

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta pedagogická

Katedra chemie

Diplomová práce

Vybrané přechodné kovy a jejich sloučeniny
ve výuce chemie na střední škole

Bc. Kateřina Tláskalová

Studijní obor: Učitelství chemie pro střední školy

Vedoucí práce: PaedDr. Vladimír Sirotek, CSc.

Plzeň 2022

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně s použitím uvedených pramenů a odborné literatury.

V Plzni dne.....

.....

Bc. Kateřina Tláskalová

Poděkování

Velké díky patří panu PaedDr. Vladimíru Sirotkovi, CSc., který se ochotně ujal vedení mé kvalifikační práce. Děkuji mu za jeho odborné rady, trpělivý přístup a pomoc při zpracovávání této diplomové práce. Velmi děkuji také paní laborantce Martě Kristlové, za přípravu pomůcek na praktickou část diplomové práce a všem učitelům za jejich práci po dobu studia. Nakonec bych ráda poděkovala mé rodině, partnerovi a přátelům, kteří mi byli po celou dobu studia neuvěřitelnou podporou.

Obsah

1	ÚVOD	1
2	TEORETICKÁ ČÁST	2
2.1	SROVNÁNÍ UČEBNIC.....	2
2.1.1	<i>Chemie v kostce pro SŠ</i>	2
2.1.2	<i>Odmaturuj z chemie</i>	4
2.1.3	<i>Přehled středoškolské chemie</i>	5
2.1.4	<i>Chemie pro čtyřletá gymnázia 2. díl</i>	7
2.1.5	<i>Výsledek srovnání učebnic</i>	10
2.2	VYBRANÉ PŘECHODNÉ KOVY A JEJICH SLOUČENINY	10
2.2.1	<i>Titan</i>	10
2.2.2	<i>Vanad</i>	11
2.2.3	<i>Chrom</i>	12
2.2.4	<i>Mangan</i>	14
2.2.5	<i>Železo</i>	15
2.2.6	<i>Kobalt</i>	18
2.2.7	<i>Nikl</i>	19
2.2.8	<i>Měď</i>	20
2.2.9	<i>Stříbro</i>	23
2.2.10	<i>Zlato</i>	24
2.2.11	<i>Zinek</i>	25
2.2.12	<i>Rtuť</i>	26
3	PRAKTICKÁ ČÁST	28
3.1	POKUSY S VANADEM	29
3.1.1	<i>Kovový chameleon^{15, 16}</i>	29
3.2	POKUSY S CHROMEM	31
3.2.1	<i>Chemická sopka¹⁷</i>	31
3.2.2	<i>Faraonův had¹⁷</i>	33
3.2.3	<i>Vzájemná přeměna chromanu v dichroman¹⁸</i>	35
3.3	POKUSY S MANGANEM	37
3.3.1	<i>Blesky pod vodou¹⁶</i>	37
3.3.2	<i>Různé barvy manganu¹⁹</i>	39
3.3.3	<i>Samozápalná směs¹⁶</i>	40
3.4	POKUSY SE ŽELEZEM	42
3.4.1	<i>Tříbarevný inkoust²⁰</i>	42
3.4.2	<i>Reakce železitých kationtů s jodidovými anionty²¹</i>	43
3.4.3	<i>Vodní had²²</i>	44
3.5	POKUSY S KOBALTEM.....	46
3.5.1	<i>Komplexní sloučeniny kobaltu²³</i>	46
3.5.2	<i>Indikátor vlhkosti²²</i>	47
3.6	POKUSY S NIKLEM	49
3.6.1	<i>Komplexní sloučeniny niklu²⁴</i>	49
3.7	POKUSY S MĚDÍ	50
3.7.1	<i>Příprava mědi elektrolyzou¹⁷</i>	50
3.7.2	<i>Příprava komplexní sloučeniny²⁵</i>	52
3.8	POKUSY S MĚDÍ A ZINKEM	54
3.8.1	<i>„Stříbro“ a „zlato“ z mědi²⁶</i>	54
3.8.2	<i>Galvanické články²⁷</i>	56
3.9	POKUSY SE ZINKEM	57
3.9.1	<i>Ohňostroj s vodou¹⁷</i>	57
3.9.2	<i>Historický fotoblesk²⁸</i>	59
3.10	POKUSY SE RTUTÍ	60

3.10.1	<i>Termobarvy – chemický teploměr²²</i>	60
4	DIDAKTICKÁ ČÁST	62
4.1	RÁMCOVÝ VZDĚLÁVACÍ PROGRAM	62
4.2	ŠKOLNÍ VZDĚLÁVACÍ PROGRAM	63
4.3	PRACOVNÍ LISTY	64
4.3.1	<i>Pracovní list – titan, vanad, chrom, mangan</i>	64
4.3.2	<i>Pracovní list – železo, kobalt, nikl</i>	72
4.3.3	<i>Pracovní list – měď, stříbro, zlato, zinek, rtuť</i>	79
5	ZÁVĚR	87
6	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A INTERNETOVÝCH ZDROJŮ	88
7	SEZNAM OBRÁZKŮ	90
8	CIZOJAZYČNÉ RESUMÉ	92

1 Úvod

Téma a obsah diplomové práce volně navazuje na bakalářskou práci, která se zabývala problematikou přechodných kovů a jejich sloučeniny. Diplomová práce se zabývá vybranými přechodnými kovy a jejich sloučeninami ve výuce chemie na střední škole z teoretického i praktického hlediska. Mezi vybrané přechodné kovy jsou zařazeny převážně takové prvky, s jejichž sloučeninami je možné provádět jednoduché, efektní, motivující pokusy. Zároveň se jedná o prvky, které se nejčastěji vyskytují v učebnicích pro střední školy. Jedná se o titan, chrom, mangan, železo, kobalt, nikl, měď, stříbro, zlato, zinek a rtuť.

Diplomová práce je rozdělena do třech částí – teoretické, praktické a didaktické.

Teoretická část je zaměřena na srovnání tématu přechodných prvků v několika učebnicích pro střední školy. Na základě tohoto srovnání jsou pak vybrány nejčastěji se opakující prvky a je proveden jejich teoretický popis. Cílem této části je vytvořit srozumitelný doplňkový studijní materiál pro učitele i studenty střední školy.

Praktická část je souhrnem několika jednoduchých, snadno proveditelných a efektních pokusů, které se týkají vybraných přechodných kovů a jejich sloučenin. Zvolené pokusy by měly vhodně doplňovat teoretickou část, nadchnout studenty nejen pro chemii, ale pro přírodní vědy jako celek, motivovat studenty v dalším studiu. Jedná se o několik vyzkoušených pokusů, které svou realizací a přípravou nezaberou učitelům příliš mnoho času. Cílem praktické části je vytvořit soubor několika jednoduchých pokusů, které budou prakticky snadno realizovatelné.

Cílem didaktické části je připravit soubor pracovních listů, které mohou sloužit jako materiál pro zopakování teoreticky i prakticky získaných znalostí a dovedností o přechodných kovech.

2 Teoretická část

Přechodné prvky označované také jako d-prvky nalezneme v periodické soustavě prvků jako 3.-12. skupinu. Starší označení pro dané prvky je I.B-VIII.B skupina. Jedná se o poměrně rozsáhlou skupinu prvků, kterou není možné v rámci studia chemie na střední škole podrobně probrat. Proto je často v učebnicích uvedeno jen několik nejvýznamnějších prvků. Kritéria pro výběr prvků jsou rozličná, například se může jednat o velmi rozšířené kovy na Zemi, nebo se jedná o prvky, které mají značný význam pro člověka a jiné živé organismy či to mohou být prvky, které jsou ve své struktuře atypické.

2.1 Srovnání učebnic

Pro porovnání obsahu učebnic jsou zvoleny čtyři na gymnáziích nejvíce využívané učebnice. Tři z nich jsou pojaty tzv. komplexně, což znamená, že jsou v nich poměrně stručně avšak přehledně zpracována všechna témata, která doporučuje rámcový vzdělávací program pro gymnázia (zkráceně RVP G). Jedná se o učebnici *Chemie v kostce pro SŠ* autorů Růžičková a Kotlík, učebnici *Odmaturuj z chemie* autorek Benešové a Satrapové a učebnice *Přehled středoškolské chemie* od Vacíka a kolektivu autorů.

Jedinou tzv. specifikovaně pojatou řadou učebnic jsou tři díly *Chemie pro čtyřletá gymnázia* od autorů Honzy a Marečka. Specifikované učebnice jsou typické tím, že jejich obsah je zaměřen jen na určitou oblast chemie, která je ovšem zpracována velmi podrobně. Je tedy na zvážení vyučujícího a na školním vzdělávacím plánu (ŠVP) příslušné školy, v jakých ročnících, jaký díl použijí.

2.1.1 Chemie v kostce pro SŠ

Chemie v kostce pro SŠ je komplexně zpracovaná učebnice chemie pro střední školy od autorů Květoslavy Růžičkové a Bohumíra Kotlíka. Ilustrátorem této učebnice je Pavel Kantorek. K porovnání bylo využito přepracované první vydání z roku 2009. Tuto učebnici vydalo nakladatelství Fragment. Celá učebnice má 220 stran, přechodným kovům je věnováno celkem 12 stránek.

Celá učebnice je rozdělena do čtrnácti různě obsáhlých kapitol, mezi významné patří kapitoly o periodické soustavě prvků, chemických rovnováhách, anorganické chemii, organické chemii, přírodních látkách a látkovém metabolismu.

První část učiva o přechodných prvcích je věnována jejich obecné charakteristice a základním vlastnostem. Skupiny a vybrané prvky jsou zde řazeny zleva doprava.

Prvky skupiny skandia nejsou v této učebnici zmíněny vůbec, charakteristika vybraných prvků začíná až IV.B skupinou – přesněji charakteristikou titanu a popisem chloridu titaničitého (TiCl_4). Stejně jednoduše je popsána také V.B skupina, autoři učebnice se omezili jen na stručný popis vanadu a oxidu vanadičného (V_2O_5).

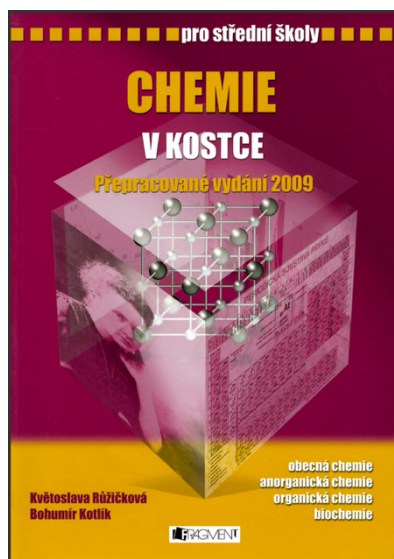
Skupina chromu (VI.B skupina) je v této učebnici zastoupena pouze chromem, přesto ale je jeho popis poměrně obsáhlý. Je zde popsána jeho výroba, vlastnosti, užití a podrobněji jsou zde popsány také sloučeniny – chromité a chromové.

VII. B skupinu v této učebnici zastupuje také jen nejvýznamnější prvek této skupiny – mangan. Najdeme zde popis výroby, vlastností, užití a sloučenin tohoto prvku.

Prvky VIII.B skupiny jsou zde vyjmenovány a dále rozděleny na prvky skupiny železa a platinové kovy. Z prvků skupiny železa se autoři zabývají alespoň částečně všemi prvky – železem, kobaltem a niklem. Největší pozornost je věnována železu. V učebnici najdeme jeho vlastnosti, výrobu a železnaté, železité a komplexní sloučeniny železa. Kobaltu a niklu je věnována menší pozornost, avšak základní informace zde najdeme. Skupina platinových kovů je zde zmíněna jen velmi okrajově.

Skupina mědi, kterou tvoří měď, zlato a stříbro, je autory učebnice relativně obsáhle popsána. Všechny prvky patří mezi velmi známé a v běžném životě využívané kovy. Autoři se podrobně zabývají všemi prvky i jejich nejběžnějšími sloučeninami.

Také poslední skupina přechodných prvků je v učebnici popsána poměrně obsáhle, autoři se věnují všem prvkům skupiny – zinku, kadmiu i rtuti. V učebnici najdeme popis vlastností, užití, výroby a také sloučenin všech uvedených prvků.



Obr. 1 Obálka učebnice „Chemie v kostce“¹

2.1.2 Odmaturuj z chemie

Učebnice *Odmaturuj z chemie* je komplexní učebnicí pro střední školy. Autorkami učebnice jsou Marika Benešová a Hana Satrapová a vydalo ji nakladatelství Didaktis. K dispozici byl dotisk prvního vydání této učebnice z roku 2002. Středoškolské učivo chemie je v této učebnici rozepsáno na 208 stránkách, přechodné kovy z celého obsahu zaujímají 8 stránek.

Tato učebnice je rozdělena do 38 kapitol, které nejsou vzhledem k celkovému počtu stránek příliš obsáhlé. Nejspíše jsou koncipovány tak, aby odpovídaly maturitním otázkám z chemie, což vyplývá z názvu učebnice.

Stejně jako v předchozí učebnici, i zde autorky na začátek učiva o přechodných prvcích, uvádějí jejich základní charakteristiku. Po základní charakteristice následují prvky skupiny železa. Autorky v úvodu připravily tabulku, kde jsou přehledně uspořádány základní informace o prvcích, které patří do triády železa. Následuje několik odstavců, které se týkají výskytu, vlastností, výroby, použití a sloučenin všech prvků.

Další skupinou prvků, kterou v učebnici najdeme, jsou prvky skupiny mědi, I.B skupina přechodných kovů. Také zde je tabulka, která obsahuje základní charakteristiku prvků. Následně jsou v přehledně oddělených odstavcích uvedeny informace, které se týkají výskytu, vlastností a reakcí, výroby, použití a sloučenin jednotlivých prvků.

Stejně jsou popsány také prvky II.B skupiny. V úvodu najdeme tabulku se základními charakteristikami všech tří prvků – zinku, kadmia i rtuti. Následující odstavce se týkají výskytu, vlastností a reakcí, výroby, použití a sloučenin těchto kovů.

Dále jsou v učebnici uváděny jen dva prvky, které patří mezi přechodné kovy. Autorky vybraly mangan ze VII.B skupiny a chrom ze VI.B skupiny. Struktura rozvržení informací o prvcích je zachována. U manganu jsou uvedeny dvě sloučeniny – oxid manganičitý (MnO_2) a manganistan draselný (KMnO_4). Sloučeniny chromu reprezentují dva oxidy – chromitý (Cr_2O_3) a chromový (CrO_3) a chromany.

Autorky této učebnice vybíraly nejspíše ty nejznámější a v běžném životě nejvíce využívané prvky. Stejně tak přistoupily k jejich seřazení, které není jako ve většině učebnic chronologické. Zcela chybí informace o III., IV. a V. B skupině.



Obr. 2 Obálka učebnice „Odmaturuj z chemie“²

2.1.3 Přehled středoškolské chemie

Třetí vybranou učebnicí je *Přehled středoškolské chemie*. Jedná se o knihu, kterou připravil v roce 1999 kolektiv autorů v čele s doktorem Jiřím Vacíkem. Učebnici, jejíž rozsah činí 368 stránek, vydalo Státní pedagogické nakladatelství a. s. Přechodné kovy z celého rozsahu zaujímají 13 stránek. K dispozici bylo čtvrté vydání, ve Státním pedagogickém nakladatelství se jednalo o vydání druhé.

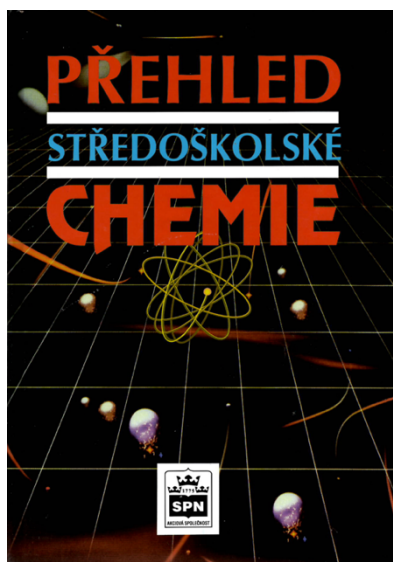
Učebnice je celkovým přehledem učiva, které žáci během středoškolské docházky z chemie absolvují. Obsahuje značné množství textu, ale také obrázky, nákresy, tabulky, grafy apod.

Učivo o přechodných prvcích je v této učebnici uvedeno vlastnostmi přechodných prvků. V první části textu najdeme také dvě přehledné tabulky. První tabulka obsahuje základní charakteristiky všech přechodných prvků 4. periody. Druhá tabulka obsahuje výčet barevnosti hydratovaných iontů některých přechodných prvků, které leží ve čtvrté periodě. Následuje krátký odstavec o sloučeninách, které přechodné prvky mohou tvořit. Další tři podkapitoly jsou věnovány koordinačním sloučeninám, jejich názvosloví i vlastnostem. Následuje podkapitola, která se zabývá obecnými způsoby výroby kovů.

Další podkapitoly se věnují jednotlivým přechodným prvkům. První je věnována titanu, vanadu, chromu a manganu. Najdeme zde několik základních charakteristik každého prvku a u každého také minimálně jednu jeho významnou sloučeninu.

Dále zde najdeme podkapitulu, která se týká prvků skupiny železa. Největší pozornost je věnována železu, jeho výrobou se zabývá celá další, poměrně obsáhlá část. Její součástí je také podrobně popsané schéma vysoké pece. Desátá podkapitola se týká sloučenin železa. Další část je věnována učivu o slitinách. Jejich podrobný výčet i s možným využitím je uveden v přehledné tabulce. Následuje obsáhlejší popis chemické a elektrochemické koroze.

Jednou z dalších částí je učivo o prvcích skupiny mědi. Nejdříve zde najdeme obecnou charakteristiku a popis jejich společných vlastností, následuje charakteristika vybraných sloučenin jednotlivých prvků. Dále je zde podrobně popsán proces vzniku fotografií. Závěrečná podkapitola se zabývá prvky skupiny zinku. Opět se nejprve seznamujeme s obecnou charakteristikou těchto prvků, poté s vybranými sloučeninami a jejich využitím.



Obr. 3 Obálka učebnice „Přehled středoškolské chemie“³

2.1.4 Chemie pro čtyřletá gymnázia 2. díl

Tři díly učebnice Chemie pro čtyřletá gymnázia tvoří ucelenou řadu knih, které patří mezi poměrně využívané na gymnáziích. Druhý díl obsahuje učivo o přechodných prvcích. Jedná se o učebnici, kterou napsali Jaroslav Honza a Aleš Mareček a vydalo ji Nakladatelství Olomouc s. r. o. K dispozici bylo třetí přepracované vydání, vytištěné v roce 2005. Vybrané učivo je rozepsáno na 227 stranách, učivo o přechodných kovech zaujímá 26 stran.

Vzhledem k tomu, že se jedná o tzv. specifikovaně pojatou učebnici, je přechodným prvkům věnován největší prostor ze všech učebnic, které byly výše popsány a při psaní diplomové práce byly k dispozici. Na úvod je vhodné zmínit, že tato učebnice mezi přechodné prvky nezařazuje prvky skupiny zinku – tedy II.B skupinu, protože orbitály těchto prvků jsou, na rozdíl od ostatních, zcela zaplněné. Avšak svými vlastnostmi se přechodným prvkům tato skupina značně podobá, a proto jsou probírány a popisovány společně.

Učivo o přechodných prvcích v této učebnici začíná úvodem do chemie těchto prvků, který je doplněný o schéma periodické tabulky, kde jsou různými odstíny šedé odlišené prvky nepřechodné, přechodné a vnitřně přechodné. Druhá kapitola je věnována výskytu a následnému zpracování kovů. Autoři zde nezapomínají zmínit a popsat některé postupy při výrobě kovů – tepelný rozklad, redukční pochody a elektrolýzu.

Obsahem třetí kapitoly jsou vybrané přechodné kovy řazené podle toho, do které skupiny v periodické tabulce prvků náleží. Při popisu jednotlivých skupin autoři vybrali nejvýznamnější prvek, který ve skupině najdeme. Většinou je podkapitola věnována prvkům ze čtvrté periody. Struktura podkapitol je ve všech případech následující: obecný úvod k dané skupině – zde jsou zmíněny také další prvky, které do dané skupiny náleží, následují informace o výskytu, výrobě, vlastnostech, užití a sloučeninách vybraného nejvýznamnějšího prvku.

První podkapitola je věnována titanu a dalším prvkům této skupiny. Mezi sloučeniny titanu, které jsou zmíněny, patří oxid titaničitý (TiO_2) a chlorid titaničitý (TiCl_4).

Druhá podkapitola se zabývá vanadem a dalšími prvky této skupiny. Oxid vanadičný (V_2O_5) je jediná sloučenina vanadu, kterou autoři učebnice uvádějí.

Následující podkapitola patří chromu a dalším prvkům VI.B skupiny. Sloučenin chromu je v učebnici uvedeno hned několik. Jedná se například o oxidy, chromany či dichromany. Na závěr je v této podkapitole popsáno také využití wolframu pro vlákna žárovek.

Čtvrtou podkapitolu autoři věnují manganu a dalším kovům, které do VII.B skupiny patří. Sloučeniny, které autoři uvádí, jsou oxid manganičitý (MnO_2) a manganistan draselný (KMnO_4).

Následuje podkapitola, ve které se autoři soustředí na železo, velmi okrajově zmiňují také ruthenium a osmium. V úvodu jsou čtenáři seznámeni s výskytem a výrobou železa, učebnice obsahuje také schéma vysoké pece a podrobný popis procesů, které v ní probíhají. Dále následují informace o surovém železe a oceli, vlastnostech železa, korozi a sloučeninách železa. Sloučenin železa v textu najdeme vzhledem k rozšíření a využití železa několik.

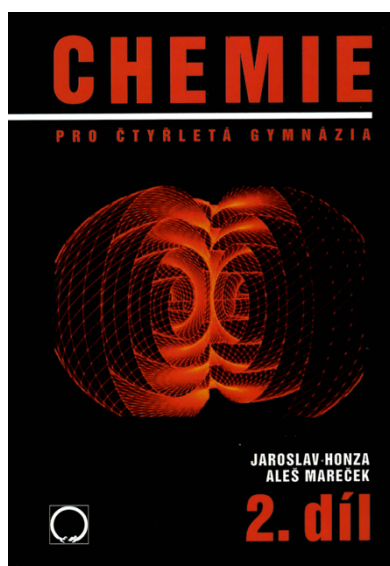
Dále si studenti rozšiřují své znalosti o kobaltu, rhodiu a iridiu – dozvídají se více o výskytu kobaltu, jeho chemických vlastnostech a o využití rhodia a iridia v běžném životě.

Sedmou podkapitolu tvoří učivo o niklu, palladiu a platině. Najdeme zde informace o výskytu, vlastnostech, užití a také slitinách niklu. Ze slitin je zmíněn

Monelův kov a nichrom. Odstavec o palladiu a platině je zaměřen především na jejich výskyt, výrobu a využití.

