50 mg/l. Do 100ml odměrné baňky odpipetujeme 50 ml ZR a doplní destilovanou vodou po rysku. Vzniklý pracovní roztok standardu (PR) využijeme k přípravě kalibračních roztoků dle tabulky 8. Do šesti 50ml odměrných baněk se postupně napipetují různé objemy PR.

Dále ke každému roztoku přidáme 5 ml kyseliny sérové (1:4) a 5 ml 20% roztoku thiokyanatanu draselného a následně doplníme destilovanou vodou po rysku. Vzniklý již vybarvený roztok promícháme a necháme odstát cca deset minut. Po uplynutí deseti minut můžeme měřit absorbanci a to při vlnové délce 500 nm. Stejným způsobem zpracujeme i slepé stanovení s destilovanou vodou. Na základě naměřených hodnot absorbance jednotlivých kalibračních roztoků vyneseme kalibrační křivku v závislosti absorbance na vlnové délce. Vzorky s neznámou koncentrací železa zpracujeme obdobně jako kalibrační roztoky. K 10 ml vzorku přidáme 0,5 ml kyseliny chlorovodíkové (1:1) a 1 ml 20% roztoku thiokyanatanu draselného. Vzniklý roztok promícháme a necháme odstát deset minut. Po uplynutí deseti minut měříme absorbanci při vlnové délce 500 nm. Hmotnostní

koncentraci železa ve vzorku určíme pomocí lineární rovnice kalibrační přímky, do které dosadíme naměřené hodnoty absorbance u stanovovaných roztoků.

Tabulka 7 Příprava kalibračních roztoků

Odpipetovaný objem (ml)	Destilovaná voda	Koncentrace KR (mg/l)
2	doplnit po rysku	2
4	doplnit po rysku	4
6	doplnit po rysku	6
8	doplnit po rysku	8
10	doplnit po rysku	10
12	doplnit po rysku	12



Obr. 47 Absorpční maximum železitých iontů s přidavkem thiokyanatanu

Metodické poznámky: Výhodné je, když studenti již ovládají základní funkce vyhodnocovacího programu SpectroVis Plus. Tento experiment se dá spojit s exkurzí do terénu. Pokud půjdete se studenty ven, můžete rovnou odebrat vzorky povrchové nebo studniční vody a demonstrovat tak odběr vzorků v praxi.

Časová náročnost: 90 minut (laboratorní cvičení)

3.13.4 **ÚLOHA Č. 5 JAK MOC JSOU PŘIBARVOVANÉ MODRÉ NÁPOJE** (30, 32)

Téma: Stanovení koncentrace modrého barviva přítomného v nápojích

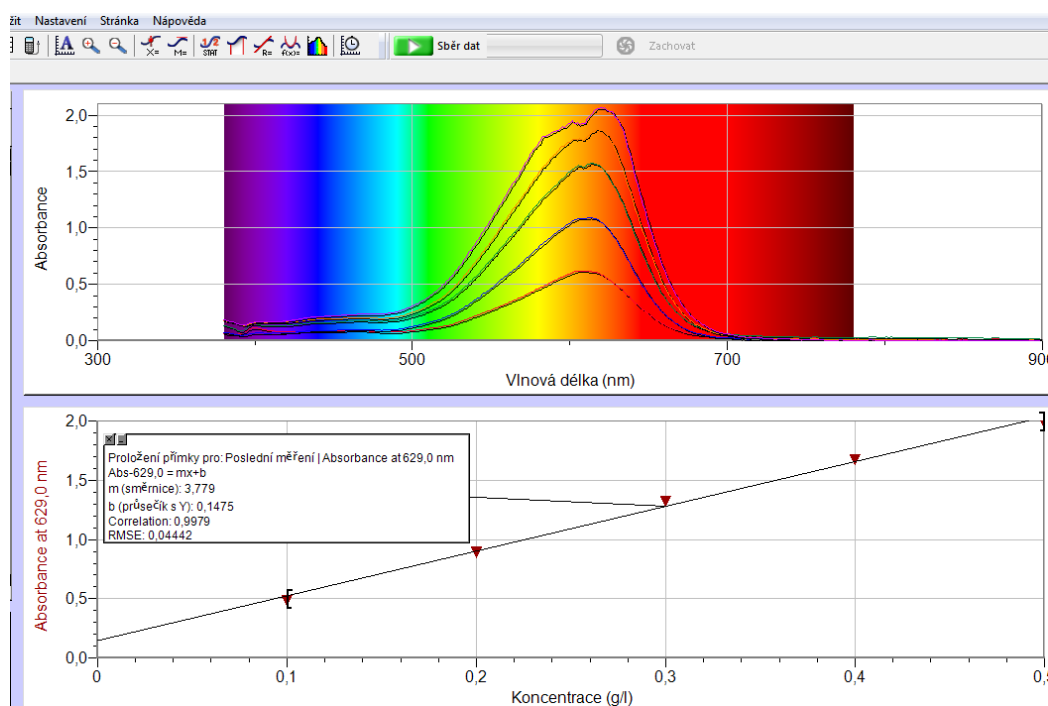
Cíl: Žák dokáže samostatně pracovat se spektrofotometrem spectroVis Plus. Žáci dokážou zhodnotit výsledky chemické analýzy. Žáci jsou schopni vytvářet nové postupy pro již ověřené metody.

