

# Inovace studia molekulární a buněčné biologie reg. č. CZ.1.07/2.2.00/07.0354

Investice do rozvoje vzdělávání



INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

# Předmět: LRR/CHPBI/Chemie pro biology 1

Investice do rozvoje vzdělávání



INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

# Přechodné kovy

Mgr. Karel Doležal Dr.

Investice do rozvoje vzdělávání



*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

Cíl přednášky: seznámit posluchače s chemií  
Přechodných kovů

Klíčová slova: železo, kobalt, nikl

Investice do rozvoje vzdělávání



*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

Přechodný prvek – jeho atomy alespoň v jednom ze svých reálných oxidačních stavů vykazují neúplné obsazení orbitalů d nebo f. Všechny přechodné prvky jsou kovové, proto „přechodné kovy“. Obtížně tavitelné, mechanicky pevné. Ox. stavy proměnlivé a pestré, atomy jsou stabilizovány dosažením různých nepravidelných konfigurací. Kladné ox. stavy od I po číslo skupiny. I záporné ox. stavy v komplexních sloučeninách.

8B skupina – 9 prvků – triády železa, lehkých a těžkých platinových kovů

Triáda železa – železo, kobalt, nikl

Obtížně tavitelné kovy. Neschopnost dosáhnout max. ox. stavu vyplývajícího z přítomnosti 8 – 10 valenčních atomů. Sloučeniny kovalentní, barevné, mnohdy paramagnetické (nepár. elektrony). Tvoří velmi stálé komplexní sloučeniny. Velký technický význam.

Investice do rozvoje vzdělávání



*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

Železo –  $4s^2 3d^6$  Běžné ox stavy II ( $d^6$ ), III ( $d^5$ ). Uspořádání většinou tetraedrické ( $D^3S$ ) nebo oktaedrické ( $D^2SP^3$ ) Jednoduché soli železnaté – relativně stálé, ale redukční schopnosti – oxidují se již vzdušným kyslíkem na železité.

Komplex. sloučeniny naopak ( $Fe^{III}$  silnými oxidovadly). Také VI – extrémní oxidační účinky.

Měkký, kujný kov, ferromagnetické. V kyselinách se rozpouští



V přítomnosti kyslíku a ox. kyselin  $Fe^{3+}$ , s alk. hydroxidy nereaguje.

Se vzdušnou vlhkostí → hydratovaný oxid železitý, rez.

Oxid železnatý  $FeO$  černý. Příprava tepelným rozkladem šťavelanu, uhličitanu nebo termickou dehydratací hydroxidu železnatého. Stálý jen při vysoké teplotě, pod teplotu  $575\text{ }^\circ\text{C}$  disproportionuje na  $Fe$  a  $Fe_3O_4$ .

V kyselinách se rozpouští, → soli železnaté, za přítomnosti kyslíku železité.

Investice do rozvoje vzdělávání



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

**Oxid železitý  $\text{Fe}_2\text{O}_3$**  červený. Nerost hematit. V laboratoři se připravuje žíháním hydroxidu železitého. Amfoterní - reaguje s kyselinami za vzniku železitých solí, s hydroxidy za vzniku železitanů obsahující ionty  $[\text{Fe}(\text{OH}_4)]^-$ . Použití: výroba železa, pigment.

**Oxid železnato-železitý  $\text{Fe}_3\text{O}_4$**  vzniká působením páry na rozžhavené železo nebo zahříváním  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ve vakuu na  $1000\text{ }^\circ\text{C}$ , feromagnetický, chová se jako směs oxidů  $\text{FeO}$  a  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Reaguje s kyselinami za vzniku železitých a železnatých solí:

$\text{Fe}_3\text{O}_4 + 8\text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + 2\text{FeCl}_3 + 4\text{H}_2\text{O}$  V přírodě jako minerál magnetit.

Používá se při výrobě železa ve vysoké peci.

Do horní části pece se přidají rudy železa společně s vápencem a koksem. Reakcí koksu se vzdušným kyslíkem, který je do pece přiháněn spodní částí, vznikne oxid uhelnatý, pomocí kterého probíhá redukce rud. Vznikající oxid železnatý sestupuje do nižší části vysoké pece, kde je redukován pomocí koksu na železo.