Autoři neopomíjí ani I.B skupinu, kterou tvoří měď, stříbro a zlato. Vzhledem k tomu, že se jedná o známé, velmi důležité a často využívané kovy, jsou poměrně podrobně v učebnici popsány všechny tři. Úvod je věnován mědi – jejímu výskytu, výrobě, vlastnostem, využití a sloučeninám. Zmíněnými sloučeninami mědi jsou oxidy a také pentahydrát síranu měďnatého ($\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$). Informace týkající se stříbra zahrnují jeho výskyt, vlastnosti, využití a sloučeniny – halogenidy. Posledním prvkem je zlato, učebnice obsahuje informace o jeho výskytu, těžbě, vlastnostech a využití v praxi.

Závěrečnou skupinou je II.B skupina, která je v této učebnici od přechodných prvků oddělena, patří do nové kapitoly. I proto je v úvodu zmíněna nejprve obecná charakteristika prvků skupiny zinku. Dále jsou podrobněji popsány jednotlivé prvky. Při studování učebnice se seznámíme s výskytem a výrobou zinku, jeho vlastnostmi, využitím a jednou vybranou sloučeninou – oxidem zinečnatým (ZnO). Také kadmium je zde poměrně podrobně popsáno, především je zmíněna nebezpečnost kademnatých sloučenin. Závěr je věnován rtuti, tedy za běžných podmínek jedinému kapalnému kovu. Najdeme zde základní informace o výskytu, výrobě, vlastnostech, užití a sloučeninách rtuti. Ze sloučenin nejsou opomenuty ani slitiny rtuti, tzv. amalgámy.



Obr. 4 Obálka učebnice „Chemie pro čtyřletá gymnázia 2. díl“⁴

2.1.5 Výsledek srovnání učebnic

Jak z výše uvedeného popisu jednotlivých učebnic vyplývá, učivo o přechodných prvcích různí autoři pojmají opravdu odlišně. Záleží například na tom, pro koho je učebnice primárně určena.

Všechny učebnice obsahovaly alespoň základní data o následujících prvcích: chrom, mangan, železo, kobalt, nikl, měď, stříbro, zlato, zinek, kadmium a rtuť. Ve všech učebnicích kromě učebnice *Odmaturuj z chemie* najdeme také informace o titanu a vanadu. Naopak informace o III.B skupině, nenajdeme v žádné z uvedených učebnic. Je to zcela jistě dáno tím, že žádný prvek z uvedené skupiny nepatří mezi prvky pro člověka významné a důležité. Struktura informací, které v učebnicích najdeme, je mnohdy velmi podobná. Dočteme se o výskytu jednotlivých prvků a jejich výrobě, o vlastnostech – jak fyzikálních, tak chemických a možném využití daných prvků. Každá z učebnic vždy obsahuje minimálně jednu sloučeninu, kterou daný prvek tvoří.

Vzhledem k výše uvedenému srovnání a možnosti využití daných prvků pro pokusy, bylo rozhodnuto v další části diplomové práce uvést nejdůležitější informace o následujících prvcích. Titan, vanad, chrom, mangan, železo, kobalt, nikl, měď, stříbro, zlato, zinek a rtuť.

2.2 Vybrané přechodné kovy a jejich sloučeniny

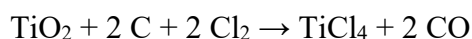
2.2.1 Titan

Výskyt a rozšíření titanu^{5,6,7}

Titan se svým rozšířením na Zemi řadí na druhé místo mezi přechodnými kovy, mezi všemi kovy mu patří místo desáté. Velmi významným zdrojem titanu je rutil neboli oxid titaničitý (TiO₂).

Výroba a použití titanu^{7,8,9}

Titan se z rutilu získává jeho redukcí, tzv. Krollovým procesem. Jeho podstata tkví v pyrolýze rutilu s pevným uhlíkem v proudu plynného chloru:



Takto vzniklý chlorid titaničitý redukuje hořčíkem.

Titan je díky své výborné mechanické pevnosti využíván pro výrobu slitin, které mají uplatnění v leteckém, kosmickém či námořním průmyslu. Zásadní význam má titan pro svou biologickou inertnost v lékařství. Lékaři jej používají například pro náhradu kloubních hlavic.

Fyzikální a chemické vlastnosti titanu ^{6,7,9}

Titan je stříbrolesklý, poměrně pevný kov, který se vyznačuje vysokou teplotou tání a nízkou hustotou.

Na svém povrchu tvoří silnou vrstvu odolného oxidu, který jej chrání před působením většiny anorganických kyselin a hydroxidů.

Sloučeniny titanu ^{6,7}

Maximální oxidační číslo titanu je čtyři, sloučeniny s nižšími oxidačními čísly nejsou příliš stálé.

Nejvýznamnější sloučeninou titanu je značně stabilní oxid titaničitý (TiO₂). Je využíván především jako bílý pigment tzv. titanová běloba. Jedná se stabilní, nejedovatou látku všestranného použití. Můžeme ji najít jako složku barev či zubních past.

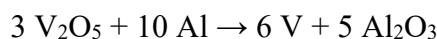
2.2.2 Vanad

Výskyt a rozšíření vanadu ^{6,7,9,10}

Vanad je pátým nejrozšířenějším přechodným kovem, mezi všemi kovy mu patří místo devatenácté. Zajímavostí je výskyt vanadu v poměrně vysokých koncentracích v organismech některých mořských živočichů, např. pláštěnců (rody *Ciona* či *Phallusia*). Najdeme jej jako součást jejich krevního barviva. Kumulací vanadu je známá také muchomůrka červená (*Amanita muscaria*).

Výroba a použití vanadu ^{5,6,9}

Vanad je vyráběn pražením odpadů, které vznikají při výrobě železa a následnou redukcí vzniklého oxidu vanadičného (V₂O₅) na čistý vanad. Jako redukční činidlo můžeme použít například hliník:



Protože je výroba čistého vanadu značně složitá, je pro technické účely snazší vyrábět slitiny vanadu, nejčastěji to je ferrovanad (sloučenina železa a vanadu). Tyto slitiny jsou používány jako přísady do oceli, zvyšují totiž její pevnost i pružnost.

Fyzikální a chemické vlastnosti vanadu ^{6,7,9,11}

Čistý vanad je stříbrolesklým kovem, který díky přítomnosti některých znečišťujících prvků je sice tvrdý, avšak poměrně křehký. Jeho teplota tání má nejvyšší hodnotu ze všech přechodných prvků, které najdeme ve 4. periodě.

Chemickými vlastnostmi se vanad velmi podobá prvkům předchozí skupiny. Při vyšší teplotě je ochotný reagovat s většinou nekovů, rozpouští se dobře v kyselině fluorovodíkové (HF) a lučavce královské (směs HNO₃ + HCl v poměru 1:3), jinak patří mezi odolné prvky.

Sloučeniny vanadu ^{6,9,11}

Nejstabilnějším a zároveň maximálním oxidačním číslem je číslo pět.

Oxid vanadičný (V₂O₅) je nejvýznamnější sloučeninou, kterou vanad tvoří. Jedná se o žlutooranžový prášek, který patří mezi amfoterní látky, tudíž je schopný reagovat s kyselinami i zásadami.

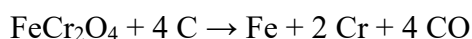
2.2.3 Chrom

Výskyt a rozšíření chromu ^{6,7,9}

Množství chromu, které najdeme v zemské kůře, je srovnatelné s množstvím vanadu. Mezi nejvýznamnější zdroj kovového chromu patří jeho ruda zvaná chromit, kterou tvoří podvojný oxid železnato-chromitý (FeCr₂O₄). Stopové množství chromu obsahují také dva známé drahokamy, kterým dodává jejich typické zbarvení. Jedná se o zelený smaragd a červený rubín.

Výroba a použití chromu ^{5,6,7,9}

Výroba chromu se odvíjí od toho, jakým způsobem jej budeme chtít využívat dále. Pokud potřebujeme chrom pro technické účely, výroba probíhá redukcí chromitu koksem:



Získáme tak slitinu složenou ze 70 % chromu a 30 % železa, tzv. ferrochrom, který je využíván na výrobu žáruvzdorných materiálů.

Čistý chrom, který se využívá k ochraně látek či jejich dekorování, je nejčastěji vyráběn redukcí oxidu chromitého. Pro danou redukci je možné využít hliník (aluminotermie) či křemík (silikotermie).

Fyzikální a chemické vlastnosti chromu ^{6,7,11}

Chrom je nejtvrdějším elementárním kovem, který v Mohsově stupnici tvrdosti nerostů dosahuje hodnoty zhruba 8,5. Jedná se o lesklý šedý kov.

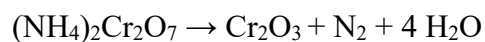
Za běžných podmínek je chrom poměrně stálým prvkem. S vodíkem chrom nereaguje, reaguje s mnohými nekovy, avšak až po zahřátí.

Sloučeniny chromu ^{6,7,9,11}

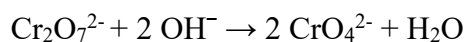
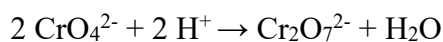
Nejvyšší oxidační číslo, jakého může chrom dosáhnout, odpovídá číslu skupiny, ve které se nachází. Tento stav je zároveň nejstabilnější. Variabilita oxidačních čísel je u sloučenin chromu značná. Nejdůležitějšími sloučeninami chromu jsou zcela jistě jeho dva významné oxidy a dále chromany a dichromany.

Jedovatý, tmavě červeně zbarvený, je krystalický oxid chromový (CrO₃). Jedná se o kyselinotvorný oxid, který při reakci s vodou tvoří žlutě zbarvenou kyselinu chromovou (H₂CrO₄).

Druhým významným oxidem je oxid chromitý (Cr₂O₃). Jedná se o velmi stálou, obtížně reagující, tmavě zelenou sloučeninu, kterou si jednoduše můžeme připravit pokusem, známým jako „chemická sopka“. Podstatou tohoto experimentu je tepelný rozklad dichromanu amonného:



Chromany a dichromany patří mezi velmi silná oxidační činidla, která podle pH roztoku, ve kterém se nachází, mohou mezi sebou volně přecházet. Chromany jsou stálé v zásaditém prostředí (žlutá barva), dichromany jsou stálé naopak v prostředí kyselém (oranžová barva):



Využití obou sloučenin je rozsáhlé. Chromany jsou velmi často součástí mnohých barviv. Asi nejvýznamnějším dichromanem je dichroman draselný ($K_2Cr_2O_7$), který má uplatnění v chemickém průmyslu jako silné oxidační činidlo, či jako standard při analytických titracích. Sloučeniny chromu s oxidačním číslem VI patří mezi toxické sloučeniny, které snadno prostupují do těla a mají neblahý efekt především na dýchací soustavu a pokožku.

2.2.4 Mangan

Výskyt a rozšíření manganu ^{6,7,12}

Mangan je třetím nejrozšířenějším přechodným kovem, který na naší planetě najdeme. Nalézt jej je možné nejčastěji ve formě minerálu pyroluzitu, jehož chemický název je oxid manganičitý (MnO_2). Zajímavostí jsou tzv. manganové konkrece – kuličky nacházející se na dnech oceánů. Vzhledem k tomu, že součástí těchto kuliček nejsou jen sloučeniny manganu, ale také železa a dalších prvků, uvažuje se o jejich těžbě, kterou by bylo možné tyto prvky získat.

Výroba a použití manganu ^{6,7,9}

Pokud je potřeba vyrobit čistý kovový mangan, který je využíván například ve sklářském průmyslu, používá se metoda elektrolýzy roztoku síranu manganatého ($MnSO_4$), či redukce oxidu manganato-manganitého (Mn_3O_4) hliníkem.

Až 95 % veškerého manganu nachází uplatnění v metalurgickém průmyslu. Jedná se především o jeho slitinu s železem – ferromangan. Tato slitina je přidávána do různých druhů ocele, čímž se zvýší jejich pevnost. Nejznámějším typem takto upravené ocele je tzv. Hadfieldova ocel^{7,9}, která bývá součástí nárazuvzdorných materiálů. Další důležitou slitinou, jejíž součástí je nejen mangan, ale také hořčík a hliník, je dural.

Fyzikální a chemické vlastnosti manganu ^{6,7}

Mangan je stříbrolesklý velmi tvrdý, avšak zároveň poměrně křehký kov.

Na rozdíl od předchozích prvků je mangan poměrně reaktivní prvek, který můžeme nalézt v celé řadě sloučenin v různých oxidačních stavech. Manganisté sloučeniny patří mezi silná oxidační činidla, sama se tedy snadno redukuje. Pokud je mangan umístěn na vzduchu, snadno se oxiduje, jemně rozptýlený je dokonce

samozápalný. Velmi dobře reaguje se zředěnými kyselinami a hydroxidy za vzniku příslušné soli manganaté a vodíku. Až po zahřátí reaguje mangan s nekovy.

Sloučeniny manganu ^{6,7,9,11,13}

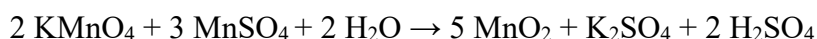
Nejvyšším oxidačním číslem je číslo skupiny, do které mangan náleží, tedy sedm. Sloučeniny manganu, které mají oxidační číslo sedm, čtyři a dva patří mezi stálější. Nejvýznamnější sloučeniny manganu, které je nutné zmínit, jsou oxid manganičitý (MnO₂) a manganistan draselný (KMnO₄).

Oxid manganičitý (MnO₂) známý také jako burel, je stabilní prášek tmavě hnědé až černé barvy. Využití nachází především v chemickém průmyslu, a to jako katalyzátor či silné oxidační činidlo.

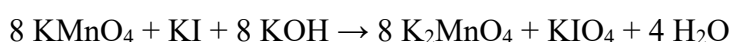
Manganistan draselný (KMnO₄) známý také jako hypermangan, je krystalická ve vodě dobře rozpustná fialová látka. Připravit manganistan je možné elektrolyticky, či oxidací manganatých solí. V prostředích s různým pH se manganistan chová různě. V kyselém roztoku se snadno redukuje na manganatou sůl:



V neutrálním či velmi slabě kyselém roztoku se redukuje na oxid manganičitý:



V zásaditém prostředí se redukuje pouze na manganan:



Využití nachází manganistan především jako náhrada chloru při dezinfekci pitné vody. Vzhledem k oxidačním vlastnostem jej využívají také analytičtí chemici pro měření v odměrné analýze (tzv. manganometrie).

2.2.5 Železo

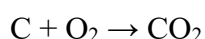
Výskyt a rozšíření železa ^{6,7,12}

Železo je nejrozšířenějším přechodným kovem v zemské kůře. Mezi všemi prvky zaujímá hned po kyslíku, křemíku a hliníku čtvrté místo. Nalézt jej je možné v rudách, převážně ve formě oxidů a uhličitanu železa. Nejhojněji se vyskytující rudou železa

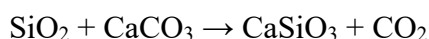
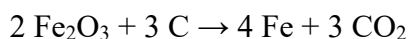
je krevet neboli hematit, chemicky oxid železitý (Fe_2O_3). Dalšími oxidy jsou například magnetit (Fe_3O_4) či limonit, známý také jako hnědel ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n \text{H}_2\text{O}$). Mezi nejrozšířenější kyslíkaté soli železa patří uhličitan železnatý s mineralogickým názvem siderit neboli ocelek (FeCO_3). Poměrně běžnou sloučeninou, která obsahuje železo, je také tzv. kočičí zlato neboli pyrit, chemicky disulfid železnatý (FeS_2).

Výroba a použití železa ^{5,6,7}

Proces výroby železa se odvíjí od toho, k čemu dalšímu budeme železo využívat. Je možné jej vyrobit jako čistý kov, mnohem větší uplatnění mají však nejrůznější oceli. Pro výrobu ocelí je nutné mít k dispozici surové železo. K výrobě surového železa je třeba mít železnou rudu, koks a struskotvorné látky (vápenec a oxidy křemíku). Směs všech těchto surovin je horem navážena do vysoké pece, spodem je vháněn horký vzduch, který je navíc obohacen o kyslík, případně topný olej. Ve vysoké peci probíhá současně několik dějů, které jsou velmi složité a není možné je zatím všechny dostatečně popsat. Následující rovnice proto vyjadřují jen základní princip a domněnku. Ve spodní části pece dosahuje teplota hodnoty až 2 000 °C a probíhá zde spalování koksu:



Železné rudy se působením uhlíku redukují na železo a vlivem vápence se struskotvorné oxidy křemíku mění ve strusku:



Struska, která má mnohem nižší hustotu než roztavené železo, plave na jeho povrchu a chrání jej tak před další oxidací vzdušným kyslíkem. Obě složky jsou poté odděleně z pece vypouštěny a vznikající prázdný prostor je postupně vyplňován další navázkou. Výroba železa ve vysoké peci je tudíž nepřetržitým procesem.

Železo je jedním z nejvíce využívaných kovů. Díky vlastnostem a dobré dostupnosti je nejdůležitějším konstrukčním materiálem ve strojírenství či automobilovém průmyslu.

Fyzikální a chemické vlastnosti železa ^{5,6,14}

Železo je stříbřitě zbarvený lesklý prvek, který má v pevné fázi typickou kovovou strukturu. Čisté železo je poměrně měkký, snadno opracovatelný, feromagnetický kov. Častěji se setkáváme s železem, které obsahuje i jiné prvky, např. uhlík.

Železo patří mezi velmi reaktivní prvky. Při reakci s kyselinou chlorovodíkovou (HCl) či zředěnou kyselinou sírovou (H₂SO₄) dochází ke vzniku železnaté soli a uvolnění vodíku. Vzniklá železnatá sůl se však působením vzdušného kyslíku velmi rychle oxiduje na sůl železitou.

Při působení koncentrovaných oxidujících kyselin se povrch železa pasivuje, tudíž těmto kyselinám odolává. Aby probíhala reakce s hydroxidy, je nutné hydroxidy zahřát. Pokud jej vystavíme vlhkému vzduchu, začne se postupně na povrchu pokrývat vrstvičkou hydratovaného oxidu. Tento oxid však materiál nechrání tak, jak je tomu u pasivace. Vzniká rez, která se velmi snadno odlupuje a koroze tak snadněji prostupuje do hloubky materiálu, který tím poškozuje.

Sloučeniny železa ^{5,6,7,9,14}

Stálé sloučeniny, které železo tvoří, mají oxidační čísla dvě a tři. Mezi nejznámější a nejdůležitější sloučeniny železa patří oxid železitý (Fe₂O₃), oxid železnato-železitý (Fe₃O₄), disulfid železnatý (FeS₂), heptahydrát síranu železnatého (FeSO₄ · 7 H₂O) a také červená a žlutá krevní sůl.

Oxid železitý (Fe₂O₃) je většinou červenohnědě zbarvený prášek. Jedná se o jednu ze základních látek pro výrobu železa a magnetických pásků.

Oxid železnato-železitý (Fe₃O₄) je černý, ve vodě nerozpustný prášek. V přírodě ho můžeme najít jako minerál s názvem magnetit. Jedná se o poměrně dobře elektricky vodivou látku.

Kočičí zlato je lidový název pro jednu barevnou formu minerálu pyrit. Lidový název je odvozen zlatavé barvy, kvůli které může být zaměňován za pravé zlato. Druhou formou je do běla zbarvený markazit. Chemicky se jedná o disulfid železnatý (FeS₂).

Heptahydrát síranu železnatého (FeSO₄ · 7 H₂O) je chemický název pro sloučeninu známou jako zelená skalice, která zároveň spolu s Mohrovou solí ((NH₄)₂Fe(SO₄)₂ · 6 H₂O) patří mezi nejvýznamnější železnaté soli. V laboratoři ji lze

snadno připravit reakcí zředěné kyseliny sírové a kovového železa. Využívána je jako složka hnojiv či součást inkoustů.

Kyanokomplexy jsou technicky nejvýznamnějšími komplexní sloučeninami, které železo poskytuje. Patří mezi ně červená a žlutá krevní sůl. Oba názvy odpovídají barvám, které sloučeniny v pevném stavu poskytují.

Hexakynoželeznan draselný ($K_4[Fe(CN)_6]$) je chemický název pro žlutou krevní sůl. Využití nachází především v analytické chemii pro dokazování přítomnosti iontů v roztocích, protože s různými ionty tvoří různě barevné sloučeniny. Pokud reaguje s roztokem, který obsahuje železité ionty (Fe^{3+}), vytvoří temně modrou sraženinu nazývanou berlínská modř ($Fe_4[Fe(CN)_6]_3$). Při reakci s roztokem obsahujícím měďnaté ionty (Cu^{2+}) vzniká hnědě zbarvený hexakynoželeznan měďnatý ($Cu_2[Fe(CN)_6]$).

Červená krevní sůl neboli hexakynoželezitan draselný ($K_3[Fe(CN)_6]$) je využívána pro důkazy železnatých iontů (Fe^{2+}) ve vybraném roztoku, protože s nimi poskytuje tmavě modrou sraženinu – Turnbullovu modř. Berlínskou a Turnbullovu modř od sebe není možné rozeznat, liší se pouze způsobem, jakým vznikají.

2.2.6 Kobalt

Výskyt a rozšíření kobaltu ^{6,7,12}

Kobalt svým rozšířením na Zemi zaujímá mezi všemi prvky až třicáté místo. Nejčastějšími sloučeninami, ve kterých můžeme kobalt najít, jsou jeho arsenidy a sulfidy. Ložiska tohoto prvku v drtivé většině případů doprovází ložiska dalšího prvku triády železa – niklu.

Výroba a použití kobaltu ^{5,6,7}

Výroba kobaltu je velmi často spojena s výrobou některých dalších kovů (měď, nikl či olovo). Je založena na pražení rud, které obsahují kobalt.

Sloučeniny kobaltu jsou využívány v chemickém průmyslu jako katalyzátory chemických reakcí, v metalurgickém průmyslu je používán pro výrobu konstrukčních materiálů a slitin.

Fyzikální a chemické vlastnosti kobaltu ^{5,6,7}

Kobalt je svým vzhledem velmi podobný všem předchozím přechodným prvkům. Odlišuje se jen jemným nádechem barvy do modra. Kobalt je kov feromagnetický, tvrdší než železo.

Jedná se o poměrně reaktivní prvek, avšak méně reaktivní, než je železo. Na rozdíl od železa je kobalt na vzduchu i ve vodě za běžných podmínek stálý, nepodléhá korozi. Reakce kobaltu se zředěnými kyselinami probíhá velmi pomalu za vzniku kobaltnatých solí. Reakce kobaltu s koncentrovanými kyselinami neprobíhá, protože se kobalt v přítomnosti těchto kyselin pasivuje.

Sloučeniny kobaltu ^{6,7}

Kobalt tvoří převážně sloučeniny kobaltnaté a kobaltité. Nejvýznamnějšími sloučeninami kobaltu jsou oxid kobaltnatý (CoO) a chlorid kobaltnatý (CoCl₂).

Oxid kobaltnatý (CoO) je různobarevná sloučenina, jejíž barva je závislá na velikosti částic. Barva může být hnědá, žlutá, červená, modrá či nejčastěji olivově zelená. Za běžných podmínek se jedná o velmi stálý prášek.

