

DEBRECENI EGYETEM  
TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR

**Dr. Emri József–Dr. Győri Béla–Dr. Lázár István**

# **Szervetlen kémia laboratóriumi gyakorlatok**

egyetemi jegyzet

*2., bővített, átdolgozott kiadás*



Debrecen, 2009.

## Tartalomjegyzék

<b>1</b>	<b>A hidrogén.....</b>	<b>11</b>
1.1	Hidrogén fejlesztése savak és lúgok vizes oldatában.....	11
1.2	Hidrogén fejlesztése Kipp-készülékben, tisztítása és meggyújtása.....	12
1.3	Durranoágaz-elegy előállítása, kísérletek durranózázzal.....	15
1.4	A hidrogén túlfeszültsége és annak szerepe a katódos redukciónál.....	15
1.5	A hidrogén aktiválása, atomos hidrogén előállítása.....	18
<b>2</b>	<b>A halogének.....</b>	<b>20</b>
2.1	Klór képződése oxidálószeres és sósav reakciója során.....	20
2.2	A klór laboratóriumi előállítása.....	20
2.3	Klór előállítása nátrium-hipoklorit (hypo) és sósav reakciójával.....	22
2.4	Bróm előállítása kálium-bromidból.....	23
2.5	A halogének színe és jellemerőssége.....	24
2.6	A klór reakciója fémekkel.....	25
2.7	Jód előállítása oxidációval és redukcióval.....	27
2.8	Kísérletek jóddal.....	28
2.8.1	<i>Jód oldódása vízben és NaI-oldatban.....</i>	<i>28</i>
2.8.2	<i>Jód reakciója alumíniummal.....</i>	<i>28</i>
2.9	Hidrogén-fluorid előállítása, üvegmaratás.....	28
2.10	A hidrogén égése klórban.....	29
2.11	Etilalkoholos sósavoldat készítése.....	30
2.12	Hidrogén-klorid oldódása vízben (sósav-szökőkút).....	31
2.13	Alkáli-fém-bromid és -jodid reakciója tömény kénsavval.....	32
2.14	Fluoridion kimutatása.....	32
2.15	Ezüst-halogenidek képződése és oldódása.....	33
2.16	Bromid- és jodidion egymás melletti kimutatása klóros vízzel.....	34
2.17	Kloridionok kimutatása bromid- és jodidionok mellett (Berg-reakció).....	35
2.18	Oxidáló anyagok hatása jodidionokra.....	36
2.19	[4-metil-piridin-jód-monoklorid] előállítása.....	37
2.20	[Bisz(piridin)-bróm(I)]-perklorát előállítása.....	38
2.21	[4-metil-piridin-jód-triklorid] előállítása.....	39
2.22	Hipohalogenitok vizsgálata.....	39
2.23	Halogenátionok vizsgálata és megkülönböztetése.....	41
2.24	Kálium-klorát reakciója vörös foszforral és porcukorral.....	42

2.25	Kálium-klorát előállítása .....	43
2.26	Jódsav termikus bontása .....	45
2.27	Nátrium-jodát előállítása .....	45
2.28	Trinátrium-dihidrogén-ortoperjodát ( $\text{Na}_3\text{H}_2\text{IO}_6$ ) előállítása .....	46
<b>3</b>	<b>Az oxigéncsoport.....</b>	<b>47</b>
3.1	Oxigén előállítása kálium-klorát hőbontásával .....	47
3.2	Oxigén előállítása hidrogén-peroxidból kálium-dikromáttal .....	47
3.3	Elemek égetése oxigénben .....	48
3.4	Szingulett oxigén képződése és kemolumineszcenciás átalakulása.....	49
3.5	Peroxid képződése és kimutatása a hidridek égetésénél .....	50
3.6	Ózon elektrolitikus előállítása, kimutatása és oxidáló képessége.....	50
3.7	A hidrogén-peroxid oxidáló és redukáló tulajdonsága.....	51
3.8	A hidrogén-peroxid kimutatása .....	52
3.9	A hidrogén-peroxid katalitikus bontása .....	53
3.10	A cseppfolyós kén viszkozitásának változása; amorf kén előállítása .....	53
3.11	Monoklin kén előállítása toluolban.....	54
3.12	Kén oldódása $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ -ban; ammónium-poliszulfid-oldat elbontása .....	55
3.13	Kén és szelén oldódása óleumban, $\text{E}_8^{2+}$ -kationok képződése.....	55
3.14	Kén-hidrogén és kén-hidrogénes víz előállítása, a $\text{H}_2\text{S}$ kimutatása.....	56
3.15	Kén-hidrogén–hidrokinon-klatrát előállítása és vizsgálata.....	57
3.16	Ammónium-szulfid-oldat készítése .....	57
3.17	Az oldat pH-jának hatása a szulfidok leválására .....	58
3.18	Ammónium-tiomolibdenát(VI) előállítása .....	59
3.19	Kén-dioxid laboratóriumi előállítása és vizsgálata.....	59
3.20	Kén-hidrogén reakciója kén-dioxiddal.....	61
3.21	Kén-dioxid előállítása és katalitikus oxidációja kén-trioxiddá.....	62
3.22	Kálium-diszulfit előállítása .....	64
3.23	A kénsav kémiai tulajdonságai .....	65
3.24	Vízben oldhatatlan szulfátok .....	66
3.25	Peroxo-monokénsav (Caro-sav) képződése és vizsgálata .....	67
3.26	Réz(II)-szulfát–víz(1/5) előállítása .....	67
3.27	Szulfit- és szulfátionok megkülönböztetése .....	69
3.28	Peroxo-diszulfátionok reakciói.....	70
3.29	Tioszulfátionok reakciói.....	71
<b>4</b>	<b>A nitrogéncsoport .....</b>	<b>73</b>