Princip: Barevnost nápojů je často způsobena přítomností syntetických barviv, které jsou dobře rozpustné ve vodě. Obecně všechny druhy syntetických barviv mohou u citlivých lidí způsobit alergické reakce a při požití většího množství mohou být zdravotně závadné. Mohou mít negativní vliv na hyperaktivitu dětí. Z těchto důvodů jsou pro jednotlivé druhy potravin a nápojů stanoveny mezní hranice koncentrací, které je výrobce povinen dodržovat. V ochucených nealkoholických nápojích a koncentrátech určených pro jejich přípravu a v nápojích v prášku by maximální koncentrace daného barviva neměla překročit hodnotu 100 mg/kg. Přijatelná denní dávka pro člověka je 0 - 12,5 mg na 1 kg tělesné váhy. Maximální přípustná úroveň barviva v nápojích je 70 mg/l, v jídle 290 mg/l.

Brilantní modř E133 je jasně modré syntetické barvivo, často používané v kombinaci s dalšími syntetickými barvivy (E 132 indigotin). V USA i v ČR je toto barvivo povoleno k barvení mnoha druhů potravin. Používá se k barvení alkoholických i nealkoholických nápojů, dále sladkostí, barvení zmrzliny, cukrovinek, pekařských výrobků, cereálií a pudingů. Dále jej můžeme najít v barvách na vlasy, deodorantech, zubních pastách a řadě dalších kosmetických výrobků. Znamé je jako barvivo v likéru Blue Curacao. ⁽³³⁾

Chemikálie, materiál a laboratorní pomůcky: jakýkoli nápoj obsahující brilantní modř E133 (například modrý Zon, modrý Gatorade, modré iontové a energetické nápoje), potravinářské barvivo – brilantní modř E133, stříčka s destilovanou vodou, spektrofotometr Vernier SpectroVis Plus, stojánek s 5 zkumavkami, laboratorní váhy a lodička, laboratorní lžička, 2ml a 10 ml pipety dělené, 100ml odměrné baňky, kyvety

Postup: Nejprve je třeba připravit standardní (základní) roztok barviva E133 s předem danou koncentrací barviva, v našem případě je to 50 mg/100 ml. Na obalu daného potravinářského barviva můžeme zjistit, jaký je jeho %obsah ve směsi. Poté vypočítáme, kolik mg této směsi bude třeba navážit pro přípravu základního roztoku brilantní modři. Odvážené množství kvantitativně převedeme do kádinky. Roztok zamícháme a přelijeme do 100ml odměrné baňky a doplníme vodu po rysku. Nebo dle informace na zadní straně obalu barviva zjistíme, že jedno 5g balení barviva obsahuje cca 0,17g brilantní modři. Vzniklý zásobní roztok je nutné zředit, tak aby naše koncentrace byla rovna 50 mg/100 ml. Dle rovnice pro ředění roztoků vypočteme objem, jenž bude třeba napipetovat ze zásobního roztoku. Roztok převedeme do 100ml baňky a doplníme po rysku. Vzniklý pracovní roztok o koncentraci 50mg/100ml využijeme k přípravě pracovních roztoků.



Obr. 48 Kalibrační křivka standardu modrého potravinářského barviva

Metodické poznámky: Pokus vhodný pro laboratorní cvičení neodporuje žádným předpisům. Na základě kalibrační přímkou, respektive pomocí funkce interpolace můžeme hrubě stanovovat koncentraci barviva v „modrých“ nápojích.

Časová náročnost: 90 minut

3.14 ÚLOHY PRO VŠ (CHEMICKÉ PRAKTIKUM)

3.14.1 ÚLOHA č. 1 SPEKTROFOTOMETRICKÉ STANOVENÍ ŽELEZA (Fe^{3+}) S THIOKYANATANEM DRASELNÝM NA PŘÍSTROJI VERNIER SPECTROVIS PLUS ⁽²⁷⁾

Téma: Instrumentální analýza

Cíl: Seznámení se s principy molekulové absorpční spektrofotometrie ve VIS oblasti. Seznámit se s prací na přístroji spectroVis Plus. Za využití programu *Logger Pro* ověřit platnost Lambert – Beerova zákona v kvantitativní analýze. Spektrofotometricky stanovit množství obsaženého železa v neznámém vzorku po přidání thiokyanatanu draselného. ⁽³⁴⁾

Princip: Ke stanovení trojmocného železa v této úloze využíváme reakce v kyselém prostředí s thiokyanatanem draselným za vzniku řady komplexů, které způsobují červené zbarvení roztoku. Vzniklé komplexy je poměrně obtížné blíže specifikovat. Komplexy jsou často nestálé. Nejčastěji se setkáváme se vznikem thiokyanatoželezitanů. ⁽²⁷⁾

Chemikálie: koncentrovaná kyselina sírová, zředěná kyselina sírová (1:5), síran železitý nonahydrát, thiokyanatan draselný (rhodanid draselný).