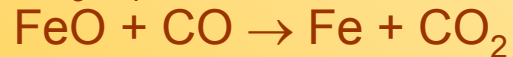
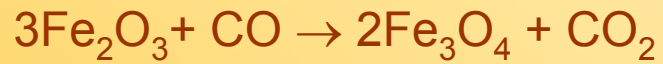
Vznikající oxid uhličitý reaguje s koksem za vzniku oxidu uhelnatého, které dále redukuje rudy železa.

Investice do rozvoje vzdělávání

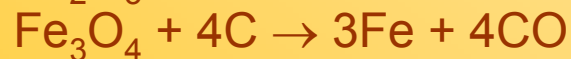


*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

Redukce nepřímá (redukce CO) - probíhá v rozmezích asi 400 - 1000 °C ve vyšší části pece:



Redukce přímá (redukce uhlíkem) - probíhá v nižší části pece v asi 1000-1800 °C



Roztavené železo a struska (stavební materiál) se hromadí na dně pece, odkud se odděleně vypouštějí. Takto uvolněný prostor se horem zaplňuje další zavázkou, celý proces je nepřetržitý. Surové železo obsahuje značné množství uhlíku, křehké.

Snížení oxidací, → ocel, poměrně měkká, snadno se mechanicky zpracovává. Tvrdost se zvyšuje kalením.

Investice do rozvoje vzdělávání



INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*



Další významné sloučeniny železa:

**Hydroxid železnatý (Fe(OH)<sub>2</sub>)** bílý, vzniká reakcí železnatých solí s hydroxidy. Rozpouští se v kyselinách na železnaté soli:



V přítomnosti kyslíku Fe(OH)<sub>2</sub> tmavne a přechází na červenohnědý **Fe(OH)<sub>3</sub> hydroxid železitý** se připravuje srážením roztoků železitých solí roztokem hydroxidu. Amfoterní, rozpouští se v kyselinách na železité soli i hydroxidech na železitany.

**Disulfid železnatý FeS<sub>2</sub>** žlutá krystalická látka s kovovým leskem, nerozpustná ve vodě. V přírodě nerost pyrit, „zlato hlupáků“, důležitá železná ruda. Laboratorně zahříváním práškového železa v nadbytku síry.

**Síran železnatý FeSO<sub>4</sub>** v bezvodém stavu bezbarvá práškovitá látka, hydratovaný FeSO<sub>4</sub> · 7 H<sub>2</sub>O, zelená skalice, zelená krystalická látka, ve vodě dobře rozpustná, na vzduchu se pomalu oxiduje na síran železitý (za vyšší teploty rychleji). Připravuje se rozpouštěním železa ve



Použití: výroba inkoustu, berlínské modři, v barvířství, konzervování dřeva, ničení plevelů, součást léků k zajištění dostatečného příjmu železa do organismu

Investice do rozvoje vzdělávání



*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

Tvorba vyšších ox. stavů není běžná, intenzivní oxidací tavenin  
 $\text{Fe} + 2\text{KNO}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{FeO}_4 + \text{N}_2 + \text{O}_2$  železany (ferráty) - soli kyseliny železové  $\text{H}_2\text{FeO}_4$   
Červená barva, na vzduchu stálé, v kys. prostředí nestabilní, silná oxidační činidla

Železo v ox. stavech II i III ochotně vytváří komplexy, nejběžnější oktaedr. komplexy, koord. číslo 6.  $\text{Fe}^{\text{II}}$  (na rozdíl od  $\text{Fe}^{\text{III}}$ ) sklon k tvorbě komplexů s dusíkatými ligandy, výrazně méně s kyslíkatými ligandy.

**Hexakynoželeznatan draselný** (dle nového názvosloví *hexakyanidoželeznatan draselný*)  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  (žlutá krevní sůl, ferrokyanid draselný) (krevní – příprava tavením živočišných zbytků se železem a potaší).

Krystaluje jako trihydrát, připravuje se reakcí:



Ve vodě dobře rozpustný, netoxický, ale působením zředěných kyselin se rozkládá a uvolňuje HCN. Reakcí se železitou solí vzniká tmavě modrá sraženina - berlínská modř:



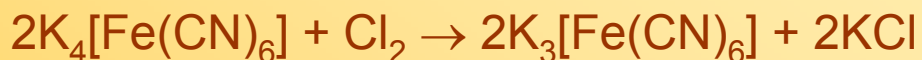
*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

Investice do rozvoje vzdělávání



**$K_3[Fe(CN)_6]$  - hexakynoželezitan draselný** (červená krevní sůl)

příprava oxidací hexakynoželeznatanu draselného např. chlorem :



Nestálý, jedovatý, ox. účinky.