4.1	Nitrogén képződése szinproporcionálódással.....	73
4.2	Kísérletek cseppfolyós nitrogénnel.....	73
4.3	Fehér- és vörösfoszfor módosulatok átalakulása.....	75
4.4	A fehér- és a vörösfoszfor gyulladási hőmérsékletének összehasonlítása.....	76
4.5	A fehérfoszfor öngyulladás.....	76
4.6	Sárgaarzén képződése.....	77
4.7	Wood-fém készítése és vizsgálata.....	77
4.8	A fehérfoszfor oxidációja oxigénnel, vízgőz jelenlétében.....	78
4.9	Fehérfoszfor oxidációja Cu(II)-ionokkal.....	78
4.10	Ammónia cseppfolyósítása, anyagok oldódása cseppfolyós ammóniában.....	79
4.11	Az ammónia oxidálása halogénekkal.....	81
4.12	Az ammónia oxidálása oxigénnel.....	82
4.13	Az ammóniumion és az ammónia kimutatása.....	83
4.14	Tetrabutil-ammóniumion, mint fázistranszfer katalizátor vizsgálata.....	85
4.15	Redukció hidrazinnal és hidrazínium(2+)-sókkal.....	85
4.16	Foszfin előállítása.....	87
4.17	Arzén kimutatása Marsh-próbával.....	88
4.18	A hidrogén-azid és az ezüst-azid ( $\text{AgN}_3$ ) előállítása, felrobbantása.....	90
4.19	Ammónia-nitrogén-trijodid $[(\text{NH}_3 \cdot \text{NI}_3)_n]$ előállítása és felrobbantása.....	91
4.20	Arzén(III)-halogenidek képződése és kovalens jellegének vizsgálata.....	92
4.21	Az arzén(III)-klorid redukciója ón(II)-kloriddal (Bettendorf-próba).....	93
4.22	Az antimon(III)-klorid redukciója fémekkel.....	94
4.23	Bizmut(III)-jodidok képződése.....	94
4.24	Nitrogén-monoxid előállítása és tulajdonságai.....	95
4.25	Nitrogén-dioxid előállítása és tulajdonságai.....	97
4.26	Salétromossav előállítása és tulajdonságai.....	99
4.27	Kísérletek salétromsavval.....	100
4.28	A nitrátok hőbomlása.....	102
4.29	Nitrition kimutatása.....	103
4.30	Nitrácion kimutatása.....	103
4.31	Nitrit- és nitrácionok kimutatása Griess-Ilosvay reagenssel.....	104
4.32	Nitrozil-klorid (NOCl) képződése, előállítása és hidrolízise.....	105
4.33	Foszforosav képződése és vizsgálata.....	108
4.34	Foszfor(V)-oxid reakciója vízzel és tömény kénsavval.....	109
4.35	Foszforsav tulajdonságai.....	109

