

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

KATEDRA ANORGANICKÉ CHEMIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**VYBRANÉ PRŮMYSLOVÉ VÝROBY NEŽELEZNÝCH
KOVŮ VE STŘEDOŠKOLSKÉ VÝUCE**

2011

Vedoucí diplomové práce:
Prof. RNDr. Jiří Kameníček, CSc.

Vypracoval: Bc. Igor Zahradník
Obor: Chemie-matematika

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou v seznamu použité literatury.

Souhlasím s tím, že práce je prezenčně zpřístupněna na katedře Anorganické chemie Přírodovědecké Fakulty v Olomouci.

V Olomouci dne

.....

Bc. Igor Zahradnik

Podpis

Děkuji prof. RNDr. Jiřímu Kameníčkoví, CSc. za odborné vedení, cenné rady a připomínky, které mi ochotně poskytoval při vypracování diplomové práce.

Děkuji doc. RNDr. Martě Klečkové, CSc. za odborné konzultace a cenné rady v oblasti didaktiky a rozboru středoškolských učebnic.

OBSAH

A/ ÚVOD	8
B/ TEORETICKÁ ČÁST	10
<u>1. HLINÍK</u>	10
1.1 MOTIVAČNÍ POKUS	10
1.2 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA HLINÍKU	12
1.3 VÝROBA	15
1.3.1 Výroba oxidu hlinitého	16
1.3.2 Výroba hliníku elektrolýzou	19
<u>2. KŘEMÍK</u>	21
2.1 MOTIVAČNÍ POKUS	21
2.2 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA KŘEMÍKU	22
2.3 VÝROBA	24
2.3.1 Technický křemík a ferrosilicium	24
2.3.2 Vysoce čistý křemík (polovodičový)	25
2.3.3 Čištění křemíku	25
2.3.4 Výroba monokrystalu křemíku	26
2.4 VÝROBA SKLA	26
2.4.1 Druhy skla podle přídavku dalších sloučenin	27
2.4.2 Fáze výroby skla	28
2.5 SILOXANY (SILIKONY)	29
2.5.1 Vlastnosti siloxanů	29
2.5.2 Dělení siloxanů	29
2.5.3 Využití v průmyslu	30
2.6 POLOVODIČE	30
2.6.1 Pásový model	30
2.6.2 Vlastní vodivost polovodičů	31
2.6.3 Příměsové (nevlastní) vodiče	31

<u>3. MĚĎ</u>	35
3.1 MOTIVAČNÍ POKUS	35
3.2 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA MĚDI	35
3.3 VÝROBA	39
3.3.1 Pyrometalurgická výroba	40
3.3.2 Hydrometalurgická výroba	41
3.3.3 Rafinace	41
<u>4. ZLATO A STŘÍBRO</u>	44
4.1 MOTIVAČNÍ POKUS	44
4.2 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA ZLATA A STŘÍBRA	45
4.3 VÝROBA ZLATA	52
4.3.1 Úprava rud	52
4.3.2 Amalgamový způsob	53
4.3.3 Kyanidový způsob	54
4.3.4 Rafinační postupy	54
4.3.5 Ekologická rizika těžby zlata	55
4.4 VÝROBA STŘÍBRA	55
4.4.1 Výroba stříbra suchou cestou	55
4.4.2 Výroba stříbra mokrou cestou	57
4.4.3 Výroba stříbra z odpadu	58
4.4.4 Rafinace stříbra	58
<u>5. ROZBOR STŘEDOŠKOLSKÝCH UČEBNIC</u>	59
5.1 ČESKÉ STŘEDOŠKOLSKÉ UČEBNICE	59
5.1.1 Hliník	59
5.1.2 Křemík	62
5.1.3 Měď	64
5.1.4 Stříbro a zlato	67
5.2 ZAHRANIČNÍ UČEBNICE	69
5.2.1 Francouzsky mluvící země	70
5.2.2 Anglicky mluvící země	71
5.2.3 Německy mluvící země	73
5.2.4 Polsko	74

C/ EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	76
<u>1. DOTAZNÍK</u>	76
<u>2. VĚDOMOSTNÍ TEST</u>	77
2.1 HLINÍK	77
2.2 KŘEMÍK	78
2.3 MĚĎ	79
2.4 STŘÍBRO A ZLATO	81
<u>3. ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ DOTAZNÍKU</u>	82
3.1 HLINÍK	82
3.2 KŘEMÍK	83
3.3 MĚĎ	84
3.4 STŘÍBRO A ZLATO	85
<u>4. ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ VĚDOMOSTNÍHO TESTU</u>	86
4.1 HLINÍK	87
4.2 KŘEMÍK	87
4.3 MĚĎ	89
4.4 STŘÍBRO A ZLATO	89
D/ DISKUSE	91
E/ ZÁVĚR	98
F/ LITERATURA	99
G/ PŘÍLOHY	101

A/ ÚVOD

S rozvojem průmyslové výroby neželezných kovů se zlepšuje kvalita výrobků, objevují se nové technologie a postupy. V dnešní době, kdy se ve školách zavádí ŠVP (školní vzdělávací program) je důležité, aby i výuka obsahovala novější poznatky a přiblížila žákům tuto problematiku. Mnohdy se žáci učí technologické postupy, které už dávno nejsou aktuální nebo se od nich ustupuje.

Kovy díky svým vlastnostem (tepelná a chemická odolnost, tažnost, kujnost ...) našly velké uplatnění v mnoha odvětvích průmyslu. Jsou nedílnou součástí řady chemických procesů, výrob, člověk se s nimi setkává u předmětů denní potřeby (od hodinek, aut, až po kardiostimulátory...).

Některé kovy se vyskytují v přírodě v ryzí formě (např. zlato), ale řadu z nich je třeba průmyslově vyrábět (např. hliník, křemík). Pro mladé generace je důležité, aby se dověděly, jak takovéto průmyslové výroby probíhají, jaké přináší pozitiva i rizika pro společnost.

Cílem diplomové práce s názvem „Vybrané průmyslové výroby neželezných kovů ve středoškolské výuce“ je vyhodnotit současnou situaci na středních školách. Zjistit, jakým způsobem se výroby neželezných kovů učí, jaké jsou vědomosti žáků, co by se dalo změnit nebo zlepšit. Součástí bylo také zmapovat situaci nejen u nás, ale i v zahraničí, porovnat úroveň středoškolských učebnic. Na základě těchto informací byly vytvořeny nové výukové moduly, které by měly žákům více přiblížit a ujasnit danou problematiku.

Z neželezných kovů jsem se snažil vybrat ty, které mají velké využití v každodenním životě, jsou součástí dalších výrobních procesů a sloučenin, s nimiž člověk přichází pravidelně do kontaktu.

Jedním z nich je hliník, který je třetím nejrozšířenějším prvkem v zemské kůře. Známý jsou jeho slitiny, které nacházejí široké uplatnění v automobilovém lodním a leteckém průmyslu.

Druhým kovem který byl vybrán je křemík. Po kyslíku je druhým nejrozšířenějším prvkem zemské kůry. Díky pevné vazby Si-O-Si nacházejí sloučeniny křemíku uplatnění v mnoha odvětvích chemie. S těmito sloučeninami se můžeme setkat každý den (např. sklo, silikony, polovodičové součástky, ...)

Další kovy, které jsou v diplomové práci zpracovány se řadí mezi ušlechtilé kovy. Jsou to měď, stříbro a zlato. Ty už nejsou tak rozšířenými prvky v zemské kůře jako hliník a

křemík, ale i přesto díky svým vlastnostem (např. vynikající elektrická a tepelná vodivost) nalézají své uplatnění (elektrotechnika).

Výukové moduly těchto neželezných kovů byly vyzkoušeny přímo ve výuce během pedagogické praxe. Experimentální část byla soustředěna na zjišťování kvality a úspěšnosti těchto výukových modulů. Součástí bylo zpracování dotazníků a testů, které prověří získané vědomosti žáků. Tyto výsledky byly zaznamenány do grafu a tabulek, z nichž je zřejmé jestli výukové moduly vedou ke zlepšení kvality výuky chemie či nikoliv.

V teoretické části diplomové práce jsem využíval dvě velikosti písma (tzv. petit), Důležitější poznatky jsou psány normální velikostí a doplňující informace menší velikosti písma

B/ TEORETICKÁ ČÁST

1. HLINÍK

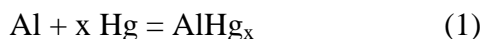
Hliník je třetím nejrozšířenějším prvkem v zemské kůře. Jeho slitiny nacházejí velké využití v leteckém a automobilovém průmyslu. Na úvod jsou uvedeny pokusy, které by měly motivovat žáky a vtáhnout je do dané problematiky. Po těchto pokusech následují obecné vlastnosti hliníku, ve kterých se může čtenář dočíst o výskytu, vlastnostech či použití hliníku. Velkou část této kapitoly tvoří výroba hliníku a jeho sloučenin. V závěru teoretické části je proveden rozbor středoškolských učebnic, který vypovídá o obsahu jednotlivých učebnic.

1.1 MOTIVAČNÍ POKUSY

Pokusů je uvedeno více, podle dostupných chemikálií a časové náročností si vyučující sám zvolí, který pokus žákům provede. Nejméně časově náročný je pokus „hoření kovu v plameni“. Pokus „koroze hliníku“ je zajímavý, ale je třeba dávat pozor na práci se soli rtuti, které jsou silně jedovaté.

a) Koroze hliníku[1]

Kousek hliníkové folie nebo plechu potřeme vatou namočenou do 0,2% roztoku chloridu nebo dusičnanu rtuťnatého. Hliníková amalgáma, která se na povrchu kovu vytvoří, způsobí, že se něm začne tvořit kyprý hydroxid hlinitý (tzv. hliníkový květ).



Poznámka:

Vzniklá amalgama narušuje ochrannou, kompaktní vrstvu oxidu hlinitého a umožňuje tak styk hliníku se vzdušnou vlhkostí. Reakcí vody a hliníku vzniká hydroxid hlinitý.

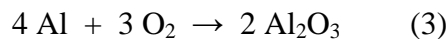
Reakce hliníku s vodou je silně exotermická. Kousek alobalu položíme na dlaň a potřeme ho roztokem rtuťnaté soli. Po chvíli cítíme silné teplo až pálení na dlani

POZOR!

Soli rtuti a jejich roztoky jsou silně jedovaté-dodržujte základní hygienická pravidla

b) Hoření kovů v plameni[1]

Do skleněné trubice nabereme práškový hliník a foukneme jej do nesvítivého plamene. (můžeme použít místo trubice žlábek z tvrdšího papíru, kde do žlábků nasypeme práškový kov a pomocí prázdné stříčky foukáme do nesvítivé části plamene. Hliník rychle shoří bílým oslnivým plamenem.



Poznámka:

K demonstraci můžeme použít i další práškové kovy (Zn, Cu, Fe)

c) Aluminotermie[1]

Do kelímku nasypeme dobře promíchanou směs 5g oxidu železitého a 1,6g práškového hliníku (výhodnější je hliníková krupice), dobře upěchujeme a převrstvíme zápalnou směsí (půl lžičky peroxidu barnatého a půl lžičky práškového hořčíku). Do zápalné směsi zastrčíme hořčíkovou pásku a kelímek umístíme do pískové lázně v železné misce. Pracujeme v digestoři s obličejovým štítem. Hořčíkovou pásku zapálíme plynovým kahanem. Dojde k silné exotermické prudké reakci, při níž se vyredukuje železo.



Poznámka:

- POZOR! Většinou kelímek praskne.
- Všechny použité chemikálie je nutno předsušit.
- Důkaz přítomnosti kovového železa provedeme magnetem.
- Pokud páska dohoří k zápalné směsi a nedojde k reakci, je třeba vyčkat (alespoň minutu) než odstraníme příčinu neúspěchu. Nejčastěji páska zhasne, jestliže se v některém místě dotýká stěny kelímku.

1.2 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA HLINÍKU



Obr.1: Práškový hliník

Hliník, chemická značka **Al**, (*lat. Aluminium*), je kov bělavě šedé barvy, vyznačuje se dobrou vodivostí elektrického proudu. Hojně se používá v elektrotechnice a ve formě slitin v leteckém průmyslu (lehký kov) a mnoha dalších aplikacích.

Hliník je po kyslíku a křemíku třetím nejrozšířenějším prvkem v zemské kůře. V přírodě se vyskytuje pouze ve vázané formě. Nejvýznamnější rudou hliníku je **bauxit**: $\text{AlO}(\text{OH})$, oxid-hydroxid hlinitý. Bauxit je ruda sloužící zároveň jako surovina pro výrobu hliníku.



Obr.2: Bauxit

Mezi další známe sloučeniny hliníku patří:

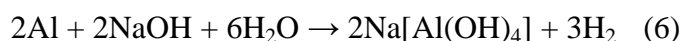
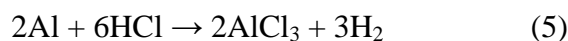
- Kryolit: $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$
- Korund: Al_2O_3

Oxid hlinitý je základem drahých kamenů. Podle příměsí dalších sloučenin dostáváme barevné zbarvení kamenů např.:

- Rubín:Červená barva je způsobena přidavkem oxidu chromu
- Safír:Modrá barva je způsobena přidavkem oxidu titanu a železa

Vlastnosti:

Hliník je stříbrolesklý kov, který se vyznačuje výbornou tepelnou a elektrickou vodivostí. Je velmi kujný, tažný a odolný vůči korozi. Na vzduchu se pokrývá tenkou souvislou vrstvou oxidu hlinitého. Hliník je amfoterní prvek tzn. rozpouští se v kyselinách i v alkalických hydroxidech:



Hliník nereaguje s koncentrovanou kyselinou dusičnou pretože je pasivován. Díky své elektropozitivitě má hliník značnou afinitu (schopnost reagovat) ke kyslíku, to je hojně využíváno v aluminotermii (výroba kovů z jejich oxidu za použití hliníku jako redukčního činidla). *Reakce viz (4)*

Použití:

Hliník nalézá uplatnění v mnoha oborech průmyslu. Díky svým vlastnostem (např. nízká hustota) se dříve z něho hodně vyráběly předměty denní spotřeby jako je např. kuchyňské nádoby či přístroje. Dnes se od nich kvůli zdravím škodlivým účinkům upouští (nabourávání nerovnovážného systému) a nahrazují je nerezové nádoby. Dříve se kovový hliník využíval při výrobě vodičů. Má dobré elektrické vlastnosti, ale při průchodu elektrického proudu se zahřívá, časem začnou vodiče křehnout a lámat se. Dnes už se od tohoto typu vodičů upouští a nahrazují se jinými (např. měď).

Hliník je elektropozitivní prvek, jež má velkou afinitu ke kyslíku. Metodu výroby některých kovů z jejich oxidů za použití hliníku nazýváme aluminotermie. Aluminotermická reakce je silně exotermní.



Video 1: Výroba hliníkových hřebíků:

http://www.mojevideo.sk/video/44e4/ako_sa_to_robi_hlinikove_rebriky.html

Video 2: Výroba pístu motoru:

http://www.mojevideo.sk/video/455d/ako_sa_to_robi_piasty.html

Video 3: Aluminotermie:

<http://www.youtube.com/watch?v=2LN4xOzjtAc>

Lehké slitiny hliníku:

Dural

Dural nebo duraluminium je obvykle označení pro slitiny hliníku (obvykle 90–96 % Al s menšími přísadami Cu, Mg, Mn aj). Dural byl objeven Alfredem Wilmem v roce 1906. Používá se v automobilovém průmyslu, při stavbě letadel, lodí, při výrobě zdravotnických a

sportovních potřeb, Z duralu se vyrábí plechy, dráty, odlehčené nebo složité tažené profily. Ve srovnání s hliníkem má dural o něco větší hustotu, je mnohem pevnější v tahu a je tvrdší. Dural se dobře obrábí, dá se svařovat, pájet, nýtovat, lepit, povrchově upravovat nebo barvit.

Silumin

Silumin je slitina hliníku, křemíku (nejčastěji 12% Si) a hořčíku. Může obsahovat i další legující prvky, které zlepšují mechanické vlastnosti. Odlitky siluminu mají velmi dobré vlastnosti (odolné proti korozi a praskání). Přidáním dalších legujících prvků (např. měď) dosáhneme větší pevnosti a pružnosti. Silumin se využívá v leteckém a automobilovém průmyslu především při výrobě pístů spalovacích motorů (nízká tepelná roztažnost).

Elektron

Elektron je slitina tvořena z větší části hořčíkem a hliníkem (nejméně 90 % Mg a nejvýše 10 % Al), dále může obsahovat i malé stopy zinku či manganu. Elektron se vyznačuje svou pevností, nízkou hustotou a odolností proti korozi. Nachází velké využití v leteckém a automobilovém průmyslu (letecké rádiové přijímače, části motorů), dříve se z něj vyráběly lehké součástky do optických přístrojů.

Magnalium

Magnalium je slitina hliníku a hořčíku (5-50% Mg), kde převažující část tvoří hliník. Magnalium se vyznačuje velkou pevností, odolností proti korozi, má nižší hustotu než samotný hliník, dá se dobře obrábět a svařovat. Díky těmto vlastnostem nachází magnalium využití především v leteckém a automobilovém průmyslu. Pro svou vysokou hořlavost v práškovém stavu a reaktivitu nachází uplatnění v pyrotechnice.

Sloučeniny:

Hliník se vyskytuje nejběžněji v oxidačním stavu +III, známy jsou také sloučeniny v oxidačním stavu +I

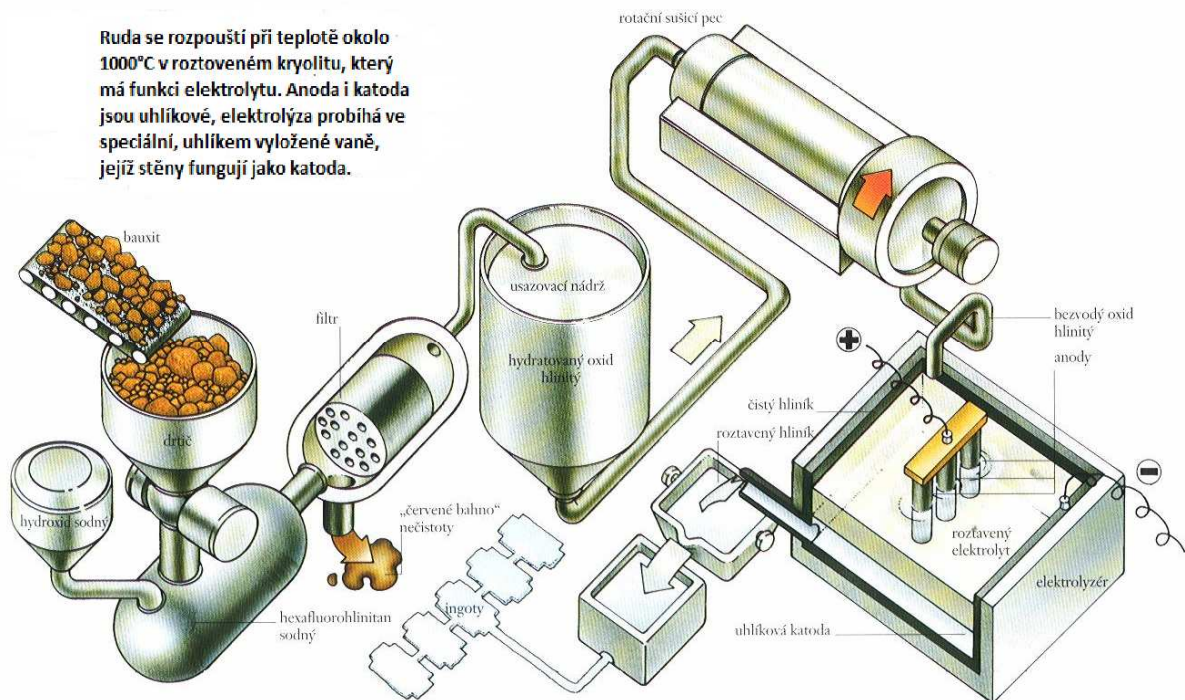
Tabulka 1: Příklady sloučenin hliníku

Oxidační stav	Vzorec	Název
+I	AlCl	Chlorid hlinný
+III	AlH ₃	Hydrid hlinitý (Alan)
	AlX ₃ (X=F,Cl,Br,I)	Halogenid hlinitý
	Al ₂ O ₃	Oxid hlinitý
	AlO(OH)	Oxid-hydroxid hlinitý
	Al(OH) ₃	Hydroxid hlinitý
	Al ₂ (SO ₄) ₃	Síran hlinitý
	Al(CH ₃ COO) ₃	Octan hlinitý
	KAl(SO ₄) ₂ · 12H ₂ O	Dodekahydrát síranu draselno-hlinitého (kamenec)
	NH ₄ Al(SO ₄) ₂ · 12H ₂ O	Dodekahydrát síranu amonno-hlinitého (kamenec)

1.3 VÝROBA

Technicky nejvýznamnějším materiálem pro výrobu hliníku je bauxit. Obsah oxidu hlinitého v bauxitu se pohybuje v rozmezí 35-70%.

V roce 1886 byl vyvinut Hallův-Heroultův proces, který tvoří základ technické výroby hliníku. Při tomto procesu stejnosměrný proud elektrolyzuje oxid hlinitý rozpouštěný v tavenině kryolitu.



Obr.3: Schématická výroba hliníku Hall-Heroultovým způsobem [20]

1.3.1 Výroba oxidu hlinitého

a) Bayerova metoda výroby oxidu hlinitého



Obr.4: Oxid hlinitý

Průmyslová výroba oxidu hlinitého se provádí tzv. Bayerovým způsobem.

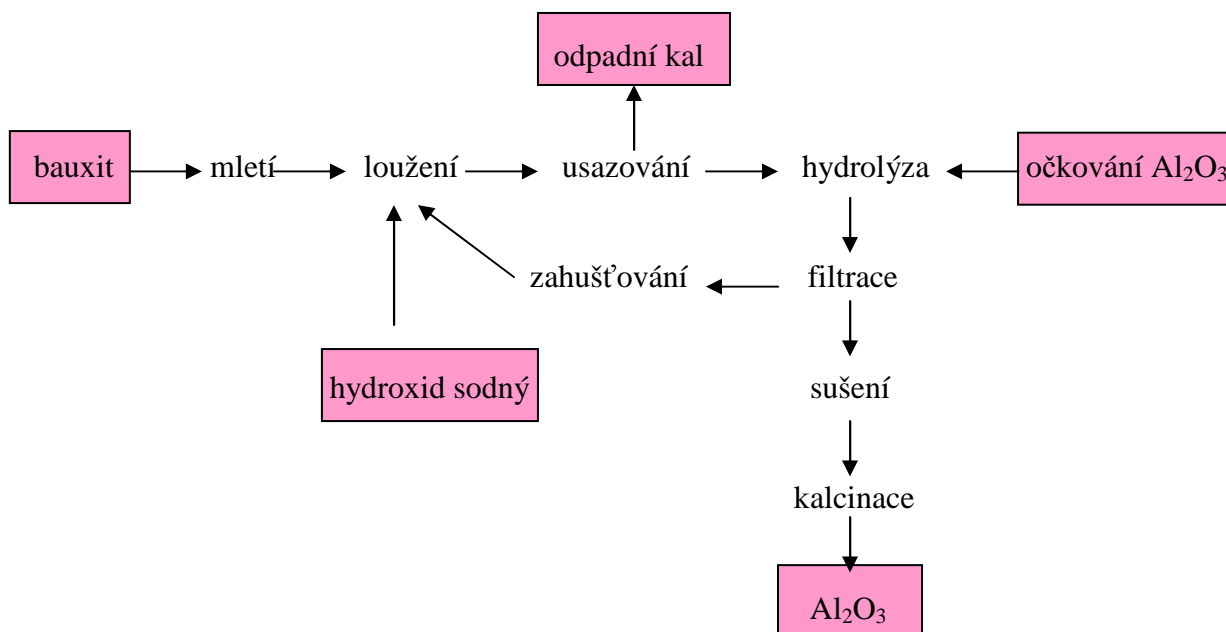
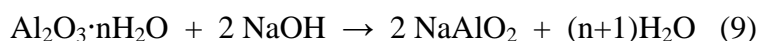


Schéma 1: Schématická výroba oxidu hlinitého (Bayerova metoda)

Při výrobě se nejprve rozemletý bauxit (obsahuje i další příměsi např. Si, Fe...) louží vodným roztokem hydroxidu sodného. Proces loužení se provádí v autoklávech (autokláv je tlakový uzavřený kotel) nebo v trubkových reaktorech. Během loužení přecházejí hydráty oxidu hlinitého do roztoku jako hlinitan sodný.



Oxid křemičitý ze směsi bauxitu reaguje s hydroxidem sodným a hlinitanem sodným za vzniku nerozpustného křemičitanu hlinitosodného. Zbytky, které jsou nerozpustné tzv. kaly se oddělí v usazovacích nádržích, a roztok hlinitanu sodného se dále hydrolyzuje.



Za účelem usnadnit tuto hydrolyzu dochází k očkování malého přídatku hydroxidu hlinitého (při očkování jde o přidavek krystalku látky). Teplota se snižuje z 90°C na 40°C[2]. Hydroxid hlinitý, který se během reakce uvolní se odfiltruje a hydroxid sodný se po zahuštění vrací zpět do procesu loužení bauxitu. Oddělený hydroxid hlinitý se promyje, usuší,

dehydratuje a kalcinuje na oxid hlinitý. Kalcinace probíhá při teplotách 950-1200°C [2] v rotačních nebo fluidních pecích. (Kalcinace hydroxidu hlinitého je termický rozklad kdy získáme až $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$).