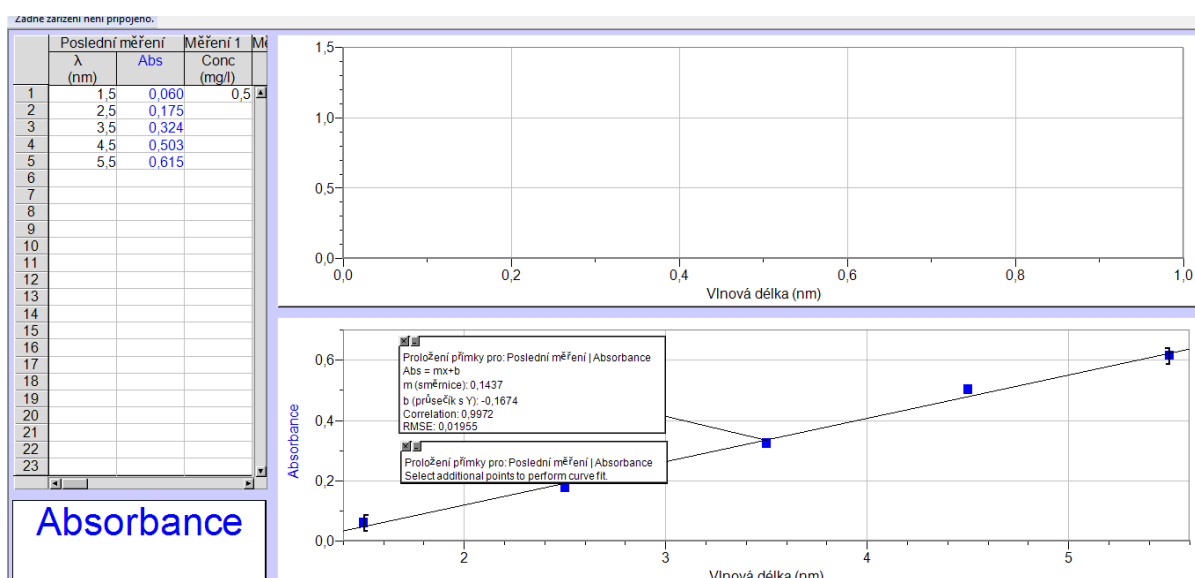
Chemické sklo: odměrné baňky (50, 100 ml), pipety dělené (2, 5, 10 ml), kádinky (100, 150 ml), lodička, tyčinky, zkumavky.

Laboratorní pomůcky: kyvety (plexisklo = polymethylmethakrylát = PMMA; křemenné sklo), stříčka s destilovanou vodou, gumové zátky, stojan na zkumavky, plastová lžička, filtrační papír, pipetovací balónek.

Přístroje: jednopaprskový VIS spektrofotometr Vernier SpectroVis Plus s rozsahem

Postup: Nejprve připravíme zásobního roztoku (ZR) síranu železitého. Ve 100ml odměrné baňce rozpustíme 0,050 g síranu železitého pomocí 5 ml koncentrované kyseliny sírové a doplníme destilovanou vodou po rysku. Zásobní roztok obsahuje v 1 ml 0,1 mg železa, tj. hmotnostní koncentrace železa v roztoku odpovídá 100 mg/l. Ze zásobního roztoku postupně připravíme kalibrační roztoky se známou koncentrací. Nejprve je však nutné zředit ZR síranu železitého na hmotnostní koncentraci 50 mg/l. Do 100ml odměrné baňky odpipetujeme 50 ml ZR a doplníme destilovanou vodou po rysku. Vzniklý pracovní roztok standardu (PR) využijeme k přípravě kalibračních roztoků dle tabulky 7. Do šesti 50ml odměrných baněk postupně napipetujeme různé objemy PR plus ke každému roztoku přidáme 5 ml zředěné kyseliny sírové (1:4) a 5 ml 20% roztoku thiokyanatanu draselného a

následně doplníme destilovanou vodou po rysku. Vzniklý již vybarvený roztok promícháme a necháme odstát cca deset minut. Po uplynutí deseti minut můžeme měřit absorbanci a to při vlnové délce 500 nm. Stejným způsobem zpracujeme i slepé stanovení s destilovanou vodou. Na základě naměřených hodnot absorbance jednotlivých kalibračních roztoků v programu Logger Pro, proložíme přímkou v závislosti absorbance na koncentraci. Program nám poskytne rovnici přímkou i s jednotlivými parametry. Vzorky s neznámou koncentrací železa zpracujeme stejným způsobem jako kalibrační roztoky. K 10 ml vzorku přidáme 0,5 ml kyseliny sírové (1:4) a 1 ml 20% roztoku thiokyanatanu draselného. Vzniklý roztok promícháme a necháme odstát deset minut. Po uplynutí deseti minut měříme absorbanci při vlnové délce 500 nm. Hmotnostní koncentraci železa ve vzorku určíme pomocí lineární rovnice kalibrační křivky, do které dosadíme naměřené hodnoty absorbance u stanovovaných roztoků. Nebo také můžeme využít vyhodnocovacího programu (viz. kap. 3.2.10 Návod k obsluze).



Obr. 49 Výsledná kalibrační přímka

Metodické poznámky: Tato úloha je vhodná pro laboratorní cvičení instrumentální analýzy. Studenti si osvojí práci s Vernierem spectroVis Plus. Studenti sami mohou navrhovat metody pro další spektrofotometrická stanovení.

Časová náročnost: 90 minut

3.14.2 ÚLOHA č. 2 SPETKROFOTOMETRICKÉ STANOVENÍ ŽELEZA (Fe^{3+}) S THIOKYANATANEM DRASELNÝM NA PŘÍSTROJI HITACHI U – 2001 ⁽¹⁷⁾

Téma: Instrumentální analýza

Cíl: Seznámení se s principy molekulové absorpční spektrofotometrie v UV a VIS oblasti. Seznámit se s prací na přístroji HITACHI U - 2001. Za využití programu *UV Solutions* ověřit platnost Lambert – Beerova zákona v kvantitativní analýze. Spektrofotometricky stanovit množství obsaženého železa v neznámém vzorku po přidání thiokyanatanu draselného.

