



## **Hydrometalurgické procesy** **Návody na cvičenia**



**Košice 2012**

**Technická univerzita v Košiciach**

**Hutnícka fakulta**

**Katedra neželezných kovov a spracovania odpadov**

**Dušan Oráč, Tomáš Havlík**

**Hydrometalurgické procesy  
Návody na cvičenia**

**Košice 2012**

© 2012, Ing. Dušan Oráč, PhD., prof. Ing. Tomáš Havlík, DrSc.

**Druh publikácie** : Skriptá  
**Autori** : Ing. Dušan Oráč, PhD.  
prof. Ing. Tomáš Havlík, DrSc.  
**Recenzenti** : Doc. Ing. Tarzícus Kuffa, CSc.  
Doc. Dr. – Ing. Milan Škrobian, CSc.  
**Dátum vyhotovenia** : Február 2012  
**Počet výtlačkov** : 70  
**Počet strán** : 160  
**Vydalo** : EQUILIBRIA, s.r.o. Košice  
**Vydanie** : prvé  
**ISBN 978-80-8173-008-4**

## OBSAH

ÚVOD .....	1
<b>PRÍKLADY A VÝPOČTY .....</b>	<b>2</b>
1. Stechiometrické výpočty .....	3
2. Výpočet rovnovážnej konštanty .....	11
3. Výpočet pH.....	24
4. Výpočet a konštrukcia E – pH diagramov .....	33
<b>LABORATÓRNE CVIČENIA.....</b>	<b>52</b>
<b>LABORATÓRNE CVIČENIE č. 1: Stanovenie pH roztokov .....</b>	<b>53</b>
<b>LABORATÓRNE CVIČENIE č. 2: Meranie efektívneho difúzneho koeficientu .....</b>	<b>57</b>
<b>LABORATÓRNE CVIČENIE č. 3: Stanovenie hodnôt aktivačnej energie lúhovania práškovej medi .....</b>	<b>65</b>
<b>LABORATÓRNE CVIČENIE č. 4: Neoxidačné/oxidačné lúhovania Cu koncentrátu.....</b>	<b>73</b>
<b>LABORATÓRNE CVIČENIE č. 5: Lúhovanie úletu z elektrickej oblúkovej pece.....</b>	<b>77</b>
<b>LABORATÓRNE CVIČENIE č. 6: Získavanie kovov cementáciou .....</b>	<b>81</b>
<b>LABORATÓRNE CVIČENIE č. 7: Hydrolytické zrážanie zlúčenín kovov z roztokov .....</b>	<b>86</b>
<b>LABORATÓRNE CVIČENIE č. 8: Kvapalinová extrakcia medi trialkyl benzylchloridom amónnym.....</b>	<b>91</b>
<b>LABORATÓRNE CVIČENIE č. 9: Elektrolytické vylučovanie zinku zo síranových roztokov.....</b>	<b>96</b>

<b>PRÍLOHY .....</b>	<b>100</b>
<b>PRÍLOHA 1:</b> Závislosti zmien štandardných Gibbsových voľných energií reakcií od teploty .....	101
<b>PRÍLOHA 2:</b> Hodnoty $\Delta G^\circ T$ , $\Delta H^\circ T$ , $\Delta S^\circ T$ a $C_p$ jednotlivých špecií pri teplote 298 K .....	116
<b>PRÍLOHA 3:</b> Hodnoty HCl pri rozličnej hustote (20°/4°).....	126
<b>PRÍLOHA 4:</b> Hodnoty HNO <sub>3</sub> pri rozličnej hustote (20°/4°) .....	127
<b>PRÍLOHA 5:</b> Hodnoty H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> pri rozličnej hustote (20°/4°).....	129
<b>PRÍLOHA 6:</b> Bezpečnosť práce v laboratóriu .....	133
<b>PRÍLOHA 7:</b> Vzorový protokol z laboratórneho cvičenia .....	134
<b>PRÍLOHA 8:</b> Rozdelenie neželezných kovov .....	140
<b>PRÍLOHA 9:</b> Základné, doplnkové a odvodené jednotky sústavy SI .....	144
<b>PRÍLOHA 10:</b> Násobky a diely jednotiek .....	151
<b>PRÍLOHA 11:</b> Štandardné elektródové potenciály niektorých kovov, prvkov a zlúčenín.....	152
<b>PRÍLOHA 12:</b> Grécka abeceda.....	153
<b>PRÍLOHA 13:</b> Periodická tabuľka prvkov .....	154

## ÚVOD

Skriptá *Hydrometalurgické procesy – Návody na cvičenia* sú určené pre študentov prvého ročníka inžinierskeho štúdia v študijnom programe *Spracovanie a recyklácia odpadov*.

Tento učebný text vznikol pre potrebu predmetu Hydrometalurgické procesy, pretože doposiaľ existovala len monografia, ktorá slúžila študentom na prednáškach a absentovali návody na cvičenia.