Železité komplexy s pěti kyanidovými ligandy a jedním jiným se nazývají prussidy.

**$[Fe(CN)_5NO]^{2-}$  - nitroprusidový anion** získá se působením 30%  $HNO_3$  na  $[Fe(CN)_6]_4^-$

reaguje s ionty  $S^{2-}$  za vzniku červeného  $[Fe(CN)_5NOS]^{4-}$

(reakce se využívá k důkazu síry)  $Na_2[Fe(CN)_5NO] \cdot H_2O$  - nitroprusid sodný

Rozsáhlá chemie organokovových sloučenin

**Ferrocen** - bis( $\eta^5$ -cyklopentadienyl)železnatý komplex, vazba není lokalizována mezi

určitý atom uhlíku a atom železa, delokalizovaná vazba, podobné vlastnosti jako

arom. Uhlovodíky s delokalizovanými systémy  $\pi$  vazeb.

**Pentakarbonylželezo**  $Fe(CO)_5$  žlutá kapalina štiplavého zápachu. Vzniká zahříváním jemného práškového železa v oxidu uhelnatém pod tlakem.

Použití – org. syntéza

Investice do rozvoje vzdělávání



*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

## Biologický význam

Železo patří mezi tzv. mikrobiogenní prvky - tvoří obvykle méně než 0,005% hmotnosti. V lidském těle se nachází asi 3 - 4 gramy železa:

**65-70 % v hemoglobinu** (červený transportní metaloprotein červených krvinek obratlovců, transport kyslíku z plic nebo žaber do tkání a odstraňování CO<sub>2</sub> z tkání do plic) (Skládá se ze 4 podjednotek, dvou alfa a dvou beta. Každá podjednotka je tvořena bílkovinnou částí, globinem a nebílkovinnou částí – hemem. Hem obsahuje Fe<sup>2+</sup>, tvořen porfyrinovým skeletem složeným ze 4 pyrrolových jader, dusíkové atomy směřují do středu kruhu a komplexně váží atom železa. (Porfirinová struktura v přírodě běžná, zelené rostlinné barvivo chlorofyl s porfyrinovým skeletem má za centrální atom hořčík.)

Červená barva hemu způsobena konjugovaným systémem dvojných vazeb, kvůli kterému se dobře hem excituje a následně emituje červenou část spektra viditelného světla. Ion Fe<sup>2+</sup> v deoxyhemoglobinu (bez kyslíku) ve vysokospinovém stavu, koordinační číslo 5 (čtyři vazby se 4 dusíky pyrrolů hemu a pátá vazba s dusíkem aminokyseliny His F8 globinu). Oxygenací hemoglobinu vzniká oxyhemoglobin, železnatý ion je v nízkospinovém stavu, koordinační číslo 6. Oxygenace hemoglobinu spojena se změnou barvy krve: deoxyhemoglobin tmavě červený, oxyhemoglobin světle červený.

**3-4 % v myoglobinu** (ve svalech plní funkci hemoglobinu, přenáší O<sub>2</sub>, 1x globin, 1x hem)

**asi 1 % v enzymech** (cytochromy, cytochromoxidasa, peroxidasa aj. – obsahují hem)

**0,1 % je tzv. transportní** (plazmatické) železo

**15-30 % zásobní železo**, vázáno na bílkoviny

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

Investice do rozvoje vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

## Železo v rostlinách

Stejně jako ostatní minerály, i železo rostlina přijímá s vodou z půdy.  $\text{Fe}^{3+}$  ionty v půdě jsou obtížně rozpustné, proto rostlina vylučuje do svého okolí organické látky, které s železem reagují a tvoří cheláty (cyklické koordinační slouč., ligandy se dvěma nebo více donorovými atomy, které mohou s centrálním atomem uzavřít cyklická uspořádání).

Tyto cheláty se vážou na membránu, na které se železo enzymaticky redukuje z  $\text{Fe}^{3+}$  na  $\text{Fe}^{2+}$ .  $\text{Fe}^{2+}$  pak vstupuje do buňky.

První prehistorické železné nástroje z meteorického železa. Nízkoteplotní redukce železné rudy – poprvé Chetitě 3 tis. BC. Po rozpadu říše 1200 př. n. l. nastává doba železná.