Chemikálie: viz. předchozí úloha č.1

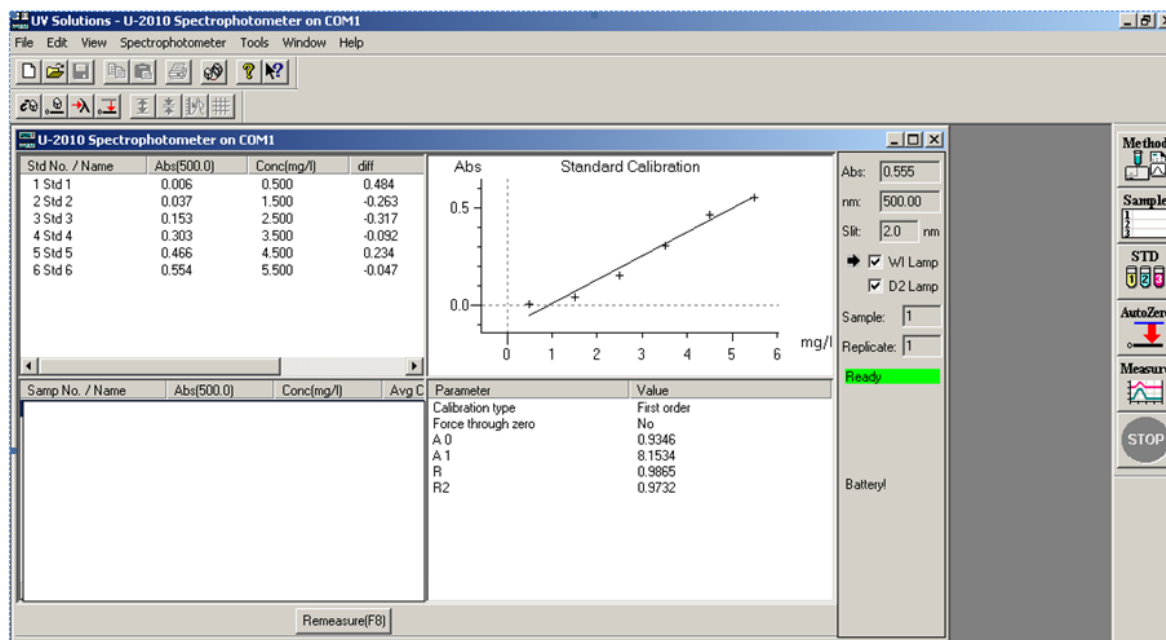
Chemické sklo: viz. předchozí úloha č.1

Laboratorní pomůcky viz. předchozí úloha č.1

Přístroje: dvoupraskový UV a VIS spektrofotometr HITACHI U - 2001

Princip: viz. předchozí úloha č.1

Postup: viz. předchozí úloha č.1 Volba metody měření v programu UV Solution Photometry! (viz. kap. návod k obsluze)



Obr. 50 Výsledná kalibrační křivka v programu UV Solutions

Metodické poznámky: viz. předchozí úloha

Časová náročnost: 90 minut

3.14.3 ÚLOHA č. 3 SPEKTROFOTOMETRICKÉ STANOVENÍ ŽELEZA (Fe^{3+}) S KYSELINOU SULFOSALICYLOVOU NA PŘÍSTROJI VERNIER SPECTROVIS PLUS⁽³⁴⁾

Téma: Instrumentální analýza

Cíl: Seznámení se s principy molekulové absorpční spektrofotometrie ve VIS oblasti. Seznámit se s prací na přístroji spectroVis Plus. Za využití programu *Logger Pro* ověřit platnost Lambert – Beerova zákona v kvantitativní analýze. Spektrofotometricky stanovit množství obsaženého železa v neznámém vzorku po přidání kyseliny sulfosalicylové.⁽³⁴⁾

Chemikálie: síran železitý nonahydrát, 10% roztok amoniaku, kyselina sulfosalicylová.

Chemické sklo: viz. předchozí úloha č.1

Laboratorní pomůcky viz. předchozí úloha č.1

Přístroje: viz. předchozí úloha č.1

Princip: Železité ionty reagují s přebytkem kyseliny 5-monosulfosalicylové v závislosti na aciditě prostředí za vzniku řady barevných komplexů lišící se složením. Ve spektrofotometrii se nejčastěji využívá reakce v alkalickém prostředí, kde žlutooranžový komplex dává, v důsledku vzdušné oxidace, ionty železité i železnaté. Můžeme stanovovat celkový obsah železa (obě formy). Intenzita zbarvení prakticky nezávisí na koncentraci amoniaku a amonných solí. Reakci mohou negativně ovlivnit organické polyhydroxykyseliny (vinná a citronová), dále oxidační činidla a kovové ionty, které se vysráží v amoniakálním prostředí, respektive mohou vytvářet podobně zbarvené komplexy.⁽³⁴⁾

Postup: Do 50ml odměrných baněk připravíme postupně kalibrační roztoku o stejné koncentraci jako v úloze č. 1. Poté ke kalibračním roztokům přidáme 5ml 10% roztoku kyseliny sulfosalicylové a 10 ml 10% roztoku amoniaku a doplníme destilovanou vodou po rysku. Při maximální vlnové délce 420 nm měříme absorbance všech kalibračních roztoků. Hodnoty zaznamenané spektrofotometrem průběžně ukládáme a dle návodu viz. necháme zhotovit kalibrační přímku s lineární závislostí absorbance na koncentraci. Po vynesení kalibrační přímky zpracujeme neznámý vzorek. Ke vzorku v 50ml odměrné baňce přidáme 5 ml 10% roztoku kyseliny sulfosalicylové, 10ml 10% roztoku amoniaku a doplníme vodou po značku a necháme změřit absorbanci při vlnové délce 420 nm. Naměřené hodnotu program *Logger Pro* vyhodnotí a zanechá do grafu s již vypočtenou koncentrací.

Pro ověření můžeme sami vyhodnotit výsledek výpočtem nebo odečíst hodnoty z grafické závislosti absorbance na koncentraci.