Nejprve dehydratací získáme modifikaci $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ (při teplotě okolo 550°C) [2], která je hygroskopická (ochotně absorbuje vodu z okolí). Dalším ohřevem na cca 800°C se dostaneme až na $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, která již není hygroskopická. Při reakci dochází ke změně krystalografické soustavy z kubické ($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$) na hexagonální ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$).

b) Spékací metoda výroby oxidu hlinitého

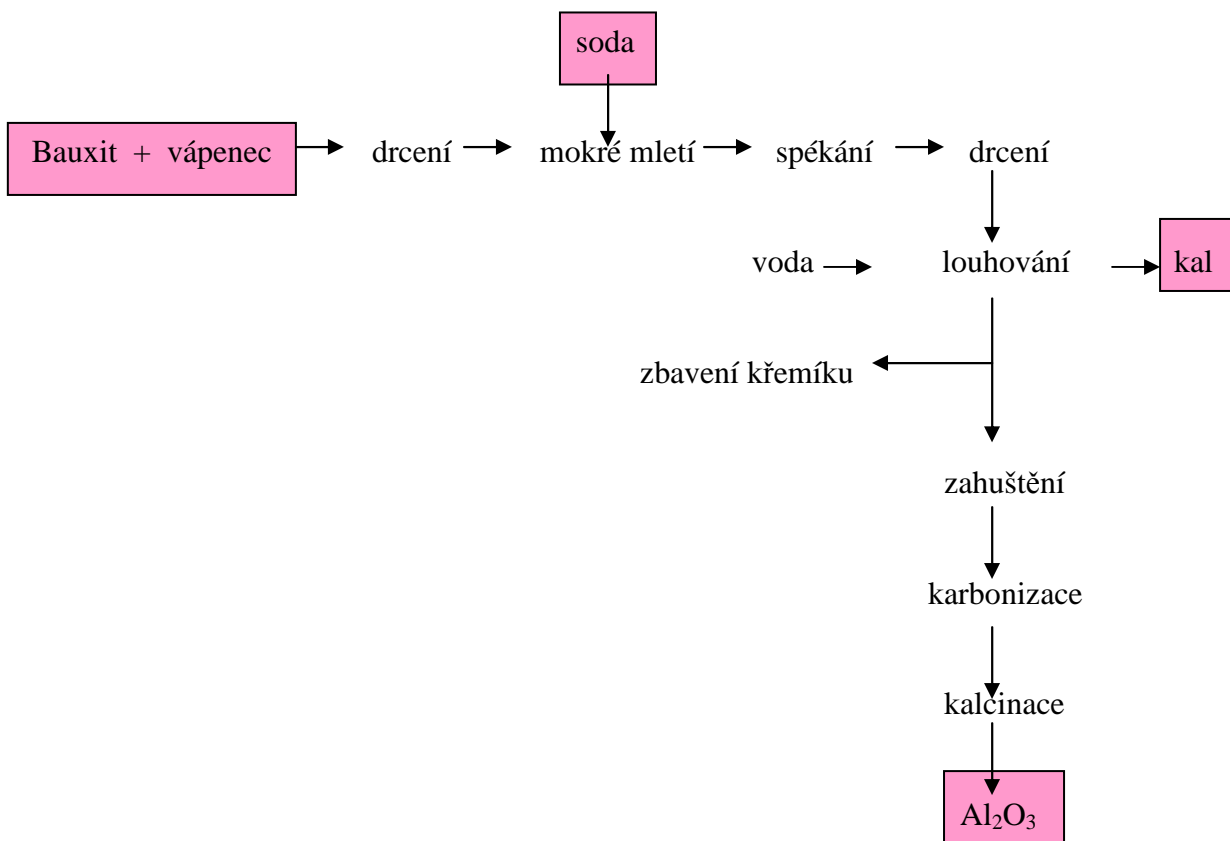


Schéma 2: Schématická výroba oxidu hlinitého (spékací metoda)

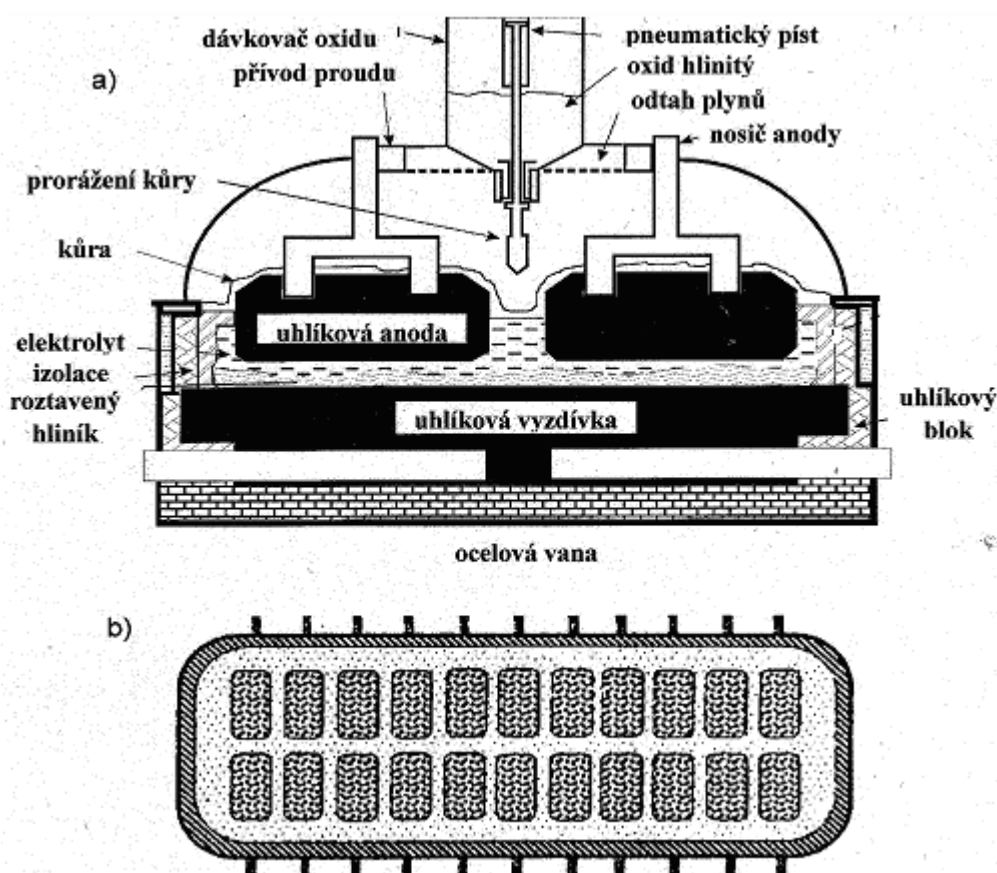
Spékací metoda patří k termickým způsobům výroby. Používá se při zpracování chudších bauxitů s vyšším obsahem oxidu křemičitého. Základem procesu je spékání bauxitu se sodou a vápencem, získá se tzv. spečenec, který se dobře rozpouští ve vodě. Vyloužením tohoto spečence ve vodě se získá roztok, obsahující sloučeniny hliníku a další přísady (podobně jako u Bayerovy metody). Během procesu vzniká nerozpustný kal.

Po oddělení kalu dochází ke karbonizaci (pomocí CO_2), vzniku hydroxidu hlinitého a matečného roztoku. Matečný roztok se opět recykluje na počátek procesu. Vyroběný hydroxid se po odfiltrování a promytí kalcinuje podobně jako u Bayerovy metody.

Karbonizace: chemický rozklad látky za vysoké teploty bez přístupu vzduchu

1.3.2 Výroba hliníku elektrolýzou

Oxid hlinitý, který je rozpuštěný v roztaveném kryolitu s příměsí fluoridu sodného nebo fluoridu hlinitého se při teplotě okolo 950°C [2] elektrolýzuje v elektrolýzéro.



Obr.5: Schéma Hall-Heroultova elektrolýzéro (a=průřez, b=půdorys)

Katoda je tvořena uhlíkovou vyzdívkou elektrolýzéro a anodou je uhlíková elektroda. Při průchodu elektrického proudu se oxid hlinitý redukuje na kovový hliník, který je ve formě taveniny. Ta se shromažďuje na dně elektrolýzéro a v pravidelných intervalech se odlévá do forem. Horní vrstva je tvořena směsí kryolitu a oxidu hlinitého. Během reakce probíhá

v elektrolyzáru řada dalších reakcí. Kromě toho, že na katodě se vylučuje hliník, a na anodě kyslík, dochází k oxidaci grafitové elektrody za vzniku oxidu uhelnatého a oxidu uhličitého. Anoda uhořívá, musí se spouštět a nakonec vyměnit.

2. KŘEMÍK

Křemík je po kyslíku druhý nejrozšířenější prvek zemské kůry. Velké uplatnění nacházejí jeho sloučeniny s pevnou vazbou Si-O-Si. Díky této vazbě se můžeme denně setkat s mnoha sloučeninami křemíku (sklo, polovodiče...). V úvodu kapitoly je uveden motivační pokus, který by měl žáky vtáhnout do problematiky výroby tohoto kovu. Následuje obecná část, kde je popisován výskyt, vlastnosti, použití a sloučeniny křemíku. Výroba je zaměřena na tři druhy křemíku. Jsou to ferrosilicium, technický křemík a vysoce čistý křemík. Tato část obsahuje i výrobu monokrystalu křemíku Czochralského metodou. Jelikož je křemík součástí mnoha dalších chemických procesů, obsahuje tato kapitola i výrobu skla, silikony či polovodiče. Na závěr je opět proveden rozbor středoškolských učebnic, který mapuje situaci jak českých tak i zahraničních učebnic.

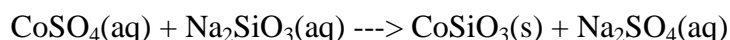
2.1 MOTIVAČNÍ POKUS

Pokus „chemická zahrádka“ je sice časově náročnější, ale pro žáky velmi zajímavý a motivující. Je možno ho provést ve dvou variantách, buď do kádinky nebo do zkumavek. Žáci můžou vidět jak reaguje vodní sklo se solemi kovů.

a) Chemická zahrádka [1]

A/ Do širší kádinky nalijeme zředěný roztok vodního skla (1:2) a vložíme do něho několik větších krystalků barevných rozpustných solí těžkých kovů. Nejvhodnější jsou sírany nebo chloridy (měďnatý, železnatý, železitý, nikelnatý, manganatý, kobaltnatý, apod.). Pozorujeme vzniklé útvary.

B/ Zředěné vodní sklo (1:2) nalijeme do několika zkumavek do výšky 1/3 a do každé zkumavky vložíme jiný krystal barevné soli. Pozorujeme vzniklé útvary ve zkumavkách. Z krystalů „vyrůstají“ útvary podobné rostlinám. Opatrným navrstvením vody se rostoucí vlákna větví v „květy“.



Vysvětlení:

Použité krystaly solí se dobře rozpouští ve vodě, ale jim odpovídající křemičitany jsou ve vodě téměř nerozpustné. Působením vodního skla se kolem krystalu vytváří tenká polopropustná vrstva špatně rozpustného křemičitanu případně hydratovaného oxidu. Difúzí vody do míst s vysokou koncentrací soli se vrstva křemičitanu osmotickým tlakem poruší, kapalina uvnitř se vylije a vodní sklo s vylitým roztokem vytvoří novou polopropustnou křemičitanovou vrstvu.

2.2 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA KŘEMÍKU



Obr.6: Křemík

Křemík (lat. *Silicium*) je polokovový prvek, po kyslíku druhý nejrozšířenější prvek v zemské kůře. Slouží jako základní materiál pro výrobu polovodičových součástek, oxid křemičitý je základní surovina pro výrobu skla, keramických a stavebních materiálů. Vyskytuje se pouze ve sloučeninách, jejichž základem je tetraedr $(\text{SiO}_4)^{4-}$, který se může spojovat do řetězců, cyklů, vrstev.

Výskyt:

V čisté podobě se křemík v přírodě nevyskytuje, setkáváme se pouze s jeho sloučeninami. Tvoří základní složku velké většiny hornin tvořících zemskou kůru (žuly, pískovcové horniny, jíly...). K nejvýznamnějším zástupcům minerálů křemíku patří křemičitany, křemen (oxid křemičitý SiO_2), který se vyskytuje ve více barevných formách:

- Křišťál: téměř čistý oxid křemičitý
- Ametyst: fialové zbarvení
- Citrín: žluté zbarvení
- Růženín: růžové zbarvení
- Záhněda: hnědé zbarvení

Křemík je ve formě sloučenin obsažen v kostech, zubní sklovině, chrupavkách.



Obr.7: Křišťál



Obr.8: Ametyst

Vlastnosti:

Čistý křemík je krystalická látka se strukturou typu diamantu, velmi tvrdý, ale křehký. Jeho hustota je $2,330 \text{ g.cm}^{-3}$. Teplota tání je 1414°C a teplota varu kolem 2900°C [23]. Je stálý, málo reaktivní, hodně reakcí probíhá až za zvýšené teploty. Za běžných podmínek je odolný vůči většině minerálních kyselin s výjimkou roztoku kyseliny fluorovodíkové (HF) a kyseliny dusičné (HNO_3). Velmi snadno se rozpouští v zásaditých roztocích (např. v hydroxidu sodném).



Vazba křemík – kyslík (-Si-O-Si-) je velmi pevná, jeho kyslíkaté sloučeniny jsou stálé a velmi rozšířené. Sloučeniny s vazbou křemík-křemík (-Si-Si-) jsou méně běžné.

Použití:

Ferrosilicium

Velké uplatnění ferrosilicia je při výrobě oceli jako dezoxidační prostředek. K oceli se přidává jako legující složka, která způsobuje magnetickou měkkost železa. Tvoří součást pérových a konstrukčních ocelí, je korozně stálý, tudíž má i široké uplatnění v chemickém průmyslu. Křemík slouží také jako legující složka v hliníku, zvyšuje jeho slévateľnost.

Technický křemík

Technický křemík se využívá především při výrobě silikonů. Silikony mají široké využití. Pevné polymerní sloučeniny na bázi silikonů jsou většinou označovány jako silikonový kaučuk. Ze silikonového kaučuku se vyrábějí různá těsnění nebo vystýlky nádob pro chemický průmysl a podobné aplikace.

Polovodičový křemík

Uplatňuje se v elektronice a polovodičové technice (křemíkové čipy, mikroprocesory...). Monokrystalický nebo polykrystalický křemík se uplatňuje ve slunečních článcích. V oboru solárních baterií se pomocí vhodně dotovaných křemíkových polovodičů dá měnit sluneční světlo na elektrický proud.

Sloučeniny:

Sloučenin křemíku existuje mnoho. Uvedeme si aspoň některé příklady sloučenin.

Tabulka 2: Příklady některých sloučenin křemíku

Oxidační stav	Vzorec	Název
-IV	Ca ₂ Si	Silicid vápenatý
	K ₄ Si	Silicid draselný
+IV	SiX ₄ (X=F,Cl,Br,I)	Halogenid křemičitý
	SiO ₂	Oxid křemičitý
	H ₄ SiO ₄	kys.tetrahydrogenkřemičitá

Silany jsou svým vzorcem podobné nasyceným uhlovodíkům – alkanům. Jsou méně stabilní než jejich uhlovodíkové analogy, protože vazba Si-Si je slabší než vazba C-C. Křemík v porovnání s uhlíkem nevytváří π_p vazby, (chybí u něj analogy alkenů, alkynů apod). Na rozdíl od uhlíku má křemíkový atom neobsazené 3d orbitály, kterými je schopen vytvářet jak σ -vazby, tak π_{pd} interakce, což má značné důsledky pro strukturu i reaktivitu křemíkových sloučenin (příkladem je sloučenina H₂[SiF₆]).

2.3 VÝROBA

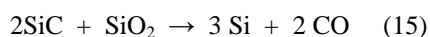
Na trhu rozeznáváme tři druhy křemíku podle oblasti použití [3]:

- Křemík jako slitinová přísada ve formě ferrosilicia, obsah Si od 8% do 95%
- Technický křemík s obsahem Si od 98,5% do 99,7%
- Nejčistší křemík, označovaný také jako polovodičový s obsahem Si vyšší než 99,9999% .

2.3.1 Technický křemík a ferrosilicium [3]

Výroba technického křemíku a ferrosilicia probíhá podobným způsobem, redukcí krystalického křemene koksem v obloukových redukčních pecích. Čistota křemene pro výrobu může být u technického křemíku jiná než u ferrosilicia. Zatím co při výrobě technického křemíku bychom měli používat co nejčistší křemen u ferrosilicia může být čistota menší (nad 96% SiO₂). Prvky jako jsou arsen, fosfor, síra a hliník jsou v pecích nežádoucí. Může dojít ke vzniku jedovatých odpadních plynů nebo ke znečištění konečného produktu. Při výrobě ferrosilicia se do vysokopeční vsázky přidávají železné třísky nebo šrot.

Během reakce dochází k postupné redukcí:



Termická redukce uhlíkem probíhá za teploty nad 2000°C. Po jedné až dvou hodinách se provádí odpich a kapalný křemík se odpouští.

2.3.2 Vysoce čistý křemík (polovodičový) [3]

Polovodičový křemík označujeme takový, který má extrémní čistotu (99,9999% Si). Postup, kterým se celkem ve světě získává asi 80% polovodičového křemíku, byl vyvinut v letech 1953 až 1956 u firmy Siemens. Výchozí surovinou je technický křemík, který reaguje s HCl ve fluidním reaktoru na SiHCl₃, a v této formě může být na vysokou čistotu vyčištěn destilací:

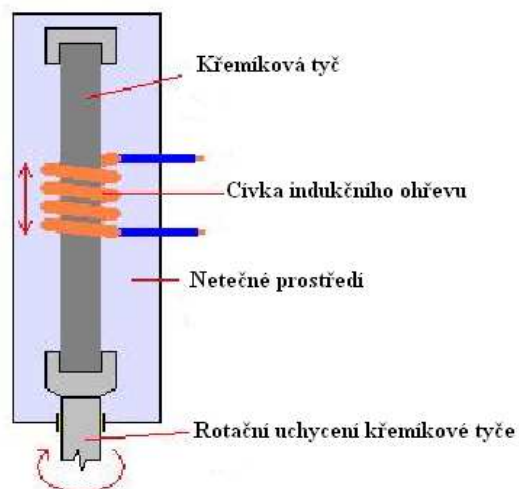


Zpětnou reakcí při 1000°C se může z SiHCl₃ vyloučit na tenkých čistých křemíkových tyčinkách polykrystalický křemík:



2.3.3 Čištění křemíku [3]

Křemík se čistí metodou pásmového tavení (tzv. zonální tavba). Křemíková tyč se upne v netečném prostředí (např. argon nebo jiný netečný plyn) do svorek, které se otáčejí, mezi cívku indukčního ohřevu, ta natavuje materiál na teplotu blízkou teplotě tání (1414°C)[23]. Nečistoty přítomné v materiálu se koncentrují v roztavené zóně a postupně se dostávají ke konci tyče (založeno na principu difúze). Tento postup se opakuje několikrát. Na koncích tyče se shromáždí nečistoty, konce tyče se odřežou a vrací se do výroby.



Obr.9: Zonální tavba (může probíhat i ve vodorovné poloze)

2.3.4 Výroba monokrystalu křemíku [24]

Czochralského proces: Prezentace Microsoft PowerPoint [28]

Monokrystal křemíku se vyrábí metodou tažení z kelímku. Na tyč se uchytlí zárodek monokrystalu křemíku, ten se ponoří do kelímku s roztaveným křemíkem a pomalu za otočného pohybu kelímku a tyče s monokrystalem se vytahuje směrem nahoru. Tímto způsobem se vytáhne tyč o délce až 1 metr s průměrem až 100mm, která je na koncích zúžená do tvaru kužele. Konce se odřežou a vrací se zpět do výroby. Tím dostaneme monokrystal křemíku, který lze dále čistit např. zonální tavbou.



Obr.10: Monokrystal křemíku [27]

2.4 VÝROBA SKLA

Suroviny pro výrobu skla:

- sklářský křemenný písek -SiO₂
- H₃BO₃ nebo borax Na₂B₄O₇·10H₂O
- vápenec CaCO₃
- dolomit CaCO₃·MgCO₃
- soda Na₂CO₃
- potaš K₂CO₃
- Li₂CO₃
- BaCO₃
- Pb₃O₄
- Al(OH)₃

Další přísady :

- barvicí oxidy (např. Cr_2O_3 a Fe_2O_3)
- čerňící přísady (Na_2SO_4 , Sb_2O_3 , NaNO_3)
- urychlovače tavení (NaCl)
- drcené odpadní střepy

Suroviny se před použitím musí pořádně promíchat a umlet. Skleněná směs (tzv. sklářský kmen) vzniká tavením surovin.

2.4.1 Druhy skla podle přidavku dalších sloučenin

- **Tabulové sklo:** Přídavek uhličitanu sodného. Sklo slouží při výrobě oken, výkladních skříní atd.
- **Sklo s přídavkem olova:** Výroba bižuterie, lustrů, atd.

Video 4: Výroba skleněného předmětu

http://www.mojevideo.sk/video/183b/kon_zo_skla.html

- **Sklo pro výrobu optických přístrojů** (čochky, hranoly...): Kromě olova obsahuje i baryum, zinek a titan.
-

Video 5: Výroba dalekohledu

http://www.mojevideo.sk/video/3db7/vyroba_dalekohladu.html

- **Borosilikátová skla:** Přídavek oxidu boritého. Tato skla jsou žáruvzdorná a chemicky odolná. Využívají se například ve farmacii, medicíně (pláště pro injekční stříkačky), v různých odvětvích textilního průmyslu, měřicí technice, solárních systémech a v dalších oblastech, kde je požadována vyšší tepelná a chemická odolnost.
- **Křemenné sklo:** Tavený čistý oxid křemičitý. Propouští ultrafialové záření, má výbornou chemickou tepelnou odolnost a snese prudké ochlazení, aniž popraská. Využívá se pro výrobu laboratorních potřeb a některých speciálních žárovek.

Podle použití se sklo dále zpracovává (např. barvení, leptání, broušení...)

Barvení skla:

- Sloučeniny železa: modro-zelené nebo žluto-zelené sklo
- Sloučeniny manganu: černé sklo, šedé sklo (podle přidavku dalších barvicích přísad)
- Sloučeniny kobaltu: modré sklo
- Sloučeniny zlata: rudě červené sklo

2.4.2 Fáze výroby skla

1. roztavení hmoty
2. čření
3. chlazení vyčreňného skla

Roztavení hmoty:

Vlivem vysokého žáru (teplota v peci se pohybuje okolo 1300°C, používají se plynové hořáky) dochází k dokonalému roztavení sklářského kmene. Roztavené sklo je nestejnorodé, neprůhledné a s bublinkami.



Obr.11: Tavení skla ve sklářské peci [26]

Čření:

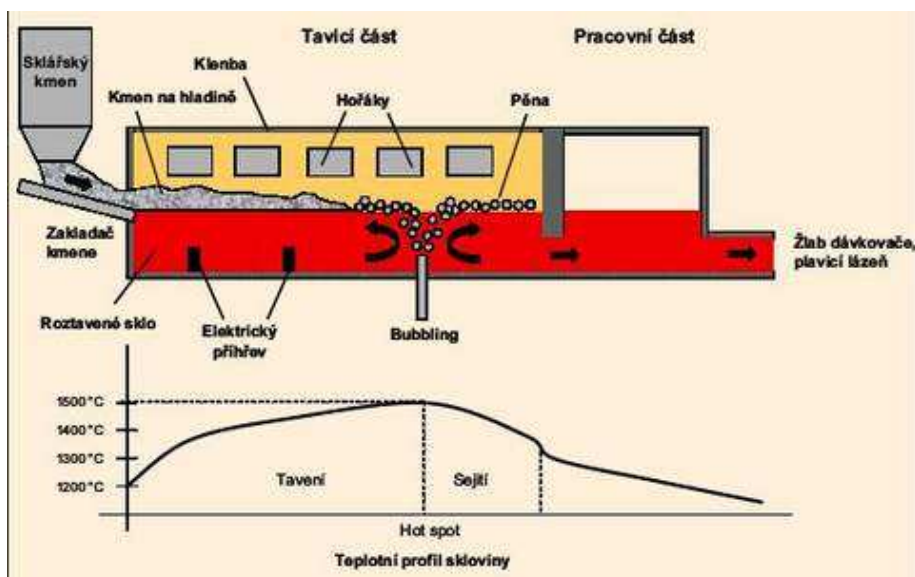
Bublinky, které vznikají ve skle se musí odstranit zvýšením teploty a přidáním různých čeridel (Na_2SO_4 , Sb_2O_3 , NaNO_3). Tavenina se dokonale mísí, bublinky unikají a sklo se stává řidší a průhlednější.

Chlazení vyčreňného skla:

Vyčreňné sklo je velmi řidké. Aby se s ním dalo dál pracovat, musí se ochladit. Tento proces se nazývá „sejítí“.

Po dokonalém vyčreňení a sejítí se teprve sklo zpracovává a to ručně, nebo strojově:

- Tažením (tabule, vlákna, trubice)
- Lisováním (obalové a levné užitkové sklo)
- Litím (ploché sklo)
- Vyfukováním (obalové, umělecké a užitkové sklo)
- Liso-foukáním (kombinace -např. lahvové sklo)



Obr.12: Schéma sklářské pece [20]

2.5 SILOXANY (SILIKONY)

Siloxany jsou polymery s obecným vzorcem $[R_2SiO]_n$, kde R je organický substituent. V řetězci se střídají atomy kyslíku a křemíku -Si-O-Si-. Jelikož je křemík čtyřvázný mohou být na jeho dvě volné vazby navázané další skupiny (OH, CH₃...). Siloxany se připravují polykondenzací dialkylsilandiolu nebo dialkyldihalogensilanu – vznik řetězovité struktury, dialkylsilantriolu nebo alkyltrihalogensilanu – vznik síťované struktury, za vzniku vedlejšího produktu (H₂O nebo HCl).

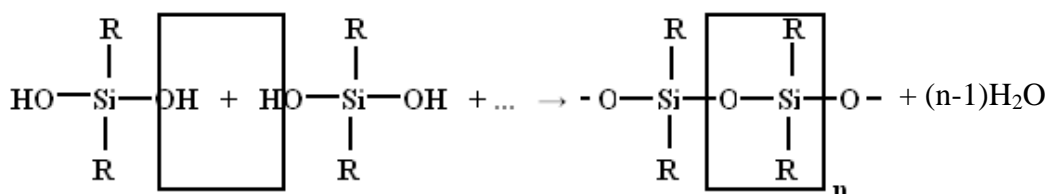


Schéma 3: Polykondenzace dialkylsilandiolu n = celé číslo

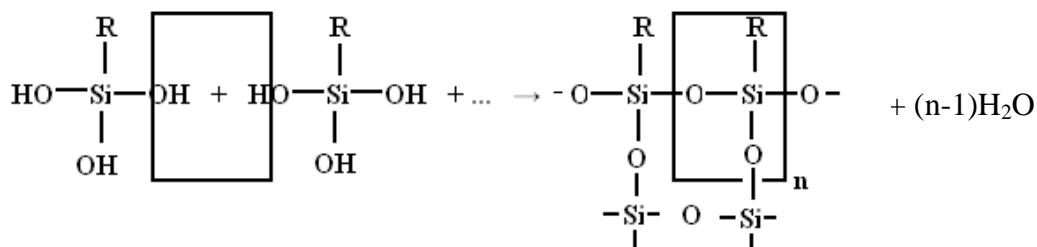


Schéma 4: Polykondenzace dialkylsilantriolu n = celé číslo

2.5.1 Vlastnosti siloxanů

Siloxany jsou plastické hmoty, které nepodléhají rozkladu ani v přítomnosti kyslíku nebo vody. Jsou odolné proti UV záření, povětrnostním podmínkám, změnám teploty.