**Kobalt** –  $4s^2 3d^7$  Charakteristická stabilita sloučenin v nižších ox. stavech II (stálejší v nekomplexních sloučeninách) a III (stálejší v komplexech).

Elementární kobalt – lesklý, stříbřitý kov, feromagnetický, těžkotavitelný, mechanicky

pevný, ušlechtlejší než železo. Na vzduchu stálý, s kyslíkem reaguje až za vysokých

teplot. S neox. kyselinami pasivace. S nekovy také méně reaktivní, za vyšších teplot.

Investice do rozvoje vzdělávání



*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

Bezvodé sloučeniny  $\text{Co}^{\text{II}}$  většinou modré, hydráty a roztoky kobaltových solí jsou růžové. Kobaltité soli jsou nestálé, komplexní sloučeniny  $\text{Co}^{\text{III}}$  stálejší.

**Oxid kobaltnatý  $\text{CoO}$**  zelený. Příprava tepelným rozkladem hydroxidu, uhličitanu kobaltnatého. Nerozpustný ve vodě.

**Oxid kobaltitý  $\text{Co}_2\text{O}_3$**  Nerozpustný ve vodě. Připravuje se oxidací hydroxidu kobaltnatého, ale pouze ve své hydratované podobě. Žíhání na bezvodý oxid kobaltitý lze provést pouze za zvláštních podmínek. Běžně totiž dochází při zahřívání k odštěpení kyslíku a vzniku **oxidu**

**kobaltnato-kobaltitého  $\text{Co}_3\text{O}_4$**

**Hydroxid kobaltnatý  $\text{Co}(\text{OH})_2$**  modrá sraženina, (nerozpustná ve vodě, rozpustná v kyselinách na kobaltnaté soli) Za přístupu vzduchu se oxiduje na  $\text{Co}(\text{OH})_3$

Halogenidy – pouze  $\text{Co}^{\text{II}}$ ,  $\text{Co}^{\text{III}}$  ox. účinky (platí i pro ost. Binární sloučeniny, kromě  $\text{CoF}_3$  připravovaného přímou syntézou z prvků a jeho hydrátu),  $\text{CoF}_2$  (růžový),  $\text{CoCl}_2$  (modrý),  $\text{CoBr}_2$  (zelený),  $\text{CoI}_2$  (modročerný). Známý jako bezvodé i hydratované.

Investice do rozvoje vzdělávání



*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

Bezvodé halogenidy se připravují:

$\text{CoF}_2$  - působení HF na  $\text{CoCl}_2$

$\text{CoCl}_2$ ,  $\text{CoBr}_2$  - působením halogenu na zahřátý kov

$\text{CoI}_2$  - působením HI na zahřátý kov

Všechny halogenidy jsou rozpustné až na fluorid.

$\text{CoCl}_2$  indikátor kvality silikagelu používaného jako sušící prostředek (změna barvy modré na růžovou, ke které dochází při přechodu z bezvodé formy na hydratovanou)

Komplexní sloučeniny – ve vodných roztocích většinou stabilnější  $\text{Co}^{\text{III}}$ , oktaedr. Také existuje řada organokovových sloučenin, v některých jednoduchá C-Co  $\sigma$  vazba, někde ligandy s nespécifikovanými donorovými atomy (aromáty, dieny atd.)

### Průmyslová výroba

Rudy se nejprve praží, kov se tak převede na oxid a oxid se redukuje uhlíkem, vodíkem nebo hliníkem. Užití: výroba barev (barvení skla a porcelánu), žáropevných slitin a permanentních magnetů, katalyzátory.

Pokobaltování – ochrana proti korozi.

$^{60}\text{Co}$   $\beta$  a  $\gamma$  zářič (poločas rozpadu 5271 let), ozařování zhoubných nádorů.

Investice do rozvoje vzdělávání



*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

## Biologický význam a zdravotní rizika

Stopové množství kobaltu důležité pro řadu živých organismů včetně člověka. Kobalt součástí vitamínu B12 (podobný hemoglobinu, 4 pyrolová jádra, důležitý především pro správnou funkci krvetvorby a nervového systému, problémy u veganů). Otrava kobaltem může nastat pouze v případě vystavení organismu velkému množství.