Chlorid kobaltnatý (CoCl₂) je také různobarevnou sloučeninou, její barva však závisí na tom, zda je v bezvodém či hydratovaném stavu. Bezvodý chlorid kobaltnatý (CoCl₂) je tmavě modrý prášek, hydratací přechází v růžový hexahydrát chloridu kobaltnatého (CoCl₂ · 6 H₂O). Díky tomuto barevnému přechodu je chlorid využíván jako indikátor množství vlhkosti obsažené v silikagelu.

2.2.7 Nikl

Výskyt a rozšíření niklu ^{6,7,12}

Zastoupení niklu v přírodě je oproti předchozímu prvku o něco větší, v žebříčku zastoupení prvků mu patří dvacáté druhé místo. Najdeme ho jako součást arsenidů a sulfidů niklu, vzácně ho můžeme najít i jako ryzí kov.

Výroba a použití niklu ^{5,6,7}

Výroba niklu se zakládá na rozdrčení a následné flotaci rud, které obsahují nikl. Dojde tak k oddělení sulfidu nikelnatého (NiS) od zbytku sloučenin. Následuje pražení

tohoto sulfidu, čímž vzniká oxid nikelnatý (NiO), který je dále třeba redukovat koksem na surový nikl. Takto vyrobený nikl je třeba ještě přečistit, a to například elektrolyticky.

Využití nachází nikl především při výrobě různých druhů slitin a ocelí. Ze slitin můžeme zmínit například Monelův kov a nichrom. Je možné jej využít také jako katalyzátor při ztužování tuků.

Fyzikální a chemické vlastnosti niklu ^{5,6,7}

Také nikl patří mezi feromagnetické kovy. Vzhledem se velmi podobá železu, jedná se o stříbrný lesklý kov. Vyznačuje se velmi dobrou tažností a kujností, což z něj činí výborný materiál pro kování či sváření.

Chemickými vlastnostmi se nikl značně podobá kobaltu. Za normálních podmínek je na vzduchu i ve vodě velmi stálý. Za zvýšené teploty kobalt dobře reaguje s halogeny a některými dalšími nekovy. Působením koncentrované kyseliny dusičné se nikl pouze pasivuje, s alkalickými hydroxidy nereaguje. Vzhledem k této vlastnosti je nikl využíván pro výrobu zařízení, která alkalické hydroxidy vyrábí.

Sloučeniny niklu ^{6,7}

Běžnými sloučeninami niklu jsou sloučeniny s oxidačním číslem dvě.

Nejvýznamnější sloučeninou, kterou nikl tvoří, je oxid nikelnatý (NiO). Jedná se o světle zelený prášek, který není možné rozpustit ve vodě. V kyselinách je rozpustný za vzniku příslušné nikelnaté soli. Využíván je jako součást pigmentů pro barvení keramických výrobků.

2.2.8 Měď

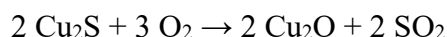
Výskyt a rozšíření mědi ^{6,7,12}

Měď patří mezi poměrně vzácně se vyskytující kovy. Naprosto výjimečný je výskyt ve formě ryzího kovu, běžněji se vyskytuje jako součást různých sloučenin – sulfidů, oxidů či uhličitánů. Tyto sloučeniny mědi jsou poměrně známými nerosty. Jedná se například o chalkopyrit (CuFeS_2), chalkosin (Cu_2S), kuprit (Cu_2O), azurit ($2 \text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$) a malachit ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$). Poslední dva zmíněné minerály lze velmi dobře rozlišit díky jejich různé barevnosti – azurit je modrý, malachit zelený.

Zajímavostí je přítomnost mědi v tělech některých živých organismů. Můžeme ji například najít v krevním barvivu měkkýšů, tzv. hemocyaninu.

Výroba a použití mědi ^{6,7,9,14}

Průmyslová výroba mědi je založena na zpracování sulfidických rud. Dané rudy obsahují poměrně malé množství mědi, ale značné množství železa. Výroba mědi probíhá ve třech krocích. Nejprve je potřeba odstranit síru, tudíž prvním krokem je pražení rudy:



Následuje druhý krok, kterým je tavení směsi na měděný lech neboli kamínek. Ten je ve třetím kroku zpracováván na kovovou měď, která je na závěr procesu elektrolyticky přečišťována. Díky přečištění se získávají různé drahé kovy – např. stříbro a zlato.

Využití mědi je velmi rozličné, záleží, v jaké podobě ji budeme používat. Čistá měď je odolným materiálem vůči korozi, na povrchu ji pokrývá vrstvička směsi hydroxidu měďnatého ($\text{Cu}(\text{OH})_2$) a uhličitanu měďnatého (CuCO_3). Tato směs mívá modrozelené zbarvení, kvůli znečištění vzduchu se však v dnešní době barví spíše dohněda (tzv. měděnka). Najdeme ji na střechách budov či okapech. Čistá měď patří zároveň mezi kovy, které jsou velmi dobrými tepelnými a elektrickými vodiči.

Měď nachází také značné uplatnění jako součást mnoha slitin. Nejznámější slitinou je bronz, jedná se o slitinu mědi a jakéhokoli jiného kovu mimo zinek, nejčastěji cínu. Bronz je důležitý pro výrobu dekorativních předmětů, medailí či součástek lodí. Další slitinou je mosaz, která je složena z mědi a zinku. Mosaz je na rozdíl od bronzu poměrně měkká slitina, využívána pro výrobu hudebních nástrojů, bytových doplňků a dekorací.

Fyzikální a chemické vlastnosti mědi ^{6,7,14}

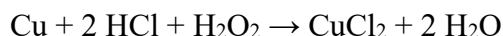
Měď je známá svou charakteristickou červenou barvou. Jedná se o lesklý, měkký, kujný a tažný kov, který je výborně tepelně i elektricky vodivý.

Jedná se o nejreaktivnější prvek I.B skupiny, celkově však není měď příliš reaktivním prvkem. Přímou reaguje měď s halogeny, kyslíkem a sírou, s většinou ostatních prvků reaguje nepřímou. Pro tyto reakce je třeba vyšší teplota. Měď je možné bez větších problémů rozpustit v oxidujících kyselinách. Pro rozpuštění mědi v neoxidujících

kyselinách je třeba přidat také oxidační činidlo. Jako příklady reakcí s oxidujícími kyselinami lze uvést reakce mědi se zředěnou a koncentrovanou kyselinou dusičnou (HNO₃):



Reakce mědi s kyselinou chlorovodíkovou (HCl) je příkladem reakce s neoxidující kyselinou:

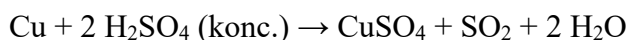


Sloučeniny mědi ^{5,6,7,9}

Oxidační číslo, které je u sloučenin mědi nejstabilnější, nabývá hodnoty dvě. Známe však také sloučeniny s oxidačním číslem jedna. Významnými sloučeninami, které tvoří měď, jsou oxidy a modrá skalice.

Oxidy, které měď tvoří, známe dva. Prvním z nich jsou černě zbarvené krystalky oxidu měďnatého (CuO). Zahříváním přechází v červeně zbarvený oxid měďný (Cu₂O). Obě látky jsou používány pro barvení a zdobení skla, keramiky a dalších materiálů.

Triviální název modrá skalice patří pentahydrátu síranu měďnatého (CuSO₄ · 5 H₂O). V tomto hydratovaném stavu má modrou barvu, pokud ji budeme pomalu zahřívát, můžeme vodu odstranit a barva přechází v bílou. Bezvodý síran měďnatý (CuSO₄) však velmi ochotně váže vodu zpět, proto je využíván k sušení látek. Modrou skalici najdeme jako součást postřiků proti plísním a houbám. Připravit v laboratoři ji můžeme například rozpouštěním kovové mědi v horké koncentrované kyselině sírové:



2.2.9 Stříbro

Výskyt a rozšíření stříbra ^{6,12}

Stříbro také patří mezi vzácně se vyskytující prvky v zemské kůře. Obdobně jako měď jej můžeme velmi vzácně najít jako kov ryzí, častěji jsou nacházeny jeho sloučeniny. Nejvýznamnější je minerál argentit, chemicky sulfid stříbrný (Ag_2S).

Výroba a použití stříbra ^{6,7}

Výroba stříbra je v dnešní době závislá na výrobě jiných kovů. Je získáváno z odpadů, které při výrobcích vznikají. Jeho zisk a následné přečišťování je prováděno elektrolyticky.

Čisté ryzí stříbro je výborným materiálem pro výrobu dekorativních předmětů (zrcadel, pamětních mincí, medailí), ale také akumulátorů či kompaktních disků. Abychom některé z vlastností stříbra zlepšili, dochází k výrobě slitin stříbra s jinými drahými kovy – např. mědí a zlatem.

Fyzikální a chemické vlastnosti stříbra ^{6,7,14}

Stříbro je charakteristické svou bílou barvou a typickým leskem. Stejně jako měď je stříbro poměrně měkkým, tažným a kujným materiálem.

Chemická odolnost je u stříbra o něco vyšší než u předchozí mědi. Na vzduchu je stálé, pokud je však vystaveno působení sulfanu (H_2S), je jeho povrch pokrýván černou vrstvičkou sulfidu stříbrného (Ag_2S). Většině minerálních kyselin odolává, výjimkou je zředěná kyselina dusičná (HNO_3).

Sloučeniny stříbra ^{6,7}

Nejčastějšími sloučeninami jsou sloučeniny stříbrné. Technicky nejužitečnějšími sloučeninami, které stříbro poskytuje, jsou jeho halogenidy a dusičnan stříbrný (AgNO_3).

Halogenidy stříbra patří mezi ve vodě nerozpustné sloučeniny, které se odlišují barvami a jsou proto využívány pro důkazy jednotlivých halogenidů. Chlorid stříbrný (AgCl) je bílý, jodid stříbrný (AgI) je béžový, bromid stříbrný (AgBr) je žlutý. Jedná se o sloučeniny, které jsou důležité ve fotografickém průmyslu.

Dusičnan stříbrný (AgNO_3) nazývaný též jako lapis, je ve vodě velmi dobře rozpustná látka bílé barvy. Využití ji je možné v chemickém průmyslu jako zdroj

stříbrných kationtů pro další chemické reakce či v lékařství pro léčbu kožních chorob. Příprava může probíhat například rozpuštěním stříbra v kyselině dusičné:



2.2.10 Zlato

Výskyt a rozšíření zlata ^{6,12}

Zlato také patří mezi velmi vzácné kovy. Známý je jeho výskyt v tzv. zlatých žilách. Pokud jsou žíly nějakým fyzikálním či chemickým činitelem narušeny, může být zlato vyplavováno do řek a potoků a následně rýžováno. Ojediněle najdeme zlato ve formě tzv. valounů (nugetů), které mohou ve velmi výjimečných případech vážit i několik kilogramů.

Výroba a použití zlata ⁶

V dřívějších dobách bylo získávání zlata založeno především na jeho rýžování, dnes jej lidé převážně dolují. Vydolovanou horninu je potřeba nejprve rozdrtit, aby došlo k uvolnění zlata, následně dochází k jeho extrahování (např. kyanidové loužení). Ze vzniklého roztoku jej získáme díky redukcí elektrickým proudem či redukčním činidlem.

Nejzásadnější využití nachází zlato v oblasti klenotnictví a jako platidlo. Dále se s ním můžeme setkat také v oblasti zubního lékařství či elektronickém průmyslu.

Fyzikální a chemické vlastnosti zlata ^{6,14}

Zlato je ušlechtilým kovem, který je typický svou žlutou lesklou barvou. Stejně jako předchozí prvky I.B skupiny, je měkký, tažný a velmi dobře elektricky i tepelně vodivý kov.

Zlato patří mezi nesmírně chemicky odolné prvky. Z minerálních kyselin jej můžeme rozpustit pouze v lučavce královské (směs kyseliny dusičné a chlorovodíkové v poměru 1:3).

Sloučeniny zlata^{6,14}

Oxidační číslo, se kterým se u zlata setkáme nejčastěji, je číslo tři. Jedná se zároveň o oxidační číslo poměrně stálé, dalším je oxidační číslo jedna.

Nejběžnější sloučeninou, kterou zlato tvoří, je chlorid zlatitý (AuCl_3). Jedná se o výchozí látku pro tvorbu komplexních sloučenin. Pokud ji rozpustíme v kyselině chlorovodíkové (HCl), vznikne kyselina tetrachlorozlatitá (HAuCl_4), od níž lze jednoduše odvodit tetrachlorozlatitanový anion.

2.2.11 Zinek

Výskyt a rozšíření zinku^{6,7,12}

Zinek patří mezi poměrně hojně rozšířené prvky zemské kůry. Najedeme jej převážně ve formě sloučenin, zejména sulfidu zinečnatého (ZnS) čili sfaleritu a uhličitanu zinečnatého (ZnCO_3) neboli smithsonitu.

Výroba a použití zinku^{5,6,7,9}

Většina zinku je získávána z výše zmíněného sulfidu zinečnatého (ZnS). Danou rudu je nejprve však třeba koncentrovat, až později dochází k jejímu pražení. Následně dochází k elektrolytickému získávání zinku z oxidu zinečnatého (ZnO). I vedlejší produkt – oxid siřičitý (SO_2) – nachází další využití. Je zachycován a používán pro průmyslovou výrobu kyseliny sírové (H_2SO_4).

Největší uplatnění má zinek jako tzv. antikoroziční materiál, tudíž je používán k ochraně železa a dalších materiálů před korozi, dále jsou z něj vyráběny například konve či střešní okapy. Je to díky jeho výborné odolnosti vůči atmosférickým vlivům.

Fyzikální a chemické vlastnosti zinku^{5,6,7,9}

Zinek má ve srovnání s ostatními přechodnými kovy značně nižší teploty varu i tání. Jedná se o stříbrně zbarvený, pevný, tažný, modrolesklý kov.

Pokud je zinek vystaven působení kyslíku, ztrácí svůj lesk a pokrývá se vrstvičkou bílého oxidu zinečnatého (ZnO). Zinek se přímo slučuje například s kyslíkem, sírou či fosforem. Poměrně ochotně zinek reaguje také s oxidujícími i neoxidujícími kyselinami a alkalickými hydroxidy.

Sloučeniny zinku^{5,6,7}

V podstatě jediným oxidačním číslem, kterého zinek ve sloučeninách dosahuje, je číslo dva. Významnými sloučeninami zinku jsou oxid zinečnatý (ZnO), sulfid zinečnatý (ZnS) a síran zinečnatý (ZnSO₄).

Oxid zinečnatý (ZnO) patří mezi bílé, krystalické, ve vodě nerozpustné látky. Využití této látky je široké, jedná se například o pigment při výrobě zinkové běloby, či složku speciálních skel a glazur.

Další bílou nerozpustnou sloučeninou zinku je sulfid zinečnatý (ZnS). Ve formě minerálu sfaleritu můžeme tuto rudu poměrně běžně najít v přírodě.

Mezi ve vodě rozpustné sloučeniny zinku se řadí například síran zinečnatý (ZnSO₄). Známější je však jeho hydratovaná forma – bílá skalice čili heptahydrát síranu zinečnatého (ZnSO₄ · 7 H₂O). Jeho využití je velmi široké. Jedná se o součást barviv, dezinfekční prostředek v očním lékařství a základní látku pro výrobu ostatních sloučenin zinku.

2.2.12 Rtuť

Výskyt a rozšíření rtuti^{6,7,12}

Hlavním zdrojem rtuti je sloučenina s chemickým názvem sulfid rtuťnatý (HgS), známější je však pod svými triviálními názvy – rumělka, případně cinabarit. Tuto sloučeninu najdeme především na místech, kde docházelo k silné vulkanické činnosti.

Výroba a použití rtuti^{6,7,14}

Rtuť je získávána velmi podobným způsobem, jako zinek. Sulfidická ruda rtuti je nejprve rozdrčena, následně koncentrována a na závěr pražena v proudu vzduchu. Získanou rtuť je třeba na závěr ještě přecistit, a to například oxidací.

Rtuť byla hojně využívána hlavně dříve jako náplň teploměrů či tlakoměrů. Vzhledem k její značné toxicitě však v dnešní době přílišné využití – mimo chemický průmysl – nemá.

Fyzikální a chemické vlastnosti rtuti ^{5,6,7,9}

Fyzikální vlastnost, kterou se rtuť naprosto odlišuje od všech ostatních kovů, je její kapalná skupenství za běžných podmínek. Teplota tání rtuti je zhruba $-38\text{ }^{\circ}\text{C}$. Barva rtuti je stříbřitě lesklá.

Reaktivita rtuti je podobná reaktivitě zinku, avšak vzhledem k její ušlechtilosti s neoxidujícími kyselinami nereaguje. Stejně jako zinek je rtuť složkou mnoha slitin, například amalgámů.

Sloučeniny rtuti ^{6,7,14}

Poměrně běžně se můžeme setkat se sloučeninami rtuťnými i rtuťnatými. Rtuťné sloučeniny obsahují tzv. rtuťný kation (Hg^{2+}), oxidační číslo rtuti je v tomto případě jedna. Veškeré sloučeniny, které rtuť tvoří, jsou jedovaté. Mezi nejvýznamnější patří oxid rtuťnatý (HgO), sulfid rtuťnatý (HgS) a také oba chloridy, které rtuť tvoří.

Barevnost oxidu rtuťnatého (HgO) je závislá na teplotě, při které vzniká. Pokud reakce probíhá za tepla, získáme oxid červený, za studena pak oxid žlutý. Strukturně jsou obě barevné formy shodné, liší se však velikostí částic, které tvoří.

Rumělka je nejvýznamnějším přírodním zdrojem rtuti. Zajímavá je opět barevnost této sloučeniny. Pokud narazíme na přírodní sulfid rtuťnatý (HgS), jeho barva bude jasně červená. Srážením připravený sulfid má černou barvu. Tato sloučenina patří mezi velmi odolné, rozpouští se pouze v některých neoxidujících kyselinách a lučavce královské. Využívána je jako černý pigment.

Chlorid rtuťnatý (HgCl_2) známý také pod triviálním názvem sublimát, je velmi toxickou, ve vodě rozpustnou sloučeninou. Pro svou toxicitu se dnes již téměř nepoužívá, dříve byl součástí jedu na hlodavce.

Chlorid rtuťný (Hg_2Cl_2) je jedinou významnou sloučeninou rtuti s oxidačním číslem jedna. Triviální název je kalomel. Její rozpustnost ve vodě je velmi značně omezená, proto přestože je látkou jedovatou, po požití zůstává jen v trávicím traktu. S danou sloučeninou se setkáme v elektrochemii, je součástí referenční kalomelové elektrody.

3 Praktická část

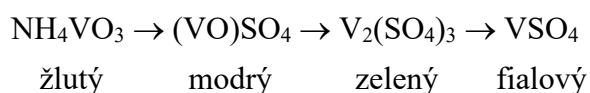
V této části diplomové práce je popsáno dvacet jednoduchých, snadno proveditelných, efektních a zajímavých pokusů s přechodnými kovy. Pokusy byly vybírány tak, aby učitelům nezabrali příliš času na přípravu a studenty bavili. Vybrané pokusy mohou studenty motivovat, mohou jim pomoci osvojit nové informace či získané informace upevnit.

Pokusy jsou řazeny podle toho, s jakým prvkem či jeho sloučeninou je daný pokus prováděn. U každého pokusu je uveden princip, pomůcky a chemikálie, které jsou k provedení pokusu nezbytné. Následuje jednoduchý popis postupu práce a časová náročnost. Dále jsou uvedeny důležité poznámky k pokusu. V závěru je pokus doplněn fotodokumentací průběhu experimentu.

3.1 Pokusy s vanadem

3.1.1 Kovový chameleon^{15, 16}

Princip: Při reakci dochází k postupné redukci vanadu zinkem a vzniku různobarevných sloučenin vanadu.



Pomůcky: baňka (200-250 ml), zátka, Bunsenův ventil, lžičky, váhy, odměrný válec

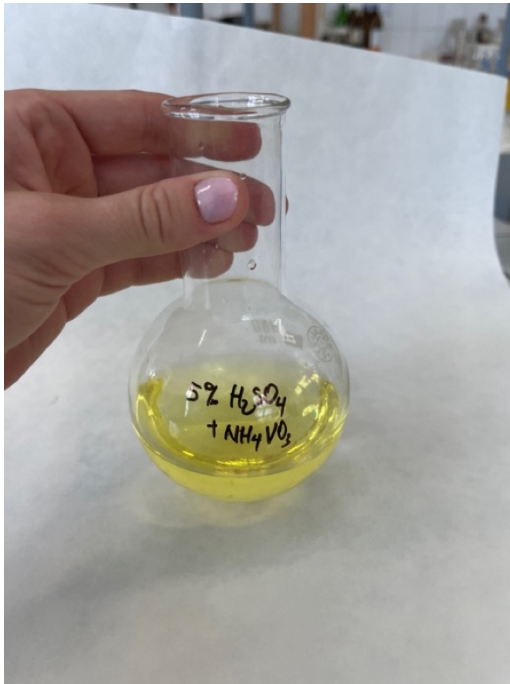
Chemikálie: vanadičnan amonný (NH_4VO_3), 5% kyselina sírová (H_2SO_4), granulovaný zinek (Zn), práškový zinek (Zn)

Postup práce: Do baňky nalijeme 100 ml 5% kyseliny sírové. Navážíme 0,5 g vanadičnanu amonného a rozpustíme ho v připraveném množství kyseliny. Pozorujeme žlutě zbarvený roztok. Do roztoku přidáme několik granulek zinku a pozvolna jím kroužíme. Pozorujeme vznik modrého roztoku. K tomuto roztoku přidáme 2 g práškového zinku a baňku uzavřeme zátkou s Bunsenovým ventilem. Za občasného promíchání necháme probíhat reakci. Nejdříve pozorujeme zelenavý roztok, po delší době roztok fialový.

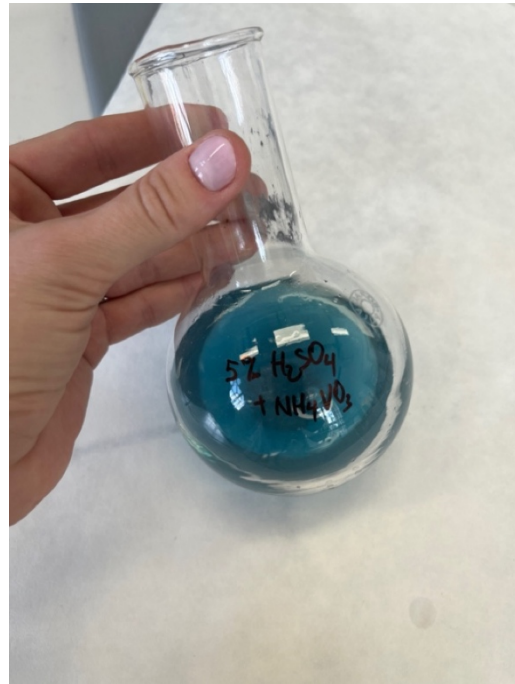
Časová náročnost: Příprava 5 minut, sledování průběhu pokusu 20 minut.