2.5.2 Dělení siloxanů

1. nižší siloxany: oleje, mazadla, hydraulické kapaliny...

2. vyšší siloxany: vazelíny, izolační hmoty, pasty...
3. hydrofobní siloxany: krémy odpuzující vodu, výroba laků...
4. siloxanové kaučuky: izolanty, těsnící prostředky...

2.5.3 Využití v průmyslu

- *Chemický průmysl*: Výroba vystýlek chemických nádob ze silikonového kaučuku. Silikonový kaučuk na rozdíl od klasického kaučuku je stálejší i za vyšší teploty.
- *Stavebnictví*: V této oblasti se využívají především hydrofobní vlastnosti. Silikony tvoří složku speciálních omítek a nátěrů, které zabraňují pronikání vlhkosti do staveb.
- *Lékařství*: Hydrofobní vlastnosti se potlačují tím, že na některé křemíkové atomy jsou navázané skupiny -OH. Tyto silikony se uplatňují především pro výrobu chirurgických implantátů.
- *Mazadla, oleje, tmely*: Mohou být kapalného (transformátorové oleje) nebo pevného (tmely) skupenství. Oproti klasickým mazadlům mají větší teplotní odolnost a jsou dobrými vodiči tepla.

Video 6: Výroba tmelu

http://www.mojevideo.sk/video/44bf/ako_sa_to_robi_tmely.html

2.6 POLOVODIČE

Polovodiče jsou látky, jejichž měrný odpor je mezi odporem vodičů a izolantů (nevedou elektrický proud). Elektrický odpor je závislý na čistotě, i nepatrné množství nečistot ho může změnit až o několik řádů.

Mezi polovodiče patří křemík (germanium, selen, sloučeniny jako arsenid galia GaAs, sulfid olovnatý PbS...).

2.6.1 Pásový model

Složitým překryvem v prostorově uspořádané mřížce dochází k přeměně původních valenčních atomových orbitalů na energetický pás vystavěný z velkého množství nových delokalizovaných orbitalů. Tyto pásy představují svým horním a dolním okrajem rozmezí energií, jakých může nabývat elektron, který se v pásu vyskytuje. Nazývají se vodivostní a valenční pásy, oblast mezi těmito pásy se nazývá zakázaný pás. Pokud elektrony překonají energetickou bariéru, kterou udává šířka zakázaného pásu (E_g), mohou elektrony přecházet z valenčního do vodivostního pásu. Pro kovy je E_g nulová kvůli překryvu vodivostního a valenčního pásu. Pro polokovy je menší než 3 eV (polovodiče) a u nekovů je energie větší než 5 eV (izolanty). Abychom dostali vodivý polokov, musíme překonat energii zakázaného pásu (dodání tepelné, elektrické či elektromagnetické

energie). Šířku zakázaného pásu lze snižovat příměšovými částicemi, kdy vznikají polovodiče typu P nebo typu N.



Obr.13: Rozdělení pásů podle energie
(R =odpor, E_g = energie zakázaného pásu, tj.rozdíl energií vodivostního a valenčního pásu)

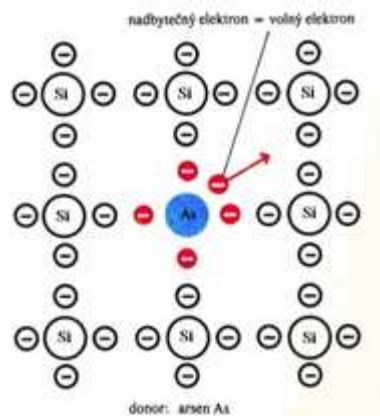
2.6.2 Vlastní vodivost polovodičů

Čisté polovodičové prvky jako je křemík či germanium se při teplotách blízkých absolutní nule ($-273,15^{\circ}\text{C}$) chovají jako izolanty. Se zvyšující se teplotou dochází ke změně obsazení pásů, některé elektrony získají dostatek energie a přeskočí z valenčního do vodivostního pásu, zvýší se vodivost. Jejich pohyb v krystalové struktuře bude neuspořádaný. V místě, kde došlo k přeskočení elektronu vzniká nedostatek záporného náboje tzv. díra. Pokud budeme neustále dodávat energii, bude vznikat čím dál tím více děr. Elektrony jsou přitahovány dírami, jestliže se setká volný elektron s dírou dochází k zániku díry (rekombinace).

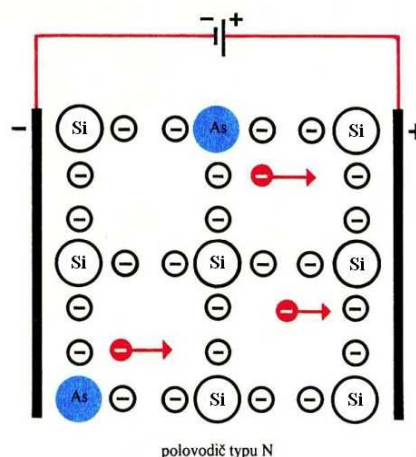
2.6.3 Příměšové (nevlastní) polovodiče

a) Vodivost typu N

Je dosažena přidáním prvku z páté skupiny (arsen, antimon...) do prvku z čtvrté skupiny (křemík). V polovodiči jsou pak navíc volné elektrony, které mají záporný náboj (ozn. vodivost negativní, elektronová). Prvky z páté skupiny se označují jako donory (dárci) elektronů.



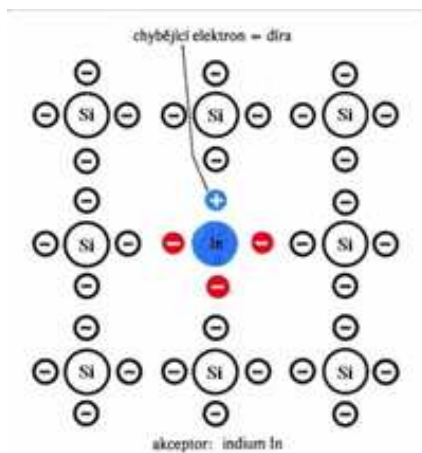
Obr.14: Polovodič typu N



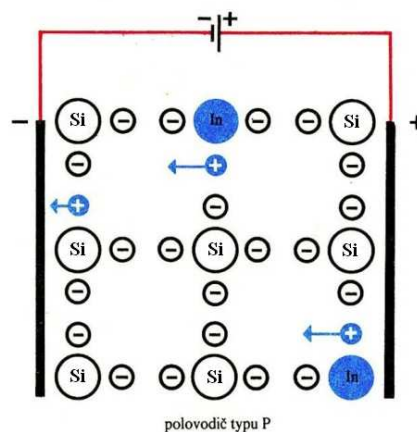
Obr.15: Elektronová vodivost

b) Vodivost typu P

Do prvku ze čtvrté skupiny (křemík) se přidává prvek z třetí skupiny (bór, gallium, indium), v polovodiči vzniknou tzv. kladně nabitě „díry“ (chybí v něm elektrony).



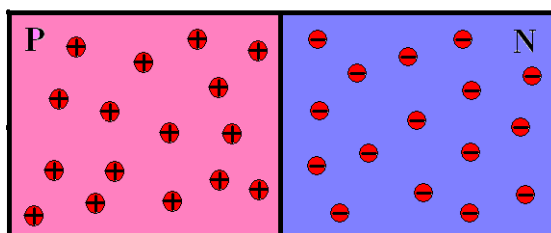
Obr.16: Polovodič typu P



Obr.17: Děrová vodivost

Příměsové polovodiče se používají v polovodičových součástkách, především v polovodičové diodě a tranzistoru, kde zásadní úlohu hraje přechod P-N.

c) Přechod typu PN



Obr.18: Přejchod typu PN (nalevo-polovodič typu P, napravo-polovodič typu N).

O propustném směru mluvíme v případě, je-li polovodič typu P připojen ke kladnému pólu zdroje a polovodič typu N je připojen k zápornému pólu zdroje. V závěrném směru je zapojení naopak. Je-li přechod je zapojen v propustném směru, elektrony přechází z polovodiče dotovaného prvkem z páté skupiny (arsen, antimon...) do polovodiče dotovaného prvkem ze třetí skupiny (bor, gallium,...).

Animace 7: PN přechod v propustném směru

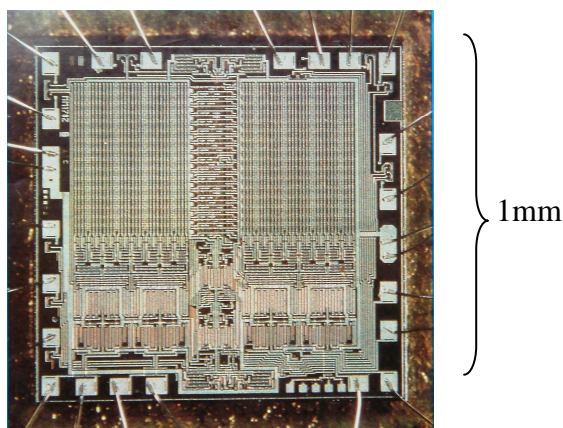
Animace 8: PN přechod v závěrném směr

d) Polovodičová dioda

Polovodičová dioda je elektrotechnická součástka, jejímž úkolem v elektrickém obvodu je propouštět elektrický proud jedním směrem.

Základem polovodičové diody jsou polovodiče typu P a N. Na rozhraní těchto polovodičů vzniká P-N přechod, který propouští proud v jednom směru.

Polovodičové diody nalézají uplatnění v integrovaných obvodech. Na malé ploše je tisíce součástek (čipy, mikroprocesory...).



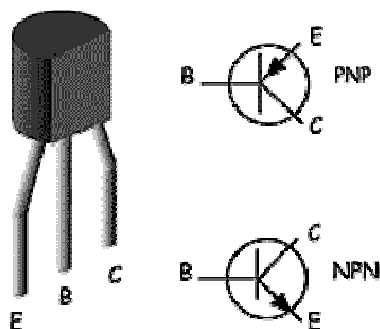
Obr.19: Integrovaný obvod

e) Tranzistory

Tranzistor je polovodičová součástka, kterou tvoří dvojice přechodů PN. Základní vlastností tranzistoru je zesilovací schopnost.

Principem je fakt, že emitorový obvod je zapojen v propustném, kolektorový pak v závěrném směru, což má za důsledek, že malé změny napětí nebo proudu na vstupu mohou vyvolat velké změny napětí nebo proudu na výstupu.

Podle uspořádání použitých polovodičů typu *P* nebo *N* se rozlišují dva typy tranzistorů, NPN a PNP

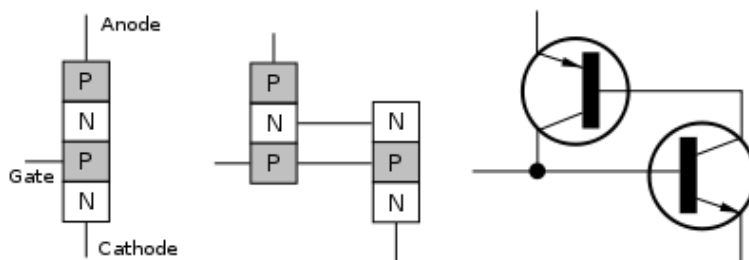


Obr.20: Tranzistory, K=kolektor, E=editor, B=báze [20]

f) Tyristory [25]

Tyristor je polovodičová součástka sloužící ke spínání elektrického proudu. Tyristor je čtyřvrstvá spínací součástka (obvykle PNPN), která nevykazuje usměrňující účinky jako dioda, avšak je možné ji ovládat (spínat) pomocí impulsu do řídicí elektrody G (Gate). Anoda (A) a katoda (K) se v obvodu nesmí zaměnit, zátěž je vždy připojena k anodě.

Jedná se o velice účinný nástroj, který lze využít při řízení výkonných strojů, spínání velkých výkonů i na dálku (turbíny, elektrárny). V moderních elektrických lokomotivách se používá nejčastěji pro pulzní regulaci výkonu trakčních motorů pro stejnosměrný proud.



Obr.21: Tyristor (Gate=Řídící elektroda, Anode=Anoda, Cathode=Katoda) [20]

g) Termistory [25]

Termistor je polovodičová součástka, která se používá jako teplotně citlivá součástka. Jeho odpor klesá s teplotou, přičemž změna odporu s teplotou je daleko rychlejší než u kovů.

3. MĚĎ

Měď nachází široké uplatnění díky svým vlastnostem (výborná elektrická a tepelná vodivost) v elektrotechnice. Jako motivační pokus mědi jsem zvolil její přípravu. Tento pokus se provádí s běžně dostupnými chemikáliemi, není pracovně náročný, protože vyučující může výsledek pokusu ukázat až na konci hodiny. Obecná charakteristika mědi je zaměřena na její výskyt, vlastnosti, použití a sloučeniny. Samotná výroba mědi je rozdělena na pyrometalurgický a hydrometalurgický způsob. Zmínka je také o slitinách mědi, o jejich vlastnostech a použití. Na závěr je opět proveden rozbor středoškolských učebnic, ve kterém je zmapována situace českých i zahraničních středoškolských učebnic.

3.1 MOTIVAČNÍ POKUS

Příprava mědi [1]

Do kádinky s 2% roztokem síranu měďnatého vložíme odmaštěné železné hřebíky. Po chvíli začne vyloučená měď z hřebíků odpadávat. Zahříváním reakční směsi na teplotu kolem 80°C se reakce značně urychlí. Vzniklý roztok síranu železnatého je světle zelený.



3.2 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA MĚDI



Měď, chemická značka: **Cu** (*lat. Cuprum*) je ušlechtilý kovový prvek načervenalé barvy. Měď je zajímavá vynikající tepelnou a elektrickou vodivostí, je odolná proti korozi. Je součástí slitin, hojně se využívá v elektrotechnice.

Obr.22: Měď

Měď je jedním z mála kovů, které znal člověk už v dobách prehistorických. Nejprve byla měď užívána samotná, později v podobě slitin (As, Pb, Zn, Sn atd.). Tyto slitiny byly velmi proměnlivého složení, podle

přísad se rozlišovaly na bronzы (Cu + Sn) a mosazi (Cu + Zn). Byly užívány tak hojně, že daly název celé historické epoše – doba bronzová [29] (ve střední Evropě je datována kolem 1900-800 let př.n.l.)

Výskyt:

Měď se v přírodě v ryzí formě nachází jen vzácně. Ve větším množství se pak vyskytuje ve sloučeninách. V přírodě ji můžeme najít v nerostech:

- Chalkosin: Cu_2S
- Chalkopyrit: CuFeS_2
- Kuprit: Cu_2O
- Azurit: $2 \text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$
- Malachit: $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$



Obr.23: Chalkosin

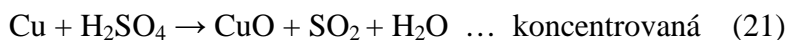
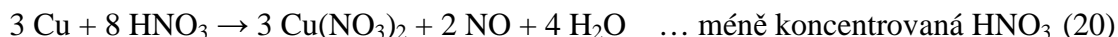
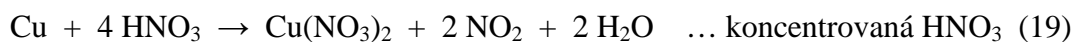


Obr.24: Chalkopyrit

Vlastnosti:

Měď je načervenalý měkký kov, dobře kujný a tažný. Vyznačuje se výbornou tepelnou a elektrickou vodivostí, což má velké využití při výrobě kotlů, radiátorů, v elektrotechnice. Význam mají také slitiny mědi, z nichž jsou neznámější bronz, mosaz, konstantan apod. Teplota tání mědi je přibližně 1085°C ($1084,62^\circ\text{C}$ [23]), teplota varu je 2927°C [23]. Měď se časem na vzduchu pokrývá tzv. měděnkou $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ (nazelenalá barva). Měď za vyšší teploty reaguje s kyslíkem, se sírou, chlorem, rozpouští se v oxidujících kyselinách.

Reakce v koncentrované kyselině dusičné a sírové:



Použití:

Čistá měď

Čistá měď nalézá uplatnění pro svoji odolnost proti korozi, protože se na vzduchu působením atmosférické vlhkosti a oxidu uhličitého pokrývá měděnkou: $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$, která ji účinně chrání proti další korozi.

Využití čisté mědi:

- Střešní krytiny – poměrně hodně nákladné, pokrývání pouze historických staveb apod.
- Materiál pro výrobu odolných okapů a střešních doplňků
- Trubice pro rozvody technických plynů

Díky své vysoké elektrické vodivosti se měď využívá:

- Elektrické vodiče jak pro průmyslové aplikace (elektromotory, elektrické generátory, ...), tak pro rozvody elektrické energie v bytech apod.
- Elektronické součástky, např. integrovaných obvodů

Vynikající tepelná vodivost mědi se uplatní při výrobě:

- Kotlů a zařízení pro rychlý a bezztrátový přenos tepla
- Chladičů např. v počítačích, automobilech a průmyslových zařízeních
- Kuchyňského nádobí

Slitiny mědi

Mosaz

Mosazi tvoří většinu všech slitin mědi. Můžeme je dělit do několika skupin (podle chemického složení, podle způsobu zpracování). Jedná se o slitinu mědi, zinku a dalších přísad.

Dělení podle chemického složení:

- Dvousložkové
- Vícesložkové (obsahují další přísady, např. Al, Ni, Sn...)

Bronzy

Bronzy se používají při výrobě méně namáhaných ložisek a pouzder. Bronzy jsou slitiny mědi a dalších prvků (zejména cínu) s výjimkou zinku, který není v bronzu hlavní přísadou. Název bronzu je odvozen od hlavního přísadového prvku

Cínové bronzy:

Označují se také jako pravé bronzy. Obsahují max. do 20% cínu. Bronzy k tváření obsahují max. 9% cínu. Používají se při výrobě pružin, membrán, součástí pro elektrotechnický a chemický průmysl. Vyznačují se dobrou odolností proti korozi a jsou dobře odolné proti mechanickému opotřebení.

Hliníkové bronzy:

Obsahují do 10% hliníku, ale zpravidla obsahují ještě 2-8% dalších přísad (mangan, nikl, železo). Mangan zvyšuje tvárnost za tepla i za studena a korozní odolnost. Nikl způsobuje větší pevnost, železo zjemňuje zrna a zpevňuje.

Křemíkové bronzy:

Jsou dobře tvárné za studena i za tepla, dobře odolávají korozi a mají příznivé kluzné vlastnosti.

Niklové bronzy:

Oba kovy se vzájemně rozpouštějí. Nikl způsobuje výrazné snížení elektrické vodivosti (použití při výrobě odporových materiálů). Niklové bronzy s 30% obsahem niklu-**NIKELÍN**, s 45% obsahem niklu-**KONSTANTAN**. Jejich zajímavou vlastností je měrný elektrický odpor, který i s rostoucí teplotou zůstává stále konstantní.

Beryliové bronzy:

Typický materiál pro výrobu nemagnetických korozivzdorných pružin, nejkřivých nástrojů i při výrobě ložisek. Výhodou těchto bronzů je, že po rozpouštění a ochlazení ve vodě se dají dobře tvarovat a vytvrzovat.

Video 9: Výroba bronzových soch

http://www.mojevideo.sk/video/8a1c/ako_sa_to_robi_bronzove_sochy.html

Sloučeniny:

Měď se vyskytuje nejčastěji v oxidačních stavech +I, +II, známy jsou také sloučeniny v oxidačním stavu +III.

Tabulka 3: Příklady sloučenin mědi

Oxidační stav	Vzorec	Název
+I	CuX (X=Cl, Br, I)	Halogenid měďný
	CuCN	Kyanid měďný
	Cu_2O	Oxid měďný
	$[\text{Cu}(\text{CN})_2]^-$	Dikyanoměďný aniont
	$[\text{Cu}(\text{Cl})_3]^{2-}$	Trichloroměďný aniont
+II	CuX_2 (X=F, Cl, Br)	Halogenid měďnatý
	CuO	Oxid měďnatý
	$\text{Cu}(\text{OH})_2$	Hydroxid měďnatý
	CuS	Sulfid měďnatý
	CuSO_4	Síran měďnatý
	$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$	Dusičnan měďnatý
	$[\text{CuCl}_5]^{3-}$	Pentachloroměďnatý aniont
+III	Cu_2O_3	Oxid měditý
	$\text{K}_3[\text{CuF}_6]$	Hexafluoroměditan draselný

3.3 VÝROBA

Samotná výroba mědi probíhá v několika fázích:

1. Těžba rudy (obsah mědi v rudě je přibližně 1%)
2. Úprava rudy
 - Drcení a mletí
 - Flotace ... zvýšení koncentrace mědi (viz úprava zlata a stříbra)
 - Rozdružování ... (viz úprava zlata a stříbra)
3. Vlastní výroba mědi:
 - pyrometalurgická (suchá) výroba (pro sulfidické a kyslíkaté rudy)
 - hydrometalurgická (mokrá) výroba (pouze pro zpracování kyslíkatých rud a rud obsahujících ryzí Cu)

3.3.1 Pyrometalurgická výroba

a) Pražení v etážové peci

Při pražení vycházíme z koncentráту mědi (sulfidy mědi, železa, zinku), jejichž obsah je potřeba snížit. Pražení se provádí v etážové peci při teplotě přibližně 850°C.



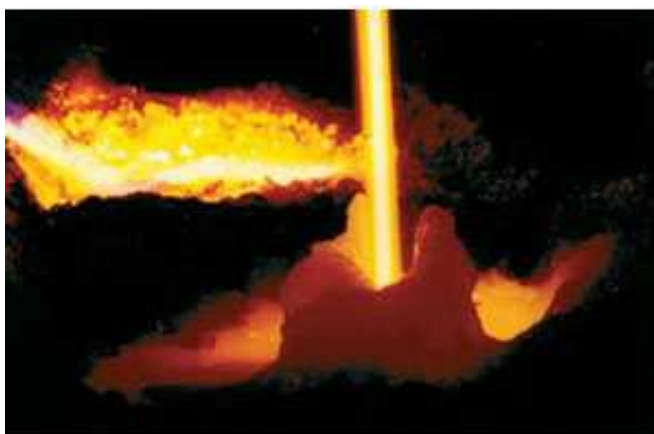
Během pražení se přidávají struskotvorné přísady (křemen, vápenec), aby zabránily spékání koncentrátu. Z vypraženého koncentrátu vzniká praženec.

b) Tavení pražence na měděný lech (kamínek)

Tavení pražence se provádí v plamenných pecích. Pece jsou vyhřívány černým uhlím (popř. zemní plyn). Při tavení oxidy mědi reagují se sulfidem železnatým za vzniku sulfidu měďného, vyšší oxidy železa se sulfidem železnatým redukuje.



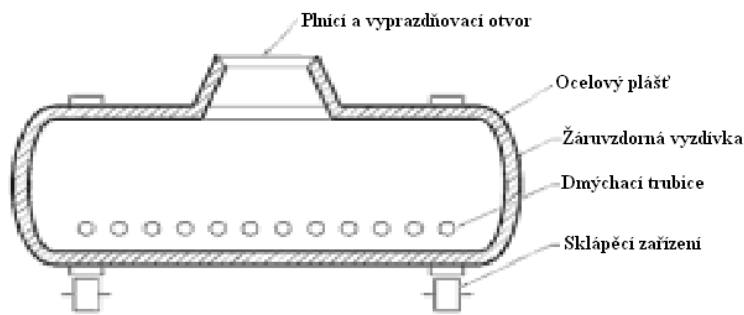
Jako struskotvorná přísada se používá křemen, který váže oxidy železa do strusky ve formě křemičitanů. Ve spodní části pece se hromadí tavenina sulfidu železnatého a měďného tzv. kamínek. Během tavení přejde do kamínku 95-99% mědi a drahých kovů.



Obr.25: Tavení mědi [30]

c) Zpracování roztaveného kamínku v konvertoru

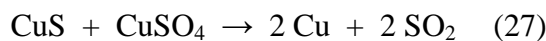
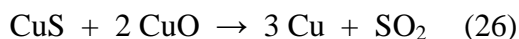
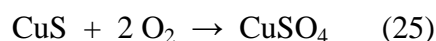
Konvertor je válcovitá nádoba s magnezitovou vyzdívkou. Ve spodní části se nacházejí dmýchací trubice, kterými se vhání stlačený vzduch dovnitř (nutný pro oxidaci). Horní část (hrdlo) slouží k plnění a vyprazdňování konvertoru.



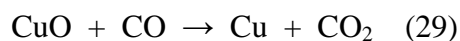
Obr.26: Konvertor na výrobu mědi

V minulosti se hodně využívaly tzv. pražně-reakční a pražně-redukční způsoby výroby.

Při pražně-reakčním způsobu výroby sulfidická ruda reaguje se vzdušným kyslíkem, na oxid měďnatý se mění pouze část sulfidu, zbytek zůstává nezreagovaný. Po tomto pochodu následuje druhý reakční pochod, při kterém zbylý sulfid reaguje s oxidem za vzniku kovové mědi. Během reakčního pochodu může vznikat také síran měďnatý, který reaguje se sulfidem mědi za vzniku mědi a oxidu siřičitého.