Skriptá sú rozdelené do troch častí. V prvej časti sú uvedené príklady a zároveň výpočty jednotlivých príkladov z termodynamiky, pričom na začiatku je uvedená kapitola, ktorá sa zaoberá stechiometrickými výpočtami. Z oblastí termodynamiky sa pozornosť venuje výpočtu rovnovážnej konštanty, výpočtu pH a výpočtu a konštrukcii E – pH diagramov. Poradie kapitol je tvorené tak, aby študentov previedlo problematikou postupným pridávaním informácií systémom „od jednoduchého k zložitému“. Každá kapitola navyše obsahuje teoretickú podstatu danej témy a tým napomáha študentovi k pochopeniu riešenia príkladov.

Druhá časť obsahuje návody na laboratórne cvičenia. Obsahom sú laboratórne cvičenia zamerané na základné kroky v hydrometalurgických procesoch a to lúhovanie primárnych a druhotných surovín (odpadov), meranie pH a získavanie kovov (zlúčením) z roztokov. Návod každej úlohy je spracovaný veľmi dôkladne. Teoretická časť podobne rozoberá podstatu skúmaného javu, na ktorý má študent zamerať svoju pozornosť. Ďalej obsahuje zoznam potrebných pomôcok a zariadení, ktorý má slúžiť nielen poslucháčom ale aj personálu, ktorý pripravuje a zabezpečuje chod experimentálnych cvičení. V postupe práce sú uvedené podrobné pokyny, ktorými sa má študent riadiť pri realizovaní experimentov. Na záver každého laboratórneho cvičenia je uvedený zoznam úloh na ktoré má študent odpovedať vo svojom protokole z cvičenia.

Tretia časť (Príloha) obsahuje tabuľky termodynamických veličín, ktoré sú potrebné pri realizovaní výpočtových cvičení. Ďalej obsahuje vzorový protokol z laboratórneho cvičenia, aby študent vedel ako má vyzeráť protokol z cvičenia a čo všetko sa od neho vyžaduje. V prílohe sú uvedené aj jednotky sústavy SI, používané predpony jednotiek, rozdelenie neželezných kovov, periodická tabuľka prvkov a ďalšie časti prílohy. Samostatnú časť prílohy tvoria zásady bezpečnej práce v laboratóriu.

Autori touto cestou ďakujú všetkým, ktorí nejakým spôsobom prispeli ku tvorbe týchto návodov na cvičenia.



Hutnícka fakulta Technickej univerzity v Košiciach

[www.tuke.sk/hf](http://www.tuke.sk/hf)



HF TU v Košiciach



**CENSO**

Katedra neželezných kovov a spracovania odpadov

[www.tuke.sk/hf-knkaso](http://www.tuke.sk/hf-knkaso)

Centrum spracovania odpadov

[www.censo.sk](http://www.censo.sk)

---

## Fond R. Kammela, n.f.



Fond R. Kammela, n.f. bol založený na pôde Hutníckej fakulty TU v Košiciach v januári 2003 transformáciou z Nadácie R. Kammela ktorá bola založená v roku 1996 v spolupráci s viacerými subjektmi Spolkovej republiky Nemecko. Je zriadený na všeobecne prospešné ciele, najmä za účelom rozvoja vzdelávacieho procesu a vedecko -výskumnej činnosti Hutníckej fakulty TU v Košiciach.

Fond poskytuje finančnú alebo materiálnu podporu poslucháčom graduálneho a postgraduálneho štúdia prostredníctvom priamych mesačných alebo jednorázových príspevkov na podporu štúdia a vedeckej činnosti, ďalej jednorázových príspevkov na študentské akcie, oceňovanie výsledkov študentskej vedeckej činnosti, koncových prémie pri ukončení štúdia, ocenenie obzvlášť významných výsledkov a pod.

Ďalšou formou činnosti fondu je podpora činnosti poslucháčov graduálneho a postgraduálneho štúdia HF TU Košice, prostredníctvom príspevkov na pedagogický proces. Všetci záujemci sa môžu uchádzať o získanie príspevku Fondu R. Kammela, n.f. priebežne cestou konkurzného pokračovania. Bližšie informácie získate na kontaktnej adrese.

Všetky formy príspevkov do nadácie, či už finančné, alebo materiálne sú predmetom individuálnej zmluvy so špecifikovanými podmienkami. Bližšie informácie o formách podpory nadácie získate tak isto na kontaktnej adrese. Ďalšou možnosťou ako prispieť do fondu je tradičnou každoročnou formou poukázavania prostriedkov prostredníctvom 2 % z dane.

### **Fond R. Kammela, n.f.**

Technická univerzita v Košiciach,  
Letná 9/A  
042 00 Košice  
Slovensko

**E – mail:** [tomas.havlik@tuke.sk](mailto:tomas.havlik@tuke.sk)

**Tel./fax:** (+421 55) 602 24 28

[http://web.tuke.sk/hf-knkaso/index.php?hm=katedra&sm=fond\\_kamel&lang=svk](http://web.tuke.sk/hf-knkaso/index.php?hm=katedra&sm=fond_kamel&lang=svk)

---