Metodické poznámky: viz. předchozí úloha č.1

Časová náročnost: 90minut

3.14.4 ÚLOHA č. 4 SPEKTROFOTOMETRICKÉ STANOVENÍ ŽELEZA (Fe^{3+}) : S KYSELINOU SULFOSALICYLOVOU NA PŘÍSTROJI HITACHI U – 2001⁽³⁴⁾

Téma: Instrumentální analýza

Cíl: Seznámení se s principy molekulové absorpční spektrofotometrie v UV a VIS oblasti. Seznámit se s prací na přístroji HITACHI U - 2001. Za využití programu *UV Solution* ověřit platnost Lambert – Beerova zákona v kvantitativní analýze. Spektrofotometricky stanovit množství obsaženého železa v neznámém vzorku po přidání kyseliny sulfosalicylové.

Chemikálie: viz. předchozí úloha č.3.

Chemické sklo: viz. předchozí úloha č.1

Laboratorní pomůcky viz. předchozí úloha č.1

Přístroje: viz. předchozí úloha č.2

Princip: viz. předchozí úloha č.3.

Postup: viz. předchozí úloha č.3.

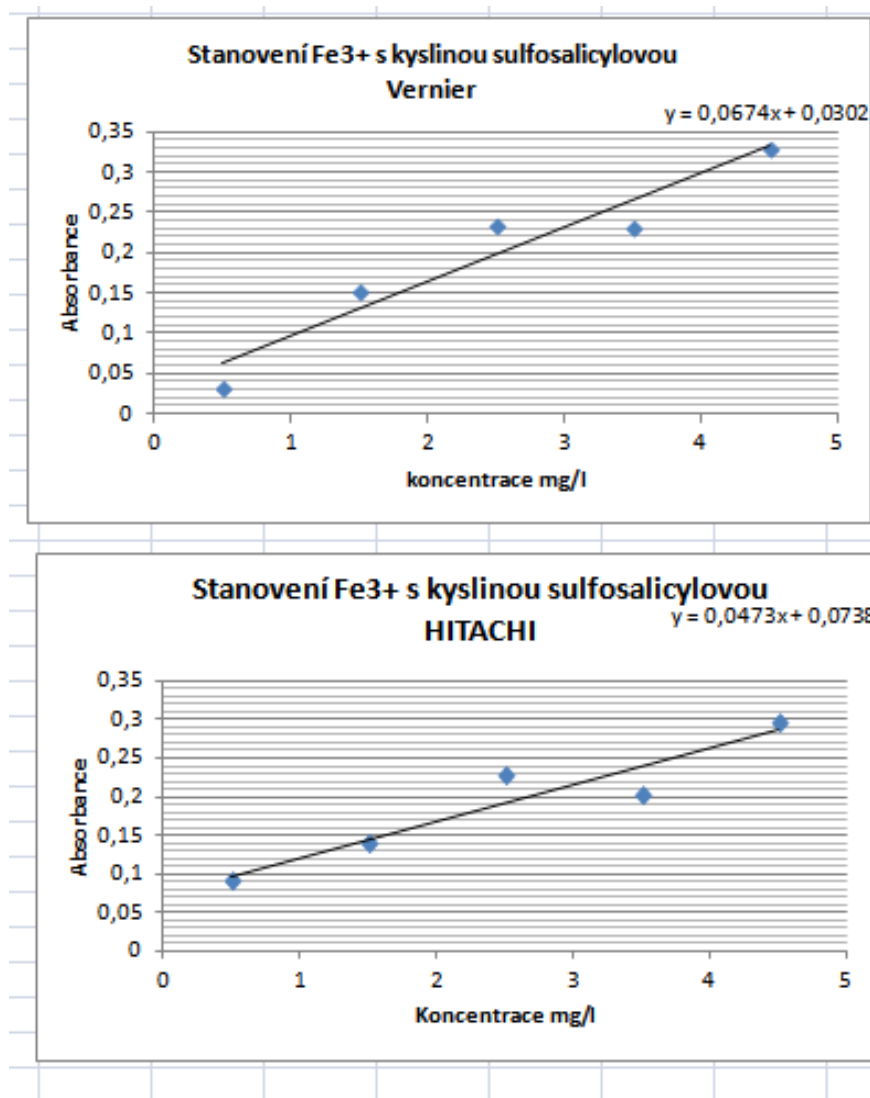
Metodické poznámky:

Časová náročnost:

3.14.5 ÚLOHA č. 5 POROVNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH METOD VHODNÝCH PRO STANOVENÍ (Fe^{3+})

Téma: Instrumentální analýza

Cíl: Zpracování jednotlivých výsledků měření. Schopnost zhodnocení naměřených hodnot. Vyjádření se k jednotlivým metodám použitých v Úloze č.1 a 3. Zhodnocení práce na přístrojích. Srovnání přístrojů. Obhájení si svých výsledků měření. Vysvětlit jak a proč se jednotlivé výsledky stanovení liší.



Obr. 51 Kalibrační přímky s hodnotami absorbance od dvou různých přístrojů

3.15 DISKUZE

3.15.1 VÝSLEDKY VLASTNÍHO TESTOVÁNÍ EXPERIMENTŮ NA PRVNÍM STUPNI ZÁKLADNÍ ŠKOLY

Měla jsem možnost sama na vlastní kůži otestovat navržené experimenty s různě starými žáky prvního stupně na různých školách po Plzni. Z vlastního pozorování usuzuji, že žáky prvního stupně baví experimenty, při kterých dochází k nějaké barevné změně. Přijde jim to jako kouzlo. Velice rádi sami něco vytváří, proto ocení, když experiment nepředvádí učitel, ale když si ho sami mohou otestovat.

Ačkoli se na prvním stupni nesečkáme s výukou chemie jako takou, malé vědce zde najdeme. Je třeba v dětech podporovat zájem chodit s nimi na exkurze do různých technických center, který je po Plzni několik. Žáci na prvním stupni si chtějí hrát, tak proč ne vědecky. Stačí nám k tomu návštěva drogerie a papírnictví.