I během pražně redukčního pochodu dochází k pražení rudy, nejlépe tak, aby nepřešel všechen sulfid na oxid mědi. Využívá se způsobu při kterém směs sulfidu mědi spolu s vápencem a oxidem křemičitým prohání vzduch. Při redukčním pochodu se směs (oxid měďnatý, křemičitan měďnatý) redukuje působením oxidu uhelnatého vzniklého při spalování koksu. (24), (25)



3.3.2 Hydrometalurgická výroba

Používá se při zpracování na měď chudých kyslíkatých rud. Při výrobě se ruda rozpouští ve zředěné kyselině sírové. Po odstranění nerozpuštěných zbytků se měď z roztoku získá vysrážením železným odpadem. Železo jako neušlechtilý prvek má schopnost vytěšňovat ušlechtilé prvky z roztoků svých solí (Beketova řada). (18)

3.3.3 Rafinace

Jelikož surová měď obsahuje příměsi (zinek, nikl, olovo, zlato, stříbro...) musí se rafinovat. Příměsi i v malém množství mohou mít za následek zhoršené mechanické vlastnosti, snižuje se vodivost.

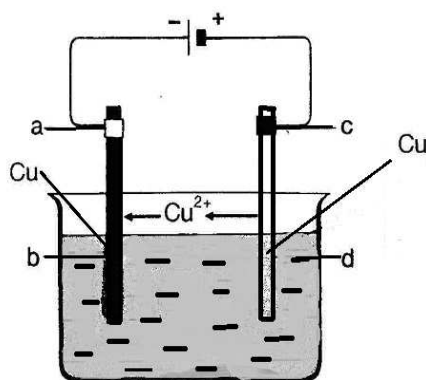
Způsoby rafinace:

- Pyrometalurgická rafinace
- Elektrolytická rafinace

a) Pyrometalurgická rafinace

Provádí se dmýcháním vzduchu do roztavené surové mědi, dochází k oxidaci příměsí. Vzniklé oxidy se shromažďují na povrchu mědi, vytváří strusku (oxid železitý, oxid hlinitý, oxid křemičitý). Těkavé oxidy unikají (oxid olovnatý, oxid zinečnatý). Během rafinace se neodstraní bismut a drahé kovy. Po ukončení oxidace dochází k odstranění kyslíku a oxidu měďného z roztavené mědi pomocí dřevěných tyčí (tzv. pólování). Tímto postupem rafinace můžeme získat měď o čistotě 99,7%Cu.

b) Elektrolytická rafinace

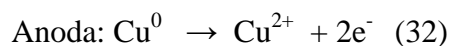
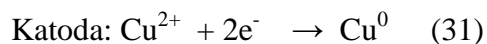


Obr.27: Elektrolytické čištění kovů

a- katoda, b-čistá měď, c-anoda ze surové (znečištěné) mědi, d-roztok měďnaté soli

Při elektrolytické rafinaci přechází měď z anody (surová měď) do roztoku a opět se vylučuje na katodě (čistá měď).

Při elektrolytické rafinaci dochází k redoxním reakcím. Na katodě (záporná elektroda) probíhá redukce a na anodě (kladná elektroda) probíhá oxidace.



Příměsi jako zinek, nikl, cín přejdou do roztoku současně s mědí a hromadí se v elektrolytu. Ostatní kovové nečistoty tvoří anodové kaly, které jsou cenným zdrojem zlata, stříbra a dalších těžkých kovů. Čistota takto vyrobené mědi je 99,98% Cu.



Obr.28: Měděné katody [30]



Obr.29: Měděné anody [30]

4. ZLATO A STŘÍBRO

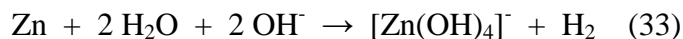
Zlato a stříbro se řadí mezi ušlechtilé kovy. I přesto, že je jejich použití rozsáhlé málokdo ví, jakým způsobem se vyrábí. Jako motivační pokus jsem zařadil „přeměna mědi ve stříbro a zlato“. Pokusů se zlatem není mnoho, jsou finančně náročné, proto často neprovádí. Jelikož je zlato a stříbro natolik známé, zařadil jsem do této kapitoly a historický vývoj těchto kovů. Nechybí obecná charakteristika, která se zaměřuje na výskyt, vlastnosti, použití a sloučeniny. Je zde také zmínka o karátu a zkoušce ryzosti. Následuje výroba zlata a stříbra. Konec je věnován rozboru českých i zahraničních středoškolských učebnic.

4.1 MOTIVAČNÍ POKUS

Přeměna mědi ve stříbro a ve zlato [1]

Připravíme roztok hydroxidu sodného o koncentraci 3mol/dm^3 . Do tohoto roztoku vložíme několik granulí kovového zinku a mírně zahřejeme. Zinek začne reagovat za vývoje vodíku. Po chvíli vložíme do této směsi kousek měděného plechu tak, aby se dotýkal přímo kovových zrn zinku. Pozorujeme vývoj vodíku na povrchu mědi a současně její změnu barvy z červené na jasně stříbrnou.

Potom plech vyjmeme, opláchneme v čisté vodě, osušíme a vložíme opatrně do nesvítivého plamene kahanu. Téměř ihned se změní barva kovu ve zlatou.



Vysvětlení:

Měď a zinek vytvoří v roztoku hydroxidu sodného článek, jehož „zkratováním“ dochází k tomu, že se vodík, který se při reakci zinku vylučoval na jeho povrchu, začne vylučovat na povrchu mědi, redukuje zinek, který je v roztoku obsažen ve formě zinečnanu (uvedená reakce probíhá obráceně-vzniká stříbrné zbarvení).

Při zahřívání pozinkovaného plechu dochází ke vzniku slitiny Zn-Cu tj. mosazi, která má (pokud se zahřívání nepřežene) krásně zlatou barvu.

4.2 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA ZLATA A STŘÍBRA



Obr.30: Zlato

Zlato (*Aurum*, značka **Au**) je chemicky odolný, velmi dobře tepelně i elektricky vodivý, ale poměrně měkký kov žluté barvy. Je používán při výrobě dekorativních předmětů a šperků a jako měnová záruka při emisích bankovek. V současnosti je důležitým materiálem v elektronice, kde je ceněna jeho vynikající elektrická vodivost a odolnost proti korozi. V přírodě se vyskytuje zejména ryzí.



Obr.31: Stříbro

Stříbro, chemická značka *Ag* (*lat. Argentum*) je ušlechtilý kov bílé barvy. Vyznačuje se výbornou elektrickou a tepelnou vodivostí. Slouží jako součást různých slitin pro použití v elektronickém průmyslu, výrobě CD i DVD nosičů a šperkařství, jeho sloučeniny jsou nezbytné pro klasický fotografický průmysl.

Historický vývoj těžby a výroby zlata, stříbra

Jedna z prvních zmínek je z doby bronzové, kdy se kromě mědi zpracovávalo i zlato. Keltové ovládali slévačské práce týkající se zlata, neboť používali mince a napodobovali makedonské helénistické ražby. V hliněných deskách s důlky byla roztavována přesně odvážená množství zlata. Získané pecky se pak razily. Zdrojem zlata keltských prospektorů byly písky jihočeských řek - Otavy, Lomnice a Vydry. Keltské mince, tzv. duhovky, jsou z velmi čistého zlata, které možná bylo nějakým způsobem rafinováno.

Po příchodu Slovanů mělo slévačství jiné úlohu. Toto odvětví, pracující s neželeznými a často drahými kovy, prakticky splynulo se šperkařstvím a se zlatnictvím. Zlatníci ovládali drobnou, tzv. makovou granulaci, což je spájení plošek se zrnky drahého kovu, dále filigrán, který aplikovali na různé druhy náušnic, plátování, tlačené zlatého a stříbrného plechu a jeho formování do tvaru kulovitých knoflíků (tzv. gombíků) se složitým ornamentem.

V počátcích feudálního období (10.-13.století) se lidé pokoušeli připravovat zlato. Pro dobývání zlata byly u nás vhodné podmínky, neboť šumavská primární ložiska dala vzniknout rozsáhlým rýžoviskům v povodí Blanice, Volyňky a Otavy. Zlato sloužilo především jako platidlo. K rýžování nebylo třeba žádné velké techniky. Stačily k tomu necky, jež se naplnily zlatonosným materiálem a jednoduchými pohyby lehké částice vyplavily a těžké zůstaly na dně necek. Zlato bylo poměrně čisté a původně nebylo patrně čištěno. Od stříbra se oddělovalo starým způsobem - tavením zlata v kelímcích s olovem, solí a plevami, kterými se zlato zbavilo síry i stříbra. Dalším způsobem bylo tavení zlata se solí a skalicemi nebo kamencem, či tavením se sírou, nebo sazemi, solí a moukou. V počátcích feudalismu bylo běžným kovem i stříbro. Z bohatých rud se stříbro vyrábělo přímým zolovňováním, to je zasypáváním do roztaveného olova. Získala se tak slitina olova se stříbrem, ze které se oddělilo stříbro sháněním, to je pálením slitiny, při čemž se oxidovalo olovo na oxid a kovové stříbro se uvolnilo.

V období vrcholného feudalismu (13-16.st.) si panovníci zajišťovali práva na nerostné suroviny. Jejich právo se nazývalo horní regál. Hlavními středisky těžební činnosti byly Jihlava, Havlíčkovobrodsko, ale nejvýznamnějším střediskem se stala koncem 13. století Kutná Hora, kde se rozkřikla pověst o nových bohatých nálezích rudy. Bohatství kutnohorských dolů umožnilo reformu českého mincovnictví, a tak se od roku 1300 začaly ve Vlašském dvoře razit velmi hodnotné pražské groše, jež se staly hledanou mincí středověké Evropy. Ve 14. století došlo u nás i k hlubinnému dolování zlata. Hlavními středisky se staly Kašperské Hory, Jílové, Knín a Krásná Hora.

Nejjednodušší bylo získávání zlata rýžováním. Ze získaného produktu se zlato buď vytavilo, nebo se produkt mísil se rtuť a ze vzniklého amalgamu se zlato získalo vyžiháním. Bohatší rudy zlata se tavily v kelímcích tak, aby se zlato soustřeďovalo do olova, mědi nebo antimonu, který se přidával jako sulfid, z něhož se antimon vyredukoval železem nebo mědí.

Rudy s ryzím stříbrem byly přímo zolovňovány, to jest vnášeny do roztaveného olova. Vlaškové stříbro se tavilo v uzavřené hliněné nádobě nebo se zolovňovalo v kelímku, aby nedošlo ke ztrátám. Stříbronosné měděné rudy byly nejdříve praženy, a pak v žlábkové peci taveny na kamínek, z něhož se opakovaným pražením a tavením získávala měď se stříbrem.

V poslední etapě feudální techniky (16.- 18.st.) byl vyřešen problém s blejnem, jež dávalo silně viskózní strusky, které zadržovaly sulfidy olova a stříbra. Tavení blejnových rud se podařilo zčásti vyřešit v Banské Štiavnici. Štiavnická metoda se však pro všechny rudy nehodila, a proto byla uvítána amalgamační metoda, kterou vypracoval Born. Amalgamace se používalo od pradávna k výrobě zlata za surovin obsahujících ryzí zlato. U stříbrných rud se mohlo amalgamace používat také pouze u rudniny s ryzím stříbrem a teprve od poloviny 16. století se podařilo Bartolovi de Medina v Mexiku vypracovat amalgamační proces pro sulfidy stříbra, tak zvaný patio-proces, to jest amalgamace argentitu za studena, při čemž se přidávala sůl a modrá skalice. Druhý amalgamační proces, vypracovaný koncem 16. století Alvarem Alfonsem Barbou, byla amalgamace za tepla, prováděná v měděných kotlích. Ačkoli v Evropě byla známa amalgamace stříbrných rud již v 16.století, dlouho se neprosadila a klasický způsob převádění stříbra do olova přežíval až do 80.let 18.století.

Georgius Agricola [36]

Byl významný německý učenec. Je autorem po stovky let užívané hornické příručky a často je nazýván otcem mineralogie. Jeho stěžejním dílem je dvanáct knih o hornictví, *De re metallica libri XII* (vychází až po jeho smrti), které vydal v roce 1556. Obsahují popisky dolů, techniky větrání, odvodňování, ražby. Tyto knihy shrnuly soudobé znalosti i Agricolovy vlastní poznatky a na minimálně 200 let se staly nejužívanější příručkou pro dobývání rud a jejich hutního zpracování.



Obr.32: Ilustrace ke Knize II: Vyhledávání pomocí virgule a kutací příkop

Výskyt zlata:

V přírodě se nalézá zlato vždy jako ryzí kov. Těží se jednak z primárních ložisek, a to nejčastěji z křemenných žil v podobě jemného prachu, zrn, drátků, plíšků, jednak ze sekundárních náplavů, vzniklých větráním těchto hornin. Hornické dobývání je hospodářsky únosné od obsahu nad 5 g zlata na tunu horniny. Náplavy je možno zpracovat moderními způsoby i při obsazích menších než 0,5 g/t. Zlato doprovází některé rudy měděné, olověné, zinkové i jiné, při jejichž zpracování se získává. Někdy je vázáno na selen a telur. Zlato většinou obsahuje příměs Ag (1 – 15 %) aj. prvků (Bi, Cu, Hg, Fe, Pd, Pt, Rh). Směsi zlata s 20 – 50 % stříbra jsou označovány *elektrum*.



Obr.33: Zlatý plech (elektrum) na křemeni



Obr.34: Zlatá zrna a nugetky

Výskyt stříbra:

Při výrobě stříbra se může použít:

- Ryzí stříbro
- Argentit Ag_2S
- Jasnorudek - Proustit Ag_3AsS_3 ,
- Temnorudek - Pyrargyrit Ag_3SbS_3 ,

Významnějším zdrojem stříbra než vlastní stříbrné rudy jsou rudy jiných kovů, které obsahují příměsi stříbra.



Obr.35: Argentit

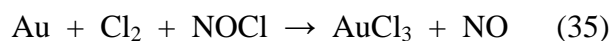
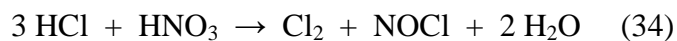


Obr.36: Proustit

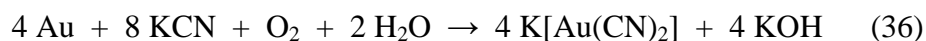
Vlastnosti zlata:

Zlato je poměrně těžký kov, jeho hustota je $19,29 \text{ g/cm}^3$. Krychle zlata o váze 1 tuny má hranu dlouhou pouhých 37,27 cm. Teplota tání zlata je 1064°C [23]. Vyznačuje se výbornou tažností, kujností, elektrickou a tepelnou vodivostí.

Je odolné vůči běžným kyselinám a solím. Rozpustné je např. v lučavce královské (směs kyseliny chlorovodíkové a dusičné v poměru 3:1):



Kromě toho je zlato rozpustné také v roztocích kyanidů:



Toho je hojně využíváno při jeho těžbě v rudách s mikroskopicky rozptýleným výskytem zlata..

Karát

Jednotka ryzosti zlatých klenotnických slitin (Kt). Výpočet ryzosti zlata vychází z definice, že ryzí zlato o obsahu 1000 g Au/kg má ryzost 24 Kt. Ryzí zlato se ve šperkařství prakticky nepoužívá, protože je velmi měkké a rychle se opotřebovává.

Obvykle používané ryzosti zlata ve šperkařství a mincovnictví jsou tyto:

- 8 karátů = 333/1000
- 9 karátů = 375/1000
- 14 karátů = 585/1000
- 18 karátů = 750/1000
- 21,6 karátů = 900/1000
- 22 karátů = 916,7/1000
- 23 2/3 karátů = 986/1000 (dukátové zlato)
- 24 karátů = 999/1000 (ryzí zlato)

Zkoušení ryzosti zlata ve šperkařství:

Zlato je možné prověřit zkouškou v laboratoři nebo rychlou zkouškou, většinou přímo u zlatníka. Rychlá zkouška se provádí na tzv. prubířském kameni. Jedná se o kámen bulžíník (černý tvrdý nerost-odruďa křemene). Zlatník udělá na kameni několikacentimetrový črt zkoumaným předmětem. Po obou stranách tohoto črtu nanese za pomoci jehel ze zlata různé ryzosti podobné črty. U těchto jehel je ryzost známa a zlatník bude porovnávat vlastnosti črtu z šperku a črty z jehlic. Do zkušební kyseliny (podle zaměření na kov a ryzost, základ většinou tvoří kyselina dusičná) namočí skleněnou tyčinku a touto kyselinou potře všechny črty. Potom porovnává působení kyseliny na zkoumaný črt a na črty pokusně nanesené. Čím rychleji se stopa rozpouští, tím méně zlata je ve slitině. Tímto postupem se zjistí, zda je zkoumaný materiál zlatý a určí se i jeho ryzost.

Vlastnosti stříbra

Stříbro je bílý kov, vysokého lesku. Jeho teplota tání za normálního tlaku je 962 °C [23]. Má výbornou tepelnou a elektrickou vodivost. Po zlatě je stříbro ze všech kovů nejlépe kujné a tažné. Na vzduchu je poměrně stálé. Je stálé i proti slabším oxidačním činidlům a proti většině solných roztoků. Rozpouští se např. v kyselině dusičné a v horké kyselině sírové. Některé látky však stříbro korodují (chlореčnany, peroxidy, kyselina chromová aj.), přičemž se jejich účinek zvětšuje některými solemi. Rtuť tvoří se stříbrem amalgám, soli rtuti stříbro korodují. Vlivem sulfanu dochází k černání stříbra (na povrchu stříbra vzniká vrstva Ag_2S). Důležitou je také reakce s kyanidy. (viz výroba stříbra)

Použití zlata

Zlato se používá k technickým účelům, např. některé součásti laboratorních přístrojů, trysky při výrobě umělého hedvábí, hroty plnicích per, dekoraci porcelánu, v koloidním stavu na výrobu rubínového skla. V zubním lékařství se spotřeba stále zmenšuje. Často se používá zlato ke zlacení stříbrných nebo měděných výrobků, a to naplátováním (tzv. dublé), galvanickým nebo mechanickým nanášením tepaného lístkového zlata. Zlato nachází uplatnění při restaurování historických předmětů (např. soch). Dalším odvětvím, kde se zlato uplatňuje je zlatnictví a výroba šperků. Zlato má důležitou úlohu pro státní měnu tzv. zlatý poklad (cihličky), výroba zlatých mincí.

Použití stříbra

Výroba stříbra za posledních 100 letů značně stoupla, zároveň poklesla jeho cena. To umožňuje stále rozsáhlejší používání stříbra k technickým účelům. Asi 30% vyrobeného stříbra se využívá na výrobu mincí. Nepoužívá se však stříbra čistého, které je příliš měkké, ale jeho slitin zejména s mědí. Ze stříbra se vyrábějí stříbrnické výrobky (přístroje, stolní náčiní, pouzdra na cigarety, pudřenky aj.), využívá se také ve fotografickém průmyslu (dnes už se tato spotřeba ve fotografickém průmyslu snižuje v důsledku digitálních přístrojů). Dále se stříbro používá na galvanické postříbřování, šperky a bižutérii, v chemickém průmyslu, ve zdravotnictví a zubní technice, postříbřování zrcadel apod. Stříbro nachází velký význam ve výzkumu nanočástic stříbra (antibakteriální účinky).

Video 10: Výroba zlatého prstenu

http://www.mojevideo.sk/srch/vyroba_zlatého_prstenu/

Video 11: Výroba zlatého řetízku

http://www.mojevideo.sk/video/3e4f/vyroba_zlatych_retiazok/

Sloučeniny zlata

Ve svých běžných sloučeninách je zlato nejčastěji v oxidačních stavech +I, +III. Většina sloučenin zlata se však snadno rozkládá např. tepelně nebo působením redukčních činidel za vylučování zlata.

Tabulka 4: Příklady sloučenin zlata

Oxidační stav	Vzorec	Název
+I	AuX, X= Cl, Br, I	Halogenid zlatný
	AuCN	Kyanid zlatný
	Au ₂ S	Sulfid zlatný
	K[Au(CN) ₂]	Dikyanozlatnan draselný
	K ₃ [Au(SO ₃) ₂]	Bis(sulfito)zlatnan draselný
+III	Au ₂ O ₃	Oxid zlatitý
	Au(OH) ₃	Hydroxid zlatitý
	AuX ₃ , X=Cl, Br, I	Halogenid zlatitý
	Au(CN) ₃	Kyanid zlatitý
	Au ₂ S ₃	sulfid zlatitý
	K[Au(CN) ₄]	Tetrakyanozlatitan draselný

Sloučeniny stříbra

Ve svých běžných sloučeninách je stříbro nejčastěji v oxidačním stavu +I. Existují také sloučeniny v jiných oxidačních stavech např. +II, +III.

Tabulka 5: Příklady sloučenin stříbra

Oxidační stav	Vzorec	Název
+I	AgX, X=F,Cl, Br, I	Halogenid stříbrný
	Ag ₂ S	Sulfid stříbrný
	Ag ₂ O	Oxid stříbrný
	AgNO ₃	Dusičnan stříbrný
	Ag ₂ S ₂ O ₃	Thiosíran stříbrný
	AgCN	Kyanid stříbrný
	K[Ag(CN) ₂]	dikyanostříbrnan draselný
+II	AgF ₂	Fluorid stříbrnatý
	Ag ₂ O ₂ (Ag ^I Ag ^{III} O ₂)	Oxid stříbrnatý
+III	K[AgF ₄]	Tetrafluorostříbritan draselný

4.3 VÝROBA ZLATA

Nejstarší technikou je rýžování, při kterém se využívá vyšší hustoty zlata k oddělení od lehčích balastních materiálů. V roce 1895 byla celková plocha historických rýžovišť odhadována na 75 km². Od té doby se výrazně zmenšila. V současné době jsou tyto zbytky prohlašovány za technické památky. Plně se hornické dobývání rozvinulo až ve středověku.

V technologii se začala používat efektivnější kyanidizace místo dřívější amalgamace. Principem kyanidového loužení je schopnost kyanidu vázat na sebe atomy zlata, převést jej do roztoku, ze kterého se dá zlato relativně snadno získat (viz 2.3.2).

Výroba zlata by se dala rozdělit na historické a dnes používané způsoby. V historii se postupně přecházelo od rýžovnických misek a ovčího rouna až po žlaby a stoly, které byly opatřeny tkaninou nebo měděnými deskami s amalgamem.

V dnešní době výroba zlata zahrnuje:

- Úprava rud
- Amalgamový způsob
- Kyanidový způsob
- Způsoby rafinace

4.3.1 Úprava rud

a) Gravitační rozdělování

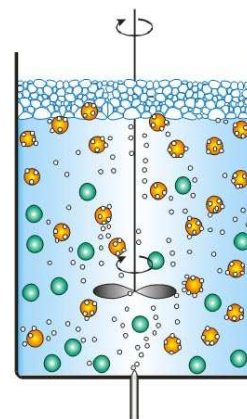
Je založeno na principu velkého rozdílu mezi hustotou zlata a matečné horniny. Moderními rozdělovacími zařízeními na principu odstředivky lze v příznivých případech získat produkt s tak vysokým obsahem zlata, že jej lze zpracovat již přímo tavením na surové zlato.

b) Flotační rozdělování

Je to separační proces, který má široké průmyslové uplatnění při separaci minerálních rud, uhlí nebo při čištění odpadních vod a recyklaci plastů. Separační proces je založen na rozdílné smáčivosti složek ve směsi. Za přítomnosti emulgátoru (látka, která zmenšuje povrchové napětí) dochází k vytváření hydrofobní, špatně smáčivé částice tzv. flokule, jejichž hustota je nižší než hustota okolního kapalného prostředí, a jsou proto dobře vynášeny k hladině. Hydrofilní, dobře smáčivé složky zůstávají ve spodní části (vsázce). [33]

Obr.37: Flotátor [33]

Oranžovou barvou na obrázku jsou znázorněny hydrofobní částice a zelenou hydrofilní částice.



Obr.38: Flotační zařízení používané při úpravě zlatonosné rudy
(vpravo nahoře detail pěny)

4.3.2 Amalgamový způsob

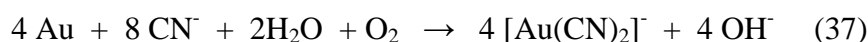
Podmínkou dobré amalgamace je jemně rozdrčená ruda a čistá rtuť. Před amalgamací se ruda nejdříve drtí s vodou. Rozdrčená ruda se vede žlabem na amalgamační desku, po níž rovnoměrně stéká. Tato deska je z mědi nebo z mosazi a bývá postříbřena, aby se rtuť lépe zachytila. Amalgamace se třikrát za den přeruší a získaný amalgám zlata se odstraňuje měkkým dlátem nebo pryžovým škrabákem. Desky se pak znovu natřou rtuť.

Získána amalgáma se promývá vodou, přebytečná rtuť se odfiltruje a vyčištěný amalgám se pak destiluje. Získané houbovitě zlato obsahuje 60 až 85 % Au, zbytek je Ag, Cu a 0,1 % Hg. Spotřeba rtuti je 1 až 2 kg na 1 kg zlata, ztráta 2 až 6 g rtuti na tunu rtuti. Celková výtěžnost zlata dosahuje jen asi 60 %, a proto se amalgamace dnes již téměř nepoužívá. Rtuť uvolňuje jedovaté výpary a proto je zdraví škodlivá pro člověka a nevhodná z ekologických důvodů.

4.3.3 Kyanidový způsob

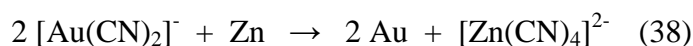
Loužicí technologické postupy spočívají v kontaktu fyzikálním způsobem (drcením nebo drcením a mletím) obsaženého zlata v rudě s loužícím roztokem kyanidu sodného. Koncentrace loužicího činidla bývá velmi nízká; typicky 0,1%.

Rovnice vystihující kyanidové loužení:



Izolace vylouženého zlata se provádí buď srážením práškovým zinkem z kapalně fáze nebo adsorpcí na aktivním uhlí.

Vyredukování zlata pomocí zinku:



Běžnou praxí těchto úpraven je, že pracují s uzavřeným okruhem technologických vod. Zbytkové hodnoty kyanidu jsou účinně detoxikovány na netoxické produkty například oxidací vzduchem za přítomnosti oxidu siřičitého nebo oxidací peroxidem vodíku. Z větší části degradují v konečném výsledku na uhlíčitany a amonné ionty a z menší části se mění na komplexně vázané netoxické kyanokomplexy, jako je např. Berlínskou modř.