**Nikl** –  $4s^2 3d^8$  Charakteristická stabilita sloučenin v II, ostatní málo stálé. Stříbrobílý, lesklý, kujný, tažný kov. Ušlechtlejší než železo, na vzduchu nekoroduje – poniklování. Ve zředěných kyselinách (s výjimkou  $\text{HNO}_3$ ) se rozpouští jen zvolna, pasivace. S alk. hydroxidy nereaguje.

**Oxid nikelnatý**  $\text{NiO}$  zelený, příprava zahříváním hydroxidu, uhličitanu nebo dusičnanu, zásaditý - v kyselinách se rozpouští na nikelnaté soli. Keramika, kouřová skla, katalyzátory.

**Hydroxid nikelnatý**  $\text{Ni(OH)}_2$  zelený, připravuje se srážením roztoků nikelnaté soli alkalickým hydroxidem.

Také v dalších binárních sloučeninách (halogenidy, sulfidy, karbidy) většinou jako  $\text{Ni}^{II}$ . Vytváří i řadu organokovových sloučenin, v některých jednoduchá  $\sigma$  vazba, někde ligandy s nesespecifikovanými donorovými atomy. Nejrozsáhlejší skupina komplexů  $\text{Ni}^{II}$  – většinou čtverec (koord. č. 4) nebo oktaedr (6), redoxně stálé.

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

Investice do rozvoje vzdělávání





**Zdravotní rizika** – negativní vliv na lidský organismus, riziko vzniku rakoviny, teratogen, alergie, ekzémy.

**Použití** – antikorozi ochrana, odolné slitiny, legování ocelí, výroba mincí. Jemně rozptýlený elementární nikl - Raneyův nikl – velmi účinný hydrogenační katalyzátor. Výroba šperků - **bílé zlato** slitinou zlata, niklu, mědi a zinku. Elektrické články s možností mnohonásobného dobíjení - nikl-hydridové a nikl-kadmiové baterie.

Prvky druhé triády (Ru, Rh, Pd) – „lehké platinové kovy“, prvky druhé triády (Os, Ir, Pt) – „těžké platinové kovy“. Převládá vertikální podobnost. Společným znakem ušlechtilost, proměnlivost ox. stavů, mimořádný sklon ke komplexaci. V přírodě málo rozšířené (volné), rozsáhlé použití v katalytické chemii.

**Ruthenium** ( $5s^1 4d^7$ ), **Osmium** ( $6s^2 5d^6$ ) chemicky velmi blízké, mohou dosáhnou VIII, a zde redoxně velmi stálé. Stabilní i ox. stavy VI ( $d^2$ ) a IX ( $d^4$ ), ale popsány všechny od -II do VIII.

Investice do rozvoje vzdělávání



*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

Ruthenium ušlechtilý, poměrně tvrdý i když křehký kov, středně dobře vodivý. Oxid rutheničitý  $\text{RuO}_2$ , modročerná krystalická látka, vzniká spalováním Ru v kyslíku. Oxid rutheničelý  $\text{RuO}_4$ , příprava intenzivní oxidací ostatních sloučenin Ru. Velmi silné ox. činidlo, rozkládá se explozivně.

Také u Os nejdostupnější  $\text{OsO}_2$  a  $\text{OsO}_4$  (žlutá kapalina, slučováním z prvků).  $\text{OsO}_2$  vzniká redukcí  $\text{OsO}_4$  kovovým osmiem. Podstatně slabší ox. účinky. I v dalších binárních (chloridy, sulfidy) sloučeninách  $\text{Os}^{\text{VIII}}$  stabilní (mnohem více než Ru).

Ruthenium i osmium tvoří též organokovové sloučeniny.

Použití – katalýza, komplexní sloučeniny ruthenia v poslední době intenzivně zkoumány farmaceutickým průmyslem – cytostatika.

Také **Rhodium** ( $5s^1 4d^8$ ) a **Iridium** ( $6s^0 5d^9$ ) chemicky velmi blízké. Vzácné, chemie málo prozkoumaná. Také technický význam nevelký, katalýza.

Nejběžnější  $\text{Rh}^{\text{III}}$  ( $d^6$ ), Ir stabilní III a IV.

Tvoří řadu organokovových sloučenin.

Investice do rozvoje vzdělávání



*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

**Palladium** ( $5s^0 4d^{10}$ ) a **Platina** ( $6s^1 5d^9$ ) – stabilní elektronové konfigurace, velká „ušlechtilost“, nereaktivní.