Bylo mi velkým potěšením připravovat pokusy pro tyto malé vědce, protože oni to asi dokázali ocenit nejvíc. Žáci byli zvědaví a měli spoustu dotazů.

3.15.2 VÝSLEDKY VLASTNÍHO TESTOVÁNÍ EXPERIMENTŮ NA DRUHÉM STUPNI ZÁKLADNÍ ŠKOLY

Na druhém stupni základní školy již žáci nebyli tak vstřícní a nadšení z neznámého přístroje. Na druhou stranu, když jsem začala přes dataprojektor promítat naměřené spektra každý si chtěl práci na spektrometru vyzkoušet. Největším problémem bylo, zabavit zbylou část žáku, kteří zrovna neměli spektrometr při ruce. Snažila jsem se žáky rozdělit do skupin, tak aby každá skupina plnila odlišný úkol. Toto rozdělení je ale velice těžké na koordinaci obzvláště pro začínajícího učitele. Z toho vyplývá, že optimální skupina na práci s jedním spektrometrem je cca 12 žáků, kteří utvoří tři skupiny po čtyřech.

Na spoustě škol jsem se setkala s tím, že nemají dostatečné laboratorní ani chemické vybavení. V takovém případě jsme na experimenty použila dostupné materiály, které se dají zakoupit v obchodě. Sami učitelé se občas divili, co všechno se dá „vykouzlit“ z potravinářského barviva.

I když máme omezený přístup k chemikáliím a i k samotnému vybavení neměli bychom zapomínat na chemické experimenty a čas od času zařadit do výuky alespoň demonstrační experiment. Protože ve většině ZŠ, které jsem navštívila učitelé chemické experimenty nerealizují.

3.15.3 VÝSLEDKY VLASTNÍHO TESTOVÁNÍ EXPERIMENTŮ NA GYMNÁZIU

Se spektrofotometr jsem byla pouze na jednom plzeňském gymnáziu, tudíž nemohu porovnávat, ale i tak jsem se z svého pozorování snažila vytěžit maximum. Studenti na gymnáziu byli zvyklí pracovat v laboratoři. Měla jsem situaci tím pádem poměrně snadnou. Byreta pro ně nebyla neznámá věc. Uměli ji i obstojně používat. Studenti gymnázia byli velice zvědaví a pracovití. Musím přiznat, že občas měli dotazy, na které jsem v danou chvíli nedokázala odpovědět.

Myslím, že se mi podařilo seznámit studenty se základy instrumentální analýzy. Kdyby se mi někdo zeptal, zda bych chtěla znovu vést chemická praktika na téma stanovení železa ve vodě. Zajásala bych a šla bych hned připravit vše potřebné.

Neměla bych ještě zapomínat na výstupy studentů. Je důležité, aby se studenti během práce se spektrometrem naučili něco nového. Proto jsem vyžadovala od studentů laboratorní protokoly a na závěr každého měření jsme vedli diskuzi.

3.15.4 VÝSLEDKY VLASTNÍHO TESTOVÁNÍ EXPERIMENTŮ NA VYSOKÉ ŠKOLE

Na vysoké škole jsem otestovala experimenty já sama. Je velkou výhodou, že na naší katedře máme více spektrometrů, tudíž můžeme jednotlivé výsledky analýzy porovnávat. Díky různým vyhodnocovacím programům můžeme srovnávat zápisy kalibračních přímek. Nabízí se spoustu možností jak spektrofotometr spectroVis Plus dále využívat.

ZÁVĚR

V diplomové práci bylo dosaženo stanovených cílů. Dle dostupných návodů došlo k sepsání několika návodů vhodných pro chemická praktika. Návodů byly podrobně prostudovány a poté úspěšně otestovány nejprve v laboratoři a poté na různých typech škol. Díky přístroji spectroVis Plus byli i žáci na základní škole obohaceni o výuku experimentální chemie.

Výsledkem této diplomové práce jsou návody na spektrofotometr spectroVis Plus. Tyto návody mohou využít učitelé, jak základní tak středních i vysokých škol. Návody jsou obohaceny i o manuál k dostupnému vyhodnocovacímu programu *Logger Pro*. Spektrofotometr spectroVis Plus je výborným prostředkem, který nám umožňuje, velice jednoduše, zatraktivnit výuku chemie. Z tohoto důvodu by byla škoda, kdyby nebyl tento přístroj využíván, jen z toho důvodu, že neexistuje dostatek podrobných návodů. Naopak je můžeme využít i do ostatních přírodovědných předmětů a podpořit tak výuku mezipředmětových vztahů.

Navíc tato diplomová práce může být využita jako studijní a doplňující materiál k problematice zabývající se syntetickými barvami nebo vlastnosti elektromagnetického záření nebo spektrální analýzou. Tuto práci mohou využít učitelé základních, středních i vysokých škol.