4.3.4 Rafinační postupy

Kombinovanými, rafinačními postupy se získá již kovové zlato. Získá se srážením z kyanidových roztoků pomocí Zn-prachu nebo hoblin, elektrolytickým vylučováním, rafinací chlorací či elektrolýzou.

a) Rafinace kyselinou dusičnou

Účelem rafinace drahých kovů je zbavit je příměsí a oddělit jeden kov od druhého. Starší způsob rafinace zlata a stříbra je založen na rozpustnosti stříbra v kyselině dusičné a na odolnosti zlata proti této kyselině. Nejčastěji se používá hmotnostní poměr Ag: Au = 3 : 1; proto se tento způsob nazývá kvartace. Před zpracováním se slitina granuluje a rozpouští v zahříváných porcelánových nádobách. Stříbro a neušlechtilé kovy se rozpouštějí a zlato zůstává na dně nádoby jako hnědočerný prášek. Roztok se slévá a usazenina zlata znovu reaguje s kyselinou dusičnou. Po několikerém rozpouštění získáme zlato čistoty 99,6 až 99,98 % .

b) Rafinace chlorem

Slitiny s větším obsahem zlata než 60 až 70 %, v nichž je hlavní příměsí stříbro, se rafinují chlоровáním. Roztavenou slitinou probublává chlór, který převádí stříbro a neušlechtilé kovy na chloridy. Chlоровáním lze získat zlato o čistotě 99,6 až 99,7 %. Protože je celý pochod poměrně složitý, používá se chlоровání dnes jen zřídka.

4.3.5 Elektrolytická rafinace

Při elektrolytickém oddělování zlata, kterého se především používá pro zlato s obsahem platiny, se zlatá deska určená k čištění zavěší jako anoda do roztoku kyseliny tetrachlorozlatité. Při průchodu proudu se z anody kromě zlata sice rozpouští i část kovů v něm obsažených (další část – Ir, Rh, Ru – klesá nerozpouštěna ke dnu, Ag se vylučuje jako AgCl a Pb se sráží přidanou kyselinou sírovou jako PbSO₄), na katodě se však vylučuje pouze zlato. I platina zůstává v roztoku, dbá-li se o to, aby se jí v roztoku příliš nenahromadilo. [35]

Elektrolyt se musí pravidelně vyměňovat. Obsahuje zlato, platinu, platinové kovy a měď, které se anodicky rozpouštějí spolu se zlatem, ale na katodě se nesrážejí.

d) Ekologická rizika těžby zlata

Těžba a zpracování zlata představuje značně rizikový proces z ekologického hlediska. Nasazení kyanidových roztoků v tunových až statunových množstvích představuje obrovské riziko v případě, že dojde k nepředvídané havárii. Příkladem může být katastrofální zamoření Dunaje kyanidy z rumunského hydrometalurgického provozu v 90. letech minulého století. Výsledkem byla přírodní katastrofa - stovky tun mrtvých ryb a dalších živočichů a porušení životní rovnováhy rozsáhlého území na desítky let. K haváriím podobného druhu došlo několikrát i v jihoamerické Brazílii, kdy byla zamořena řeka Amazonka a to nejen kyanidy, ale i rtutí, která se používá pro tzv. amalgamační způsob těžby. Nelze zanedbat ani problémy s vhodným uložením tisícitunových kvant vyloužené horniny. Její zemědělské využití je v současné době prakticky nemožné a tak tvoří pouze balast, kterého se těžařská společnost musí nějak zbavit.

4.4 VÝROBA STŘÍBRA

Stříbro se vyrábí suchou cestou (bohaté a středně bohaté rudy). Pokud ruda neobsahuje dostatečné množství drahého kovu, potom se stříbro vyrábí mokrou cestou.

4.4.1 Výroba stříbra suchou cestou

Stříbro se vyrábí z vlastních stříbrných rud a ve velkém rozsahu také z rud olova, zinku, a mědi obsahujících stříbro. Mnoho stříbra se získává jako vedlejší produkt při hutnickém zpracování stříbronosného galenitu. K jeho izolaci se užívá dvou způsobů:

- Parkesův způsob (starší způsob)
- Pattinsonův způsob

a) Parkesování

Způsob výroby je založen na tom, že se do olova s malým obsahem stříbra, zahřátého až k teplotě tání zinku, vnáší zinek. Zinek má větší afinitu ke stříbru než olovo, takže odnímá tavenině stříbro (vedle toho i určitou část olova) a usazuje se nad ní jako pěna. Tato pěna při malém snížení teploty tuhne a lze ji snadno z taveniny odstranit. Ze zinkové pěny se nejdříve oddestiluje zinek a stříbro se potom zbaví zbylého olova odháněním[36].

Odhánění: Do pece s roztaveným, stříbrem obohaceným olovem je vháněn vzduch. Olovo se na povrchu lázně oxiduje na oxid olovnatý (*klejt*), který je při této teplotě kapalný a je z povrchu lázně postupně upouštěn (nechá se odtékat), zatímco stříbro se za těchto podmínek neoxiduje a postupně se ve stříbro-olověné lázni koncentruje.

b) Pattinsonování

Roztavené olovo s obsahem stříbra se nechá pomalu ochlazovat, přičemž se odstraňuje čisté olovo krystalizující z tekuté taveniny. Slitina stříbra s olovem tvoří eutektikum s 2,6% stříbra a teplotou tání 303°C, kdežto čisté olovo taje při 326°C. Při chladnutí slitiny chudé na stříbro se tedy musí napřed vylučovat olovo, a to teoreticky tak dlouho, až obsah stříbra v tavenině vystoupí na 2,6%. Prakticky bez obtíží lze dospět k olovu s obsahem přes 2% stříbra, to se pak taví v odháněcí peci. Přitom se olovo oxiduje na klejt (jedná se o oxid olovnatý, černý podle způsobu přípravy), který se nechá z povrchu taveniny odtékat a zbývá stříbro.[36]

c) Zcezdování, lisování

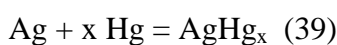
Přebytečné, mechanicky vázané olovo v pěnách se odstraňuje buď vycezováním při teplotě asi 600 °C v menším kotlíku, nebo lisováním (Howardův lis). Vylisovaná pěna obsahuje 5 až 7 % stříbra a podrobuje se destilačnímu zahřívání v grafitových retortách. Tím

se oddestiluje zinek, který se částečně zachytí v kondenzační předloze, takže skutečná spotřeba zinku je menší. Zbývá stříbrná slitina o obsahu až 55 % Ag se zpracuje "sháněním"

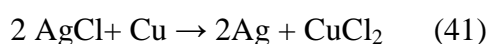
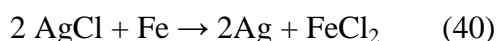
4.4.2 Výroba stříbra mokrou cestou

a) Amalgamace

Tento způsob výroby využívá vlastnosti rtuti tvořit s kovy slitiny, z nichž se později rtuť vyloučí zahřátím a destilací. Unikající rtuťové páry se zachycují, kondenzují a rtuť se znovu vrací do pochodu. Stříbro se slučuje přímo se rtuťí na amalgám:



Chlorid stříbrný se rtuťí snadno rozkládá, ale část rtuti se přitom ztrácí jako chlorid rtuťový; proto je výhodnější nejprve chlorid stříbrný rozložit pomocí železa nebo mědi:



Amalgamace sulfidu probíhá zvolna, sloučeniny stříbra s arsenem a antimonem se rozkládají rtuťí špatně nebo se nerozkládají vůbec. Zinek, olovo, bizmut, měď, cín a kadmium se amalgamují snadno, jsou-li jemně rozptýleny, a svou přilnavostí ke rtuti podporují amalgamací stříbra.

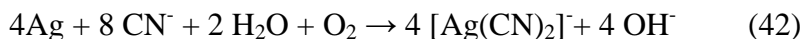
Rudy stříbra se amalgamují přímo, je-li v nich část stříbra jako ryzí kov. Obsahují-li rudy stříbro jako sloučeninu, musí se amalgamovat s použitím látek, které sloučeniny stříbra nejdříve vyredukuje. Amalgáma, získána některým z uvedených způsobů, se lisuje, filtruje a pak zahřívá. Rtuť se oddestiluje v retortách. Nevýhodou amalgamace je spotřeba drahé rtuti, jejímž ztrátám nelze zabránit.

b) Kyanidové loužení

Dnes se stříbrné rudy louhují většinou kyanidy. Zředěných roztoků kyanidu draselného nebo sodného lze použít na všechny stříbrné rudy a látky, které obsahují stříbro jako kov, chlorid nebo sulfid. Rozpouštění probíhá poměrně dobře, jsou-li rudy dokonale rozemlety, i když se stříbro a jeho sloučeniny rozpouštějí značně hůře než zlato. Tohoto

způsobu však nelze použít při zpracování rud, které obsahují příměsi arsenu, antimonu a mědi.

Nejdůležitější reakce probíhající při louhování kyanidem:



Z roztoku kyanidu se stříbro sráží buď kyselinou chlorovodíkovou, nebo zinkem v podobě hoblinek, popř. zinkového prachu:



4.4.3 Výroba stříbra z odpadu

Aby se získalo stříbro z odpadů obsahujících značné množství stříbra (např. staré mince s vyšším obsahem Ag), byla vypracována tato metoda, kdy slitina stříbra reaguje s mědí tak, aby obsah stříbra ve slitině klesl na 10 až 25 %. Tavenina se odlévá do anod o tloušťce 5 mm, které se elektrolyzují v elektrolytu obsahující síranové anionty. Měď se přitom rozpouští a stříbro vytvoří tuhou kostru, která se přepracuje na čisté Ag.

4.4.4 Rafinace stříbra

Suchou cestou se stříbro rafinuje dvojitým oxidačním tavením, kdy se oxiduje a odstraní olovo. Aby se získalo co nejčistší stříbro, přidává se při první rafinaci do roztaveného stříbra malé množství olova, čímž se odstraní i poslední zbytek mědi a jiných nečistot. Na konci druhé rafinace se stříbro redukuje dřevěným uhlím a tavenina se odlévá buď do forem, nebo do vody. Rafinací se získává stříbro čistoty 99,9 %.

Elektrolyticky se stříbro rafinuje jen tehdy, obsahuje-li zlato nebo platinu. Jako elektrolytu se používá 1 až 3% roztoku dusičnanu stříbrného okyseleného 0,5 až 1 % kyseliny dusičné. Katodou je stříbrný plech, anody jsou zavěšeny v plátěných vacích, ve kterých se zachycují kaly zlata, platiny, jiných drahých kovů a zbytky anod. Jehlicovité krystaly stříbra na katodě se stále odlamují dřevěnými lištami.

5. ROZBOR STŘEDOŠKOLSKÝCH UČEBNIC

Součástí diplomové práce bylo zmapovat situaci ve středoškolských učebnicích. Ze středoškolských učebnic jsem vybral ty, které se nejvíce používají a byly běžně dostupné. Jedná se o učebnice, které se používají jak na gymnáziích, tak na středních odborných školách. Podle toho se taky odvíjí obsah učebnic. Kromě českých učebnic jsem udělal pro srovnání jak se učí i rozbor zahraničních učebnic. V učebnicích jsem se soustředil především na samotnou výrobu kovů, ale neopomíjel jsem také obecné vlastnosti kovů a jejich sloučeniny.

5.1 ČESKÉ STŘEDOŠKOLSKÉ UČEBNICE

Středoškolské učebnice bychom mohli rozdělit do následujících skupin:

A/ gymnázia a střední školy viz literatura [9], [10], [11], [12]

B/ střední odborné školy a průmyslovky viz literatura [13], [14]

5.1.1 Hliník

Tento prvek byl zpracován skoro ve všech zmíněných učebnicích. Úroveň a rozsah byl odlišný. Některé učebnice popisují podrobně výskyt, vlastnosti, výrobu, sloučeniny, jiné se soustředí pouze na základní informace a vlastnosti.

[9] HONZA J., MAREČEK A. *Chemie pro čtyřletá gymnázia 1.,2.díl*, Olomouc, 1998.

Na první pohled je kapitola docela rozsáhlá. Její obsah je přiměřený a přehledně rozdělený. V učebnici se vyskytují názorné reakce a schémata chemických procesů. Učebnice je rozdělena na menší podkapitoly. Každá podkapitola se věnuje jiné problematice kovu. Na úvod je uveden výskyt a vlastnosti (vodivost, tažnost, pevnost...). Jelikož se jedná o učebnici používanou na gymnáziích, samotná výroba hliníku není v ní popisována podrobně. Nenalezneme v ní žádné odborné informace, pouze zmínku a základním výrobním procesem. Následuje použití, reaktivita, kde se popisuje například aluminotermie. Závěr tvoří sloučeniny a jejich užití.

Učebnice má přiměřený obsah, výborně strukturovaný, pro žáka je text srozumitelný a výstižný. Obsahuje základní poznatky, které by žák na střední škole všeobecného směru měl znát.

[10] VACÍK J. A KOL. *Obecná a anorganická chemie pro gymnázia*. Praha: SPN, 1995.

Problematika hliníku je popisována trochu odlišně. V úvodu se čtenář dočte o společných vlastnostech III.A skupiny (bor, hliník, gallium indium, thalium). Jedná se především o vazebné možnosti, konfiguraci a typ vazby. Žák se dočte něco o vlastnostech a sloučeninách hliníku. Závěr je věnován keramickému průmyslu, kde se vyskytují sloučeniny hliníku.

Učebnice může na žáky působit trochu zmateným dojmem. Informace nejsou ucelené, nemají svůj řád. I přesto, že obsahuje některé doplňující informace (keramický průmysl, vlastnosti sloučenin hliníku) na mě učebnice nezapůsobila. Postrádá základní informace týkající se výroby hliníku.

[11] DUŠEK B., FLEMR V. *Chemie pro gymnázia I. (Obecná a anorganická)*. Praha: SPN, 2001.

V učebnici nenalezneme zvlášť zpracované jednotlivé prvky, ale všechny jsou popisovány dohromady v kapitole „Kovy“. V obecné charakteristice se žák doví informace o rozdělení vazeb (kovalentní, iontová, kovová,...). Učebnice obsahuje poznatky o vlastnostech kovu (pevnost, tvrdost, kujnost, tažnost, vodivost,...). Velká část této kapitoly je věnována výskytu, výrobě a korozi kovů. Zde se můžeme dočíst o oxidických a sulfidických rudách, o fyzikálních a chemických úpravách rud. Co se týče samotné výroby jsou v učebnici uvedeny pouze obecné výroby kovů. Samotná výroba hliníku v učebnici není popsána.

I přesto že jsou všechny kovy zpracované dohromady vyskytují se zde informace, které by měl žák znát. Myslím si, že toto pojetí kovů ještě více ujednotí základní vědomosti o vlastnostech kovů. Žák si udělá celkovou představu, informace jsou strukturované. Učebnice obsahuje obrázky, rovnice a struktury, které vedou k lepšímu pochopení.

[12] EISNER W. A KOL, překlad KRATOCHVÍL B. A KOL. *Chemie pro střední školy 1b*. Praha: SPN, 1996.

V učebnici jsem nezaznamenal zpracovanou problematiku hliníku.

[13] ZBIROŽSKÝ M. *Chemická technologie I pro 3. ročník SPŠ chemických. Praha: SNTL, 1986.*

V této učebnici se nedočteme o hliníku jako samostatném prvku. Hliník je zařazen do velké skupiny „technické kovy“ kde je spolu popisován s ostatními prvky jemu blízké (hořčík, titan). V učebnici se můžeme dočíst o jejich společných vlastnostech (nízká hustota, stálost za normálních podmínek, dobrá vodivost, špatná obrobiteľnosť...). Samotnému hliníku je věnován malý odstavec, ve kterém se student může dočíst o jeho uplatnění, slitinách a použití.

Učebnice neobsahuje základní informace, které by žák měl znát (výskyt, výroba,...). Tato učebnice na mě nezapůsobila dobrým dojmem.

[14] ŠRÁMEK V., KOSINA L. *Obecná a anorganická chemie. Olomouc: FIN, 1996.*

Učebnice působí uceleným dojmem, je zde mnoho zajímavých a užitečných informací. V úvodu se žák může dočíst o výskytu a vlastnostech hliníku. Následuje podkapitola výroby hliníku, které obsahuje dvě části. V první se můžeme dočíst o přípravě čistého oxidu hlinitého, ve druhé potom o elektrolýze taveniny oxidu hlinitého. Následují chemické vlastnosti, kde je zmínka o aluminotermii. V závěru se čtenář doví něco o použití a sloučeninách hliníku. Celá kapitola hliníku je rozdělena do několika podkapitol, které jsou logicky seřazené a mají svůj řád.

Učebnice na mě zapůsobila dobrým dojmem. Obsahuje základní informace, které by měl žák na střední škole znát. Učebnice obsahuje reakce, názorné obrázky, které čtenáři přiblíží tuto problematiku.

Tabulka 6: Srovnání uvedených učebnic-hliník

učebnice	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]
Výskyt	**	x	*	x	x	**
Výroba	**	x	*	x	x	**
Vlastnosti	**	*	*	x	*	**
Použití	**	**	x	x	*	**
Sloučeniny	**	**	x	x	*	**

* v učebnici se vyskytuje pouze zmínka o této informaci

** informace v učebnici jsou více podrobné

x informace se v učebnici nevyskytují

5.1.2 Křemík

Křemík je zpracován ve všech zmíněných učebnicích. Obsah učebnic je rozdílný, některé se zaměřují na vlastnosti, výrobu a použití, jiné na se soustředí na sklo a sklářský průmysl. Záleží hodně na tom, jestli je učebnice určená pro gymnázia či odborné školy.

[9] HONZA J., MAREČEK A. *Chemie pro čtyřletá gymnázia 1.,2.díl, Olomouc, 1998.*

Problematika křemíku je zde zpracována docela podrobně. Její obsah je strukturovaný. Úvod je věnován výskytu křemíku. Následuje výroba křemíku, kde jsou uvedeny pouze základní výrobní reakce a postupy. Učebnice nerozlišuje výrobu technického či polovodičového křemíku a nenajdeme v ní výrobu monokrystalu křemíku. Velká část je věnována vlastnostem a reaktivitě křemíku. Sloučeniny jsou v učebnice uvedeny v hojném počtu, jsou rozděleny na kyslíkaté (kyseliny křemíku, siloxany, oxid křemičitý) a bezkyslíkaté (silany, halogenidy křemíku, karbid křemíku). Vyskytují se v ní informace týkající se skla a sklářského kmenu. Žák se v ní může dočíst o složení skla, druzích skel a jejich použití.

Učebnice se mi jeví jako vyhovující, pro účely gymnázií a středních škol je dostačující. Jedinou nevýhodou je černobílý tisk obrázků.

[10] VACÍK J. A KOL. *Obecná a anorganická chemie pro gymnázia. Praha: SPN, 1995.*

Na začátku kapitoly (prvky IV. Skupiny) jsou popsány základní vlastnosti společné pro všechny prvky skupiny (elektronová konfigurace, elektronegativita, teplota tání, varu, či nejvíce vyskytující se oxidační čísla). Dále je učivo rozděleno podle jednotlivých prvků. V podkapitole křemíku nalezneme kyslíkaté (oxid křemičitý, kyseliny křemíku, křemičitany) a bezkyslíkaté (silany, halogenidy křemíku, silicidy) sloučeniny. Velká část je věnována sklu a sklářskému průmyslu. Problematika výroby křemíku je úplně vynechaná. Nejsou uvedeny ani základní reakce a výrobní postupy.

Učebnice obsahuje mnoho obrázků, je psána jednoduchou formou, jeví se mi jako strohá a neúplná. Žáci na středních školách by měli znát základní informace týkající se samotné výroby křemíku. V tomto shledávám učebnici jako nevyhovující. Na druhou stranu jsou zde obsaženy informace o sklářském průmyslu, které mohou být pro žáka zajímavé.

[11] DUŠEK B., FLEMR V. *Chemie pro gymnázia I. (Obecná a anorganická)*. Praha: SPN, 2001.

Problematika křemíku je v učebnici podrobně popsána. Nalezneme v ní názorné schémata výrobních procesů. Úvod je věnován obecné charakteristice polokovů. Křemík je popisován spolu s celou IV. skupinou. Výroba křemíku je rozlišena na tři části: surový křemík, vysoce čistý křemík a krystalický křemík. U každé z těchto částí jsou uvedeny základní reakce vystihující výrobu a použití. Informace jsou pro žáky na střední škole dostačující. Závěr kapitoly je věnován sloučeninám křemíku. Jedná se především o silany, oxid křemičitý (nalezneme zde strukturu a modifikace oxidu křemičitého), křemen a křemenné sklo (optická vlákna, silikagel) a křemičitany (keramika, sklo, maltovina). U sloučenin je uvedena základní charakteristika a použití

Učebnice obsahuje informace, které by žák na střední škole měl znát. Je doplněna názornými obrázky, rovnicemi, které celou problematiku přibližují.

[12] EISNER W. A KOL, překlad KRATOCHVÍL B. A KOL. *Chemie pro střední školy 1b*. Praha: SPN, 1996.

Na první pohled vypadá tato učebnice velmi zajímavě, obsahuje mnoho barevných obrázků, schémat výrobních procesů a struktur. Pro žáky je to určitě velká výhoda a zajímavé zpestření. Úvod tvoří výskyt křemíku jeho struktury a modifikace, následují vlastnosti křemíku. V učebnici jsou uvedeny základní kyslíkaté (oxid křemičitý, kyseliny křemíku, křemičitany) a bezkyslíkaté (silany) sloučeniny. Velká část je věnována použití a průmyslu. V učebnici jsou zajímavé informace týkající se skla a sklářského průmyslu (vlastnosti, výroba, druhy skla). Nechybí ani informace o keramice, cihlářských výrobcích či sklokeramice.

Učebnice obsahuje mnoho zajímavých informací, které jsou doplněné o výstižné obrázky. Na druhou stranu úplně chybí výroba samotného křemíku, což je jedna ze základních věcí. Žák na střední školy by měl znát základní informace týkající se této výroby.

[13] ZBÍROŽSKÝ M. *Chemická technologie I pro 3. ročník SPŠ chemických*. Praha: SNTL, 1986.

Učebnice je určena především pro žáky na středních odborných školách. Zaměřuje se proto na technologickou oblast. V učebnici je popisován sklářský průmysl. Žák se zde může dočíst o druzích skla, výrobních procesech skel. Velká pozornost je soustředěna na smalty a

žáruvzdorné materiály, jejich vlastnosti, výrobu a použití. Nechybí ani keramický průmysl jeho výrobky a použití.

Jelikož je učebnice doporučena pro žáky na středních odborných školách, její obsah je podrobnější a rozsáhlejší. I přesto v učebnici postrádám aspoň nějaký základ nebo úvod do problematiky křemíku. V učebnici zcela chybí výroba křemíku.

[14] ŠRÁMEK V., KOSINA L. *Obecná a anorganická chemie*. Olomouc: FIN, 1996.

Úvod učebnice je věnován výskytu křemíku, kde se žák může dočíst o různých odrůdách křemene. Následuje výroba čistého křemíku, která je doprovázena reakcemi. Žák má možnost získat základní informace týkající se této výroby. Pozornost je soustředěna také vlastnostem a sloučeninám křemíku. Jedná se především o oxid křemičitý, kyseliny křemíku, křemičitany, silikony, silany, silicidy a halogenidy křemíku.

Učebnici popisuje podrobně problematiku křemíku. Pro žáky středních škol obsahuje přiměřené nároky, je doprovázena vtipnými obrázky, které celou kapitolu užívají a pro žáka je učivo zajímavější. I přesto že učebnice neobsahuje barevné obrázky je přehledná a logicky uspořádána.

Tabulka 7: Shrnutí uvedených učebnic-křemík

učebnice	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]
Výskyt	**	x	**	**	x	**
Výroba	**	x	**	x	*	**
Vlastnosti	**	*	**	**	x	**
Použití	**	*	**	**	*	*
Sloučeniny	**	**	**	**	**	**

* v učebnicí se vyskytuje pouze zmínka o této informaci

** informace v učebnici jsou více podrobné

x informace se v učebnici nevyskytují

5.1.3 Měď

U tohoto kovu se informace v učebnicích dost lišily. Řada z nich výrobu nepopisuje. Žáci na středních školách by měli znát základní informace týkající se obecné charakteristiky a výroby mědi.

[9] HONZA J., MAREČEK A. *Chemie pro čtyřletá gymnázia 1.,2.díl, Olomouc, 1998.*

Učebnice je jedna z nejvíce používaných na středních školách a gymnáziích. Učebnice obsahuje mnoho užitečných reakcí, má strukturovaný obsah (výskyt, vlastnosti, výroba...), na čtenáře působí uceleným dojmem. V úvodu je popisován výskyt, kde se autor zmiňuje o minerálech jako jsou kovelín či chalkopyrit. Učebnice obsahuje informace týkající se výskytu mědi v živém organismu. V učebnici je pouze zmínka o výrobě mědi, ale žádná konkrétní výroba zde není uvedena. Následuje použití, kde se píše především o slitinách mědi (mosazi, bronz). Závěr je věnován reaktivitě, vzniku měďenky a sloučeninám. Jedná s především o oxidy, sulfidy a skalici modrou.

I přesto, že samotná výroba mědi není úplně dostačující, obsahuje učebnice mnoho informací, které by žák na střední škole měl znát. Žákům se může učebnice jevit jako jednotvárná a na první pohled nezajímavá. Po obsahové stránce je učebnice dostačující a použitelná na gymnáziích a středních školách.

[10] VACÍK J. A KOL. *Obecná a anorganická chemie pro gymnázia. Praha: SPN, 1995.*

Učebnice je psaná trochu jiným stylem než ostatní. Měď je zde popisována spolu s dalšími prvky skupiny mědi (zlato, stříbro). Informace, které se v učebnici žák dočte jsou zpracovány pro všechny prvky společně. V učebnici se píše o fyzikálních a chemických vlastnostech. Další podkapitolou této učebnice jsou sloučeniny, kde se autor zaměřuje především na sloučeniny měďnaté.

Učebnice zcela postrádá výskyt a výrobu mědi, což považuji za důležité. Informace, které se v učebnici vyskytují jsou strohé, neúplné. V učebnici jsou zajímavé obrázky, ale celkově na mě nezapůsobila.

[11] DUŠEK B., FLEMR V. *Chemie pro gymnázia I. (Obecná a anorganická). Praha: SPN, 2001.*

(viz hliník)

[12] EISNER W. A KOL, překlad KRATOCHVÍL B. A KOL. *Chemie pro střední školy 1b. Praha: SPN, 1996.*

V této učebnici jsem nezaznamenal zpracované informace týkající se mědi.