Palladium nejčastěji II ( $d^8$ ), v koord. sloučeninách IV ( $d^6$ ).  $Pt^{IV}$  stálé i u jednoduchých sloučenin.

Oxid palladnatý PdO vzniká zahříváním kovového Pd v proudu kyslíku, nerozpustný v kyselinách. Hydratovaný amfoterní.

Platina tvoří  $PtO$ ,  $Pt_2O_3$ ,  $PtO_2$  – nejstálejší.

Halogenidy  $Pd^{II}$ , platina II i IV.

Působením alkalických hydroxidů na vodné roztoky  $Pt^{II}$  se sráží černá látka  $Pt(OH)_2$ ,

Nestálá (oxiduje se již vzdušným kyslíkem).

$PdS$  - hnědý - vzniká působením  $H_2S$  na vodné roztoky  $Pd^{II}$  solí

$PdS_2$  - šedý - příprava zahřívání  $PdS$  s nadbytkem S

$PtS_2$  (černý) - působením  $H_2S$  na vodné roztoky  $Pt^{IV}$

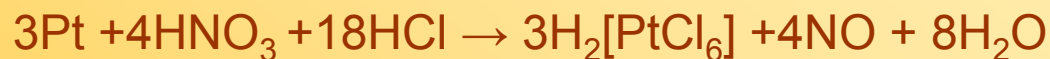
$PtS$  (zelený) - připraví se zahříváním směsi  $PtCl_2$ ,  $Na_2CO_3$  a S

Investice do rozvoje vzdělávání



*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

Výrazná schopnost tvořit koord. sloučeniny. Ox. stav II tetragonální uspořádání. Ox. stav IV, koord. číslo většinou VI, komplexní anionty, oktaedr. Příklad – kys. hexachloroplatičitá (rozpuštění platiny v lučavce královské)



Vytváří i řadu organokovových sloučenin, většinou s ligandy s nesespecifikovanými donorovými atomy (dieny, alky, CO atd).

Fyzikální vlastnosti Pd - stříbrobílý kov s vysokým leskem, kujný a tažný. Nejnižší teplota tání ze všech platinových kovů, nejmenší hustota. Využití – velmi účinný katalyzátor, zejména hydrogenace, omezeně šperkařství.

Fyzikální vlastnosti Pt - šedobílý lesklý kov, kujný a tažný, velká hustota a vysoká teplota tání. Využití – odolné chemické nádobí, katalýza, šperky.

cis[Pt(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>] (tzv. cisplatina) - látka s protinádorovou aktivitou, doposud jeden z neúčinnějších prostředků k léčbě rakoviny. Váže se na DNA, trans-izomer neúčinný.

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

Skupina 1B – měď, stříbro, zlato. 19 valenčních elektronů  $(n-1)s^2 (n-1)p^6 (n-1)d^{10} ns^1$  Mohou se stabilizovat odtržením 1 elektronu  $\rightarrow ns^0$ , ale u mědi a zlata toto překvapivě není nejstabilnější konfigurace, dávají přednost nepravidelným uspořádáním  $Cu^{II} (d^9)$   $Au^{III} (d^8)$ . Ušlechtilé, malá snaha vytvářet sloučeniny (nejreaktivnější měď). Mechanicky pevné, vysoký bod tání, kujné, vysoká vodivost. Technicky významné.

**Měď** - kovový prvek červenohnědé barvy

Sloučeniny  $Cu^I$  se velmi snadno oxidují na  $Cu^{II}$ , např. vzdušným kyslíkem. Rozpouštění mědi v neoxidujících kyselinách neprobíhá, pouze v horkých koncentrovaných roztocích minerálních kyselin (nevytěsňuje vodík)



V alkalických hydroxidech je měď nerozpustná, ale dobře se rozpouští v koncentrovaných roztocích alkalických kyanidů (za vývoje vodíku)



Na vzduchu je měď nestálá, působením atmosférické vlhkosti a oxidu uhličitého se pasivuje, pokrývá se tenkou vrstvičkou zeleného zásaditého uhličitanu měďnatého  $(CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2)$ , (měděnkou), ochrana proti další korozi (podle podmínek vzdušné vlhkosti trvá několik měsíců až let)