RESUMÉ

This thesis deals with the study of spectral methods. Characteristic values, we encounter the spectral methods. Furthermore, the arrangement of the spectral apparatus. In the didactic part of the thesis, emphasis is placed on chemical educational experiment, which describe this from a different angle. Finally there are the chemical instructions suitable for working with spectroVis Plus spectrophotometer

The result of this thesis are tutorials on spectroVis Plus spectrophotometer. These instructions can use the teachers, both basic and secondary schools and universities. Tutorials are also supplemented by a guide to affordable evaluating the program Logger Pro. Spectrophotometer spectroVis Plus is an excellent device that allows us, very simply, the more attractive teaching chemistry.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ

- (1) Zýka J.: Analytická příručka, Díl II. SNTL - Nakladatelství technické literatury, Praha 1988.
- (2) Fluorochromy. *Labguide* [online]. [cit. 2016-06-25]. Dostupné z: <http://labguide.cz/fluorochromy/>
- (3) KLOUDA, Pavel. *Moderní analytické metody*. 2., upr. a dopl. vyd. Ostrava: Pavel Klouda, 2003. ISBN 80-863-6907-2.
- (4) OPEKAR, František. *Základní analytická chemie pro studenty, pro něž analytická chemie není hlavním studijním oborem*. 2. vyd. Praha: Karolinum, 2010. ISBN 978-80-246-1775-6.
- (5) NĚMCOVÁ, Irena, Petr RYCHLOVSKÝ a Ludmila ČERMÁKOVÁ. *Spektrometrické analytické metody*. 2. vyd. Praha: Karolinum, 2004. ISBN 80-246-0776-X.
- (6) BEKÁREK, Vojtěch a Iveta FRYŠOVÁ. *Optické metody v chemické analýze*. 3., přeprac. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2007. ISBN 978-80-244-1754-7.
- (7) SPEKTRUM ELEKTROMAGNETICKÉHO ZÁŘENÍ. Gymhol [online]. [cit. 2016-06-30]. Dostupné z: http://www.gymhol.cz/projekt/fyzika/11_elmag/11_elmag.htm
- (8) NAVRÁTIL, Leoš a Jozef ROSINA. *Medicínská biofyzika*. Praha: Grada, 2005. ISBN 978-80-247-1152-2.
- (9) Color. *Chemistry* [online]. [cit. 2016-06-30]. Dostupné z: <http://www.chm.davidson.edu/vce/coordchem/color.html>
- (10) Encyklopedie fyziky. *Fyzika* [online]. [cit. 2016-06-25]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/539-spektra-latek>
- (11) BAJER, Jiří. *Optika 1*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. ISBN 978-80-244-4532-8.

- (12) Elektromagnetické spektrum. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online], 2001- [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetick%C3%A9_spektrum
- (13) Elektromagnetické spektrum [online]. In: . [cit. 2016-06-30]. Dostupné z: <http://hvezdy.astro.cz/obr/hvezdy/charakteristika/spektra.jpg>
- (14) MALÁT, Miroslav. *Absorpční anorganická fotometrie*. Praha: Academia, 1973.
- (15) FARKOVÁ, Marta, Blanka VRBKOVÁ a Helena ZAVADILOVÁ. *Metody chemického výzkumu - praktikum*. Brno: Masarykova univerzita, 2012. ISBN 978-80-210-5783-8.
- (16) Rozklad světla hranolem. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Optick%C3%BD_hranol#mediaviewer/Soubor:Prism-rainbow.svg
- (17) DUŠEK, Bohuslav. *Kapitoly z didaktiky chemie*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2009. ISBN 978-80-7080-736-1.
- (18) T. BINGELLI, Dr. Brian. *21 st century chemistry* [online]. 2011 [cit. 2016-06-30]. Dostupné z: <http://www.slideshare.net/DoaaAbdo/21st-century-chemistry-16825718>
- (19) Pavel BENEŠ, Martin RUSEK a Tomáš KUDRNA. Výuka chemie: Tradice a současný stav pomůckového zabezpečení edukačního chemického experimentu v České republice: *Chemické listy* [online]. 2015, **109**(02), 159 - 162 [cit. 2016-06-30]. ISSN ISSN 1213-7103. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2015_02_159-162.pdf
- (20) ČTRNÁCTKOVÁ, Hana, Hana CÍDLOVÁ, Eva TRNOVÁ, Anna BAYEROVÁ a Gabriela KUBĚNOVÁ. Výuka chemie: Úroveň vybraných chemických dovedností žáků základních škol a gymnázií. *Chemické listy*[online]. 2013, **107**(11), 897-905 [cit. 2016-06-30]. ISSN ISSN 1213-7103. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2013_11_897-905.pdf
- (21) WALTEROVÁ, Eliška, Jiří MAREŠ a Jan PRŮCHA. *Pedagogický slovník*. 7., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Portál, 2013. ISBN 978-80-262-0403-9.

- (22) Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání. [online]. Praha: MŠMT, 2016. [cit. 2016-06-25]. Dostupné z <http://www.msmt.cz/vzdelavani/zakladni-vzdelavani/upraveny-ramcovy-vzdelavaci-program-pro-zakladni-vzdelavani>
- (23) PELLEGRINO, James W. a Margaret L. HILTON. *Education for life and work: developing transferable knowledge and skills in the 21st century*. Washington, D.C.: The National Academies Press, 2012. ISBN 978-030-9256-506.
- (24) Jěžková Z.: Studie zahraničních zkušeností s podporou zájmu o technické a přírodovědné obory. 2009 [online]. [cit. 2016-06-25]. MŠMT. Dostupné z: http://ipn.msmt.cz/data/uploads/portal/Studie_zahranicnich_zkusenosti.pdf.
- (25) Rámcový vzdělávací program gymnázií. [online]. Praha: MŠMT, 2009. [cit. 2016-06-25]. Dostupné z <http://www.nuv.cz/t/rvp-pro-gymnazia>
- (26) ČTRNÁCTOVÁ, Hana a Josef HALBYCH. *Didaktika a technika chemických pokusů*. 3., přeprac. vyd. Praha: Karolinum, 2006. ISBN 80-246-1192-9.
- (27) Turčová A.: Stanovení železa ve vodě spektrofotometricky. Bakalářská práce. Plzeň. 2014.
- (28) KLEČKOVÁ, Marta. *Chemická dobrodružství*. [Olomouc: Univerzita Palackého, 2001]. ISBN 80-862-3806-7.
- (29) Michaelovy experimenty: Domácí spektroskop. In: *Česká televize* [online]. [cit. 2016-06-25]. Dostupné z: <http://www.ceskatelevize.cz/porady/10121359557-port/231-domaci-spektroskop/video/>
- (30) Pedagogové Gymnázia Matuáše Lercha. *Experimenty s Vernierem Chemie*. Brno: Gymnázium Matyáše Lercha Brno, 2012. [online]. [cit. 2016-06-25]. Dostupné z: <http://www.vernier.cz/experimenty/gml/chemie/ch.pdf>
- (31) Cidly: *Umělé osvětlení a fotosyntéza* [online]. [cit. 2016-06-30]. Dostupné z: <http://www.cidly.cz/cz-clanky-1.html>