[13] ZBIROŽSKÝ M. *Chemická technologie I pro 3. ročník SPŠ chemických. Praha: SNTL, 1986.*

Učebnice je určena především pro žáky na středních odborných školách chemických. V učebnici se žák o mědi resp. o výrobě mědi moc nedoče. Měď je zařazena spolu s dalšími kovy (zinek, hliník, nikl...) do jedné velké kapitoly „Technické kovy“. Píše se zde o základních výrobních procesech a rafinacích technických kovů. V učebnici se vyskytují zmínky o vlastnostech a užití jednotlivých kovů.

Jelikož je učebnice určena pro žáky na středních odborných školách, její problematika se zaměřuje především na technologii technických kovů. Samotná měď se v učebnici vyskytuje pouze zřídka, informace jsou strohé neúplné a na žáka můžou působit chaoticky.

[14] ŠRÁMEK V., KOSINA L. *Obecná a anorganická chemie. Olomouc: FIN, 1996.*

Učebnice je určena pro žáky na středních odborných školách. Je na první pohled zajímavá, obsahuje kreslené obrázky, chemické reakce, které celou učebnici oživují. Ve výskytu se objevují informace o nejvýznamnějších minerálech jako jsou chalkopyrit, chalkosin, kovelín, kuprit, malachit či azurit. Samotná výroba mědi se soustředí na pražně-reakční způsob. Jako základní informace to stačí, ale pro žáky středních odborných škol, by mohl být uveden i další způsob výroby. V učebnici je zmínka o fyzikálních a chemických vlastnostech. Vyskytují se zde informace o slitinách mědi (mosaz, bronz, alpaka). Závěr je věnován měďným a měďnatým sloučeninám.

Problematika mědi je v učebnici popisována dostatečně. Žák se může dočíst o základních vlastnostech a užití mědi.

Tabulka 8: Shrnutí uvedených učebnic-měď

učebnice	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]
Výskyt	**	x	*	x	x	**
Výroba	**	x	*	x	*	**
Vlastnosti	**	**	*	x	*	**
Použití	**	*	x	x	x	**
Sloučeniny	**	*	x	x	x	**

* v učebnici se vyskytuje pouze zmínka o této informaci

** informace v učebnici jsou více podrobné

x informace se v učebnici nevyskytují

5.1.4 Stříbro a zlato

Stříbro a zlato jsou většinou v učebnicích popisovány dohromady. Informace v učebnicích jsou odlišné. Některé učebnice tyto kovy úplně vypustily, jiné obsahují podrobné informace.

[9] HONZA J., MAREČEK A. *Chemie pro čtyřletá gymnázia 1.,2.díl, Olomouc, 1998.*

Problematika stříbra a zlata je zde podrobně popsána. Na začátku se učebnice věnuje výskytu. Kromě ryzího zlata je zde uvedeny i další horniny (křemenné horniny, anodové kaly...). U stříbra jsou uvedeny jak přírodní zdroje tak rudy obsahující stříbro. Samotná výroba je popsána podrobně. V úvodu je zmínka o historickém rýžování zlata. Z novodobějších způsobů výroby zlata je uvedena amalgamace a kyanidové loužení. U těchto způsobů jsou uvedeny základní rovnice vystihující princip loužení. U stříbra není uveden žádný konkrétní způsob výroby. Pouze zmínka, že stříbro vzniká jako vedlejší produkt výroby jiných kovů (měď, olovo, zinek). Následují vlastnosti kovů (elektronegativita). Velká část je věnována použití a šperkařství zlata. Žák se může dočíst, co je to karát. Použití stříbra je zaměřeno na fotografický průmysl, elektroniku a lékařství. Reaktivita zlata je uvedena na rozpustnosti zlata v lučavce královské. V závěru jsou uvedeny sloučeniny, především oxid zlatitý, chlorid zlatitý, oxid stříbrný a fluorid stříbrný. V učebnici se vyskytuje zmínka o komplexních sloučeninách stříbra. Kromě toho učebnice obsahuje další zajímavé informace, týkající se fotografického průmyslu (latentní obraz, vznik negativu...).

Žáci se mohou dočíst základní informace týkající se této problematiky. V učebnici se vyskytují rovnice, občas chybí zajímavé obrázky, které by učivo oživily. Učebnice je pro žáky na středních školách a gymnáziích dostačující a obsahuje poznatky, které by žák měl znát.

[10] VACÍK J. A KOL. *Obecná a anorganická chemie pro gymnázia. Praha: SPN, 1995.*

Informace v této učebnici nejsou příliš rozsáhlé. Stříbro a zlato je popisováno společně s celou skupinou mědi (Cu, Ag, Au), charakteristika se často týká celé skupiny. Žák se může v učebnici dočíst o základních vlastnostech zlata a stříbra (elektronová konfigurace, teplota tání, hustota, poloměr, kujnost, tažnost, barva, elektrická a chemická vodivost) a jejich reaktivitě. Závěr je věnován sloučeninám (halogenidy stříbra) a využití bromidu stříbrného ve fotografickém průmyslu. Učebnice neobsahuje žádné informace týkající se výroby těchto kovů. Informace v učebnici nejsou podrobné, nesetkáme se v ní s žádnou reakcí, která by

vystihovala nějaký chemický děj. Tato učebnice postrádá informace, které by žák na střední škole měl znát. Z tohoto důvodů je učebnice nedostačující.

[11] **DUŠEK B., FLEMR V. *Chemie pro gymnázia I. (Obecná a anorganická)*. Praha: SPN, 2001.**

(viz hliník)

[12] **EISNER W. A KOL, překlad KRATOCHVÍL B. A KOL. *Chemie pro střední školy 1b*. Praha: SPN, 1996.**

V učebnici jsem nezaznamenal informace týkající se problematiky zlata a stříbra.

[13] **ZBIROŽSKÝ M. *Chemická technologie I pro 3. ročník SPŠ chemických*. Praha: SNTL, 1986.**

Učebnice je určena pro žáky středních odborných škol chemických. V učebnici bych očekával, že bude zahrnovat problematiku výroby stříbra a zlata, ale není to pravda. Učebnice nevystihuje téměř žádné informace týkající se těchto prvků, všechno je shrnuto do jednoho krátkého odstavce. Je zde uveden pouze výskyt a využití zlata a stříbra.

[14] **ŠRÁMEK V., KOSINA L. *Obecná a anorganická chemie*. Olomouc: FIN, 1996.**

Problematika stříbra a zlata je v učebnici docela rozsahle popisována. Informace jsou zde docela podrobné, obsaženy jsou i základní reakce. Úvod je věnován výskytu zlata a stříbra. Samotná výroba zlata a stříbra je v učebnici popisována dostatečně. Ze zlata je uvedena amalgamace a kyanidové loužení. Učebnice obsahuje i reakce vystihující toto loužení. U stříbra se jedná o dva způsoby, odháněcí metodu a parkesování. Následují vlastnosti, které jsou doplněné výstižnými rovnicemi. Využití je spojeno se šperkařstvím. Je zde zmínka o ryzosti zlata-karát. Sloučeniny jsou uvedeny na konec kapitoly. Některé jsou doplněné i rovnicemi, či obrázky.

Učebnice je zajímavá už na první pohled. Obsahuje mnoho reakcí, mnohdy je problematika odlehčena vtipným obrázkem. Samotná výroba je zde popisována přiměřeným způsobem. Informace jsou pro žáka na střední škole dostačující.

Tabulka 9: Shrnutí uvedených učebnic-zlato a stříbro

učebnice	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]
Výskyt	**	x	*	x	x	**
Výroba	**	x	*	x	x	**
Vlastnosti	**	**	*	x	x	**
Použití	**	**	x	x	x	**
Sloučeniny	**	*	x	x	x	**

* v učebnicí se vyskytuje pouze zmínka o této informaci

** informace v učebnici jsou více podrobné

x informace se v učebnici nevyskytují

Každá učebnice je zpracována jinak. Některé se zaměřují na samotnou výrobu, jiné na sloučeniny. Z uvedených učebnic bych jako vyhovující označil:

[9] HONZA J., MAREČEK A. *Chemie pro čtyřletá gymnázia 1.,2.díl*, Olomouc, 1998.

[11] DUŠEK B., FLEMR V. *Chemie pro gymnázia I. (Obecná a anorganická)*. Praha: SPN, 2001.

[14] ŠRÁMEK V., KOSINA L. *Obecná a anorganická chemie*. Olomouc: FIN, 1996.

5.2 ZAHRANIČNÍ UČEBNICE

Součástí diplomové práce je rozbor i zahraničních učebnic. Samozřejmě, že tyto učebnice jsou psané úplně jinou formou než české, proto i jejich srovnání nebylo snadné. V zahraničních učebnicích jsem se soustředil na výrobu jednotlivých kovů. Vždy to nebylo možné, protože některé země mají jiný systém výuky chemie a tudíž i učebnice jsou jinak strukturované.

5.2.1 Francouzsky mluvící země

Školství ve Francii je odlišné od toho v České republice. U nás je střední škola na čtyři roky. Ve Francii rozlišují nižší a vyšší střední školu. Nižší je od jedenácti do patnácti let. Vyšší je určena pro žáky od patnácti do osmnácti let. Trvá tedy tři roky. Tato vyšší škola má různá zaměření, od technických, uměleckých až po všeobecné. Následující učebnice je určena pro žáky těchto vyšších střední škol.

[15] TOMASINO A., PIERENS P., SLIWA H. *Chimie IreS*. NATHAN, 2001.

Srovnání francouzské a českých učebnic je obtížné. Francouzská učebnice je působivá, ale v České republice by jejich zařazení do výuky bylo složité. RVP (rámcově vzdělávací program) a tématické plány nám komplikují vyučovat chemii tak, jak je tomu ve Francii. Osobně se mi velmi líbila. Žák vidí, jak chemie ve skutečnosti vypadá, dokáže si spojit pojmy dohromady a vyvodit závěr. U nás se žáci naučí pojmy, teorii i praxi, ale souvislost jednoho učiva s druhým jim většinou chybí.

Učebnice chemie, která se používá ve francouzsky mluvících zemích, je na první pohled působivá a vtáhnou čtenáře do jejího obsahu. Ve francouzské učebnici nenajdeme striktní rozdělení (organická chemie, anorganická chemie, fyzikální chemie...) jako je tomu v České republice. Francouzská učebnice propojuje více oborů chemie dohromady.

Pro srovnání bych uvedl příklad, který je probírán v obou zemích – pojem koncentrace. V našich učebnicích si žák osvojí základní pojmy, doví se něco o použití a naučí se vztah pro počítání koncentrace. Následují příklady na procvičení a opakování. Ve francouzských učebnicích je tomu jinak. Při probírání učiva se žák nejprve seznámí se základním pojmem a poté se doví o aplikaci pojmu v různých odvětvích chemie (pojem koncentrace je zavádí do biochemie, fyzikální chemie, obecné chemie...).

Francouzská učebnice dokáže propojit teorii, praxi i příklady dohromady a v různých částech chemie (anorganická, organická, fyzikální chemie...). Pro ilustraci uvedu příklad aluminotermie. Je tam proveden pokus, následuje teorie a nakonec využití v běžném životě. Myslím si, že to má určitě velký význam, žák aspoň vidí, že základní pojmy chemie se dají aplikovat v různých odvětvích chemie a neustále najdou další uplatnění. V českých učebnicích se žák po probrání učiva setkává s těmito pojmy jenom okrajově.

Učebnice jsou rozděleny do několika hlavních kapitol (např. konduktometrie, redoxní reakce, acidobazické reakce...) U každé kapitoly je napsaný výklad, důležité informace jsou

vyznačeny barevně. Na konci kapitoly je uvedené shrnutí, kde žáci vidí stručný přehled učiva, které bylo probrané. Nechybí ani opakování a cvičení, které plní funkci pracovního sešitu.

Co se týče již zmíněných neželezných kovů v učebnici jsem tuto problematiku nenalezl zpracovanou. Občas se v učebnici vyskytne zmínky, které souvisí s kovy (např. pasivace, rafinace,...), ale problematika výroby neželezných kovů zde např. vůbec zpracována není. Toto je základní nedostatek těchto učebnic. Na druhou stranu, pokud je školství ve Francii nastaveno jinak, je těžko usuzovat jestli je to opravdu nedostatek či nikoliv.

5.2.2 Anglicky mluvící země

Školství v Anglii je od našeho také odlišné. V Anglii se rozlišují tři základní stupně vzdělávání. Primární škola trvá zpravidla šest let. Děti začínají chodit do školy v šesti letech. Druhý stupeň trvá přibližně pět let, žáci ukončují tento stupeň v šestnácti letech. Poté následuje třetí stupeň vzdělávání, který trvá zpravidla dva roky. Následující učebnice je určena pro žáky třetího stupně.

[16] HILL G.C., HOLMAN J.S. *Chemistry in Kontext. Third edition.*

Učebnice je určená pro žáky třetího stupně. Anglická učebnice se už na první pohled liší od českých učebnic. První věc, které si možná čtenář povšimne je velikost a tloušťka učebnice. Učebnice je netypické velikosti (dalo by se přirovnat k formátu A4) a obsahuje kolem 600 stran. Na celé tři roky chemie je pouze jedna učebnice. Učebnice obsahuje všechny obory, od obecné, anorganické, organické až po fyzikální chemii. V učebnici je zpracováno 35 kapitol, které obsahují mnoho barevných obrázků. Nyní se více zaměřím na anorganickou chemii (především prvky Al, Si, Cu, Ag, Au).

Hliník je v učebnici zpracován na 9 stran. Obsahuje 6 podkapitol, do českého jazyka bych to přeložil jako úvod, vlastnosti hliníku, sloučeniny hliníku (oxidy), využití hliníku, reaktivita hliníku a výroba hliníku. Každá podkapitola je podrobně zpracována, doplněná obrázky, tabulkami a chemickými rovnicemi. Řekl bych, že je učebnice hodně podrobná a logicky seřazená. Na konci každé kapitoly je uvedené shrnutí, ve kterém jsou uvedeny nejdůležitější poznatky, které by žák měl znát. Následují otázky a úkoly na procvičení, na kterých si žák může ověřit své znalosti.

Druhým prvkem, o který jsem se zajímal je křemík. Křemík jsem našel zpracovaný s celou čtvrtou skupinou (C, Si, Ge, Sn, Pb). Kapitola obsahuje 4 podkapitoly: úvod, fyzikální vlastnosti prvků, chemické vlastnosti prvků a všeobecné vlastnosti prvků. V každé podkapitole jsou uvedeny všechny prvky. Nejprve autor píše o uhlíku, poté o křemíku, naposled o germaniu, cínu a olovu. Žák má informace a poznatky seřazené postupně. Najde zde zajímavé obrázky, které celou problematiku ještě přiblíží. Na konci kapitoly je opět shrnutí a otázky na procvičení. Co se týče výroby křemíku, nenalezl jsem zde zásadní informace, které by žákům problematiku přiblížily.

Dalším prvkem, kterému jsem věnoval pozornost byla měď. Tento prvek byl zpracován v kapitole „přechodné kovy“. Tato poněkud rozsáhlá kapitola (18 stran) obsahovala kromě mědi ještě další přechodné kovy (K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn). Obsahovala 6 podkapitol: úvod, ionty přechodných kovů, co je to přechodný prvek?, trendy v přechodných kovech, obecné vlastnosti série přechodných kovů (Sc až Zn), charakteristické vlastnosti přechodných kovů a jejich sloučenin. V kapitole přechodných kovů se žák doví mnoho užitečných informací, ale měď v této kapitole již dále zpracována není. Je zpracována v jiné kapitole, kterou bych nazval „kovy a aktivita řady“ (Metals and the Activity Series). Zde se autor zaměřuje na celou výrobu železa a také mědi. Je zde popsána výroba mědi, žák se v ní dočte o sloučeninách mědi, o jejich použití a výrobě. Informace o výrobě jsou poměrně podrobné.

Posledními prvky, kterým jsem věnoval pozornost byly zlato a stříbro. Zpracované do samostatné kapitoly jsem tyto prvky nenašel. Podle rejstříku jsem je našel pouze obsažené v několika kapitolách, ale nejednalo se o zásadní informace, které by stály za zmínění. Tento fakt považuji za nedostatek, myslím si, že žák by se měl dovědět alespoň základní informace o ušlechtilých kovech.

Závěrem bych okomentoval své postřehy z učebnice. Anglická učebnice je velmi dobře zpracována. Obsahuje mnoho užitečných a zajímavých informací. Žák se ale může soustředit na závěrečné shrnutí, ve kterém jsou uvedené informace, které by měl znát. Ve srovnání s našimi učebnicemi je anglická učebnice trochu podrobnější a zajímavější. Na této učebnici se mi nelíbí, že je příliš těžká. Možná, že by bylo lepší kdyby byla rozdělená do několika částí, jak je tomu zvykem u nás.

[17] **HILL G.C., HOLMAN J.S. *Chemistry in Context, Laboratory Manual and Study Guide. Second Edition.***

Učebnice je pracovním sešitem a laboratorním manuálem k učebnici (viz. *Chemistry in Context, Third edition*). Učebnice obsahuje mnoho pokusů a příkladů na procvičení.

Z prvků Al, Si, Cu, Au, Ag jsem našel pouze pokusy z hliníku a mědi. (např. aluminotermie, pokovování, ...). Je to celkem logické, protože pokusy z ušlechtilými kovy jsou poměrně finančně náročné. Na počátku každé kapitoly je uveden stručný úvod, ve kterém jsou žákům zopakované základní informace týkající se daného učiva.

Myslím si, že pracování sešit a laboratorní manuál je dobře zpracovaný, obsahuje podrobné postupy a návody. Český překlad by se určitě dal využít i při výuce na našich školách.

5.2.3 Německy mluvící země

V Německu je systém školství podobný našemu. První stupeň (primární vzdělávání) je čtyřletý. Věk deseti let je klíčový pro volbu další vzdělávací dráhy. Sekundární vzdělávání tvoří tři proudy. Hlavní škola, která trvá pět až šest let, reálná škola, která trvá šest let a gymnázium, které trvá devět let. Následující učebnice je určena pro hlavní nebo reálné školy. Pro gymnázium by tato učebnice byla nevyhovující.

[18] **VERLAG C. *Chemie für die Sekundarstufe 1, Berlin. 1991***

Učebnice je určena pro žáky na druhém stupni základní školy. Tato učebnice vypadá na první pohled jako všechny ostatní, obsahuje obrázky, kapitoly jsou logicky seřazené. Po prvním čtení jsem usoudil, že obsah učiva v učebnici je strohý. Myslím si, že v České republice by ani na základní škole nevyhověl.

Prvními prvky, na které jsem se zaměřil bylo zlato a stříbro. Informace, které se v učebnici vyskytovaly vůbec nesouvisely s podstatou chemie. Autor se zaměřuje především na historii chemie (píše o Alexandrovi Velikém, jak používal stříbrné přístroje a nádoby). Z oblasti chemie se autor povrchně zaměřil na fotografický průmysl a na použití stříbra. Podle mého názoru chybí v učebnici podstatné informace týkající se chemie zlata a stříbra.

Při studování dalších prvků (Au, Al, Cu) jsem dospěl k témuž názoru. Autor se snaží žákům zábavnou formou přiblížit historii, občas zabrousí do chemie.

Při porovnání této učebnice s českými, které jsou určeny pro stejný stupeň chemie jsem došel k závěru, že české učebnice jsou podrobnější. Občas jsou také psány zábavnou

formou, ale jejich obsah odpovídá základním znalostem žáka., což se o německé učebnici říci nedá

5.2.4 Polsko

Polsko je stát, kde je systém školství podobný jako u nás. Základní vzdělávání tvoří první a druhý stupeň, přitom celková doba je devět let. Sekundární vzdělávání je rozděleno na všeobecné (gymnázium) a odborné (střední odborné školy, technické školy). Gymnázium má délku rovněž čtyři roky tak jako u nás. Následující učebnice je určena pro žáky na gymnáziích. Systém vzdělávání je podobný našemu, vyučování chemie je rozděleno (obecná, anorganická, organická chemie...).

[19] LITWIN M., STYKA S., SZYMOŃSKA J. *Chemia ogólna i neiorganiczna.*

Warszawa. 2004.

Polská učebnice je určena pro žáky na středních školách. V Polsku se jedná o tzv lycea. Učebnice patří mezi základní učebnice chemie, kromě toho se v Polsku používají i učebnice s rozšířeným obsahem., které pak žáci používají na doplnění učiva.

Polská učebnice je psána stejným principem jako většina našich učebnic. Učivo je rozděleno do několika částí (anorganická, organická, obecná chemie atd). Podrobněji jsem se zaměřil na učebnice, která se věnuje obecné a anorganické chemii. Jelikož se jedná pouze o základní učebnici chemie z uvedených prvků (Al, Si, Ag, Au, Si) je zde zpracován pouze hliník a křemík.

Oba dva prvky (Al, Si) jsou v učebnici zpracované podobně jako je tomu v českých učebnicích. Nejprve je úvod, kde se žáci doví např. informace o výskytu prvku a jeho zastoupení v zemské kůře apod. Následuje výskyt a vlastnosti. Ze začátku autor píše o fyzikálních poté o chemických vlastnostech. Velký důraz klade autor na výrobu jak samotného prvku tak jeho sloučenin. Setkáme se zde z výrobou jak hliníku (jsou uvedeny i reakce a schémata) tak i křemíku (především čistý křemík). V učebnici nechybí ani použití jednotlivých prvků, či sloučenin.

Celá učebnice je psána stejným principem. Každá kapitola učebnice obsahuje teoretickou část, která je prokládána zajímavými články. Ať už se jedná o články související s historií nebo vědeckou činností. V textu se objevují také praktické pokusy. Jedná se o pokusy většinou demonstrační, na kterých může vyučující daný pojem či učivo dokázat. Na

konci každé kapitoly jsou uvedeny otázky na opakování, na kterých si student může ověřit své znalosti.

Při srovnání polských učebnic s českými jsem došel k závěru, že učebnice jsou si hodně podobné. Polské učebnice podobně jako naše rozdělují učivo chemie na jednotlivé části chemie (obecná, anorganická, organická chemie) . Po odborné stránce bych řekl, že jsou přiměřeně náročně, obsahují informace, které by žák na střední škole měl znát.

C/ EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Po rozboru učebnic jsem vytvořil výukové moduly, které obsahují informace, které by měl žák na střední škole znát. Výukové moduly byly odzkoušené během praxe ve výuce na střední škole. Abych zjistil, jakou mají moduly úspěšnost vytvořil jsem vědomostní testy obsahující základní vědomosti, které by žáci měli znát. Vytvořil jsem i dotazníky, které mají vypovídat o oblíbenosti těchto modulů u žáků.

1. DOTAZNÍK

Dotazníky mají za úkol zjistit, jak moc se žákům výuka líbí či nikoliv. Každý respondent měl zaškrtnout jednu možnost. V závěru dotazníku jsou otevřené otázky, kde žák přímo odpoví, co se mu líbilo, co považuje za pozitivum, co za negativum. Počet respondentů je u jednotlivých dotazníku odlišný, protože třídy byly různé.

Dotazník je zcela anonymní, informace v něm poskytnuté budou použity pouze v rámci mé diplomové práce.

Dotazník:

OTÁZKA	Určitě ano	Asi ano	Středně	Spíš ne	Vůbec ne
1. Bylo pro tebe učivo přiměřeně náročné?					
2. Byl rozsah přednášky přiměřený?					
3. Jak moc tě zaujala grafická stránka prezentace?					
4. Myslíš si, že ti tento způsob výuky učivo více objasnil a lépe jsi ho tak pochopil?					
5. Jak se ti líbila vyučovací hodina v porovnání s klasickou hodinou, na kterou jsi zvyklý?					
6. Uvítal bys více takových vyučovacích hodin jaké jsem dnes přednášel?					
7. Líbily se ti videosekvence, animace, popř. pokus v případě, že byly použity?					
8. Zapamatoval sis z přednášky nějaké informace týkající se daného učiva?					
9. Zajímá tě chemie?					
10. Myslíš si, že by tento styl výuky mohl vést k většímu zájmu o chemii?					

Co tě na přednášce nejvíc zaujalo?

.....
.....
.....

Co se ti na přednášce nelíbilo?

.....
.....
.....

Co by jsi přednášejícímu doporučil, aby změnil?

.....
.....
.....

2. VĚDOMOSTNÍ TEST

Test má zjistit jaké jsou získané vědomosti u žáků, jestli výukové moduly jsou přínosem či nikoliv. Pro porovnání byl dán test i třídě, ve které nebyl výukový modul použit. Počet respondentů je u každého testu různý, testy nebyly provedeny ve stejné třídě.

Vědomostní test je zcela anonymní, informace v něm poskytnuté budou použity pouze v rámci mé diplomové práce, kde budou zpracovány a vyhodnoceny.

U testu máš vybrat jednu odpověď.