Poznámky: Bunsenův ventil je krátká skleněná trubička umístěná v zátce, na kterou je nasazena krátká skleněná tyčinka (případně trubička se zataveným horním koncem). Obě části jsou spojeny krátkou hadičkou, která je přes spoj proříznutá. Jedná se o jednoduchý přetlakový ventil. Samotná příprava pokusu není příliš časově náročná, delší dobu probíhá změna zbarvení. Proto je dobré využít tento pokus jako demonstrační a postupně v průběhu hodiny žáky upozorňovat na jednotlivé barevné změny.

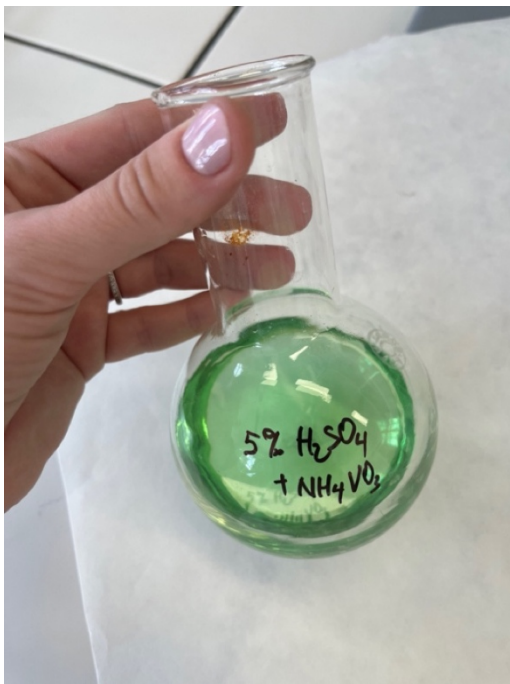
Fotodokumentace:



Obr. 5 Baňka se žlutým roztokem vanadičnanu amonného.



Obr. 6 Baňka s modrým roztokem síranu vanadylu.



Obr. 7 Baňka se zeleným roztokem síranu vanaditého.

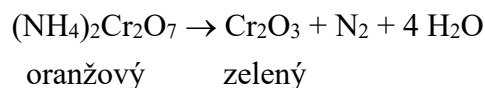


Obr. 8 Baňka s fialovým roztokem síranu vanadnatého uzavřená Bunsenovým ventilem.

3.2 Pokusy s chromem

3.2.1 Chemická sopka¹⁷

Princip: Zahříváním se dichroman amonný rozkládá za vzniku oxidu chromitého, dusíku a vody ve formě vodní páry. Dusík nadnáší částičky oxidu chromitého a pokus připomíná chrlící sopku.



Pomůcky: trojnožka, keramická síťka, lžička, špejle, sirky

Chemikálie: dichroman amonný $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

Postup práce: Na trojnožku s azbestovou síťkou navršíme 2 lžičky dichromanu do tvaru kužele (sopky). Připravenou hromádku zapálíme pomocí hořící špejle. Pozorujeme „chrlící sopku“.

Časová náročnost: Příprava a provedení 5 minut.

Poznámky: Pod trojnožku je vhodné umístit větší arch filtračního papíru, který usnadní úklid vzniklého oxidu chromitého. Tento oxid je možné využít pro následující pokus – Faraonův had. Pokus je možné provádět pouze jako demonstrační, studenti nemohou pracovat s dichromanem amonným. Důvodem je toxicita sloučenin chromu s oxidačním číslem VI.

Fotodokumentace:



Obr. 9 Navršený oranžový dichroman amonný připravený k zapálení.



Obr. 10 Vznikající tmavě zelený oxid chromitý nadnášený dusíkem a vodní párou.



Obr. 11 Vzniklý oxid chromitý je vhodné využít v dalším pokusu.

3.2.2 Faraonův had¹⁷

Princip: Spalováním organických látek dochází ke vzniku uhlíku (který tvoří tělo hada) a oxidu uhličitého (který vytlačuje produkty spalování a tělo hada tím roste).

Pomůcky: větší porcelánová miska, třecí miska s tloučkem, velký arch filtračního papíru, špejle, lžička, kádinka

Chemikálie: oxid chromitý (Cr_2O_3), sacharosa (cukr krupice), hydrogenuhličitan sodný (NaHCO_3), ethanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)

Postup práce: Do větší porcelánové misky nasypeme oxid chromitý, můžeme využít oxid připravený při předchozím pokusu a uprostřed vyhloubíme důlek. Připravíme směs cukru krupice a hydrogenuhličitanu sodného v poměru 9:1, kterou důkladně rozmělníme a promícháme v třecí misce. Takto připravenou směs nasypeme do důlku. Velmi opatrně rovnoměrně navlhčíme pouze oxid chromitý zhruba 15-20 ml ethanolu (směs cukru a hydrogenuhličitanu musí zůstat suchá) a pomocí hořící špejle zapálíme. Po chvíli hoření pozorujeme rostoucího „hada“.

Časová náročnost: Příprava 5 minut, sledování průběhu pokusu 15 minut.

Poznámky: Výhodou tohoto pokusu je využití produktu z předchozího experimentu. Pod porcelánovou misku můžeme umístit větší arch filtračního papíru, nedochází tak k ušpinění pracovní plochy vzniklým uhlíkem. Směs je třeba důkladně promíchat, aby had správně „rostl“. Při zapalování oxidu chromitého musíme být opatrní, aby nedošlo ke vznícení par ethanolu. Pokus většinou slouží jako demonstrační, mohou ho provádět i sami studenti na SŠ, pokud jsou pod přímým soustavným dohledem.

Fotodokumentace:



Obr. 12 Příprava pokusu – směs cukru a hydrogenuhličitanu uprostřed oxidu chromitého.



Obr. 13 Zapálení ethanolem navlhčeného oxidu chromitého, začátek růstu hada.



Obr. 14 Průběh pokusu – rostoucí Faraonův had.

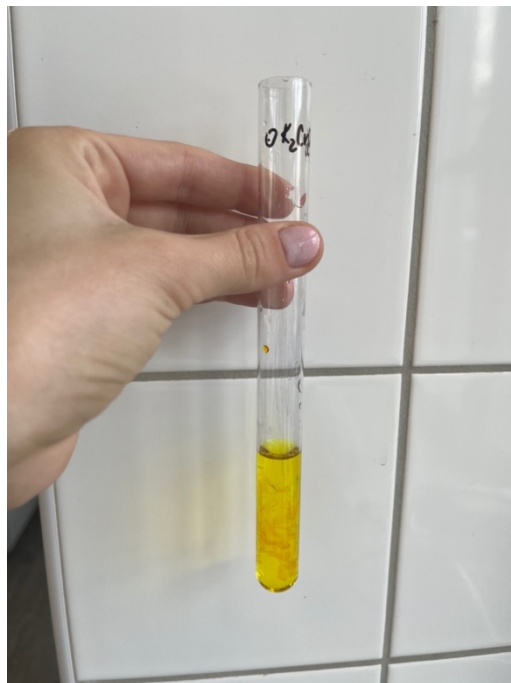
Fotodokumentace:



Obr. 15 Oranžový roztok dichromanu draselného.



Obr. 16 Žlutý roztok chromanu draselného.
Vzniká přidáním hydroxidu draselného.

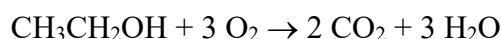
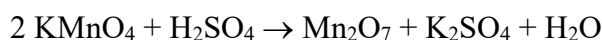


Obr. 17 Znovu vznikající dichroman draselný.
Vzniká přidáním kyseliny sírové.

3.3 Pokusy s manganem

3.3.1 Blesky pod vodou¹⁶

Princip: Jedná se o redoxní reakci, při které dochází k redukci manganistanu draselného na oxid manganistý, který se následně rozkládá na oxid manganičitý a kyslík. Ten naopak způsobuje oxidaci ethanolu za vzniku oxidu uhličitého a vody. Při reakci se uvolňuje velké množství tepla.



Pomůcky: zkumavka, držák na zkumavky, stojan, odměrný válec (10 ml), nálevka, kádinka, lžička

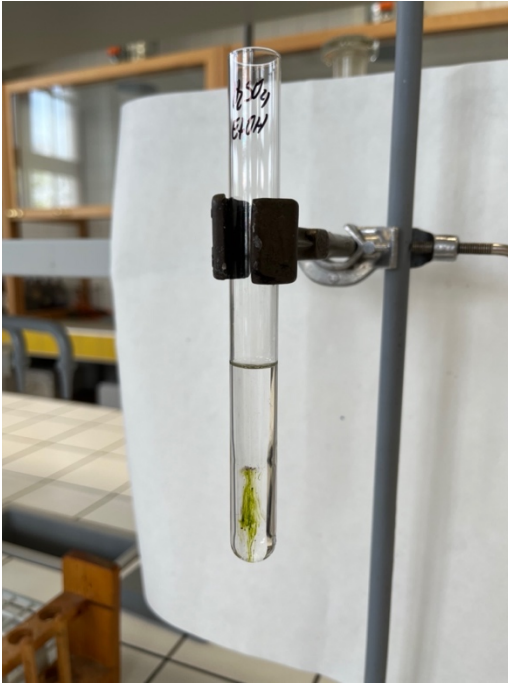
Chemikálie: konc. kyselina sírová (H_2SO_4), ethanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), manganistan draselný (KMnO_4)

Postup práce: Suchou zkumavku umístíme do držáku na zkumavky. Pomocí nálevky do ní nalijeme zhruba 5 ml koncentrované kyseliny sírové, stěny zkumavky musí zůstat suché. Kyselinu převrstvíme stejným množstvím ethanolu tak, aby stěny opět zůstaly suché. Na závěr do zkumavky vhodíme zhruba 3 až 5 krystalků manganistanu draselného. Po několika minutách pozorujeme na rozhraní obou kapalin drobné blesky.

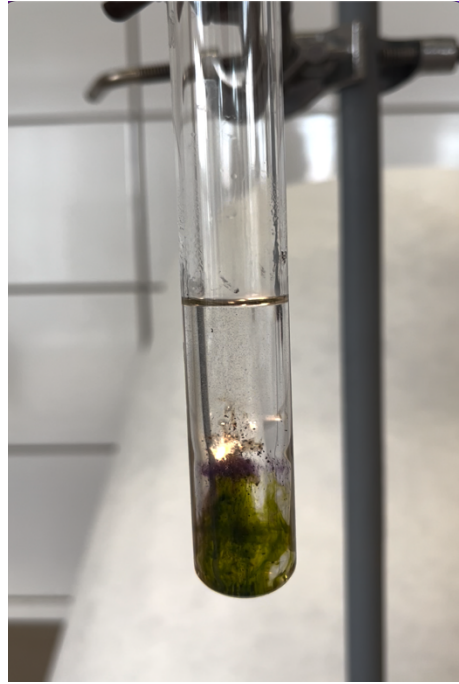
Časová náročnost: Příprava a provedení 10 minut.

Poznámky: Stačí opravdu jen několik málo krystalků, mohlo by jinak dojít k vystříknutí reakční směsi. Blesky nevznikají hned, je třeba vyčkat a nepřidávat další množství manganistanu. Je vhodné pokus provádět v digestoři a s nasazeným obličejovým štítem. Při likvidování reakční směsi je třeba dávat pozor na její možné vznícení – likvidujeme pomalu a opatrně v proudu vody. Pokus je vhodné využít pouze jako demonstrační vzhledem k možnosti vystříknutí reakční směsi.

Fotodokumentace:



Obr. 18 Zelený oxid manganistý.
Vzniká přidáním krystalků manganistanu draselného do zkušavky s ethanolem a kyselinou sírovou.



Obr. 19 „Blesk“, důkaz silně exotermické reakce.

3.3.2 Různé barvy manganu¹⁹

Princip: Manganistan draselný je silné oxidační činidlo, které se v závislosti na prostředí redukuje na různé oxidační stavy. Redukčním činidlem je v těchto reakcích thiosíran sodný. V zásaditém prostředí se fialový manganistan redukuje na zelený manganan draselný. V neutrálním prostředí se redukuje na hnědý oxid manganičitý. V kyselém prostředí je redukován na manganaté kationty, které jsou bezbarvé či slabě narůžovělé. Všechny změny lze pozorovat díky odlišnému zbarvení.

Pomůcky: zkumavky, stojan na zkumavky, kapátka, kádinky

Chemikálie: 1% manganistan draselný (KMnO_4), 10% hydroxid draselný (KOH), 5% thiosíran sodný ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), 10% kyselina sírová (H_2SO_4)

Postup práce: Připravíme 4 zkumavky a do každé pomocí kapátka dáme zhruba 2 ml roztoku manganistanu draselného. První zkumavku necháme jako srovnávací. Do druhé přidáme 1 ml hydroxidu draselného a 1 ml thiosíranu sodného. Do třetí zkumavky přikápneme pouze 1 ml thiosíranu sodného. Do poslední zkumavky přidáme nejprve 1 ml kyseliny sírové a následně opět 1 ml thiosíranu sodného. Pozorujeme barevné změny.

Časová náročnost: Příprava a provedení 10 minut.

Poznámky: Barevné změny jsou poměrně dobře pozorovatelné, je vhodné za zkumavky umístit bílé pozadí pro lepší rozlišení. Je třeba opatrně zacházet s roztokem manganistanu, po potřísnění zůstávají hnědé fleky na kůži. Pokus může být demonstrační či jej mohou provádět sami studenti.

Fotodokumentace:



Obr. 20 Různé barvy manganu

První zkumavka je srovnávací, druhá obsahuje zelený manganan draselný, ve třetí vzniká hnědý oxid manganičitý, ve čtvrté zkumavce najdeme bezbarvé manganaté kationty.

3.3.3 Samozápalná směs¹⁶

Princip: Manganistan draselný je silné oxidační činidlo. Glycerol je jím oxidován a dochází k samozapálení a hoření směsi manganistanu a glycerolu. Můžeme pozorovat fialové zabarvení plamene, které je charakteristické pro draselné kationty.



Pomůcky: lžička, třecí miska s tloučkem, porcelánová miska, miska s pískem, kapátko

Chemikálie: manganistan draselný (KMnO_4), glycerol ($\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$)

Postup práce: Do třecí misky nasypeme asi 2 lžičky manganistanu draselného a krystalky dobře rozmělníme. Navrstvíme je do porcelánové misky, kterou položíme na misku s pískem v digestoři. Na špičce hromádky vytvoříme důlek, do kterého kápneme několik kapek glycerolu. Po chvíli pozorujeme doutnání a samozapálení směsi.

Časová náročnost: Příprava a provedení 5 minut.

Poznámky: Pokus provádíme v digestoři, pokud není digestoř k dispozici, můžeme využít dobře větranou místnost. K samozapálení směsi dochází zhruba po 20-30 vteřinách, proto je třeba vydržet a nepřidávat další množství glycerolu. Vzhledem k této delší časové prodlevě není nutné využívat k nakapání glycerolu pipetu, ale postačí kapátko. Pokus je vhodný využít jako demonstrační, pokud by byly k dispozici digestoře, mohou jej provádět i sami studenti.

Fotodokumentace:



Obr. 21 Navršený manganistan draselný, po přidání glycerolu dojde k jeho vznícení.



Obr. 22 Vznícení manganistanu.
Lze pozorovat slabě fialový plamen, typický pro draselné kationty.

3.4 Pokusy se železem

3.4.1 Tříbarevný inkoust²⁰

Princip: Železité kationty reagují s různými roztoky za vzniku pestrobarevných sloučenin. Reakcí železitých kationtů s thiokyanatem draselným vzniká červenohnědé zbarvení, s hexakynoželeznanem draselným poskytuje modré zbarvení a s kyselinou salicylovou dostaneme fialové zbarvení.

Pomůcky: lžička, kádinky, filtrační papír, štětec

Chemikálie: chlorid železitý (FeCl_3), thiokyanatan draselný (KSCN), hexakynoželeznan draselný ($\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$), kyselina salicylová ($\text{C}_6\text{H}_4\text{COOH}$)

Postup práce: Připravíme si 4 roztoky. Roztok chloridu železitého poslouží jako „inkoust“, zbývajícími roztoky natřeme různé oblasti filtračního papíru a necháme jej uschnout. Na suchý papír napíšeme vzkaz pomocí „inkoustu“. Pozorujeme různobarevný text.

Časová náročnost: Příprava (i s usycháním papíru) 40 minut, provedení 5 minut.

Poznámky: Je vhodné si filtrační papír připravit dopředu, jen je třeba jej uchovávat na tmavém, suchém místě. Pokud nemáme k dispozici štětec, můžeme použít skleněnou tyčinku či špejli. Pokus bývá využíván jako demonstrační, studenti si jej ale mohou vyzkoušet i sami, pokud jsou při práci s kyselinou salicylovou pod přímým soustavným dohledem.

Fotodokumentace:

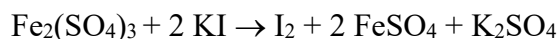


Obr. 23 Barvené sloučeniny železitých kationtů.

S thiokyanatem draselným poskytují červenohnědé zbarvení, s hexakynoželeznanem draselným modré zbarvení a s kyselinou salicylovou zbarvení fialové.

3.4.2 Reakce železitých kationtů s jodidovými anionty²¹

Princip: Jedná se o redoxní reakci, při které dochází k redukci železitých kationtů na železnaté a zároveň k oxidaci jodidových aniontů na jód. Bezbarvý roztok se tak mění v červenooranžový.



Pomůcky: zkumavky, stojan na zkumavky, kapátka, kádinky

Chemikálie: síran železitý ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$), jodid draselný (KI)

Postup práce: Připravíme 2 zkumavky, do každé z nich nalijeme 3 ml síranu železitého. První zkumavku necháme jako srovnávací, do druhé přidáme asi 3 ml roztoku jodidu draselného. Po chvíli ve druhé zkumavce pozorujeme změnu zbarvení.

Časová náročnost: Příprava a provedení 5 minut.

Poznámky: Barevná změna je jednoznačně viditelná ihned po přidání jodidu draselného. Jedná se o pokus, který slouží jednak jako demonstrační, mohou jej však provádět i sami studenti. Jen je třeba přímý soustavný dohled při manipulaci se síranem železitým.

Fotodokumentace:



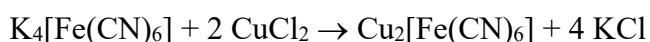
Obr. 24 Bezbarvé roztoky síranu železitého. První zkumavka slouží jako srovnávací.



Obr. 25 Oxidací jodidových aniontů vzniká jód a bezbarvý roztok se mění v červenohnědý.

3.4.3 Vodní had²²

Princip: Chlorid měďnatý je v roztoku hexakynoželeznanu draselného potahován polopropustnou vrstvou hexakynoželeznanu měďnatého. Vzhledem k polopropustnosti dochází k pronikání malých molekul vody k chloridu měďnatému a jeho rozpouštění. Vzniká tak přetlak, slabá vrstva hexakynoželeznanu měďnatého praskne a ven se vylíje roztok chloridu měďnatého, který je opět potažen vrstvou hexakynoželeznanu měďnatého. Celý proces se neustále opakuje a dochází tak k růstu vodního hada.



Pomůcky: užší odměrný válec (50 ml), kádinka, lžička, váha

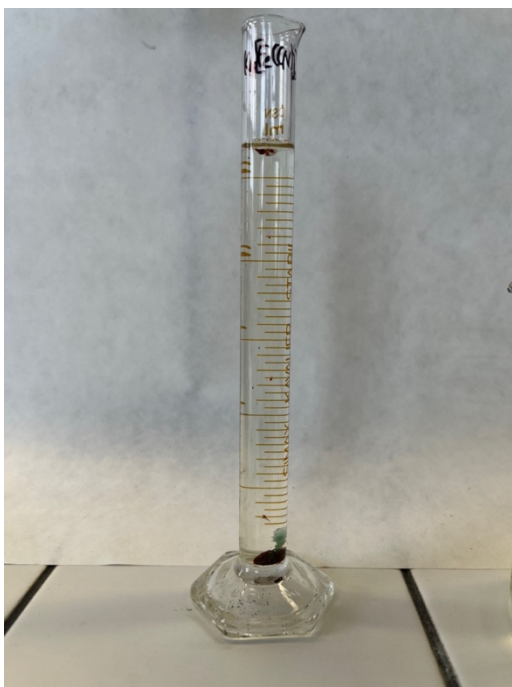
Chemikálie: hexakynoželeznan draselný ($\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$), chlorid měďnatý (CuCl_2), destilovaná voda

Postup práce: Odvážíme 3 g hexakynoželeznanu draselného a rozpustíme je ve 100 ml destilované vody. Roztok přelijeme do užšího odměrného válce a na dno vhodíme větší krystal či hrudku chloridu měďnatého. Pozorujeme růst hada.

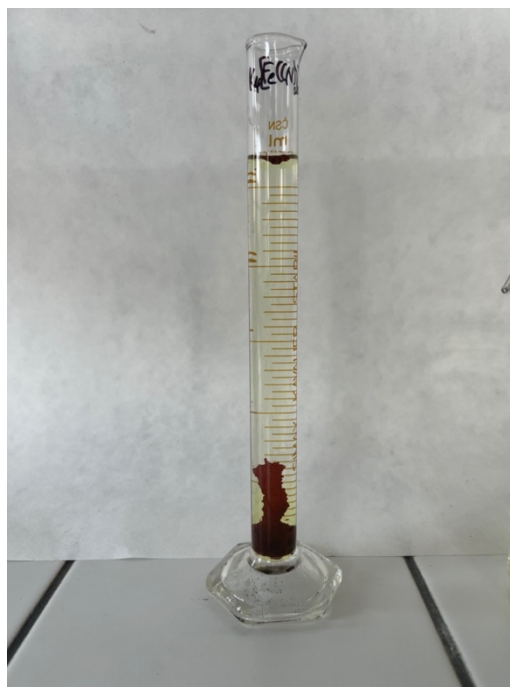
Časová náročnost: Příprava 10 minut, sledování průběhu pokusu 30 minut.

Poznámky: V původním návodu k pokusu byla použita místo odměrného válce zkumavka. V úzkém válci had ale lépe „roste“, proto je pro použití vhodnější. Pozorovat růst hada je možné celou hodinu, ale již po zhruba 10 minutách je had dobře viditelný. Je třeba, aby válec stál na místě, kde nebude docházet k případným otřesům, aby had mohl dobře „růst“. Vzhledem k nutnému delšímu času pro pozorování hada se jedná spíše o pokus demonstrační.

Fotodokumentace:



Obr. 26 Roztok hexakynoželeznatanu draselného s vhozenou hručkou chloridu měďnatého.



Obr. 27 Průběh pokusu – růst „vodního hada“.

3.5 Pokusy s kobaltem

3.5.1 Komplexní sloučeniny kobaltu²³

Princip: Růžový roztok chloridu kobaltnatého poskytuje se zředěným amoniakem modrou až modrozelenou sraženinu hydroxidu kobaltnatého. Tato sraženina se v nadbytku koncentrovaného amoniaku rozpouští za vzniku tmavě zeleného roztoku, který se ihned vlivem oxidace mění v hnědý roztok hexaamminkobaltitých kationtů.