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

Investice do rozvoje vzdělávání



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

Tvoří dva oxidy:  $\text{Cu}_2\text{O}$  červený až černohnědý, redukce měďnatých solí, nerozpustný v  $\text{H}_2\text{O}$ . Použití ve sklářství, důkaz cukrů (reakce s měďnatými solemi). Snadno se oxiduje na oxid měďnatý  $\text{CuO}$ , tmavohnědý, ve vodě nerozpustný, vzniká tepelným rozkladem hydroxidu, dusičnanu nebo uhličitanu měďnatého

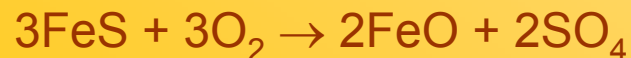
V kyselinách se rozpouští za vzniku měďnatých solí. Při zahřátí přechází na  $\text{Cu}_2\text{O}$ . Hydroxid měďný není znám,  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2$  - světle modrá sraženina. Rozpouští se v kyselinách, amfoterní, i v roztocích alkalických hydroxidů - modré roztoky

Halogenidy I i II ( $\text{CuF}$  není znám,  $\text{CuI}_2$  velmi nestabilní). Halogenidy měďné bezbarvé, nerozpustné ve vodě, vznikají redukcí halogenidů měďnatých, ty přímou syntézou za tepla.

Modrá skalice ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) nejdůležitější měďnatá sůl, fungicid.

Ochotně tvoří komplexní částice.  $\text{Cu}^I$  koord. číslo 2, 3, 4 – koordinovány lineárně, trigonálně nebo tetraedricky.  $\text{Cu}^{II}$  tetraedr, oktaedr...

Průmyslová výroba - hlavní produkce ze sulfidických rud



čištění elektrolyticky. Užití: výroba elektrických vodičů, výroba slitin např. bronz (Cu, Sn) mosaz (Cu, Zn) Biogenní prvek, vyskytuje se v řadě enzymatických cyklů

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

Investice do rozvoje vzdělávání



**Stříbro** - bílý kov, lesklý, kujný, tažný, nejlepší vodič tepla a elektřiny, ve vodě nepatrně rozpustný. Ušlechtlejší než měď, stálé vůči kyslíku, účinkem stop  $\text{H}_2\text{S}$  ve vzduchu Pomalu černá vrstvičkou sulfidu Nerozpouští se v neoxidujících kyselinách, odolává i roztokům alk. hydroxidů. Koncentrované roztoky oxidujících kyselin → stříbrné soli



$\text{Ag } 5s^1 4d^{10}$ ,  $\text{Ag}^I$  vysoce stabilní.

oxid stříbrný ( $\text{Ag}_2\text{O}$ ) vzniká srážením stříbrných iontů alkalickými hydroxidy



Při vyšší teplotě nestálý, rozkládá se na prvky. Silně bazický – s kyselinami poskytuje soli stříbrné, s hydroxidy nereaguje.

Většina solí nerozpustných, rozpustný dusičnan, chloristan.

$\text{Ag}^I$  komplexotvorný, koord. číslo 2, 3, 4

Využití – elektronika, šperkařství, fotografický průmysl.

Působí baktericidně a desinfekčně (nanoponožky), ve vyšších koncentracích toxické.

## Zlato

Fyzikální vlastnosti: světle žlutý lesklý kov, měkký, dokonale tažný, dobrý vodič tepla a elektřiny

$6s^1 5d^{10}$  – ox. stavy I a III )silné ox. účinky ale stálejší)

Investice do rozvoje vzdělávání

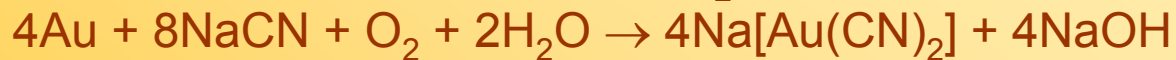


INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

Rozpouští se v kyselinách, je-li přítomna oxidující směs, např. HCl nasycené chlorem  $2\text{Au} + 3\text{Cl}_2 + 2\text{Cl}^- \rightarrow 2[\text{AuCl}_4]^-$

Rozpouští se v lučavce královské (koncentrovaná HCl a HNO<sub>3</sub> v poměru 1:3), vůči kyslíku stálá. V alkalickém prostředí se zlato snadno rozpouští v přítomnosti kyanidových iontů (za přítomnosti kyslíku), přičemž vzniká komplexní kyanozlatnan  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$



Využívá se při těžbě – extrakce kovu z rozemletých rud, z roztoku se zlato vysráží zinkem. Druhý způsob - amalgamace Hg (amalgám přitom zůstává kapalný i při vysokém procentu zlata. Zahřátím amalgámu na teplotu nad 300 °C se rtuť odpaří a zůstane ryzí zlato.) Zlato se může elektrolyticky přečistit na kov čistoty 99,5%.