2.1 HLINÍK

1. Jaké je zbarvení plamene hliníku

A/ červené

B/ zelené

C/ bílé

2. Jak se nazývá ruda nejvíc používaná při výrobě hliníku

A/ kuprit

B/ bauxit

C/ chalkosin

3. jak říkáme vlastnosti prvku, který reaguje jak s kyselinami tak se zásadami:

A/ amfoterita

B/ aluminotermie

C/ matečný prvek

4. Jak se jmenuje proces, který byl vyvinut v roce 1886 a tvoří základ technické výroby hliníku:

A/ Hallův-Heroultův proces

B/ grafitová metoda

C/ spékací proces

5. Při elektrolytické výrobě hliníku se jako anoda používá:

A/ grafitová elektroda

B/ elektroda na jejíž povrchu je vrstva bauxitu

C/ kyslíková elektroda

6. Která slitina nepatří mezi lehké slitiny hliníku:

A/ silumin

B/ elektron

C/ mosaz

7. Jak se jmenuje metoda výroby některých kovů za využití hliníku

A/ Bayerova metoda

B/ aluminotermie

C / elektrolýza

Správné odpovědi: 1 C, 2 B, 3 A, 4 A, 5 A, 6 C, 7 B

2.2 KŘEMÍK

1. Který z uvedených názvů nepatří mezi barevné odrůdy křemene:

A/ růženín

B/ křišťál

C/ fialín

2. Jak označujeme nejčistší křemík:

A/ polovodičový křemík

B/ ferrosilicium

C/ technický křemík

3. Jak se jmenují sloučeniny křemíku, které jsou podobné svým vzorcem alkanům:

A/ silicidy

B/ halogenidy křemíku

C/ silany

4. Jak nazýváme polymery, které ve svém řetězci střídají atomy křemíku a kyslíku:

A/ silikony

B/ polovodiče

C/ termistory

5. O jakém typu vodivosti mluvíme, jestliže do prvku ze čtvrté skupiny přidáme prvek z páté skupiny

A/ vodivost typu P

B/ vodivost typu N

C/ vodivost typu PN

6. Jak označujeme skleněnou směs při výrobě skla:

A/ skleněná koruna

B/ sklářský strom

C/ sklářský kmen

7. Jak se jmenuje elektronická součástka, která propouští proud jedním směrem:

A/ polovodičová dioda

B/ diodová anoda

C / polovodičová anoda

Správné odpovědi: 1 C, 2 A, 3 C, 4 A, 5 B, 6 C, 7 A

2.3 MĚĎ

1. Jakou barvu měl roztok po reakci (příprava mědi)?

A/ světle zelenou

B/ světle modrou

C/ červenou

2. Která z uvedených rud nepatří mezi rudy mědi?

A/ kuprit

B/ argyrit

C/ chalkosin

3. Jak se nazývá vrstva, kterou se časem pokrývá měď na vzduchu?

A/ měděnka

B/ cuprumin

C/ měděný kamínek

4. S čím reagují sloučeniny mědi při pražně-reakčním způsobu výroby mědi?

A/ dusíkem

B/ vzácnými plyny, především argonem, který je v malém množství obsažen ve vzduchu

C/ kyslíkem

5. Jaká látka je elektrolytem při elektrolytické rafinaci:

A/ voda

B/ roztok chloridu sodného o vysoké koncentraci

C/ roztok měďnaté soli

6. Do slitin mědi neřadíme:

A/ aluminin

B/ mosaz

C/ bronz

7. Jaký je nejčastější oxidační stav mědi:

A/ +V

B/ +II

C / +IV

Správné odpovědi: 1 C, 2 A, 3 C, 4 A, 5 B, 6 C, 7 A

2.4 STRĚBRO A ZLATO

1. Co je to elektrum?

A/ směs zlata se stříbrem

B/ látka, pomocí níž se elektrolyticky vyrábí stříbro

C/ je to fyzikální vlastnost spojená s elektrickou vodivostí

2. Z jakých látek a v jakém poměru se skládá lučavka královská?

A/ HNO_3 a HCl v poměru 1:3

B/ HNO_3 a H_2SO_4 v poměru 3:1

C/ H_2SO_4 a HCl v poměru 1:1

3. Jak se nazývá separační proces založený na rozdílné smáčivosti složek ve směsi?

A/ amalgamace

B/ rafinace

C/ flotace

4. Při výrobě jednoho z prvků často hovoříme o parkesování, a co se jedná?

A/ Je to chemický způsob výroby zlata suchou cestou, který využívá tzv. parkesí (znečištěné látky obsahující zlato)

B/ Je to způsob výroby stříbra založen na tom, že se do olova s malým obsahem stříbra, zahřátého až k teplotě tání zinku, vnáší zinek.

C/ Je to čistící proces zlata, založen na flotačním principu

5 Jak se nazývají nejčastější výrobní postupy zlata:

A/ flotace a rafinace

B/ amalgamový a kyanidový způsob

C/ parkesování a pattinsonování

6. Jakou barvu měl během pokusu měděný plech při vložení do roztoku, který obsahoval hydroxid sodný a zinek?

A/ stříbrnou

B/ zlatou

C/ barva se nezměnila

7. Co je to argentit?

A/ je to město, velké naleziště zlaté rudy

B/ stříbrná ruda

C/ látka způsobující černání stříbra

Správné odpovědi: 1 A, 2 B, 3 A, 4 C, 5 C, 6 A, 7 B

3. ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ DOTAZNÍKŮ

Výsledky dotazníku jsou zpracovány do tabulek a grafů. Abych mohl porovnat výsledky dotazníku přiřadil jsem každé z uvedených možností procentuální zastoupení. Znamená to, že když někdo odpověděl na otázku „určitě ano“ jeho spokojenost s otázkou je 100%. Když někdo odpověděl „středně“ znamená to, že jeho spokojenost je 50%. Poté byl vypočten aritmetický průměr všech procentuálních zastoupení u každé otázky. U volných odpovědi jsem vybral ty nejčastější postřehy žáků. Počet respondentů je opět rozdílný, dotazníky byly prováděny u různých tříd.

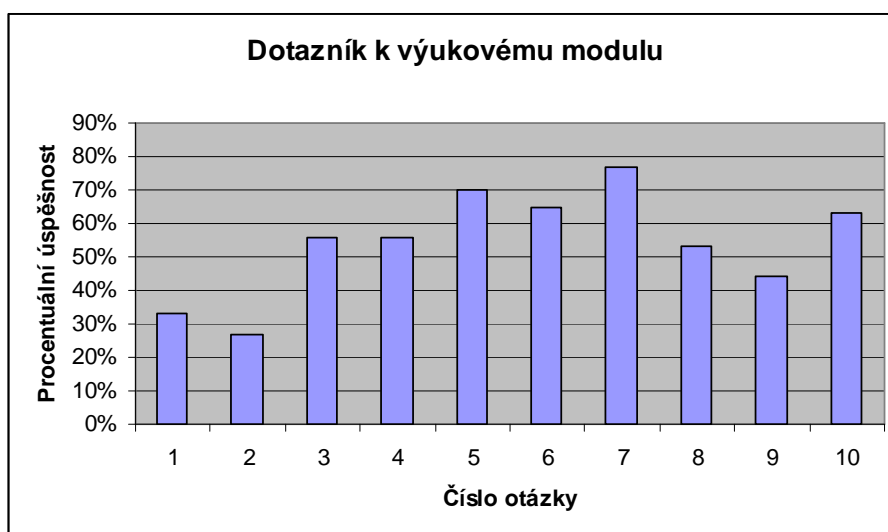
3.1 HLINÍK

Počet odevzdaných dotazníků: 24

Tabulka 11: Hliník-výsledky dotazníku

Možnost/číslo otázky	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Určitě ano (100%)	0	0	1	5	8	7	13	2	2	7
Asi ano (75%)	1	1	8	6	9	8	7	9	5	6
Středně (50%)	9	7	14	10	7	8	3	8	7	10
Spíše ne (25%)	15	14	4	3	3	2	4	6	10	2
Vůbec ne (0%)	2	5	0	3	1	2	0	2	3	2
Procentuální úspěšnost (zaokr.)	33%	27%	56%	56%	70%	65%	77%	53%	44%	63%

Graf 1: Hliník-výsledky dotazníku



Co tě na přednášce nejvíc zaujalo?

Žáci jednoznačně nejvíce zaujal pokus, který byl ve výuce prováděn (Hoření kovů v plameni). Asi 70% žáků dále zaujala videoukázka (Výroba pístu motorů).

Co se ti na přednášce nelíbilo?

Většině žáků se jeví učivo moc podrobné a náročné, uvítali by méně odborných informací.

Co by jsi přednášejícímu doporučil, aby změnil?

Žáci by nevynechávali pokus a videoukázku, zastávají názor, že toto jim dá víc, než odborné informace.

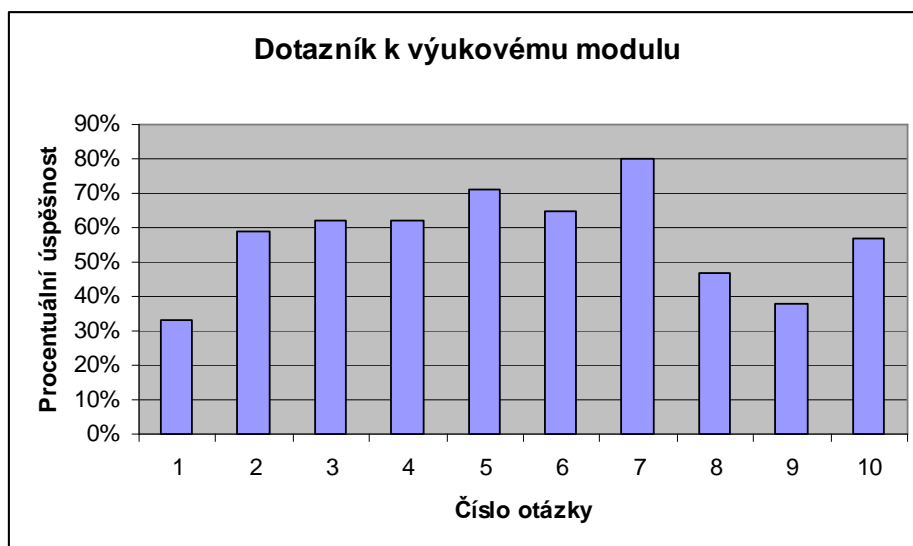
3.2 KŘEMÍK

Počet odevzdaných dotazníků: 26

Tabulka 12: Křemík-výsledky dotazníku

Možnost/číslo otázky	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Určitě ano (100%)	0	3	3	2	8	7	12	1	1	4
Asi ano (75%)	2	9	10	10	9	7	9	5	2	5
Středně (50%)	8	10	9	12	7	8	4	12	9	12
Spíše ne (25%)	12	2	4	2	1	3	0	6	11	4
Vůbec ne (0%)	4	2	0	0	1	1	1	2	3	1
Procentuální úspěšnost (zaokr.)	33%	59%	62%	62%	71%	65%	80%	47%	38%	57%

Graf 2: Křemík-výsledky dotazníku



Co tě na přednášce nejvíc zaujalo?

U této otázky jsem se nejvíce dočetl, že na žáky zapůsobil pokus a obrázky. Žáky také zaujala jiná forma výuky než na jakou jsou zvyklí, líbilo se jim, že mohli nahlas diskutovat.

Co se ti na přednášce nelíbilo?

Většině žáků se zdál obsah přednášky příliš podrobný a náročný. Setkal jsem se s názory, že by mělo být v přednášce zahrnuto více zajímavostí a méně faktu.

Co by jsi přednášejícímu doporučil, aby změnil?

Určitě zjednodušit učivo a rozvrhnout ho tak, aby vyšel čas i na videoukázky. Žákům se zdála teoretická část příliš obsáhlá a náročná.

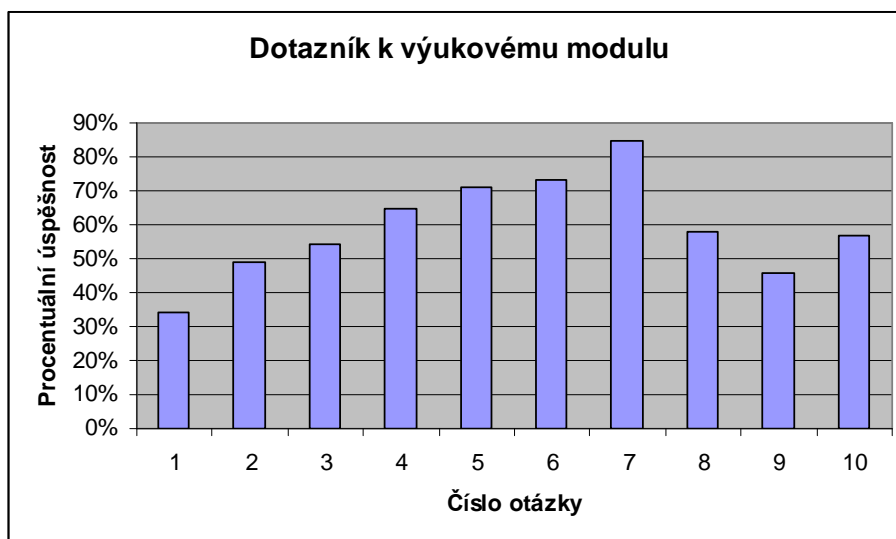
3.3 MĚŘ

Počet odevzdaných dotazníků:24

Tabulka 13: Měď-výsledky dotazníku

Možnost/číslo otázky	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Určitě ano (100%)	0	1	1	4	6	8	14	3	3	5
Asi ano (75%)	1	3	8	9	10	9	6	8	2	3
Středně (50%)	8	15	9	8	7	4	4	9	8	11
Spíše ne (25%)	14	4	6	3	0	3	0	2	10	4
Vůbec ne (0%)	1	1	0	0	1	0	0	2	1	1
Procentuální úspěšnost (zaokr.)	34%	49%	54%	65%	71%	73%	85%	58%	46%	57%

Graf 3: Měď-výsledky dotazníku



Co tě na přednášce nejvíc zaujalo?

Žáci v této třídě hodně zaujala jiná forma výuky. Byli hodně nadšení z pokusu.

Co se ti na přednášce nelíbilo?

Žákům se nejvíce líbil pokus a videoukázka. Nejvíce informací, které si zapamatovali bylo právě z těchto zdrojů.

Co by jsi přednášejícímu doporučil, aby změnil?

Žákům se zdálo učivo moc náročné. Vůbec nechápali proč by se měli učit prahně-reakční nebo prahně redukční způsob výroby mědi.

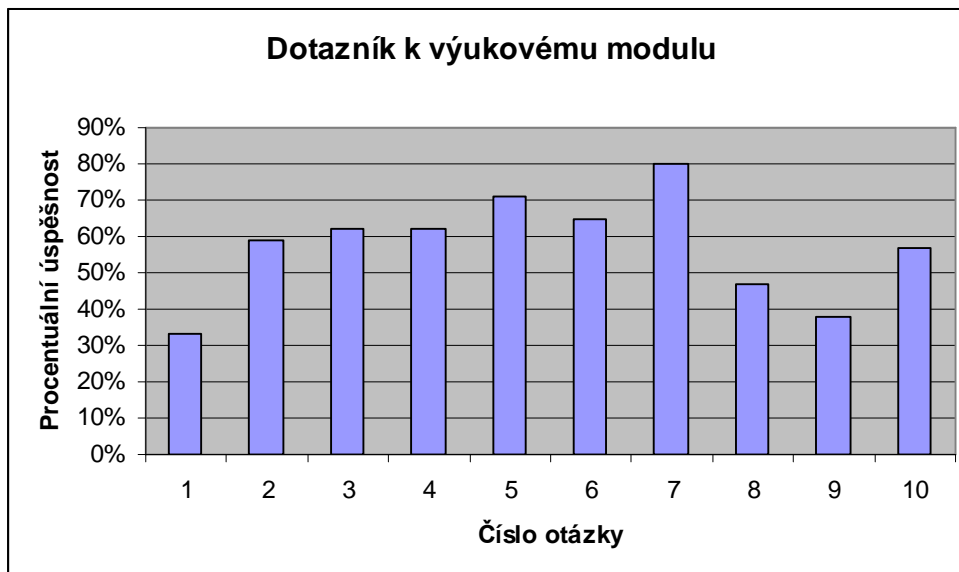
3.4 ZLATO A STRĚBRO

Počet odevzdaných dotazníků:26

Tabulka 14: Zlato a stříbro-výsledky dotazníku

Odpověď/číslo otázky	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Určitě ano (100%)	0	3	3	2	8	7	12	1	1	4
Asi ano (75%)	2	9	10	10	9	7	9	5	2	5
Středně (50%)	8	10	9	12	7	8	4	12	9	12
Spíše ne (25%)	12	2	4	2	1	3	0	6	11	4
Vůbec ne (0%)	4	2	0	0	1	1	1	2	3	1
Procentuální úspěšnost (zaokr.)	33%	59%	62%	62%	71%	65%	80%	47%	38%	57%

Graf 4: Zlato a stříbro-výsledky dotazníku



Co tě na přednášce nejvíc zaujalo?

U této otázky jsem se nejvíce dočetl, že na žáky zapůsobil pokus a obrázky. Žáky také zaujala jiná forma výuky než na jakou jsou zvyklí, líbilo se jim, že mohli nahlas diskutovat a komunikovat.

Co se ti na přednášce nelíbilo?

Žákům se zdál obsah přednášky příliš podrobný a náročný. Asi 30% žáků zastává názor, že by mělo být v přednášce zahrnuto více zajímavostí a méně faktu.

Co by jsi přednášejícímu doporučil, aby změnil?

Určitě zjednodušit učivo a rozvrhnout ho tak, aby vyšel čas i na videoukázky. Žákům se zdála teoretická část příliš obsáhlá a náročná.

4. ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ TESTU

Výsledky testu jsem rovněž zaznamenal do grafu. Počet správných odpovědí je vyznačen tučně. Ze všech odpovědí byl udělán aritmetický průměr. Graf vypovídá o znalostech žáků, kde byl použit výukový modul. U křemíku byl test rozdán i třídě, kde výukový modul nebyl odzkoušen. Na výsledcích je vidět, jaký je rozdíl ve znalostech žáků obou tříd a že výukové moduly jsou přínosem při výuce chemie.

4.1 HLINÍK

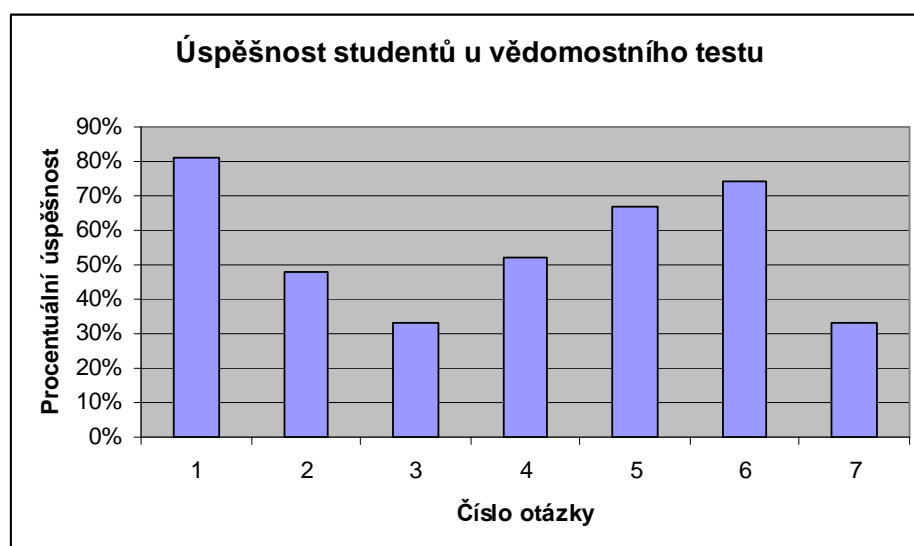
Počet odevzdaných testů: 27

Tučně zvýrazněný je počet studentů kteří odpověděli na danou otázku správně.

Tabulka 15: Hliník-výsledky testu

Možnost/číslo otázky	1	2	3	4	5	6	7
A	3	8	9	14	18	6	10
B	2	13	12	5	7	1	9
C	22	6	6	8	2	20	8
Proc.úsp. (zaokr.)	81%	48%	33%	52%	67%	74%	33%

Graf 5: Hliník-výsledky testu



4.2 KŘEMÍK

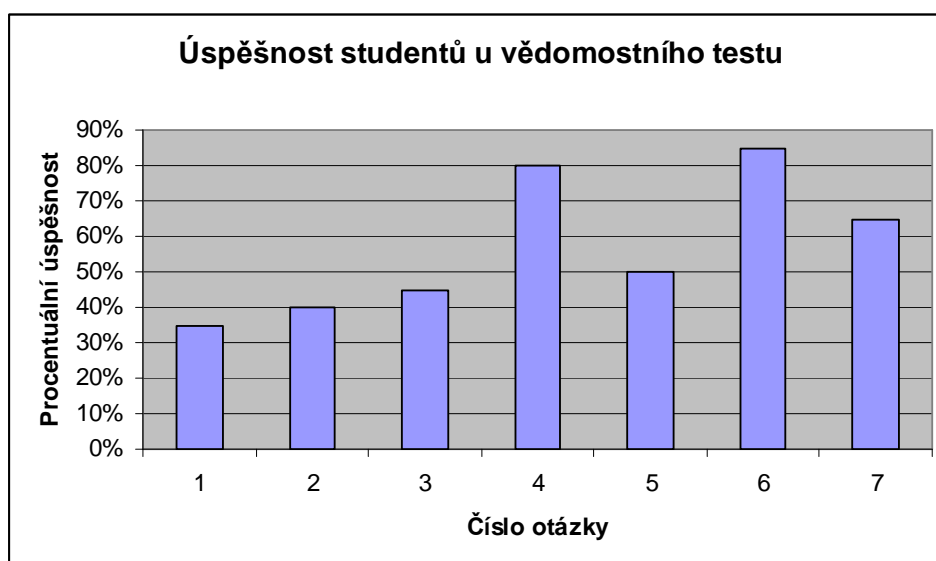
Počet odevzdaných testů: 20

Tučně zvýrazněný je počet studentů kteří odpověděli na danou otázku správně.

Tabulka 16: Křemík-výsledky testu

Možnost/číslo otázky	1	2	3	4	5	6	7
A	2	8	8	16	9	2	13
B	11	9	3	1	10	1	4
C	7	3	9	3	1	17	3
Proc.úsp.(zaokr.)	35%	40%	45%	80%	50%	85%	65%

Graf 6: Křemík-výsledky testu



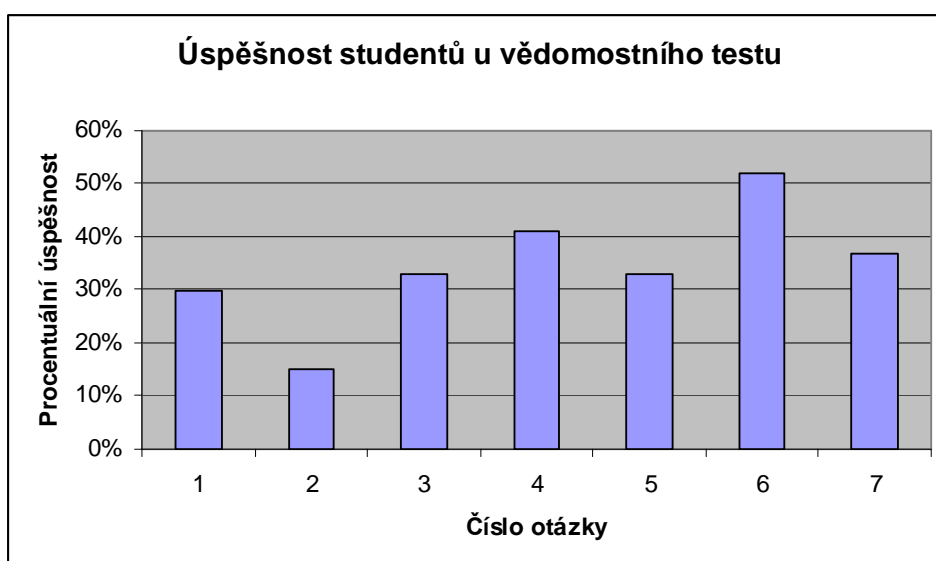
Pro srovnání byl test proveden i ve třídě, kde tento modul nebyl odzkoušen. Úspěšnost testu je podstatně menší, což plyne z grafu.

Počet odevzdaných testů: 27

Tabulka 17: Křemík-výsledky testu jiné třídy (nebyl použit výukový modul)

Možnost/číslo otázky	1	2	3	4	5	6	7
A	9	4	13	11	11	5	10
B	10	14	5	9	9	8	10
C	8	9	9	7	7	14	7
Proc.úsp.(zaokr.)	30%	15%	33%	41%	33%	52%	37%

Graf 7: Křemík-výsledky testu jiné třídy



4.3 MĚĎ

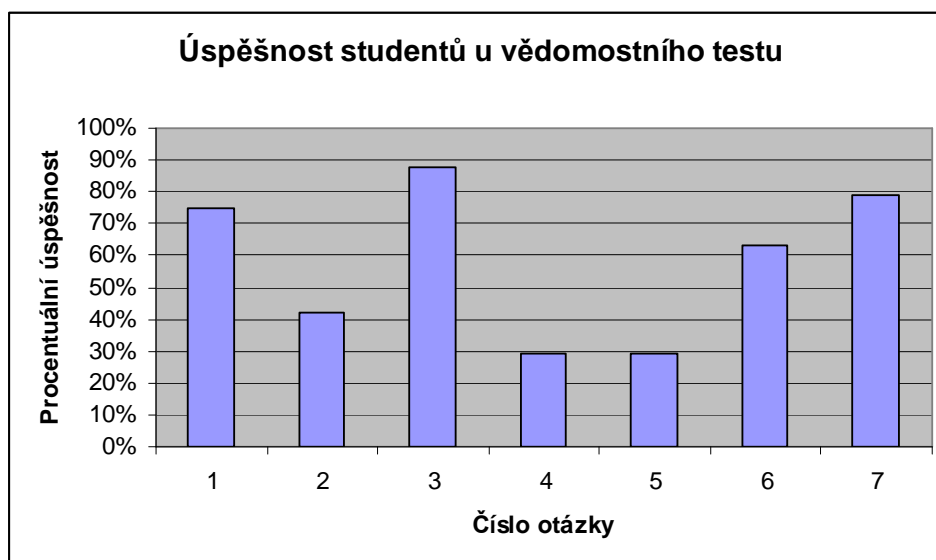
Počet odevzdaných testů: 24

Tučně zvýrazněný je počet studentů kteří odpověděli na danou otázku správně.