Pomůcky: zkumavky, stojan na zkumavky, kádinky, kapátko

Chemikálie: hexahydrát chloridu kobaltnatého ($\text{CoCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$), konc. i zř. amoniak (NH_3)

Postup práce: Připravíme 3 zkumavky a do každé z nich nalijeme 3 ml roztoku chloridu kobaltnatého. První zkumavka slouží jako srovnávací, do druhé přikápneme asi 3 kapky zředěného amoniaku a pozorujeme změnu zbarvení. Do poslední zkumavky přidáme nejprve 3 kapky zředěného amoniaku a následně přikapáváme amoniak koncentrovaný, dokud nedojde ke změně zbarvení.

Časová náročnost: Příprava a provedení 7 minut.

Poznámky: Změna zbarvení je viditelná ihned po přidání látky. Pro lepší rozlišení barevných změn je vhodné za zkumavky umístit bílé pozadí a případně pracovat s většími množstvími chemikálií. Vzhledem k tomu, že studenti nemohou pracovat s chloridem kobaltnatým, jedná se pouze o pokus demonstrační.

Fotodokumentace:



Obr. 28 Vznik komplexních sloučenin kobaltu.

První zkumavka je srovnávací, ve druhé vzniká modrá sraženina, ve třetí zkumavce se sraženina rozpouští a vzniká hnědý roztok.

3.5.2 Indikátor vlhkosti²²

Princip: Chlorid kobaltnatý se liší barevností dle toho, jestli se jedná o bezvodou či hydratovanou formu. Bezvodý chlorid kobaltnatý je modrý, hydratovaný je růžový. Chlorid kobaltnatý se proto přidává do silikagelu, jako indikátor množství obsažené vlhkosti.

Pomůcky: lžička, třecí miska s tloučkem, odměrný válec, kádinka, bílý hadřík, kapátko

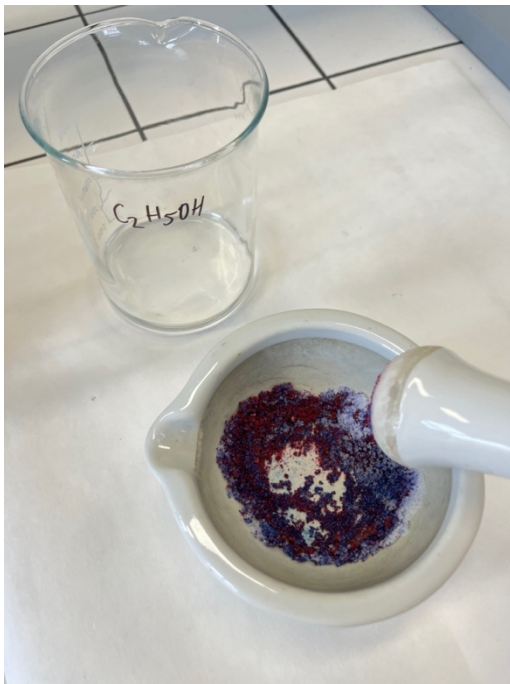
Chemikálie: hexahydrát chloridu kobaltnatého ($\text{CoCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$), thiokyanatan draselný (KSCN), ethanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)

Postup práce: Do třecí misky nasypeme lžičku hexahydrátu chloridu kobaltnatého a lžičku thiokyanatanu draselného. Obě sloučeniny dohromady třeme, dokud nevznikne tmavě modrá látka. Tuto látku rozpustíme v 50 ml ethanolu a připraveným roztokem napustíme bílý hadřík. Usušený hadřík pokapeme vodou a pozorujeme barevnou změnu.

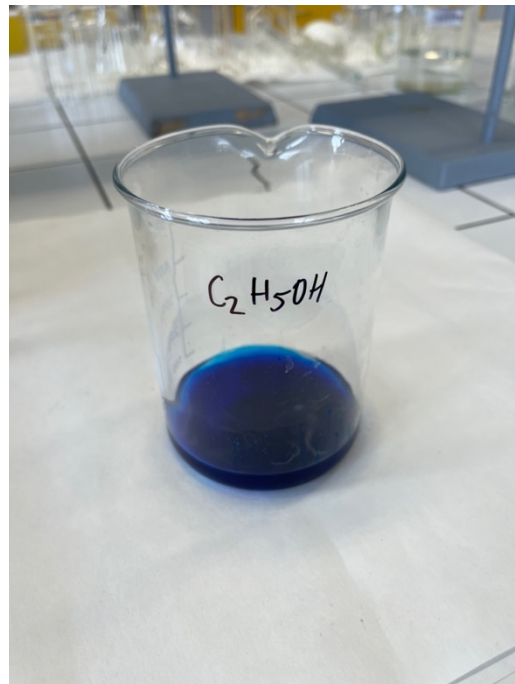
Časová náročnost: Příprava hadříku 7 minut, provedení pokusu 2 minuty.

Poznámky: Doba, za kterou hadřík uschne se velmi liší podle toho, jaké máme k sušení podmínky. Proto je vhodné si hadřík připravit dopředu. Po usušení jej můžeme používat opakovaně. Studenti nemohou pracovat s chloridem kobaltnatým, a proto i tento pokus může být pouze pokusem demonstračním.

Fotodokumentace:



Obr. 29 Směs hexahydrátu chloridu kobaltnatého a thiokyanatanu draselného.



Obr. 30 Rozpuštění vzniklé tmavě modré látky v ethanolu.



Obr. 31 Srovnání napuštěného a bílého hadříku.



Obr. 32 Usušený hadřík pokapaný vodou.
Změna zbarvení modrého bezvodého chloridu kobaltnatého v růžovofialový hydratovaný chlorid kobaltnatý.

3.6 Pokusy s niklem

3.6.1 Komplexní sloučeniny niklu²⁴

Princip: Světle zelený roztok chloridu nikelnatého poskytuje s amoniakem různobarevné komplexní sloučeniny. Se zředěným amoniakem dochází ke vzniku modré sraženiny hydroxidu nikelnatého. Tato sraženina se v nadbytku koncentrovaného amoniaku rozpouští za vzniku modrofialového roztoku.

Pomůcky: zkumavky, stojan na zkumavky, kádinky, kapátko

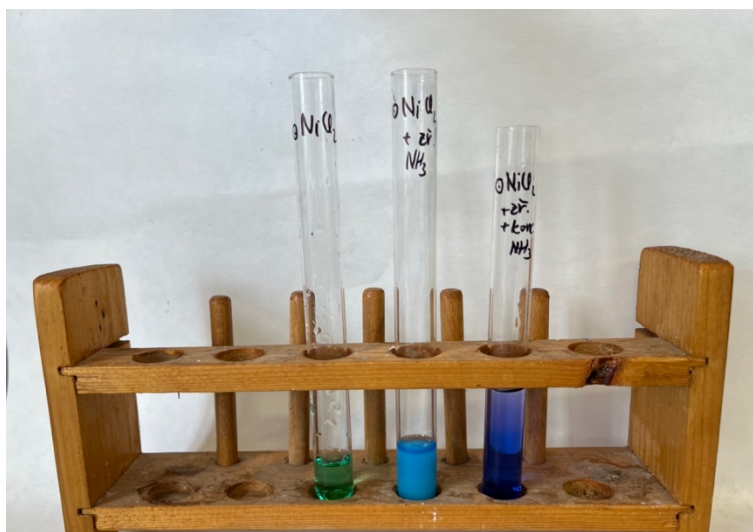
Chemikálie: hexahydrát chloridu nikelnatého ($\text{NiCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$), konc. i zř. amoniak (NH_3)

Postup práce: Připravíme 3 zkumavky a do každé z nich nalijeme 3 ml roztoku chloridu nikelnatého. První zkumavku necháme jako srovnávací, do druhé přikápneme asi 3 kapky zředěného amoniaku a pozorujeme změnu zbarvení. Do třetí zkumavky přidáme nejprve 3 kapky zředěného amoniaku a následně přikapáváme amoniak koncentrovaný, dokud nedojde k viditelné změně zbarvení.

Časová náročnost: Příprava a provedení 7 minut.

Poznámky: Změna barvy je viditelná ihned po přidání látky. Pro lepší rozlišení barevných změn je vhodné za zkumavky umístit bílé pozadí a případně pracovat s většími množstvími chemikálií. Studenti nemohou pracovat s chloridem nikelnatým, proto se jedná o demonstrační pokus, který provádí pouze vyučující.

Fotodokumentace:

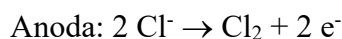
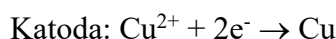


Obr. 33 Vznik komplexních sloučenin niklu. První zkumavka srovnávací, ve druhé vzniká modrá sraženina, ve třetí zkumavce se sraženina rozpouští a vzniká modrofialový roztok.

3.7 Pokusy s mědí

3.7.1 Příprava mědi elektrolýzou¹⁷

Princip: Elektrolýza je jeden ze způsobů, jakým lze připravovat kovy. Při průchodu stejnosměrného proudu kapalinou s disociovanými ionty dochází k pohybu kationtů k záporně nabitě elektrodě a aniontů ke kladně nabitě elektrodě. Na elektrodách následně dochází k chemickým reakcím a vzniku různých produktů. V tomto případě vzniká na katodě měď a na anodě chlor.



Pomůcky: U-trubice, vodiče pro připojení ke zdroji, zdroj stejnosměrného napětí, 2 krokosvorky, 2 uhlíkové elektrody, stojan, křížové svorky, držák pro U-trubicu

Chemikálie: 20% chlorid měďnatý (CuCl_2)

Postup práce: Nejprve sestavíme aparaturu dle návodu. Ke stojanu připevníme pomocí křížové svorky a držáku U-trubicu a vložíme do ní uhlíkové elektrody. Katodu – zápornou elektrodu – umístíme vlevo a anodu – kladnou elektrodu – vpravo. Do U-trubice nalijeme 20% roztok chloridu měďnatého tak, aby elektrody nebyly zcela potopené. K elektrodám připojíme krokosvorky a ty spojíme se zdrojem stejnosměrného napětí. Pozorujeme děje, které probíhají na elektrodách. Na katodě se začne vylučovat povlak mědi, na anodě vidíme unikající bublinky chloru.

Časová náročnost: Příprava a provedení 20 minut.

Poznámky: Je třeba dobře odhadnout množství chloridu měďnatého, aby nedošlo k vylití. Nalijeme nejprve raději méně, přidat je možné později. Vzniklou měď můžeme dokázat reakcí s kyselinou dusičnou – zředěnou i koncentrovanou. Chlor, který vzniká na anodě, můžeme dokázat pomocí navlhčeného jodoškrobového papírku, který v přítomnosti chloru zčerná. Studenti mohou pokus provádět sami pod dozorem vyučujícího. Pokus lze využít také jako demonstrační, protože elektrodové děje mohou probíhat bez nutnosti soustavného dohledu a výsledné produkty můžeme dokázat například na konci hodiny.

Fotodokumentace:



Obr. 34 Příprava aparatury s elektrodami a roztokem chloridu měďnatého.



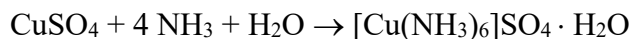
Obr. 35 Průběh elektrolýzy, dokazování vznikajícího chloru na anodě.



Obr. 36 Výsledky elektrolýzy.
Na katodě vznikl povlak červenohnědé mědi, na anodě jsme pomocí navlhčeného jodoškrobového papírku dokázali vznik chloru.

3.7.2 Příprava komplexní sloučeniny²⁵

Princip: Monohydrát síranu tetraamminměďnatého vzniká působením nadbytku amoniaku na roztok síranu měďnatého. Jedná se o příklad tvorby barevných komplexních sloučenin přechodných prvků.



Pomůcky: lžička, váhy, kádinka, skleněná tyčinka, odměrný válec, Büchnerova nálevka, filtrační papír, odsávací baňka, vývěva

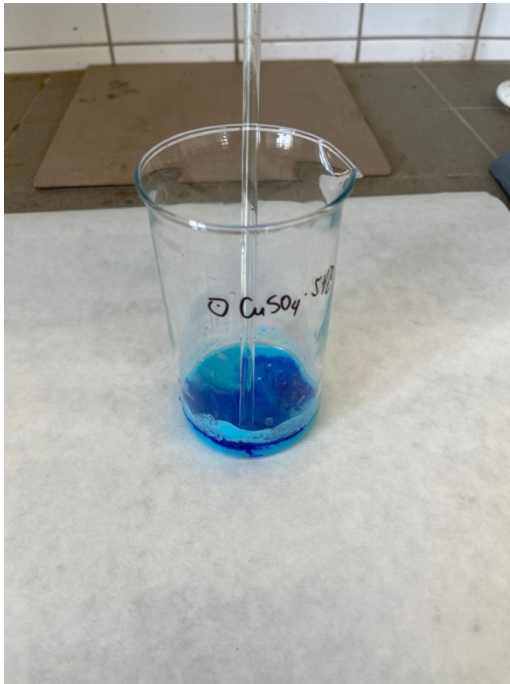
Chemikálie: pentahydrát síranu měďnatého ($\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$), konc. amoniak (NH_3), ethanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), destilovaná voda

Postup práce: Odvážíme 5 g modré skalice a toto množství rozpustíme ve 20 ml destilované vody. V digestoři k danému roztoku postupně přidáváme koncentrovaný roztok amoniaku, dokud se zelenomodrá sraženina opět nerozpustí na tmavě modrý roztok. Vzniklý roztok vlijeme do dvojnásobného množství ethanolu (asi 50 ml). Vyloučenou modrofialovou sraženinu odfiltrujeme na Büchnerově nálevce a promyjeme malým množstvím ethanolu. Necháme pozvolna sušit na vzduchu.

Časová náročnost: Příprava a provedení 20 minut.

Poznámky: Pokud nemáme k dispozici digestoř, pracujeme v dobře větrané místnosti, z důvodu manipulace s koncentrovaným amoniakem. Vzniklou sraženinu můžeme nechat sušit do dalšího setkání. Tento pokus je vhodný pro laboratorní cvičení, studenti mohou s látkami sami manipulovat, pokud jsou pod přímým soustavným dohledem. Pro demonstraci se jedná o poměrně časově náročný pokus.

Fotodokumentace:



Obr. 37 Příprava sraženiny.

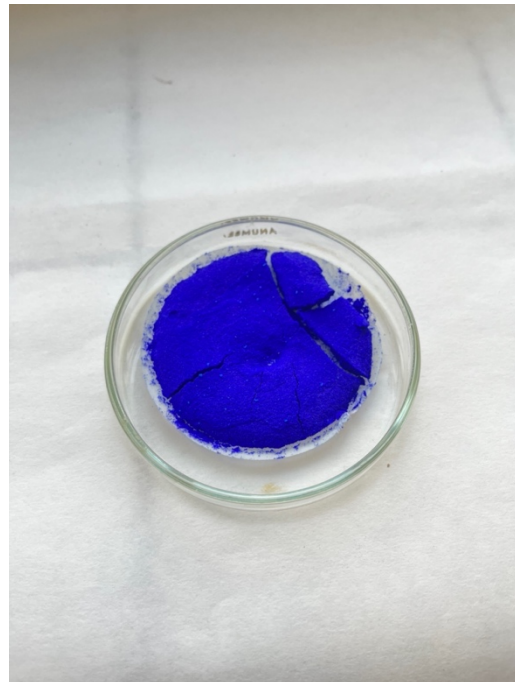
Smícháním roztoku pentahydrátu síranu měďnatého a koncentrovaného amoniaku.



Obr. 38 Smíchání vzniklého roztoku s ethanolem.



Obr. 39 Odfiltrování vzniklé sraženiny na Büchnerově nálevce.



Obr. 40 Monohydrát síranu tetraamminměďnatého po usušení.

3.8 Pokusy s mědí a zinkem

3.8.1 „Stříbro“ a „zlato“ z mědi²⁶

Princip: Čisté měděné plíšky mění při zahřívání v roztoku hydroxidu sodného s práškovým zinkem svou měděnou barvu na stříbrnou. Pokud tyto plíšky následně zahřejeme v plameni, dochází ke změně na zlatou barvu. Nejspíše dochází k elektrochemickému vylučování zinku na povrchu mědi, což způsobuje změnu barvy z měděné na stříbrnou. Pokud následně zahříváme plíšek v plameni, zinek prostupuje do mědi a vzniká mosaz – slitina mědi a zinku.

Pomůcky: kádinky, lžička, odměrný válec, chemické kleště, filtrační papír, kahan, trojnožka, azbestová síťka, sirky

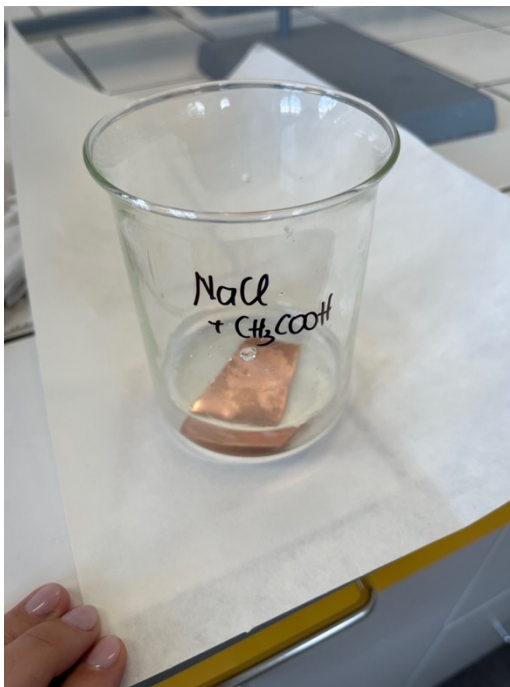
Chemikálie: chlorid sodný (NaCl), 5% kyselina octová (CH₃COOH), plíšky mědi (Cu), práškový zinek (Zn), 20% hydroxid sodný (NaOH), destilovaná voda

Postup práce: Do kádinky nasypeme 6 lžic chloridu sodného a přilijeme 60 ml 5% roztoku kyseliny octové. Do připravené směsi vložíme očištěné měděné plíšky a promýváme je tak dlouho, dokud se jejich povrch neleskne. Lesknoucí se plíšky vyjmeme kleštěmi a usušíme je pomocí filtračního papíru – nedotýkáme se jich. Do větší kádinky (400 ml) nasypeme 4 lžičky práškového zinku a zhruba do poloviny přilijeme 20% roztok hydroxidu sodného. Kádinku zvolna zahříváme, obsah nesmí přijít k varu. Do horkého roztoku vložíme osušené měděné plíšky a asi 5 minut necháme zahřívát, občas je promícháme. Po 5 minutách plíšky vyndáme pomocí chemických kleští, vložíme je do studené vody a důkladně umyjeme. Pozorujeme změnu zbarvení. Očištěné a usušené plíšky zahříváme ve vnější zóně plamene, dokud nezmění barvu. Na závěr je pro snadnější manipulaci opět ochladíme ve studené vodě. Pozorujeme barevnou změnu.

Časová náročnost: Příprava a provedení 20 minut.

Poznámky: Plíšky opravdu dlouho chladíme ve studené vodě, aby nedošlo k nepříjemnému popálení. Pokus mohou provádět studenti, pokud jsou pod přímým dohledem. Jedná se o vhodný laboratorní pokus. Je možné jej využít také jako demonstrační pokus, avšak je třeba počítat s větší časovou náročností.

Fotodokumentace:



Obr. 41 Odmaštění očištěných měděného plíšků.



Obr. 42 Zahřívání měděného plíšku ve směsi zinku a hydroxidu sodného.



Obr. 43 Změna barvy z červenohnědé na stříbrnou.



Obr. 44 Zahřívání v plameni kahanu a změna barvy ze stříbrné na zlatou.

3.8.2 Galvanické články²⁷

Princip: Galvanický článek je chemický zdroj elektrické energie. Skládá se ze dvou poločlánků – jedná se o 2 elektrody ponořené v elektrolytu.

Pomůcky: širší kádinka/skleněná vanička, krokosvorky, vodiče, citlivý voltmetr (0-10V)

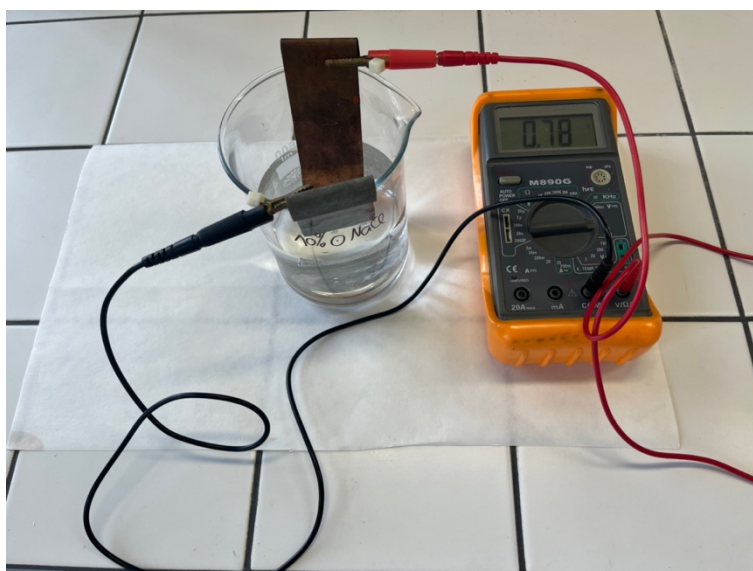
Chemikálie: 10% chlorid sodný (NaCl), elektroda zinková (Zn), elektroda měděná (Cu)

Postup práce: Do široké kádinky či skleněné vaničky nalijeme asi do poloviny 10% roztok chloridu sodného. Na opačné strany nádoby umístíme elektrody tak, aby se nedotýkaly. Na jednu stranu dáme zinkovou elektrodu, na druhou elektrodu měděnou. Pomocí krokosvorek připojíme elektrody k voltmetru. Pozorujeme, jaké napětí galvanickým článkem prochází.

Časová náročnost: Příprava a provedení 10 minut.

Poznámky: Je třeba využít opravdu širší kádinku, aby se elektrody navzájem nedotýkaly a měření proběhlo v pořádku. Jako elektrody můžeme využít různé další kovy, které máme k dispozici. Pokus je velmi bezpečný, a proto je vhodný pro laboratorní cvičení, kdy žáci mohou zkusit různé kombinace elektrod a zjišťovat jaká napětí jimi prochází. Možné je tento pokus využít také jako demonstrační.

Fotodokumentace:

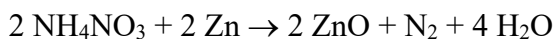


Obr. 45 Galvanický článek.
Složený z měděné katody, zinkové anody a roztoku chloridu sodného.

3.9 Pokusy se zinkem

3.9.1 Ohňostroj s vodou¹⁷

Princip: Reakce práškového zinku s dusičnanem amonným je silně exotermická. Chlorid amonný v ní vystupuje jako katalyzátor a iniciována je vodou.