Oxid zlatný Au<sub>2</sub>O fialový, elektrolyza alk. Roztoku AuCl. Rozpustný v kyselinách → soli zlatné. Při vyšších teplotách nestálý, disproportionuje  $3\text{Au}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Au} + \text{Au}_2\text{O}_3$

Oxid zlatitý Au<sub>2</sub>O<sub>3</sub> hnědý, dehydratace žlutohnědého Au(OH)<sub>3</sub>, termicky nestálý, rozkládá se na kov a kyslík.

Zlato tvoří dvě řady halogenidů AuX a AuX<sub>3</sub>, všechny termicky nestálé, rozkládají se na kov a halogen.

Použití zlata – šperkařství, ochrana před korozi, elektrotechnický průmysl, zubní lékařství, v historii platidlo

Investice do rozvoje vzdělávání



*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*



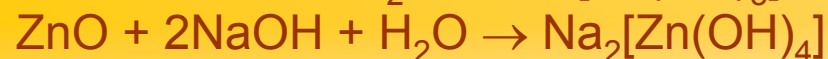
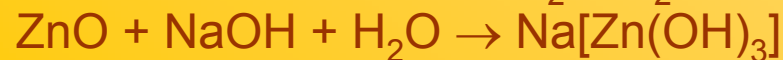
Skupina 2B – zinek, kadmium, rtuť. Vnější část elektronového obalu:  $(n-1)s^2 (n-1)p^6 (n-1)d^{10} ns^2$  Stabilní elektronová konfigurace „elektronová dvacítká“ Mohou se dále stabilizovat odtržením 2 elektronů  $\rightarrow ns^0$ , (v přísném smyslu definice nejsou přechodné kovy). Nejušlechtlejší rtuť – rozpouští se pouze v oxidujících kyselinách. Všechny tři se dají destilovat. Úplné zaplnění d orbitalů i ve sloučeninách = sloučeniny bezbarvé, Diamagnetické. Tvorba komplexních částic častá, ale pouze  $\sigma$  vazby.

**Zinek** ( $4s^2 3d^{10}$ ), stálý ve sloučeninách pouze II ( $d^{10}$ ). Neušlechtilý kov, v neoxidujících kyselinách se rozpouští za vývoje  $H_2$ . S koncentrovanými oxidujícími kyselinami reakce složitější, závisí na teplotě a koncentraci, bez vzniku vodíku. Dobře se rozpouští i ve vodných roztocích alkalických hydroxidů:



Na vlhkém vzduchu se pokrývá vrstvou oxidu, hydroxidu nebo uhličitanu, pasivace. Celkově ale reaktivní, při vyšších teplotách reguje s většinou nekovů kromě dusíku, vodíku a uhlíku. Též vytváří velké množství slitin, zejména s mědí – mosaz, bronzy.

Oxid zinečnatý ( $ZnO$ ) Vzniká spalováním Zn na vzduchu:  $2Zn + O_2 \rightarrow 2ZnO$ , rozkladem hydroxidu nebo uhličitanu:  $ZnCO_3 \rightarrow ZnO + CO_2$  Bílý, nerozpustný v  $H_2O$ , rozpustný v kyselinách i zásadách - typicky amfoterní oxid:  $ZnO + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2O$



*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

Investice do rozvoje vzdělávání



Využití: pigment ve výrobě barev, netoxický (zinková běloba), výroba speciálních skel a glazur - zlepšuje chemickou odolnost.

Většina zinečnatých solí rozpustná ve vodě, nerozpustný sulfid, uhličitan, křemičitan, fluorid. Výrazná tendence k tvorbě koord. Sloučenin, koord. číslo 4 (tetraedr) nebo 6 (oktaedr). Organokovové sloučeniny  $R_2Zn$  nebo  $RZnY$  značný technický význam – součást katalyzátorů při výrobě polymerů.

**Kadmium** ( $5s^2 4d^{10}$ ), stálé ve sloučeninách pouze II ( $d^{10}$ ). Také neušlechtilý kov, na vlhkém vzduchu povrhová oxidace – pasivace.

Investice do rozvoje vzdělávání



*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*