- (32) ŠMEJKAL, Petr, Eva URVÁLKOVÁ a Ivona TREJBALOVÁ. *Pokusy z obecné a fyzikální chemie praktikum*. Praha: Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze, 2007.
- (33) Stachová I.: Vývoj HPLC metody pro stanovení umělých barviv ve vzorcích zeleného piva. Diplomová práce. Hradec Králové. 2015.
- (34) FARKOVÁ, Marta. *Instrumentální analytická chemie - praktikum*. Brno: Masarykova univerzita, 2011. ISBN 978-80-210-5534-6.

SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ A DIAGRAMŮ

Obr. 1 Elektromagnetické spektrum ⁽²⁾	6
Obr. 2 Schéma dělení spektrální metod	8
Obr. 3 Elektromagnetické vlnění ⁽⁷⁾	9
Obr. 4 Barevné spektrum ⁽ⁱ⁾	11
Obr. 5 Spojité spektrum ⁽¹²⁾	12
Obr. 6 Absorpční spektrum ⁽¹²⁾	12
Obr. 7 Emisní spektrum ⁽¹²⁾	12
Obr. 8 Schéma znázorňující princip výměny energie mezi elektromagnetickým zářením a atomy či molekulami ⁽⁴⁾	14
Obr. 9 Naměřená spektra atomů a molekul.....	16
Obr. 11 Grafické zobrazení platnosti Lambert-Beerova zákona v závislosti absorbance na koncentraci ⁽³⁾	21
Obr. 10 Absorpce záření při průchodu kyvetou.....	21
Obr. 12 Elektronové absorpční spektrum pásové se dvěma absorpčními maximy ⁽¹⁵⁾	22
Obr. 13 Elektronové absorpční spektrum s jedním vrcholem	24
Obr. 14 Reálné absorpční spektrum „fialového“ roztoku manganistanu draselného	25
Obr. 15 Rozklad světla hranolem ⁽¹⁶⁾	26
Obr. 16 Schéma uspořádání jednopaprskového přístroje	28
Obr. 17 Schéma uspořádání dvouprskového přístroje.....	29
Obr. 18 Schéma badatelského stylu výuky ⁽²¹⁾	41
Obr. 19 Spektrofotometr a fluorimetr SpectroVis Plus.....	55
Obr. 20 Ocenění.....	55
Obr. 21 Volba metody v programu <i>Logger Pro</i>	57
Obr. 22 Záznam absorpčního spektra	60
Obr. 23 Příprava duhy	62
Obr. 24 Lom světla a vznik duhy	63
Obr. 25 Potřebný materiál.....	63
Obr. 26 E132, E133, iontový nápoj	65
Obr. 27 E102, citronová žluť, vitacit	65
Obr. 28 E124, azorubin, vitacit	65
Obr. 29 Nápojová duha.....	66
Obr. 30 Měření absorbance fialového a modrého roztoku.....	66
Obr. 31 Míchání aditivních barev	67
Obr. 32 Ředění roztoků.....	68
Obr. 33 Výsledný RGB efekt	68
Obr. 34 Absorpční spektrum síranu měďnatého	71
Obr. 35 Absorpční spektrum iontového nápoje modré barvy při 630 nm.....	71
Obr. 36 Kyvety s různou koncentrací manganistanu draselného v roztoku.....	72
Obr. 37 Absorpční spektrum kalibračních roztoků manganistanu draselného	73
Obr. 38 Záznam absorpčního spektra rostlinných barviv ⁽³¹⁾	74
Obr. 39 Absorpční spektrum šťavelanu (to výraznější absorbancí) a pelargonie	74
Obr. 40 Extrakce rostlinných barviv	75
Obr. 41 Absorpční spektrum modrého barviva E133.....	76
Obr. 42 Absorpční spektrum modrých lentilek od různých výrobců	77
Obr. 43 Měření absorbance	79

Obr. 44 Měření transmitance	79
Obr. 45 Ukázka kalibrační přímky manganistanu draselného.....	81
Obr. 46 Kalibrační roztoky standardu síranu železitého s thiokyanatanem draselným	83
Obr. 47 Absorpční maximum železitých iontů s přidavkem thiokyanatanu	84
Obr. 48 Kalibrační křivka standardu modrého potravinářského barviva	86
Obr. 49 Výsledná kalibrační přímka	88
Obr. 50 Výsledná kalibrační křivka v programu UV Solutions	89
Obr. 51 Kalibrační přímky s hodnotami absorbance od dvou různých přístrojů	92
Tabulka 1 Elektromagnetické záření a příslušní spektrometrické metody ⁽⁵⁾	17
Tabulka 2 Barvy doplňkové ⁽³⁾	24
Tabulka 3 Míchání barev	65
Tabulka 6 Absorpční maxima u iontových nápojů.....	70
Tabulka 5 Barviva v lentilkách vyhledaných při vlastním měření	76
Tabulka 6 Absorpční maximum modré lentilky	77
Tabulka 8 Příprava kalibračních roztoků	84