Pomůcky: lžička, filtrační papír, váhy, porcelánová miska, pipeta

Chemikálie: chlorid amonný (NH_4Cl), dusičnan amonný (NH_4NO_3), práškový zinek (Zn), destilovaná voda

Postup práce: Reakční směs si připravíme navážením 1 g chloridu amonného a 4 g dusičnanu amonného. Směs na filtračním papíru promícháme, přidáme 4 g práškového zinku, opět promícháme a následně sesypeme na hromádku do porcelánové misky. Porcelánovou misku umístíme do digestoře. Na vrcholu hromádky vyhloubíme malý důlek a z bezpečné vzdálenosti pomocí pipety kápneme vodu. Poodstoupíme a pozorujeme vzplanutí směsi světle modrým plamenem.

Časová náročnost: Příprava a provedení 7 minut.

Poznámky: Reakční směs raději umístíme do digestoře z důvodu bezpečnosti – produkty se mohou rozletět do velké vzdálenosti. Pro nakapání vody používáme opravdu spíše pipetu než kapátko, kvůli větší vzdálenosti od směsi. Ke vznícení dochází zhruba za 2 vteřiny po přikápnutí vody, je nutné pracovat rychle avšak opatrně. Tento pokus mohou provádět studenti sami jako laboratorní, je však nutné dbát na dostatečnou vzdálenost. Využít jej můžeme také jako demonstrační.

Fotodokumentace:



Obr. 46 Směs dusičnanu amonného, práškového zinku a chloridu amonného (katalyzátor).



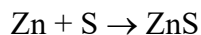
Obr. 47 Iniciační reakce kapkou vody.



Obr. 48 Vzplanutí směsi světle modrým plamenem – silně exotermická reakce.

3.9.2 Historický fotoblesk²⁸

Princip: Reakce práškové síry a práškového zinku je po iniciaci nažhaveným drátem silně exotermická.



Pomůcky: lžička, filtrační papír, cihla, silnější drát, kahan, sirky

Chemikálie: prášková síra (S), práškový zinek (Zn)

Postup práce: Na filtračním papíru smícháme 2 díly práškového zinku a 1 díl práškové síry. Dobře zhomogenizujeme a navršíme na cihlu umístěnou v digestoři. V plameni kahanu nažhavíme drát a směs zapálíme. Pozorujeme záblesk a vznik sulfidu zinečnatého.

Časová náročnost: Příprava a provedení 5 minut.

Poznámky: Pokud nejsou látky dostatečně jemné, použijeme třecí misku a dobře je rozmělníme a promícháme. Drát je nutné rozžhavit až do červena. Pracujeme v digestoři, protože dochází ke značnému rozptýlení produktu reakce do okolí. Pokud je k dispozici dostatečné množství digestoří, mohou studenti pokus provádět také sami. Většinou tento pokus slouží jako demonstrační.

Fotodokumentace:



Obr. 49 Směs práškového zinku a práškové síry.



Obr. 50 Jasně žlutý záblesk – exotermická reakce.

3.10 Pokusy se rtuťí

3.10.1 Termobarvy – chemický teploměr²²

Princip: Při reakci dochází ke vzniku tetrajodortuťnatanu stříbrného, který je při běžné teplotě žlutá velmi jemná sraženina, která při teplotě vyšší než 50°C mění barvu na červenou.

Pomůcky: lžička, kádinky, váhy, odměrný válec, Büchnerova nálevka, filtrační papír, odsávací baňka, vývěva, skleněná tyčinka, skleněná trubička, kahan, sirky

Chemikálie: dusičnan rtuťnatý ($\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$), jodid draselný (KI), dusičnan stříbrný (AgNO_3), destilovaná voda

Postup práce: Ve větší kádince rozpustíme 2,5 g dusičnanu rtuťnatého v malém množství destilované vody. Ve druhé kádince připravíme roztok 5 g jodidu draselného ve 100 ml destilované vody. Tento roztok za míchání postupně přidáváme k roztoku dusičnanu rtuťnatého, dokud se vznikající červená sraženina nerozpustí na bezbarvý roztok. K takto připravenému roztoku přidáváme roztok 1,3 dusičnanu stříbrného ve 30 ml destilované vody, dokud vzniká žlutá sraženina. Vzniklou sraženinu odsajeme na Büchnerově nálevce a necháme usušit při laboratorní teplotě. Suchou sraženinu vpravíme do skleněné trubičky, kterou zatavíme. Pozorujeme změnu zbarvení po ponoření do horké vody.

Časová náročnost: Příprava a provedení 30-45 minut.

Poznámky: Doba sušení záleží na podmínkách učebny, vhodné je nechat sušit sraženinu do dalšího setkání. Připravenou sraženinu můžeme také vpravit do zkumavky a uzavřít ji zátkou. Vzhledem k toxicitě sloučenin rtuti, není možné, aby pokus prováděli studenti sami. Mohou si však vyzkoušet práci se zatavenou trubičkou. Příprava tetrajodortuťnatanu stříbrného zabere poměrně dost času, proto je dobré si jej připravit dopředu a studentům ukázat už pouze změnu zbarvení.

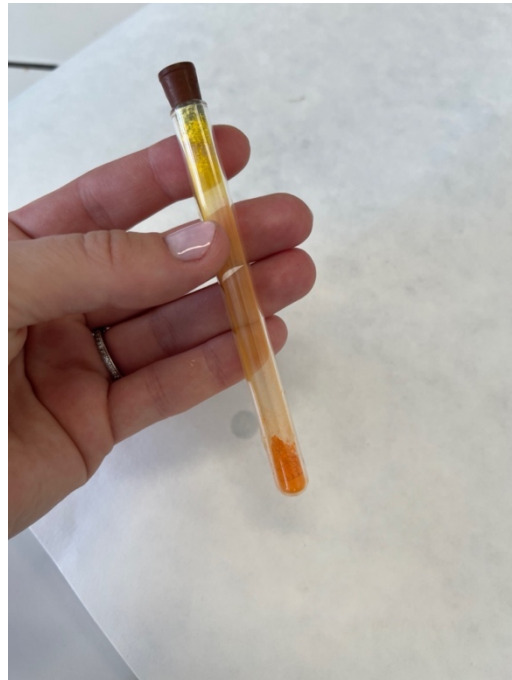
Fotodokumentace:



Obr. 51 Sraženina tetrajodortuťnatanu stříbrného – za běžné teploty má žlutou barvu.



Obr. 52 Změna zbarvení vlivem zvýšené teploty.



Obr. 53 Sraženina tetrajodortuťnatanu stříbrného – za vyšší teploty má oranžovou barvu.

4 Didaktická část

Didaktická část diplomové práce je zaměřena na ukotvení učiva o přechodných prvcích v rámci kurikulárních dokumentů a přípravu pracovních listů, které budou sloužit pro opakování a procvičování tohoto učiva.

4.1 Rámcový vzdělávací program

Rámcové vzdělávací programy (RVP) jsou dokumenty, které tvoří obecně závazný rámec pro tvorbu dalších potřebných dokumentů, především školního vzdělávacího programu. Rámcové vzdělávací programy jsou rozděleny na RVP pro předškolní vzdělávání (RVP PV), základní vzdělávání (RVP ZV), gymnaziální vzdělávání (RVP G) a střední odborné vzdělávání (RVP SOV). Pro potřeby této práce je dále využíván rámcový vzdělávací program pro gymnázia (RVP G). V rámcovém vzdělávacím programu jsou stanoveny konkrétní cíle, formy a povinný obsah vzdělávání. Zároveň zde najdeme podmínky průběhu a ukončení vzdělávání a zásady, dle kterých má být tvořen školní vzdělávací program. Nezbytnou součástí jsou informace o podmínkách pro vzdělávání žáků se speciálními vzdělávacími potřebami a dalších pro fungování školy nezbytných podmínkách – např. organizačních, bezpečnosti apod.²⁹

Rámcový vzdělávací program (RVP G) ve svém obsahu stanovuje základní vzdělávací úroveň, které mají dosáhnout všichni absolventi gymnázií. Dále specifikuje úroveň klíčových kompetencí a vymezuje vzdělávací obsah prostřednictvím učiva a očekávaných výstupů.³⁰

Vzdělávací obsah na gymnáziích je rozdělen do osmi vzdělávacích oblastí. Tyto oblasti tvoří buď jeden vzdělávací obor nebo několik příbuzných vzdělávacích oborů dohromady. Chemie je společně s fyzikou, biologií, geografii a geologií zařazena do vzdělávací oblasti s názvem Člověk a příroda. Vzdělávací obsah předmětu chemie je tvořen učivem obecné chemie, anorganické chemie, organické chemie a biochemie. Každá část vzdělávací oblasti obsahuje přesné očekávané výstupy, kterých má žák dosáhnout.³⁰

Přechodné prvky jsou dle RVP G zařazeny do vzdělávacího obsahu anorganické chemie. Učivo je charakterizováno jako d-prvky a jejich sloučeniny. Mezi očekávané výstupy patří využívání názvosloví při popisu sloučenin, charakteristika významných

zástupců prvků a jejich sloučenin a také zhodnocení jejich využití v praxi. Žáci by měli být schopni také odhadnout průběh anorganických reakcí a využívat základní znalosti kvalitativní a kvantitativní analýzy pro praktický význam vybraných sloučenin.³⁰

Na základě rámcového vzdělávacího programu a všech pravidel a podmínek, které stanovuje, si školy vytváří svůj školní vzdělávací program.

4.2 Školní vzdělávací program

Školní vzdělávací program (ŠVP) je kurikulární dokument, který si tvoří jednotlivé školy tak, aby byl v souladu s rámcovým vzdělávacím programem (RVP). Obsah vzdělávání je uspořádán do předmětů či odlišných ucelených částí – např. modulů. Školní vzdělávací program ve svém obsahu stanovuje konkrétní cíle vzdělávání, časový plán, obsah a různé formy vzdělávání, podmínky pro vzdělávání žáků se speciálními vzdělávacími potřebami a další důležité podmínky – materiální, personální či bezpečností.³¹

Pro ukázkou toho, jak je možné předmět chemie vyučovat na gymnáziu, byl zvolen ŠVP Gymnázia Plzeň na Mikulášském náměstí. Na tomto gymnáziu jsou dvě různá zaměření, mezi kterými si studenti mohou volit. Jedná se všeobecné zaměření a zaměření na matematiku a přírodní vědy. Vzhledem k tomu i jejich školní vzdělávací plán a výuka celkově má dvě podoby.

Pokud se student vzdělává v rámci zaměření matematika a přírodní vědy, předmět chemie je vyučován v 1. až 4. ročníku vyššího stupně gymnázia. Učivo o přechodných prvcích je primárně vyučováno ve druhém ročníku jako součást tématu názvosloví anorganických sloučenin a tématu d-prvků a jejich sloučenin. Učivo je zaměřeno na výběr přechodných prvků – titan, vanad, chrom, wolfram, mangan, železo, kobalt, nikl, platina, měď, stříbro, zlato, zinek a rtuť a jejich sloučenin. Částečně se s ním setkáme také v prvním ročníku u tématu periodické tabulky prvků.³²

Při všeobecném zaměření je chemie vyučována v 1. až 3. ročníku vyššího gymnázia. Přechodné prvky jsou vyučovány také ve druhém ročníku. Vzhledem k tomu, že je při tomto zaměření zkrácena výuka chemie o jeden rok, bude i objem učiva chemie redukován. Nedochozí k podrobnému probírání učiva.³³

Hodinová dotace pro předmět chemie je v každém ročníku dvě hodiny týdně. V prvním a třetím ročníku je navíc jednou za 14 dní přidáno dvouhodinové laboratorní cvičení z chemie. V posledním ročníku mají studenti možnost si zvolit také seminář z chemie, který je zaměřen především na přípravu k maturitní zkoušce z chemie. Časová dotace pro přechodné kovy je šest hodin.

4.3 Pracovní listy

Kromě samotného získávání znalostí během školní výuky, je zcela nezbytné tyto vědomosti vždy řádně procvičit a zopakovat. Díky tomu si žáci a studenti zapamatují mnohem více, než když k procvičování nedochází.

Možností, kterými je vhodné procvičovat probrané učivo, je několik. Můžeme žákům vytvořit křížovku, připravit hru, vyrobit osmisměrku, rozřazovačku, pokládat otázky apod. Nebo můžeme všechno spojit dohromady a připravit pracovní list, při jehož doplňování si žáci procvičí vybrané učivo hned několika různými způsoby. V dnešní době jsou navíc velmi často využívány nejrůznější on-line webové aplikace, ve kterých žáci nejen procvičují vybrané učivo, ale také rozvíjejí své digitální kompetence, což je zcela jistě žádoucí. Pro takové procvičování je naprosto nezbytné, aby škola disponovala dostatečným množstvím počítačů či tabletů. V dnešní době (bohužel) na mnohých školách není dobrá digitální vybavenost, proto bylo v rámci této práce vytvořeno několik „papírových“ pracovních listů, které je možné využít nejen k procvičování učiva, ale také k písemnému opakování.

Vzhledem k podobnosti mnohých přechodných kovů, jsou také pracovní listy zaměřeny vždy na opakování a procvičování několika přechodných prvků dohromady.

4.3.1 Pracovní list – titan, vanad, chrom, mangan

První pracovní list se týká prvků, které najdeme v periodické soustavě prvků ve čtvrté periodě IV.B, V.B, VI.B a VII.B skupiny. Jedná se o pracovní list zaměřený na zopakování nejen znalostí nabitých při teoreticky zaměřených hodinách chemie, ale také při experimentech prováděných učitelem či žáky samotnými.

První dvě cvičení pracovního listu jsou zaměřena na opakování základních informací o všech přechodných prvcích. Tyto informace jsou zásadní, a proto je třeba s nimi pracovat hned od začátku tématu přechodných kovů. Nejprve je důležité, aby žáci

věděli, jaké prvky patří mezi přechodné. Zároveň je zcela jistě vhodné, aby žáci rozuměli různým označením přechodných prvků a aby dokázali určit, kde se v periodické soustavě prvků nacházejí.

Následují cvičení, která se vážou přímo k jednotlivým prvkům – titan, vanad, chrom, mangan. Ve třetím cvičení mají žáci za úkol přiřadit odborné mineralogické názvy k názvům chemickým a ty pak spojit s chemickými vzorci. Pokud by se žáci s mineralogickými pojmy v hodinách nesetkali, určitě je možné, aby je dohledali na internetu. Učí se tak vyhledávat a správně aplikovat důležité informace.

Další cvičení je založeno na práci s oxidačními čísly. Žáci nejprve u jednotlivých prvků doplňují maximální oxidační číslo, jakého může prvek v běžných sloučeninách dosáhnout. Následně je jejich úkolem napsat příklad takové sloučeniny a také její chemický vzorec.

Následuje úkol, při kterém žáci rozhodují a správnosti jednotlivých tvrzení. Žáci dle jejich uvážení kroužkují písmena a z nich následně sestavují tajenku. Pojem v tajence se vztahuje k pokusům, které jsou také součástí této diplomové práce a učitelé je mohou při výuce velmi snadno využít. Pokud by se žáci s pojmem v tajence nesetkali, opět by bylo možné žákům dovolit si danou informaci vyhledat na internetu.

V dalším cvičení mají žáci za úkol co nejpodrobněji popsat jakýkoli pokus, se kterým se v rámci hodin, které byly věnovány těmto prvkům, setkali. Opět zde platí jednoduché – pokud se žáci v rámci hodin s žádným pokusem neseznámili, je možné využít internet či daný úkol vynechat.

Závěrečné cvičení je založeno na práci s chemickými rovnicemi. Žáci doplňují vše, co je třeba – vzorce sloučenin i stechiometrické koeficienty. Následně žáci k rovnicím doplňují názvy pokusů, u kterých se s reakcemi setkáme. Pokud by nebyly pokusy součástí výuky, je možné přiřazování reakcí k názvům pokusů vynechat.

PRACOVNÍ LIST – TITAN, VANAD, CHROM, MANGAN

1. Z uvedených prvků zakroužkujte ty, které patří mezi kovy přechodné.

měď	zlato	hliník	rtuť	mangan	cín
hořčík	titan	zinek	draslík	železo	chrom
vanad	lithium	kobalt	stříbro	olovo	nikl

2. Svými slovy vysvětlete, proč přechodné prvky označujeme jako tzv. d–prvky. Jak se označují v periodické soustavě prvků tyto skupiny přechodných kovů?

3. Spojte názvy minerálů s jejich chemickými názvy a chemickými vzorci.

rutil	oxid mangančitý	FeCr ₂ O ₄
chromit	oxid titaničitý	TiO ₂
pyroluzit	oxid železnato-chromitý	MnO ₂

4. V následující tabulce doplňte potřebné údaje. Maximální oxidační číslo prvku v běžných sloučeninách, vybraný příklad sloučeniny s tímto oxidačním číslem a její vzorec.

	maximální oxidační číslo	příklad sloučeniny	vzorec sloučeniny
titan			
vanad			
chrom			
mangan			

5. U následujících tvrzení zakroužkujte písmena podle toho, zda je jedná o tvrzení pravdivá či nikoli. Chybná tvrzení opravte. Zakroužkovaná písmena tvoří tajenku. Kde jste se s pojmem v tajence setkali?

	ANO	NE
1. Čistý chrom je používán pro ochranu povrchu látek.	F	K
2. Jemně rozptýlený titan a mangan může být samozápalný.	A	S
3. Mangan používáme především v potravinářském průmyslu.	D	R
4. Chrom patří mezi velmi tvrdé elementární kovy.	A	E
5. Náhrady kloubních hlavic jsou často vyráběny z vanadu.	L	O
6. Titan, vanad, mangan i chrom patří mezi modrolesklé kovy.	M	N
7. Mangan je možné využít pro výrobu slitin.	Ů	Í
8. Nejvyšším oxidačním číslem titanu ve sloučeninách je číslo pět.	Z	V
9. Slitina zvaná ferrovanad je tvořena železem a vanadem.	H	Č
10. Titan je díky vysoké pevnosti využíván pro výrobu slitin.	A	Ě
11. Variabilita oxidačních čísel sloučenin chromu je malá.	Ž	D

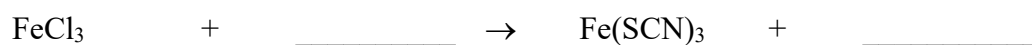
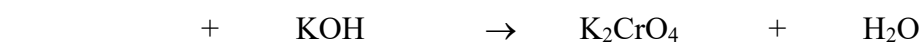
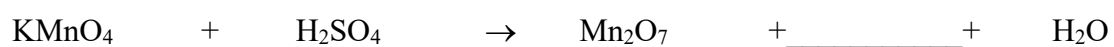
TAJENKA:

6. Vyberte si jeden pokus, který vás v hodinách věnovaných těmto prvkům zaujal a co nejpodrobněji jej popište.

7. U vybraných reakcí doplňte vzorce chybějících sloučenin. Následně doplňte stechiometrické koeficienty tak, aby rovnice byly zapsány správně. Nakonec z nabídky vyberte, k jakému pokusu rovnice patří.

RŮZNÉ BARVY MANGANU BLESKY POD VODOU TŘÍBARVENÝ INKOUST

VZÁJEMNÁ PŘEMĚNA DICHROMANU A CHROMANU SOPKA



PRACOVNÍ LIST – TITAN, VANAD, CHROM, MANGAN – ŘEŠENÍ

1. Z uvedených prvků zakroužkujte ty, které patří mezi kovy přechodné.

měď	zlato	hliník	rtuť	mangan	cín
hořčík	titan	zinek	draslík	železo	chrom
vanad	lithium	kobalt	stříbro	olovo	nikl

2. Svými slovy vysvětlete, proč přechodné prvky označujeme jako tzv. d–prvky. Jak se označují v periodické soustavě prvků tyto skupiny přechodných kovů?

Protože jejich d orbital není zcela obsazený. Jedná se o III., IV., V., VI., VII., VIII., I. a II. B skupinu. Případně také 3.-12. skupinu.

3. Spojte názvy minerálů s jejich chemickými názvy a chemickými vzorci.

rutil	oxid manganický	FeCr_2O_4
chromit	oxid titaničitý	TiO_2
pyroluzit	oxid železnato-chromitý	MnO_2

4. V následující tabulce doplňte potřebné údaje. Maximální oxidační číslo prvku v běžných sloučeninách, vybraný příklad sloučeniny s tímto oxidačním číslem a na závěr její vzorec.

	maximální oxidační číslo	příklad sloučeniny	vzorec sloučeniny
titan	čtyři	oxid titaničitý	TiO_2
vanad	pět	oxid vanadičný	V_2O_5
chrom	šest	chroman draselný	K_2CrO_4
mangan	sedm	manganistan draselný	KMnO_4

5. U následujících tvrzení zakroužkujte písmena podle toho, zda je jedná o tvrzení pravdivá či nikoli. Zakroužkovaná písmena tvoří tajenku. Kde jste se s pojmem v tajence setkali?

- | | ANO | NE |
|--|------------------------------------|------------------------------------|
| 1. Čistý chrom je používán pro ochranu povrchu látek. | <input type="radio"/> F | <input type="radio"/> K |
| 2. Jemně rozptýlený titan a mangan může být samozápalný. | <input type="radio"/> A | <input type="radio"/> S |
| 3. Mangan používáme především v potravinářském průmyslu.
metalurgickém | <input type="radio"/> D | <input checked="" type="radio"/> R |
| 4. Chrom patří mezi velmi tvrdé elementární kovy. | <input type="radio"/> A | <input type="radio"/> E |
| 5. Náhrady kloubních hlavic jsou často vyráběny z vanadu
titan | <input type="radio"/> L | <input checked="" type="radio"/> O |
| 6. Titan, vanad, mangan i chrom patří mezi modrolesklé kovy.
stříbrolesklé | <input type="radio"/> M | <input checked="" type="radio"/> N |
| 7. Mangan je možné využít pro výrobu slitin. | <input checked="" type="radio"/> Ů | <input type="radio"/> Í |
| 8. Nejvyšším oxidačním číslem titanu ve sloučeninách je číslo pět
čtyři | <input type="radio"/> Z | <input checked="" type="radio"/> V |
| 9. Slitina zvaná ferrovanad je tvořena železem a vanadem. | <input type="radio"/> H | <input type="radio"/> Č |
| 10. Titan je díky vysoké pevnosti využíván pro výrobu slitin. | <input type="radio"/> A | <input type="radio"/> Ě |
| 11. Variabilita oxidačních čísel sloučenin chromu je malá
velká | <input type="radio"/> Ž | <input checked="" type="radio"/> D |

TAJENKA: FARAONŮV HAD – jedná se o pokus, při kterém se využívá oxid chromitý.

6. Vyberte si jeden pokus, který vás v hodinách věnovaným těmto prvkům zaujal a co nejpodrobněji jej popište.

Kovový chameleon – jedná se o pokus, při kterém pozorujeme různobarevnost sloučenin vanadu. Žlutý roztok vanadičnanu se po přidání granulovaného zinku mění v modrý, ten se po přidání práškového zinku mění v zelenavý až červenofialový.

7. U vybraných reakcí doplňte vzorce chybějících sloučenin. Následně doplňte stechiometrické koeficienty tak, aby rovnice byly zapsány správně. Nakonec z nabídky vyberte, k jakému pokusu rovnice patří.