Tabulka 18: Měď-výsledky testu

Možnost/číslo otázky	1	2	3	4	5	6	7
A	18	9	21	4	11	15	2
B	2	10	0	13	6	4	19
C	4	5	3	7	7	5	3
Proc.úsp.(zaokr.)	75%	42%	88%	29%	29%	63%	79%

Graf 8: Měď-výsledky testu



4.4 ZLATO A STŘÍBRO

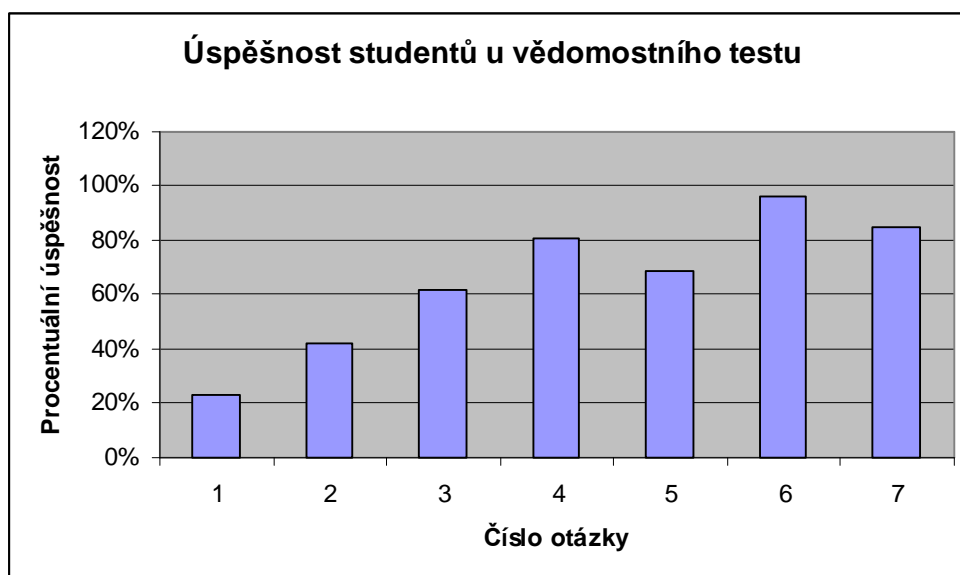
Počet odevzdaných testů: 26

Tučně zvýrazněný je počet studentů kteří odpověděli na danou otázku správně.

Tabulka 19: Zlato a stříbro-výsledky testu

Možnost/číslo otázky	1	2	3	4	5	6	7
A	6	11	7	2	5	25	0
B	9	11	3	21	18	1	22
C	11	4	16	3	3	0	4
Proc.úsp.(zaokr.)	23%	42%	62%	81%	69%	96%	85%

Graf 9: Zlato a stříbro-výsledky testu



D/ DISKUSE

V posledních letech se chemie na středních školách stala mezi žáky hodně nepopulární. Cílem diplomové práce bylo vytvořit výukové moduly, které by byly pro žáky zajímavější a lépe pochopitelné. Samozřejmě, že do diplomové práce nelze zařadit všechny odvětví chemie, proto jsem se soustředil na anorganickou chemii, lépe řečeno na vybrané neželezné kovy a jejich výroby. Zvažoval jsem, které z těchto kovů do práce zařadit, aby výukové moduly byly přínosem pro žáky i učitele. Po prostudování vybraných středoškolských učebnic jsem dospěl k závěru, že řada těchto kovů nejsou v učebnici zpracovány, nebo informace v učebnicích jsou už zastaralé. Po zvážení byly nakonec z neželezných kovů vybrány hliník, křemík, měď, zlato a stříbro.

Proto, abych zjistil jaké informace jsou v učebnicích obsaženy, provedl jsem rozbor středoškolských učebnic. Při tomto rozboru jsem se soustředil především na samotné výroby jednotlivých kovů, neopomíjel jsem také obecné vlastnosti a sloučeniny kovů. Rozbor byl zaměřen nejen na české, ale i na zahraniční učebnice. U zahraničních učebnic jsem se rovněž soustředil na výrobu neželezných kovů. Jelikož je ale výuka chemie v mnoha zemích vyučována jinak, bylo obtížné učebnice srovnávat mezi sebou. Jde spíše o přehled, který vypovídá o tom, jak se chemie v daných zemích vyučuje.

Z českých jsem vybral tyto učebnice:

- [9] HONZA J., MAREČEK A. *Chemie pro čtyřletá gymnázia 1.,2.díl*, Olomouc, 1998.
- [10] VACÍK J. A KOL. *Obecná a anorganická chemie pro gymnázia*. Praha: SPN, 1995.
- [11] DUŠEK B., FLEMR V. *Chemie pro gymnázia I. (Obecná a anorganická)*. Praha: SPN, 2001.
- [12] EISNER W. A KOL, překlad KRATOCHVÍL B. A KOL. *Chemie pro střední školy 1b*. Praha: SPN, 1996.
- [13] ZBIROŽSKÝ M. *Chemická technologie I pro 3. ročník SPŠ chemických*. Praha: SNTL, 1986.
- [14] ŠRÁMEK V., KOSINA L. *Obecná a anorganická chemie*. Olomouc: FIN, 1996.

Jsou to nejvíce používané učebnice na středních školách. Učebnice [9-12] jsou určeny pro gymnázia a [12-14] jsou určeny pro střední odborné školy chemické.

U cizích zemí to bylo náročnější. Řada učebnic není u nás jednoduše k dostání. Pro orientaci jsem vybral zástupce některých zahraničních zemí. Jedná se o francouzsky, anglicky, německy a polsky mluvící země.

Jsou to následující učebnice:

[15] TOMASINO A., PIERENS P., SLIWA H. *Chimie IreS*. NATHAN, 2001.

[16] HILL G.C., HOLMAN J.S. *Chemistry in Context*. Third edition.

[17] HILL G.C., HOLMAN J.S. *Chemistry in Context, Laboratory Manual and Study Guide*. Second Edition.

[18] VERLAG C. *Chemie für die Sekundarstufe 1*, Berlin. 1991

[19] LITWIN M., STYKA S., SZYMOŃSKA J. *Chemia ogólna i neiorganiczna*. Warszawa. 2004.

Při rozboru těchto učebnic jsem došel k mnoha závěrům, které bych chtěl shrnout.

V učebnici [9] jsou uvedeny informace, které v ostatních chybí. Jelikož je učebnice podrobná a psána stejným stylem u všech prvků, můžeme její hodnocení provést dohromady pro všechny prvky. Žák se zde může dočíst o vlastnostech a výskytu, které v jiných učebnicích zcela chybí, nebo jsou zmíněny jen okrajově. Důležitou částí je samotná výroba neželezných kovů. V učebnici jsou zahrnuty novější postupy, které jsou dostatečně vysvětleny. Výroba každého z výše uvedených kovů je v učebnici obsažena. Nejedná se o podrobné a odborné informace, jedná se pouze o základní principy a technologie. Učebnice neobsahuje zastaralé informace, které by mohly vést ke špatné informovanosti žáka. Další tematikou v těchto učebnicích jsou sloučeniny a jejich použití. Zde je popsána celá řada možných sloučenin, které nacházejí uplatnění jak v biochemii, technickém průmyslu, tak i v lékařství. Výhodou této učebnice je její strukturovaný obsah. Všechny informace jsou logicky seřazené, na žáka působí uceleně a jednotně. Jedinou nevýhodou může být pro někoho grafická stránka. Celá učebnice je psána stejným stylem (vlastnosti, výskyt, výroba, použití, sloučeniny), občas je do textu vložen obrázek nebo schéma. Setkal jsem se s názory žáků, že učebnice je nudná a monotónní.

Učebnice [10] na mě od počátků působí chaoticky. Od středoškolské učebnice bych očekával, že by měla obsahovat základní informace uvedených kovů (tj. vlastnosti, výroby a sloučeniny). V této učebnici se autor zaměřuje především na sloučeniny kovů. Zcela zde

postrádám výskyt a výrobu uvedených kovů. U sloučenin je učebnice více podrobná, vyskytují se v ní informace, které v ostatních nenajdeme (např. u křemíku zde najdeme zpracovaný sklářský průmysl). Učební text je sice prokládaná obrázky, ale celá učebnice se mi jeví jako strohá a neúplná.

Učebnice [11] se liší od ostatních. Zde je problematika kovů popsána dohromady. Z uvedených prvků je křemík zpracován samostatně. Prvky hliník, měď, zlato a stříbro jsou zpracovány dohromady. I přesto, že autor píše o celkové skupině kovů žáci se zde doví o vlastnostech, výskytu a složeninách těchto kovů. Co se týče výroby, ta je popsána všeobecně. Jsou zde uvedeny pouze základní technologické postupy. Žák se v učebnici dočte o základních procesech výroby kovů, rafinaci, výrobě surového železa a oceli. Může si udělat celkový pohled na výrobu kovů. Zpočátku jsem považoval učebnici za chaotickou, ale po důkladném prostudování jsem došel k závěru, že se autor snaží jednoduchou formou popsat celou problematiku kovů. Učebnice obsahuje obrázky, schémata a rovnice, které vedou k lepšímu pochopení.

V učebnici [12] jsem našel zpracovaný pouze křemík. Žák se zde může dočíst o vlastnostech, výskytu, výrobě, sloučeninách a navíc jsou zde zpracované i další informace týkající se např. skla, sklářského průmyslu, cihlářských výrobků atd. Učebnice je graficky velmi zajímavá, obsahuje mnoho obrázků a schémat. Prvky hliník, měď, zlato a stříbro v učebnici nejsou vůbec zpracované, což považuji za velký nedostatek.

Učebnice [13] je určena pro žáky středních technologických škol. Učebnice se zaměřuje především na průmyslové výroby sloučenin, jejich použití. Na počátku každé kapitoly najdeme všeobecné informace týkající se větší skupiny prvků, poté jsou popisovány technologické postupy výrob některých sloučenin (např. u křemíku se žák může dovědět více informací o sklu jeho druzích, o smaltech, keramice atd). Pro účely odborných škol je učebnice dostačující, ale pro školy se všeobecným zaměřením zde chybí základní informace týkající se daného kovu (výskyt, výroba atd.).

Učebnice [14] obsahuje základní informace, které by žák na střední škole měl znát. Zahrnuje vlastnosti, výskyt, výrobu, použití a sloučeniny výše jmenovaných kovů. U výroby kovů se jedná pouze o základní informace, týkající se technologických procesů. Žák si tak může udělat ucelený přehled informací. Tato učebnice se může jevit nudná (obdobně jako učebnice [9]), ale obsahuje požadované informace.

Z výše jmenovaných českých středoškolských učebnic bych pro žáky na středních všeobecných školách doporučil učebnice [9], [11], [14]. Mají strukturovaný obsah, jsou doplněné vhodnými obrázky a schémata, informace nejsou zastaralé a zkrácené

Mnoho zahraničních učebnic je zpracováno odlišně než jsme zvyklí. Některé učebnice spojují různé obory chemie dohromady, jiné jsou daleko podrobnější než naše.

Učebnice [15], která se používá ve francouzsky mluvících zemích mě hodně zaujala. Snaží se prolínat všechny odvětví chemie dohromady, v našich učebnicích tomu tak není (je zvykem probírat zvlášť anorganickou, obecnou, fyzikální chemii). Myslím si, že je dobré když žáci vidí propojenost jednotlivých odvětví. Dokážou si informace spojit dohromady a vytvořit si nadhled nad problematikou chemie. Francouzská učebnice na mě zapůsobila tím, že je logicky propojená a klade důraz na využití chemie v praxi. Většina českých učebnic je zase strukturovaná, ucelená a mají pevný řád. Francouzská učebnice je doporučena pro žáky stejné věkové kategorie jako u nás pro gymnázia.

Anglická učebnice [16] je na první pohled příliš rozsáhlá a podrobná. Najdeme v ní rozdělení podobné našim učebnicím (chemie obecná, anorganická, fyzikální ...). V učebnici jsou zpracované výše uvedené kovy. Žák se v ní může dočíst o základních vlastnostech, výrobě, sloučeninách a použití. Učebnice je určena pro starší žáky ve věku okolo 16-19 let. Na konci každé kapitoly je uvedeno shrnutí, které všechny poznatky sjednotí. Jsou zde zahrnuty také pokusy a závěrečné procvičování. K dispozici je také pracovní sešit [17], ve kterém jsou zajímavé pokusy jejich manuál a úlohy na procvičení.

Učebnice [18] je určena pro německy mluvící země. Na rozdíl od ostatních učebnic je tato doporučena pro žáky hlavních škol a reálných škol. Její obsah tomu odpovídá. Autor se snaží zábavnou formou přiblížit žákům problematiku chemie. Učebnice neobsahuje mnoho konkrétních informací. Myslím si, že by učebnice mohla být vhodná jako motivace a úvod do chemie.

Polská učebnice [19] je psána stejným stylem jako české. U jednotlivých prvků je zpracovaný výskyt, vlastnosti, výroba, sloučeniny. Učebnice je rozdělená do několika částí (obecná, anorganická...). Navíc se používají i učebnice s rozšířeným obsahem, které obsahují další informace. Učebnice obsahuje motivační pokusy, je proložena zajímavými odbornými články, působí na mě zajímavě, uceleně a má logický řád.

Srovnání českých učebnic se zahraničními je obtížné. Francouzská učebnice je psána úplně jiným způsobem, který souvisí s tamější výukou chemie. Ve Francii se zavádí chemie do běžného života. Žák si osvojí pojem a hned ho aplikuje v životě. U nás se žáci naučí spoustu pojmů na základě kterých potom pochopí další souvislosti. Srovnání je proto nemožné. Systém v Anglii je už více podobný tomu našemu. Anglická učebnice sice hodně aplikuje učivo do života, ale v učebnici najdeme zpracované jednotlivé kovy a občas i jejich výroby. Tyto výroby nejsou tak podrobné jak je tomu v našich učebnicích. Problematika je spíše popsána pomocí obrázků a schémat. Kapitoly nejsou ucelené a logicky strukturované. Nejvíce podobná našemu způsobu výuky byla polská učebnice. Systém školství v Polsku je stejný jako u nás. Toto srovnání je už jednodušší. Polská učebnice obsahuje více zajímavých článků, které nejsou přímo součástí daného učiva. Například u zlata a stříbra je tam zmínka o historii nebo karátu. Učebnice je pro žáky zajímavější, často se doví informace, které by jinde složitě hledali.

Abych mohl vytvořit výukové moduly pro žáky na středních školách musel jsem nejdříve jednotlivé kovy prostudovat a napsat teoretickou část. V této části se zaměřuji především na samotnou výrobu jednotlivých kovů, nechybí ovšem ani obecná charakteristika a sloučeniny uvedených prvků. Je to lepší pro větší ucelenost výukových modulů. U některých prvků se zaměřuji na další informace (např. u křemíku na polovodiče nebo silikony). Teoretická část obsahuje mnoho obrázků, schémat výrobních procesů, které mají danou problematiku přiblížit.

Z této teoretické části jsou vytvořeny moduly které slouží jako učební pomůcka pro učitele. Mají žákům přiblížit problematiku výše uvedených kovů. Jsou zpracovány v prezentaci Microsoft PowerPoint, obsahují fotografie, videoukázky, popř. animace. Tyto výukové moduly jsou určeny pro žáky na všeobecných středních školách. Rozsah jednotlivých prezentací by měl být na jednu vyučovací hodinu. Na počátku každého výukového modulu je zařazen pokus, který má být motivující a zaujmout žáka. V prezentacích se také vyskytují internetové odkazy na videoukázky týkající se dané problematiky. Tyto odkazy nejsou volně stažitelné, proto je důležité mít při výuce aktivní připojení k internetové síti.

Experimentální část diplomové práce tvoří vyzkoušení těchto modulů v praxi. Při praktickém vyzkoušení vybraných modulů jsem došel k několika závěrům.

Abych zjistil, jak moc se žákům výuka líbila dal jsem jim vyplnit dotazník. Tento dotazník obsahuje 10 otázek, které se týkají oblíbenosti chemie. Žáci mají vybrat jednu z možností, podle toho jak moc s otázkou souhlasí. Na závěr jsou položeny tři volné otázky, ve kterých žáci můžou shrnout své postřehy.

Výsledky dotazníku vypovídají o tom, že se žákům nový způsob výuky líbil. Žáci si myslí, že takový způsob výuky by byl zajímavější. Žákům se líbily především pokusy a videoukázky, vidí jak chemie opravdu funguje. Otázkou zůstává jestli tento způsob výuky není pro ně spíš pohodlnější. U pokusů a videoukázek nemusí přemýšlet.

To, jestli si žáci odnesli z těchto výukových hodin také vědomosti prokazuje test znalostí. Tento test je tvořen souborem sedmi otázek z každého modulu. Tyto otázky jsou v souladu s výukovými moduly. Výsledky těchto testů jsou uspokojivé, záleží na otázce, zda je jednodušší nebo složitější. Otázky, které se týkaly obecné charakteristiky a vlastností dopadly celkově lépe. U otázek z problematiky výroby kovů už to bylo o něco horší. Tento fakt je zapříčiněn náročností a rozsahem těchto výrob. Na žáky bylo kladeno najednou hodně pojmů, které se jim často popletly. Bylo by vhodné před testem učivo řádně zopakovat a procvičit, na což už nezbyl v hodinách časový prostor. Tento test byl proveden i u třídy, kde nebyl výukový modul odzkoušen. Znalosti žáků v této třídě jsou podstatně menší. Tyto výsledky vypovídají o tom, že výukové moduly přispěly ke kvalitnější výuce chemie. Tyto výukové moduly by určitě chtělo vyzkoušet ve více třídách a nejlépe na více školách, ale během povinné pedagogické praxe se toho nedalo dosáhnout. Na dalších školách o tento průzkum zájem neměli, protože je časově náročný.

Tento styl výuky zbudil u žáků velký zájem. Nejvíce byl pro ně zajímavý motivační pokus. Velké ohlasy měly také videoukázky. Na druhé straně vybrané moduly měly i velké nedostatky. Jelikož jsem moduly zkoušel v chemickém semináři měl jsem k dispozici 90 minut výuky. Za tento čas jsem stihl sotva provést pokus a výklad. Někdy jsem nestihl pustit videoukázku, což žáci vnímali jako velké negativum. Dalším nedostatkem byla velká náročnost modulů. Při konzultaci těchto modulů s vyučující jsem zjistil, že učivo je příliš náročné a tudíž zabere mnoho času.

Z tohoto důvodů jsem vytvořil upravené moduly (původní staré mohou sloužit pro odborné školy, kde je chemie více podrobnější). Všechny nové moduly byly vyzkoušené ve výuce a došel jsem k závěru, že nedostatky, které jsem dříve nalézal se podařilo odstranit.

Výukové moduly jsou k dispozici v DVD formě (příloha diplomové práce), samotná manipulace s nimi je velmi jednoduchá. Žákům se nový styl výuky líbí. Cíl diplomové práce byl naplněn.

E/ ZÁVĚR

Diplomová práce je zaměřena na výrobu vybraných neželezných kovů ve středoškolské výuce. Z kovů byly vybrány hliník, křemík, měď, zlato a stříbro. Jeden z cílů diplomové práce byl rozbor středoškolských učebnic. V něm jsem se soustředil na samotné výroby vybraných neželezných kovů, neopomenul jsem ani obecné vlastnosti a charakteristiky jednotlivých kovů. Při rozboru jsem použil šest českých a pět zahraničních učebnic. Výroby vybraných neželezných kovů jsou v učebnicích zpracovány rozdílně.

Jako dostačující a nejvhodnější z hlediska výroby kovů se mi jeví pouze tři učebnice :

[9] HONZA J., MAREČEK A. *Chemie pro čtyřletá gymnázia 1.,2.díl*, Olomouc, 1998.

[11] DUŠEK B., FLEMR V. *Chemie pro gymnázia I. (Obecná a anorganická)*. Praha: SPN, 2001.

[14] ŠRÁMEK V., KOSINA L. *Obecná a anorganická chemie*. Olomouc: FIN, 1996.

Abych mohl vytvořit výukové moduly vytvořil jsem teoretickou část. V této části jsou zpracované výroby jednotlivých kovů, jsou tam zařazeny i informace týkající se obecné charakteristiky, vlastností a sloučenin vybraných kovů.

U hliníku jsem se zabýval výrobou oxidu hlinitého. U této sloučeniny jsem se soustředil na dva způsoby výroby (Bayerova metoda a spékací metoda). Výroba samotného hliníku je popsána elektrolytickým způsobem.

U křemíku jsem se zabýval výrobou technického křemíku, ferrosilicia a polovodičového křemíku. Kromě těchto výrob kapitola obsahuje problematiku skla, siloxanů (silikonů) a polovodičů.

Výroba mědi je zpracována pyrometalurgickým a hydrometalurgickým způsobem. V této kapitole je uvedena i rafinace mědi.

Výroba zlata je soustředěna na amalgamový a kyanidový způsob. Nechybí ani způsoby rafinace tohoto kovu. Výroba stříbra je popsána pomocí dvou způsobů. Výroba stříbra suchou cestou je zaměřena na parkesování a pattinsonování. Výroba stříbra mokrým způsobem je popsána amalgamovým a kyanidovým způsobem.

Z teoretické části jsem vytvořil výukové moduly, které by měly být pomůckou při výuce chemie. Moduly obsahují názorné fotografie, doplňující videa či animace. Vytvořil jsem prezentaci (Microsoft PowerPoint), která je součástí každého výukového modulu a je použitelná přímo ve výuce.

Všechny výukové moduly jsem vyzkoušel přímo ve výuce během své pedagogické praxe na gymnáziu, získané vědomosti žáků jsem prověřil testem a vyhodnotil. Výukové moduly jsou rozdělené do dvou částí podle náročnosti. Jednodušší část, která je určena pro střední školy s všeobecným zaměřením je v rozsahu jedné vyučovací hodiny, podrobnější část je určena pro odborné školy v rozsahu dvou až tří vyučovacích hodin.

Tyto výukové moduly byly ověřené i výstupními dotazníky a testy. Cílem těchto dotazníků bylo zjistit, jak tyto moduly ještě vylepšit a co bych měl změnit.

Testy ukázaly, že znalosti žáků jsou vyhovující. Nejvyšší úspěšnost ze všech otázek je 96% (tzn. 96% žáků odpovědělo správně). Nejnižší úspěšnost ze všech otázek je 23% (tzn. 23% žáků odpovědělo správně). Pro srovnání byl proveden test i u třídy, kde nebyl odzkoušen výukový modul. Znalosti této třídy jsou podstatně menší. Nejvyšší úspěšnost je 52% a nejnižší je 15%. V průměru jsou výsledky tohoto testu o 25% menší než výsledky testu u třídy, kde byl výukový modul použit.

Výsledky dotazníku jasně vypovídají o tom, že se žákům nový způsob výuky líbí. Většina žáků by uvítala, kdyby tyto moduly byly zařazeny do výuky chemie.

Výukové moduly ukázaly, že tento způsob výuky vede k lepšímu pochopení a k většímu zájmu o chemii. Bylo by vhodné udělat více takových modulů, které by vedly ke zlepšení kvality výuky na středních školách.

F/ LITERATURA

ČESKÁ LITERATURA

- [1] KLEČKOVÁ M.; ŠINDELÁŘ Z. *Školní pokusy z anorganické a organické chemie*. Olomouc: UP, 2007
- [2] HOVORKA F. *Technologie chemických látek*. Praha: VŠCHT, 2005.
- [3] BÜCHNER W. A KOL. *Průmyslová anorganická chemie*. Praha: SMTL, 1991
- [4] KAMENÍČEK J. a kol. *Anorganická chemie*. Olomouc: UP, 2006
- [5] CHVOJKA J. *Přehled nové techniky a rozvoj výroby neželezných kovů*. Praha: STNL, 1960
- [6] BANÝR J. *Chemie kovových prvků*. Praha. 2002
- [7] KŮTEK F. *Anorganická chemie 3. Kovy*. Praha. 1985
- [8] KOLEKTIV AUTORŮ. *Komplexní výzkum a využití Ag – Au surovin*. Ústí nad Labem, Dům techniky ČSVST, 1984.
- [9] HONZA J., MAREČEK A. *Chemie pro čtyřletá gymnázia 1.,2.díl*, Olomouc, 1998.
- [10] VACÍK J. A KOL. *Obecná a anorganická chemie pro gymnázia*. Praha: SPN, 1995.
- [11] DUŠEK B., FLEMR V. *Chemie pro gymnázia I. (Obecná a anorganická)*. Praha: SPN, 2001.
- [12] EISNER W. A KOL, překlad KRATOCHVÍL B. A KOL. *Chemie pro střední školy 1b*. Praha: SPN, 1996.
- [13] ZBIROŽSKÝ M. *Chemická technologie I pro 3. ročník SPŠ chemických*. Praha: SNTL, 1986.
- [14] ŠRÁMEK V., KOSINA L. *Obecná a anorganická chemie*. Olomouc: FIN, 1996.

ZAHRANIČNÍ LITERATURA

- [15] TOMASINO A., PIERENS P., SLIWA H. *Chimie IreS*. NATHAN, 2001.
- [16] HILL G.C., HOLMAN J.S. *Chemistry in Context*. Third edition.
- [17] HILL G.C., HOLMAN J.S. *Chemistry in Context, Laboratory Manual and Study Guide*. Second Edition.
- [18] VERLAG C. *Chemie für die Sekundarstufe 1*, Berlin. 1991
- [19] LITWIN M., STYKA S., SZYMOŃSKA J. *Chemia ogólna i neiorganiczna*. Warszawa. 2004.

INTERNETOVÉ ZDROJE

- [20] www.google.cz
- [21] www.pavko.cz
- [22] <http://katedry.fmfi.vsb.cz>
- [23] <http://www.tabulka.cz>
- [24] <http://programujte.com/?akce=clanek2005041811-vyroba-polovodicu-a-cipu>
- [25] http://lucy.troja.mff.cuni.cz/~tichy/elektross/soucastky/vice_prechodu/tyristor.html
- [26] <http://www.ajetoglass.com/cs/nabidka-sluzeb/exkurze/>
- [27] cs.wikipedia.org/wiki/Křemík
- [28] web.fel.zcu.cz/fel/kev/SOV/Text/ON_Semiconductor/SiW_Cz.pps
- [29] www.benjamin.ic.cz/Cu_slitiny.pdf
- [30] www.medportal.cz/o-medi/tezba-hutnictvi
- [31] www.chemguide.co.uk/inorganic/extraction/copper.html
- [32] www.brass.org
- [33] www.vscht.cz/uchi/michani/flotace/princip.htm
- [34] www.zlatokop.cz/ckz/clanky
- [35] www.eurochem.cz/polavolt/anorg/systemat/au/remy.htm
- [35] www.eurochem.cz/polavolt/anorg/systemat/ag/remy.htm
- [36] http://cs.wikipedia.org/wiki/Georgius_Agricola

G/ PŘÍLOHY

1. VÝUKOVÉ MODULY

1.1 HLINÍK

1.2 KŘEMÍK

1.3 MĚĎ

1.4 ZLATO A STRÍBRO

2. ANIMACE

2.1 PN PŘECHOD PROPUSTNÝ SMĚR

2.2 PN PŘECHOD ZÁVĚRNÝ SMĚR

3. CZOCHRALSKÉHO PROCES [28]

(Prezentace Microsoft PowerPoint) [28]