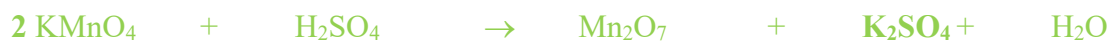
RŮZNÉ BARVY MANGANU

BLESKY POD VODOU

TŘÍBARVENÝ INKOUST

VZÁJEMNÁ PŘEMĚNA DICHROMANU A CHROMANU

SOPKA



4.3.2 Pracovní list – železo, kobalt, nikl

Následující pracovní list je vztažen k opakování učiva o dalších třech přechodných prvcích tzv. triádě železa – železo, kobalt, nikl.

Do daného pracovního listu byly zakomponovány další typy opakovacích cvičení. Lze tak ukázat, že cvičení k opakování je opravdu značné množství a každý si může taková cvičení jednoduše modifikovat.

Prvním cvičením tohoto pracovního listu je křížovka. Žáci si při plnění tohoto cvičení zopakují nejrůznější informace o všech třech prvcích. Pokud správně vyřeší křížovku a získají tajenku, jejich závěrečným úkolem je pojem v tajence vysvětlit.

Následující cvičení je zaměřeno na doplňování vhodných slov do textu. Žáci na základě získaných informací doplní krátký text o železu. Vynechaná slova textu jsou nahrazena podtržítky. Jejich počet odpovídá počtu písmen ve slově, které mají žáci dopsat. Takové uspořádání může žákům pomoci při doplňování. Obdobou by mohlo být například přidání nabídky slov, která mají žáci doplňovat, či doplnění prvního písmene u doplňovaného slova.

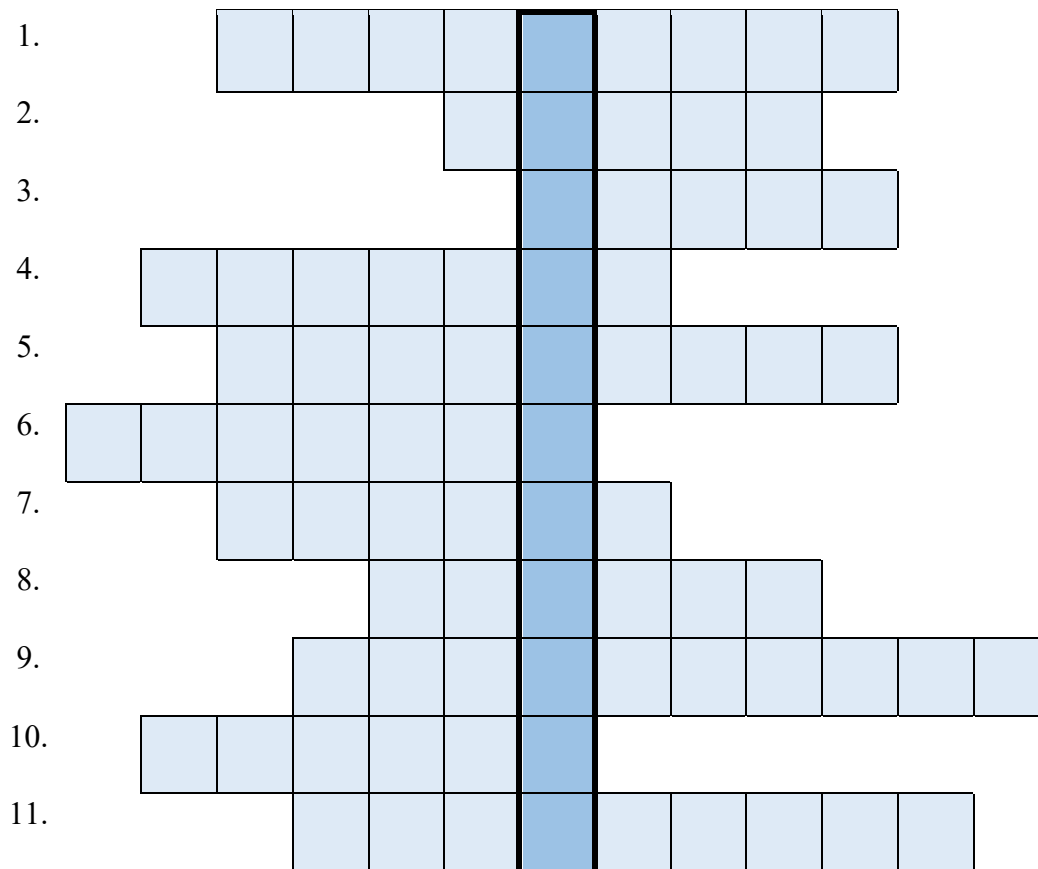
V dalším cvičení žáci třídí informace o jednotlivých prvcích do připravené tabulky. Informace jsou uspořádány náhodně, aby to pro žáky bylo obtížnější a museli více přemýšlet. Jedná se o komplexní opakování různých informací o vybraných třech prvcích.

Dalším úkolem v tomto pracovním listu je rozluštění přesmyček slov či pojmů, které se k tématu vážou. Žáci nejprve musí přesmyčku vyluštit, následně její význam několika slovy vysvětlit a na závěr doplnit, k jakému prvku se daný pojem vztahuje. Je možné, že se jeden pojem váže i k více prvkům.

Závěrečné cvičení je věnováno opakování znalostí nabitých při pokusech, které se týkají těchto prvků. Na základě vypsaných pojmů a pomůcek je úkolem žáků rozpoznat, o jaký pokus se jedná. Pokud by pokusy nebyly součástí hodin chemie, je možné dané cvičení vynechat či žákům umožnit při vyplňování práci s digitálními technologiemi.

PRACOVNÍ LIST – ŽELEZO, KOBALT NIKL

1. Doplňte následující křížovku. Pojem, který vyjde v tajence vysvětlete.



1. Pro své barevné změny je chlorid kobaltnatý využíván jako vlhkosti.
2. Kobalt má jemný nádech jedné barvy, které?
3. Maximální oxidační číslo niklu je číslo
4. Jak se mineralogicky nazývá nejrozšířenější ruda železa?
5. Siderit neboli ocelek jsou mineralogické názvy pro železnatý.
6. Oxid nikelnatý využíváme pro keramických výrobků.
7. Proces, při kterém dochází k postupnému rozrušování kovů se nazývá
8. Jiný název pro heptahydrát síranu železnatého je skalice.
9. Největší uplatnění má kobalt v silikátovém a průmyslu.
10. Prvek s chemickou značkou „Co“ je
11. Jak se nazývá zařízení, ve kterém probíhá výroba surového železa?

TAJENKA:

2. Do následujícího textu doplňte vhodná slova. Počet prázdných míst odpovídá počtu písmen ve slově (CH je jedno písmeno).

_____ je nejrozšířenějším _____ kovem v zemské kůře. Využití nachází především ve formě různých _____. Při _____ železa a kyseliny chlorovodíkové vzniká jeho sůl a _____. Při působení oxidujících _____ kyselin se jeho povrch však _____.

3. Vybrané informace o prvcích roztrďte do připravené tabulky.

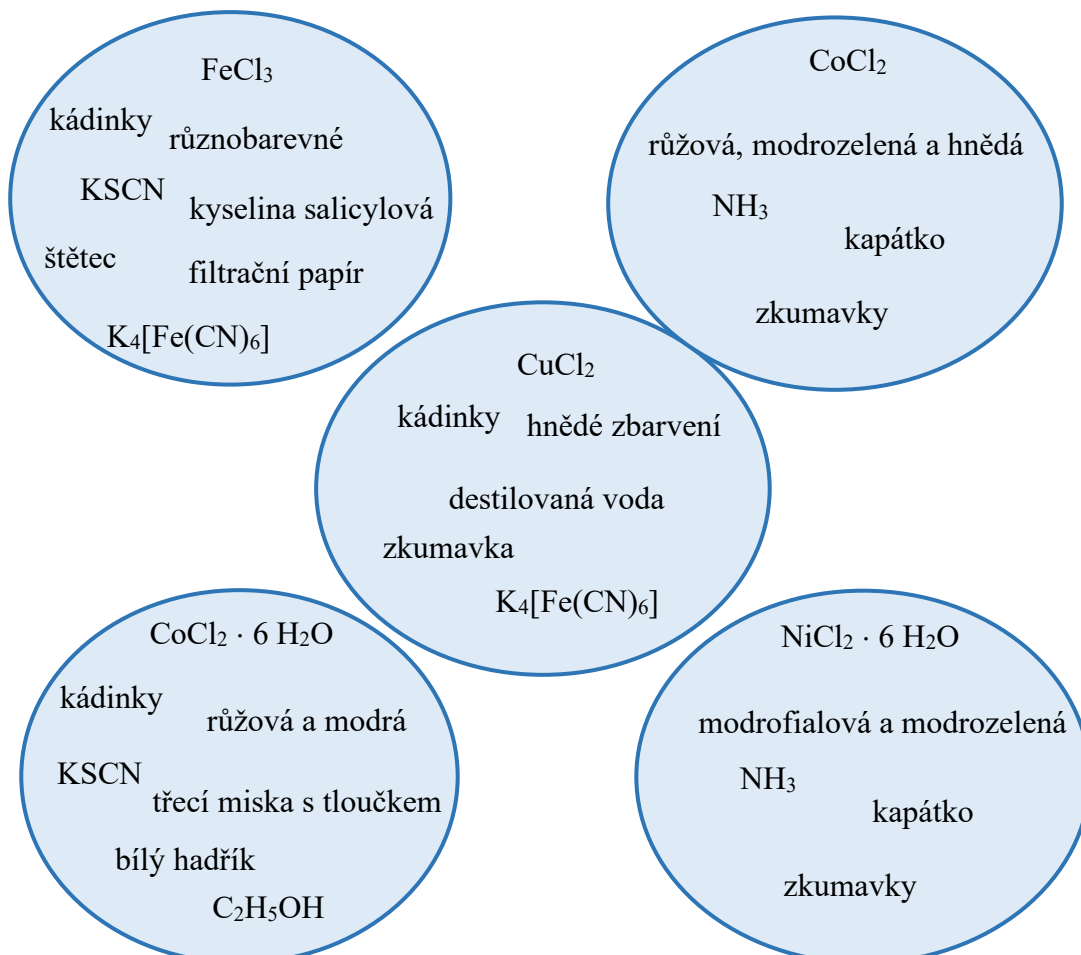
žlutá krevní sůl	drcení a flotace rud	13. nejrozšířenější
Monelův kov	ox. čísla II, III, IV, VI	ox. čísla II, IV
modrolesklý kov	indikátor vlhkosti	20. nejrozšířenější
ox. čísla II, III, V	pražení rud	stříbřitý kov
stříbřitý kov	4. nejrozšířenější	vysoká pec

železo	kobalt	nikl

4. Vyluštěte přesmyčky, vysvětlete jejich význam a doplňte, ke kterému prvku patří.

přesmyčka	řešení	význam	prvek
BTKCLIÝ ATLHLONORDA			
GETAMITN			
MCNOIHR			
KATRSUS			
DAVÍH OND			

5. Na základě vypsanych pojmů a pomůcek odvodte o jaký pokus se jedná.



PRACOVNÍ LIST – ŽELEZO, KOBALT NIKL – ŘEŠENÍ

1. Doplňte následující křížovku. Pojem, který vyjde v tajence vysvětlete.

1.		I	N	D	I	K	Á	T	O	R		
2.					M	O	D	R	É			
3.						Č	T	Y	Ř	I		
4.	H	E	M	A	T	I	T					
5.		U	H	L	I	Č	I	T	A	N		
6.	B	A	R	V	E	N	Í					
7.		K	O	R	O	Z	E					
8.			Z	E	L	E	N	Á				
9.			K	E	R	A	M	I	C	K	É	M
10.	K	O	B	A	L	T						
11.		V	Y	S	O	K	Á	P	E	C		

1. Pro své barevné změny je chlorid kobaltnatý využíván jako vlhkosti.
2. Kobalt má jemný nádech jedné barvy, které?
3. Maximální oxidační číslo niklu je číslo
4. Jak se mineralogicky nazývá nejrozšířenější ruda železa?
5. Siderit neboli ocelek jsou mineralogické názvy pro železnatý.
6. Oxid nikelnatý využíváme pro keramických výrobků.
7. Proces, při kterém dochází k postupnému rozrušování kovů se nazývá
8. Jiný název pro heptahydrát síranu železnatého je skalice.
9. Největší uplatnění má kobalt v silikátovém a průmyslu.
10. Prvek s chemickou značkou „Co“ je
11. Jak se nazývá zařízení, ve kterém probíhá výroba surového železa?

TAJENKA: KOČIČÍ ZLATO – lidový název pro pyrit (disulfid železnatý)

2. Do následujícího textu doplňte vhodná slova. Počet prázdných míst odpovídá počtu písmen ve slově (CH je jedno písmeno).

ŽELEZO je nejrozšířenějším **PŘECHODNÝM** kovem v zemské kůře. Využití nachází především ve formě různých **OCELÍ**. Při **REAKCI** železa a kyseliny chlorovodíkové vzniká jeho sůl a **VODÍK**. Při působení oxidujících **KONCENTROVANÝCH** kyselin se jeho povrch však **PASIVUJE**.

3. Vybrané informace o prvcích rozříd'te do připravené tabulky.

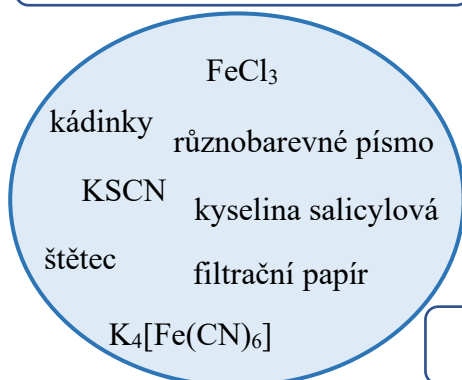
železo	kobalt	nikl
4. nejrozšířenější	13. nejrozšířenější	20. nejrozšířenější
stříbřitý kov	modrolesklý kov	stříbřitý kov
vysoká pec	pražení rud	drcení a flotace rud
ox. čísla II, III, IV, VI	ox. čísla II, III, V	ox. čísla II, IV
žlutá krevní sůl	indikátor vlhkosti	Monelův kov

4. Vyluštěte přesmyčky, vysvětlete jejich význam a doplňte, ke kterému prvku patří.

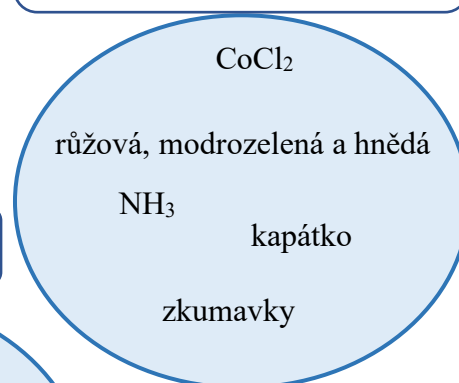
přesmyčka	řešení	význam	prvek
BTKCLIÝ ATLHLONORDA	CHLORID KOBALTNATÝ	používán jako indikátor vlhkosti	Co
GETAMITN	MAGNETIT	oxid železnato- železitý, ruda železa	Fe
MCNOIHR	NICHROM	slitina niklu a chromu	Ni
KATRSUS	STRUSKA	materiál důležitý pro výrobu železa	Fe
DAVÍH OND	VODNÍ HAD	pokus	Fe (Cu)

5. Na základě vypsaných pojmů a pomůcek odvod'te o jaký pokus se jedná.

TŘÍBAREVNÝ INKOUST



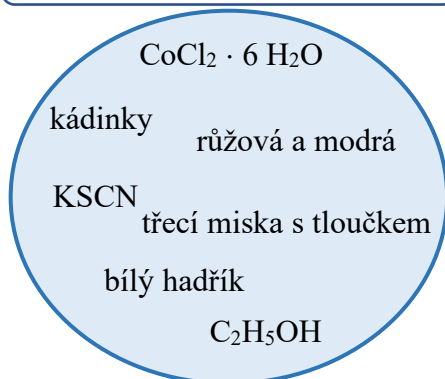
KOMPLEXNÍ SLOUČENINY KOBALTU



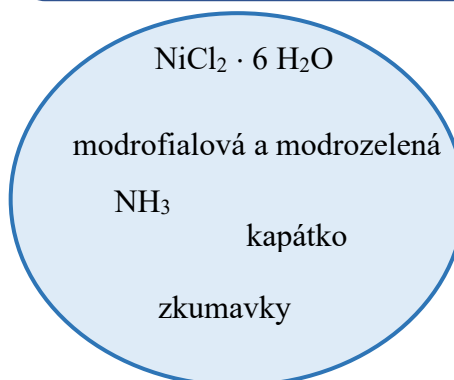
VODNÍ HAD



INDIKÁTOR VLHKOSTI



KOMPLEXNÍ SLOUČENINY NIKLU



4.3.3 Pracovní list – měď, stříbro, zlato, zinek, rtuť

Závěrečný pracovní list je věnován pěti přechodným kovům. Jedná se o měď, stříbro, zlato, zinek a rtuť.

První cvičení je založeno na práci s periodickou tabulkou prvků. Vyhledávání nejdůležitějších informací a jejich správná interpretace je jednou z dovedností, kterou by si studenti ze školy měli odnést. A proto i v pracovním listu je jedna taková úloha zvolena. Určitě je vyhledávání informací v periodické tabulce prvků jednodušší než v odborném textu, ale procvičovat tuto dovednost je vhodné i na jednodušších úlohách. Úkolem žáků v tomto cvičení je pomocí periodické tabulky prvků doplnit vynechaná políčka v tabulce.

Následuje cvičení, ve kterém mají žáci z nabídky dvou slov vybrat vždy jedno tak, aby text o využití vybraných přechodných kovů byl správně. Alternativou by mohlo být, že by žáci slova nevybírali přímo v textu, ale například z připravené nabídky, či by dokonce slova sami vymýšleli a doplňovali.

Ve třetím cvičení mají žáci za úkol na volná místa chemických rovnic doplnit správné vzorce sloučenin. Následně také musí rovnice správně vyčíslit. Žáci při doplňování tohoto cvičení uplatňují znalosti o reakcích kovů s různými kyselinami – oxidující, neoxidující, koncentrované, zředěné apod.

Další cvičení se opírá o znalosti získané při jednoduchém chemickém pokusu – experiment s připraveným galvanickým článkem. Žáci mají za úkol správně popsat jednotlivé části galvanického článku a také vysvětlit, co galvanický článek představuje. Pokud bychom to žákům chtěli usnadnit, mohli bychom jim k obrázku přidat také nabídku pojmů, které mají k popisu obrázku využít.

Páté cvičení je možná jedno z méně obvyklých. Jedná se o vyhledávání „chemických“ pojmů ukrytých ve větách, které s chemií nemají příliš společného. Jestliže žáci pojem odhalí, je jejich úkolem jej ještě vysvětlit.

Předposlední cvičení je zaměřeno na názvosloví komplexních sloučenin, které jsou pro přechodné kovy velmi typické. V jednoduché tabulce je třeba, aby žáci doplnili buď název, nebo vzorec komplexní sloučeniny, která obsahuje jeden z vybraných přechodných kovů.

Závěrečné cvičení je poměrně jednoduché, jedná se o osmisměrku. Žáci musí vyhledat vybrané pojmy (názvy minerálů, které jsou zdroji vybraných přechodných kovů), vyškrtat je v připravené osmisměrce a nakonec uvést, co mají tyto pojmy společného (jedná se o minerály, které obsahují přechodné kovy).

PRACOVNÍ LIST – MĚĎ, STŘÍBRO, ZLATO, ZINEK, RTUŤ

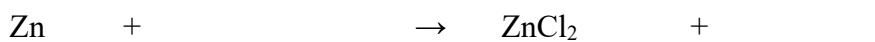
1. Pomocí periodické tabulky prvků doplňte potřebné údaje.

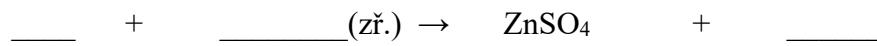
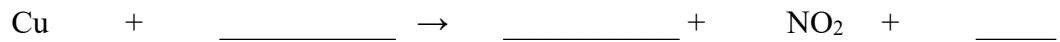
název	značka	protonové číslo	skupina	číslo periody	elektronegativita	relativní atomová hmotnost
	Zn					
				5	1,4	
						63,55
		80				
			I.B		1,4	

2. V připraveném textu o využití přechodných kovů vyberte správnou možnost.

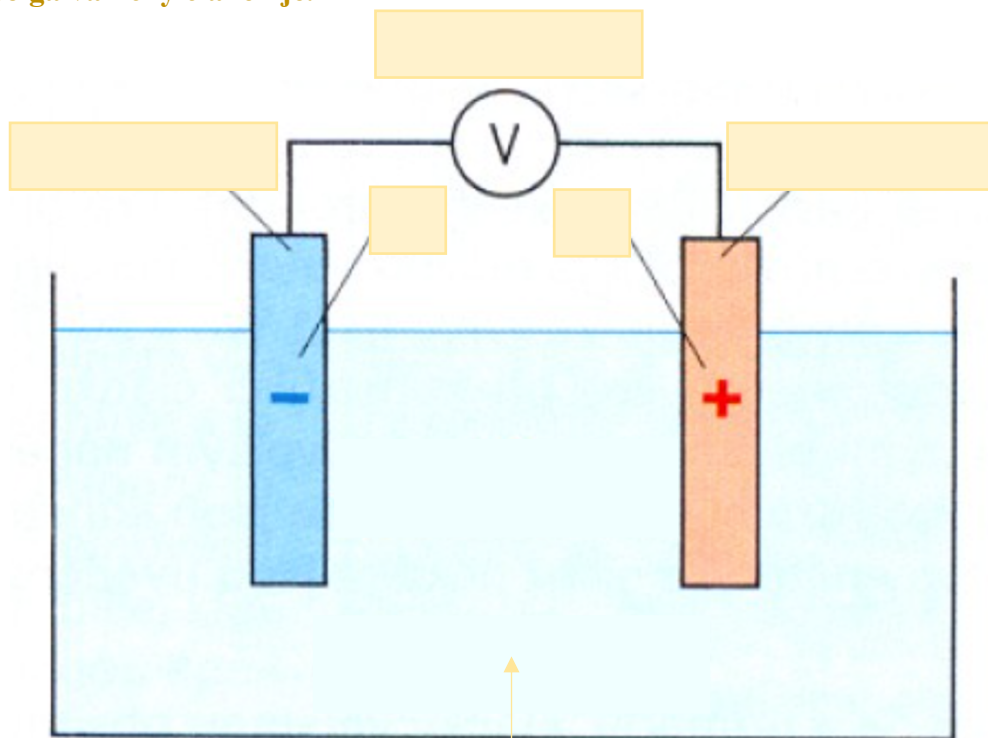
Čistá měď je značně *odolná/neodolná* vůči korozi. *Nepoužívá/Používá* se proto na výrobu okapů či střech. Také *patří/nepatří* mezi *špatné/dobré* tepelné a elektrické vodiče. Bronz je slitina mědi a *zinku/cínu* využívána jako dekorativní materiál. Stříbro je *velmi dobrým/špatným* materiálem pro výrobu dekorativních předmětů. *Zlato/stříbro* nachází uplatnění také v zubním lékařství. Zlato je velmi *tvrdý/měkký* kov, proto je používáno při výrobě šperků. Zinek je používán k ochraně *železa/mědi* proti korozi, je tedy velmi *dobře/špatně* odolný vůči atmosférickým vlivům. Rtuť patří mezi *netoxické/toxické* látky, využívána byla jako náplň *teploměrů/propisek*.

3. U vybraných reakcí doplňte vzorce chybějících látek. Následně doplňte stechiometrické koeficienty tak, aby rovnice byly zapsány správně.





4. Popište správně jednotlivé části galvanického článku. Svými slovy vysvětlete, co galvanický článek je.



Obr. 54 Galvanický článek³⁴

GALVANICKÝ ČLÁNEK =

5. Ve větách vyhledejte pojmy, které patří k vybraným kovům a vysvětlete je.

BYLINKY SMETÁNKA A PODBĚL – OBA DRUHY MAJÍ ŽLUTÉ KVĚTY.

OBLÍBENÁ VYHLÍDKA LOM ELDORÁDO LEŽÍ BLÍZKO MEXIKA.

FOTBALISTÉ PROVOD I ČERMÁK HRAJÍ V ČESKÉ LIZE.

GRANULE PRO PSY KUPUJEME VE FIRMĚ KRMIVA LOUNY.

NA OZDOBU DORTU JSEM KOUPILA PISTÁCIE A MANDLE.

KINO KOSMOS A ZLIČÍN UVÁDĚJÍ NOVÉ KOMEDIE.

PO ÚTOKU KRAHUJCE Z KRMÍTKA PRCHAL KOS I NĚJAKÝ DALŠÍ PTÁK.

6. Utvořte vzorce či názvy následujících komplexních sloučenin.

název	vzorec
hexaaquaměďnatý kation	
tetrachlorozlatitanový anion	
	$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$
	$[\text{HgI}_4]^{2-}$
chlorid diamminstříbrný	
	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
tetrahydroxozinečnanový anion	

7. V připravené osmisměrce vyhledejte vybrané pojmy. Co mají tyto pojmy společného?

C	Y	H	D	P	N	K	Z	R	W	L	N
I	L	S	D	J	I	X	U	T	H	T	L
N	A	C	R	W	S	L	U	P	O	D	H
A	I	M	J	U	O	W	Y	M	R	G	U
B	A	M	A	U	K	V	W	L	J	I	P
A	R	T	A	L	L	Y	F	A	F	J	T
R	G	R	H	Q	A	Y	P	Z	O	R	T
I	E	W	K	V	H	C	T	U	C	L	L
T	N	B	A	U	C	C	H	R	M	G	C
P	T	S	F	A	L	E	R	I	T	U	J
O	I	Z	N	O	I	S	H	T	T	U	Y
J	T	I	R	Y	P	O	K	L	A	H	C

chalkosin
cinabarit
malachit
argentit
sfalerit
azurit
kuprit
chalkopyrit

PRACOVNÍ LIST – MĚĎ, STŘÍBRO, ZLATO, ZINEK, RTUŤ – ŘEŠENÍ

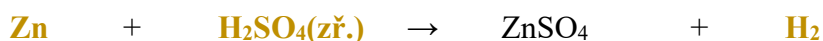
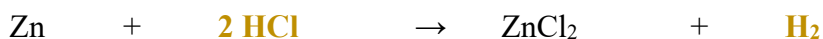
1. Pomocí periodické tabulky prvků doplňte potřebné údaje.

název	značka	protonové číslo	skupina	číslo periody	elektronegativita	relativní atomová hmotnost
ZINEK	Zn	30	II.B	4	1,7	65,38
STŘÍBRO	Ag	47	I.B	5	1,4	107,87
MĚĎ	Cu	29	I.B	4	1,7	63,55
RTUŤ	Hg	80	II.B	6	1,4	200,59
ZLATO	Au	79	I.B	6	1,4	196,97

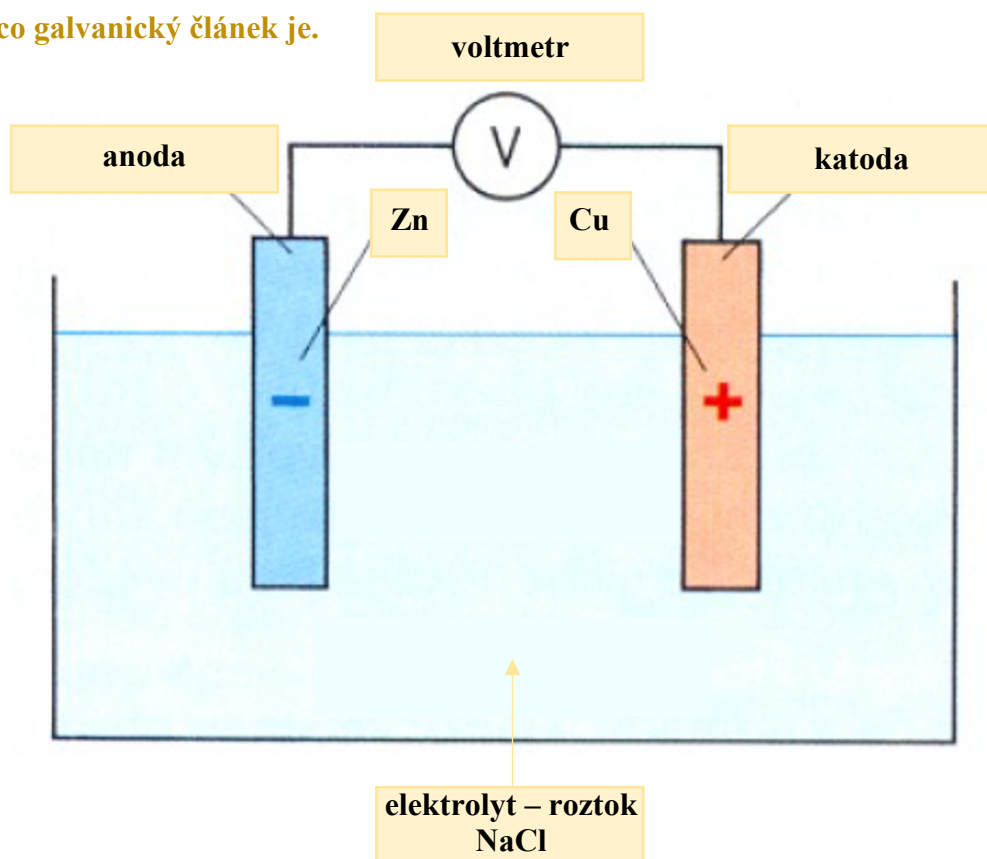
2. V připraveném textu o využití přechodných kovů vyberte správnou možnost.

Čistá měď je značně *odolná/neodolná* vůči korozi. *Nepoužívá/Používá* se proto na výrobu okapů či střech. Také *patří/nepatří* mezi *špatné/dobré* tepelné a elektrické vodiče. Bronz je slitina mědi a *zinku/cínu* využívána jako dekorativní materiál. Stříbro je *velmi dobrým/špatným* materiálem pro výrobu dekorativních předmětů. *Zlato/stříbro* nachází uplatnění také v zubním lékařství. Zlato je velmi *tvrdý/měkký* kov, proto je používáno při výrobě šperků. Zinek je používán k ochraně *železa/mědi* proti korozi, je tedy velmi *dobře/špatně* odolný vůči atmosférickým vlivům. Rtuť patří mezi *netoxické/toxické* látky, využívána byla jako náplň *teploměrů/propisek*.

3. U vybraných reakcí doplňte vzorce chybějících látek. Následně doplňte stechiometrické koeficienty tak, aby rovnice byly zapsány správně.



4. Popište správně jednotlivé části galvanického článku. Svými slovy vysvětlete, co galvanický článek je.



GALVANICKÝ ČLÁNEK = chemický zdroj elektrického napětí. Jedná se o dvě elektrody ponořené do roztoku elektrolytu.

5. Ve větách vyhledejte pojmy, které patří k vybraným kovům a vysvětlete je.

BYLINKY SMETÁNKA A **PODBĚL** – **OBA** DRUHY MAJÍ ŽLUTÉ KVĚTY.

BĚLOBA – zinková běloba je bílý pigment používaný v malířství

OBLÍBENÁ VYHLÍDKA **LOM ELDORÁDO** LEŽÍ BLÍZKO MEXIKA.

KALOMEL – triviální název chloridu rtuťného (Hg_2Cl_2), výroba kalomelové elektrody

FOTBALISTÉ **PROVOD I ČERMÁK** HRAJÍ V ČESKÉ LIZE.

VODIČ – látka, která dobře vede elektrinu či teplo, např. měď, zlato, stříbro

GRANULE PRO PSY KUPUJEME VE FIRMĚ **KRMIVA LOUNY**.

VALOUNY – formy, ve kterých výjimečně můžeme najít ryzí zlato

NA OZDOBU DORTU JSEM KOUPILA PISTÁCIE A MANDLE.

LAPIS – jiný název pro dusičnan stříbrný (AgNO_3)

KINO KOSMOS A ZLIČÍN UVÁDĚJÍ NOVÉ KOMEDIE.

MOSAZ – slitina mědi a zinku, využívána na výrobu hudebních nástrojů a dekorací

PO ÚTOKU KRAHUJCE Z KRMÍTKA PRCHAL KOS I NĚJAKÝ DALŠÍ PTÁK.

CHALKOSIN – mineralogický název pro sulfid měďný (Cu_2S), zdroj mědi

6. Utvořte vzorce či názvy následujících komplexních sloučenin.

název	vzorec
hexaaquaměďnatý kation	$[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$
tetrachlorozlatitanový anion	$[\text{AuCl}_4]^-$
tetraamminzinečnatý kation	$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$
tetraiodidortuťnatý anion	$[\text{HgI}_4]^{2-}$
chlorid diamminstříbrný	$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$
monohydrát síranu tetraamminměďnatého	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
tetrahydroxozinečnatanový anion	$[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$

7. V připravené osmisměrce vyhledejte vybrané pojmy. Co mají tyto pojmy společného?

Jedná se o minerály, které obsahují vybrané přechodné prvky.

C	Y	H	D	P	N	K	Z	R	W	L	N
I	L	S	D	J	I	X	U	T	H	T	L
N	A	C	R	W	S	L	U	P	O	D	H
A	I	M	J	U	O	W	Y	M	P	G	U
B	A	M	A	U	K	V	W	L	J	I	P
A	R	T	A	L	L	Y	F	A	F	J	T
R	G	R	H	Q	A	Y	P	Z	O	R	T
I	E	W	K	V	H	C	T	U	C	L	L
T	N	B	A	U	C	C	H	R	M	G	C
P	T	S	F	A	L	E	R	I	T	U	J
O	I	Z	N	O	I	S	H	T	T	U	Y
J	T	I	R	Y	P	O	K	L	A	H	C

~~chalkosin~~
~~cinabarit~~
~~malachit~~
~~argentit~~
~~sfalerit~~
~~azurit~~
~~kuprit~~
~~chalkopyrit~~

5 Závěr

V této diplomové práci byla zpracována problematika přechodných kovů ve výuce chemie na střední škole. Přechodné prvky jsou rozsáhlou skupinou, proto byly vybrány kovy, které patří pro člověka mezi významné či důležité. Jedná se převážně o prvky čtvrté periody. Diplomová práce byla rozdělena do tří částí – teoretické, praktické a didaktické.

Cílem teoretické části bylo prostudovat dostupnou literaturu a na základě získaných informací o přechodných kovech vytvořit podkladový materiál pro výuku chemie na střední škole. Nejprve byly prostudovány nejběžnější učebnice využívané na SŠ a dle výsledků šetření byly vybrány nejčastěji zastoupené prvky. Následoval jejich podrobný teoretický popis, který obsahoval výskyt, výrobu, použití, fyzikální a chemické vlastnosti. Závěrečná část byla vždy věnována nejvýznamnějším sloučeninám.

Praktická část byla zaměřena na vyhledání a experimentální ověření vhodných experimentů nejen pro laboratorní výuku. Bylo vybráno 20 poměrně snadno proveditelných pokusů. Pokusy byly pro lepší přehlednost rozděleny dle jednotlivých prvků. U každého pokusu byl uveden princip, pomůcky, chemikálie, stručný postup práce, přibližná časová náročnost, poznámky a fotodokumentace. Poznámky obsahují také možné zařazení do výuky, tedy zda je vhodné pokus využít jako demonstrační, nebo jej mohou studenti provádět sami. Pokusy byly prakticky ověřeny v laboratoři a bylo zjištěno, že většina je vhodná využít jako demonstrační pokus. Je to dáno toxicitou sloučenin, prací s koncentrovanými látkami či delší přípravou.

Didaktická část práce obsahuje ukotvení předmětu chemie v Rámcovém vzdělávacím programu pro gymnázia (RVP G) a Školním vzdělávacím programu (ŠVP) vybraného gymnázia. V této části byly připraveny tři pracovní listy, které obsahují několik různorodých cvičení k opakování a upevňování učiva o přechodných prvcích. Každý pracovní list byl doplněn vzorovým řešením. Připravené pracovní listy je možné využít v rámci výuky k procvičování učiva či k písemnému opakování probrané látky.

6 Seznam použité literatury a internetových zdrojů

- 1 Růžičková K., Kotlík B.: Chemie v kostce pro SŠ. Fragment, Praha 2009.
- 2 Benešová M., Strapová H.: Odmaturuj z chemie. Didaktis, Brno 2002.
- 3 Vacík J. et al.: Přehled středoškolské chemie. SPN, Praha 1999.
- 4 Honza J., Mareček A.: Chemie pro čtyřletá gymnázia. Nakladatelství Olomouc, Olomouc 2005.
- 5 Brown G. L.: Úvod do anorganické chemie. SNTL, Praha 1982.
- 6 Greenwood N. N., Earnshaw A.: Chemie prvků II. Informatorium, Praha 1993.
- 7 Cotton F. A., Wilkinson J.: Anorganická chemie, souborné zpracování pro pokročilé. Academie, Praha 1973.
- 8 Drátovský M., Kratochvíl B.: Anorganická chemie pro posluchače učitelských kombinací s chemií. Státní pedagogické nakladatelství, Praha 1981.
- 9 Remy H.: Anorganická chemie II. díl. SNTL, Praha 1971.
- 10 Grégr E., Raýman B., Hykeš V., Krejčí J., Purkyně J. E.: Stopové prvky v biologii. In: *Živa*. 1956, 3, s. 81-84.
- 11 Klikorka J., Hájek B., Votinský J.: Obecná a anorganická chemie. SNTL, Praha 1985.
- 12 Starý J. et al.: Surovinové zdroje České republiky – Nerostné suroviny 2019. Česká geologická služba, Praha 2020.
- 13 Přírodovědecká fakulta UK, https://web.natur.cuni.cz/~micka/2_Rce.pdf, citováno 28. 3. 2002
- 14 Kameníček J. et al.: Anorganická chemie. Univerzita Palackého, Olomouc 2006.
- 15 Čtrnáctová H. et al.: Chemické pokusy pro školu a zájmovou činnost. Prospektum, Praha 2000.
- 16 Solárová M.: Chemické pokusy pro základní a střední školu. Paido, Brno 1999.
- 17 Štrofová J. et al.: Enviroexperiment – chemie pro 2. stupeň ZŠ. Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň 2012.
- 18 Gymnázium Polička, http://www.chesapeake.cz/chemie/docs/laborky/kvinta/reakce_sloucenin_d_prvku.pdf, citováno 16. 6. 2022
- 19 Studium Chemie, <https://studiumchemie.cz/experiment/ruzne-barvy-mn/>, citováno 16. 6. 2022

- 20 Sirotek V., Štrofová, J.: Atraktivní chemické experimenty. <https://adoc.pub/atrativni-chemicke-experimenty.html>, citováno 16. 6. 2022
- 21 Studium Chemie, <https://studiumchemie.cz/experiment/reakce-fe3-s-i/>, citováno 16. 6. 2022
- 22 Richtr V., Kraitr M., Štrofová J.: Atraktivní pokusy ve výuce chemie IV. In: *Chemie XVIII*. ZČU, Plzeň 2000.
- 23 Studium Chemie, <https://studiumchemie.cz/experiment/komplexni-slouceniny-co/>, citováno 16. 6. 2022
- 24 Studium Chemie, <https://studiumchemie.cz/experiment/komplexni-slouceniny-ni/>, citováno 16. 6. 2022
- 25 VŠCHT Praha, <https://www.vscht.cz/files/uzel/0005766/Pr%C3%ADprava+s%C3%ADru+tetraamminm%C4%99nat%C4%99ho+a+z%C3%A1sadit%C4%99ho+uhli%C4%8Dnanu+m%C4%99nat%C4%99ho.pdf?re=directed>, citováno 17. 6. 2022
- 26 Studium Chemie, <https://studiumchemie.cz/experiment/stibro-a-zlato-z-medi/>, citováno 17. 6. 2022
- 27 Beneš P., Macháčková J.: 200 chemických pokusů. Mladá fronta, Praha 1977.
- 28 Studium Chemie, <https://studiumchemie.cz/experiment/reakce-zn-se-s/>, citováno 17. 6. 2022
- 29 NPI, <https://www.npi.cz/ramcove-vzdelavaci-programy>, citováno 25. 4. 2022
- 30 edu.cz, <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcove-vzdelavaci-programy-pro-gymnazia-rvp-g/>, citováno 25. 4. 2022
- 31 edu.cz, <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/>, citováno 25. 4. 2022
- 32 Gymnázium, Plzeň, https://www.mikulasske.cz/wp-content/uploads/2020/10/SVP1920v_mpr.pdf, citováno 25. 4. 2022
- 33 Gymnázium, Plzeň, https://www.mikulasske.cz/wp-content/uploads/2020/10/SVP1920v_vse.pdf, citováno 25. 4. 2022
- 34 DOCPLAYER, <https://docplayer.cz/29057015-Premena-chemicke-energie-na-elektrickou-energii-galvanicky-clanek.html>, citováno 16. 6. 2022

7 Seznam obrázků

Obr. 1 Obálka učebnice „Chemie v kostce“ ¹	4
Obr. 2 Obálka učebnice „Odmaturuj z chemie“ ²	5
Obr. 3 Obálka učebnice „Přehled středoškolské chemie“ ³	7
Obr. 4 Obálka učebnice „Chemie pro čtyřletá gymnázia 2. díl“ ⁴	9
Obr. 5 Baňka se žlutým roztokem vanadičnanu amonného.	30
Obr. 6 Baňka s modrým roztokem síranu vanadylu.	30
Obr. 7 Baňka se zeleným roztokem síranu vanaditého.	30
Obr. 8 Baňka s fialovým roztokem síranu vanadnatého uzavřená Bunsenovým ventilem.	30
Obr. 9 Navršený oranžový dichroman amonný připravený k zapálení.	32
Obr. 10 Vznikající tmavě zelený oxid chromitý nadnášený dusíkem a vodní párou.	32
Obr. 11 Vzniklý oxid chromitý je vhodné využít v dalším pokusu.	32
Obr. 12 Příprava pokusu – směs cukru a hydrogenuhličitanu uprostřed oxidu chromitého.	34
Obr. 13 Zapálení ethanolem navlhčeného oxidu chromitého, začátek růstu hada.	34
Obr. 14 Průběh pokusu – rostoucí Faraonův had.	34
Obr. 15 Oranžový roztok dichromanu draselného.	36
Obr. 16 Žlutý roztok chromanu draselného.	36
Obr. 17 Znovu vznikající dichroman draselný.	36
Obr. 18 Zelený oxid manganistý.	38
Obr. 19 „Blesk“, důkaz silně exotermické reakce.	38
Obr. 20 Různé barvy manganu.	39
Obr. 21 Navršený manganistan draselný, po přidání glycerolu dojde k jeho vznícení.	41
Obr. 22 Vznícení manganistanu.	41
Obr. 23 Barvené sloučeniny železitých kationtů.	42
Obr. 24 Bezbarvé roztoky síranu železitého.	43
Obr. 25 Oxidací jodidových aniontů vzniká jód a bezbarvý roztok se mění v červenohnědý.	43
Obr. 26 Roztok hexakynoželeznanu draselného s vhozenou hrudkou chloridu měďnatého.	45
Obr. 27 Průběh pokusu – růst „vodního hada“	45
Obr. 28 Vznik komplexních sloučenin kobaltu.	46
Obr. 29 Směs hexahydrátu chloridu kobaltnatého a thiokyanatanu draselného.	48
Obr. 30 Rozpuštění vzniklé tmavě modré látky v ethanolu.	48
Obr. 31 Srovnání napuštěného a bílého hadříku.	48

Obr. 32	Usušený hadřík pokapaný vodou.	48
Obr. 33	Vznik komplexních sloučenin niklu.	49
Obr. 34	Příprava aparatury s elektrodami a roztokem chloridu měďnatého.	51
Obr. 35	Průběh elektrolýzy, dokazování vznikajícího chloru na anodě.	51
Obr. 36	Výsledky elektrolýzy.	51
Obr. 37	Příprava sraženiny.	53
Obr. 38	Smíchání vzniklého roztoku s ethanolem.	53
Obr. 39	Odfiltrování vzniklé sraženiny na Büchnerově nálevce.	53
Obr. 40	Monohydrát síranu tetraamminměďnatého po usušení.	53
Obr. 41	Odmaštění očištěných měděného plíšků.	55
Obr. 42	Zahřívání měděného plíšku ve směsi zinku a hydroxidu sodného.	55
Obr. 43	Změna barvy z červenohnědé na stříbrnou.	55
Obr. 44	Zahřívání v plameni kahanu a změna barvy ze stříbrné na zlatou.	55
Obr. 45	Galvanický článek.	56
Obr. 46	Směs dusičnanu amonného, práškového zinku a chloridu amonného (katalyzátor).	58
Obr. 47	Iniciace reakce kapkou vody.	58
Obr. 48	Vzplanutí směsi světle modrým plamenem – silně exotermická reakce.	58
Obr. 49	Směs práškového zinku a práškové síry.	59
Obr. 50	Jasně žlutý záblesk – exotermická reakce.	59
Obr. 51	Sraženina tetrajodortuřnatanu stříbrného – za běžné teploty má žlutou barvu.	61
Obr. 52	Změna zbarvení vlivem zvýšené teploty.	61
Obr. 53	Sraženina tetrajodortuřnatanu stříbrného – za vyšší teploty má oranžovou barvu.	61
Obr. 54	Galvanický článek ³⁴	82

8 Cizojazyčné resumé

This thesis deals with selected transition metals and their compounds in the teaching of chemistry at secondary school. It consists of three parts – theoretical, practical and didactic.

The theoretical part contains a comparison of several textbooks for secondary schools in terms of the content of the teaching on transition elements. This is followed by a theoretical description of selected transition elements and their compounds.

The practical part focuses on 20 simple experiments that can serve as demonstration or laboratory experiments. Here you will find their description accompanied by photographic documentation.

The didactic part deals with the anchoring of the chemistry curriculum within the document. An important part of this is the presentation of three worksheets that can be used to practise or consolidate the teaching on transition elements.