4.36	Ortofoszfátionok kimutatása.....	110
4.37	Ortofoszfátionok eltávolítása vizes oldatokból .....	111
4.38	Nátrium-trifoszfát ( $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ) képződése és vízlágyító hatása.....	112
4.39	Tetranátrium-difoszfát-víz(1/10) előállítása .....	113
4.40	Az arzén(III)- és arzén(V)-oxid kémiai tulajdonságai .....	114
4.41	Az arzenit- és arzenátionok megkülönböztetése.....	115
4.42	Az arzén(III), antimon(III) és bizmut(III) szulfidjai .....	115
<b>5</b>	<b>A szénsoport .....</b>	<b>117</b>
5.1	Szilícium előállítása .....	117
5.2	Szilícium oldódása nátrium-hidroxidban .....	117
5.3	Az ón kölcsönhatása savakkal és lúgokkal.....	118
5.4	Az ólom kölcsönhatása savakkal .....	119
5.5	Ón és ólom kiválasztása cementálással .....	120
5.6	Szilán előállítása magnézium-szilicidből .....	121
5.7	Ón(IV)-hidrid képződése.....	122
5.8	A $\text{CCl}_4$ és a $\text{SiCl}_4$ , valamint a $\text{SiCl}_4$ és $\text{SiH}_4$ hidrolitikus stabilitásának összehasonlítása .....	123
5.9	Szilícium-tetrafluorid képződése és hidrolízise.....	124
5.10	Az ón(II)-klorid és -jodid tulajdonságai.....	125
5.11	Ón-tetrajodid előállítása .....	126
5.12	Ólom(II)-halogenidek.....	127
5.13	Szén-monoxid előállítása és tulajdonságai.....	127
5.14	Szén-dioxid és szénsav előállítása és tulajdonságai.....	130
5.15	Hidrogén-karbonátok és karbonátok.....	131
5.16	A vízkeménység vizsgálata .....	133
5.17	Kvarcüveg és boroszilikát üveg hótágulásának összehasonlítása .....	134
5.18	Szilikátionok ( $[\text{SiO}_2(\text{OH})_2]^{2-}$ ) kimutatása .....	135
5.19	Szilikátásványok feltárása .....	135
5.20	Szilikagél és molekulaszűrő vízmegkötő képességének vizsgálata.....	137
5.21	Szilícium-tetraacetát előállítása .....	137
5.22	Az ón oxigénvegyületei.....	138
5.23	Az ólom oxigénvegyületei.....	139
5.24	Ólom(IV)-oxid előállítása .....	141
5.25	Az ón és az ólom szulfidjai .....	142
5.26	A cianidionok reakciói .....	142

5.27	Tiociánsav vizes oldatának előállítása kationcserével .....	144
<b>6</b>	<b>A bórcsoport .....</b>	<b>145</b>
6.1	Elemi bór előállítása .....	145
6.2	Az alumínium viselkedése levegőn és vízben .....	145
6.3	Az alumínium viselkedése savakkal és lúgokkal .....	146
6.4	Az alumínium elektrolitikus oxidációja (eloxálása) és színezése .....	147
6.5	Termit reakció .....	148
6.6	A diborán (B <sub>2</sub> H <sub>6</sub> ) vizsgálata .....	149
6.7	A nátrium-[tetrahydro-borát] tulajdonságai .....	152
6.8	Kísérletek lítium-[tetrahydro-aluminát]-tal .....	155
6.9	Bór-trifluorid képződése és vizsgálata .....	156
6.10	Nátrium-[hexafluoro-aluminát] képződése .....	157
6.11	Alumínium(III)-klorid előállítása és vizsgálata .....	158
6.12	Kísérletek tallium-halogenidekkel .....	160
6.13	Sósav felszabadítása bórsavval .....	160
6.14	Bórsav reakciója mannittal .....	161
6.15	Bórsavas metilészter (trimetoxi-borán) képződése és vizsgálata .....	162
6.16	Nátrium-peroxo-borát előállítása és vizsgálata .....	163
6.17	Alumínium-hidroxid képződése, amfoter jellege és alkalmazásai .....	164
6.18	A $\gamma$ -alumínium-oxid adszorbeáló képessége .....	166
<b>7</b>	<b>Alkálifémek .....</b>	<b>167</b>
7.1	Az alkálifémek lángfestése és lángspektruma .....	167
7.2	Alkálifémek reakciója vízzel .....	167
7.3	Az alkálifémek égése .....	168
7.4	Lítium- és nátrium-homok készítése .....	169
7.5	Nátrium- és ammónium-amalgám előállítása és tulajdonságai .....	171
7.6	Kísérletek nátrium-ólom ötvözzel .....	172
7.7	Cseppfolyós ammóniában oldott nátrium vizsgálata .....	173
7.8	Kísérletek nátrium-hidriddel .....	175
7.9	Alkálifém-halogenidek oldhatósága .....	177
7.10	Nátrium-klorid-oldat elektrolízise Hg-katóddal .....	179
7.11	Nátrium-hidroxid előállítása szóda kausztifikálásával .....	180
7.12	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> előállítása Solvay szerint .....	180
7.13	Kálium-hidrogén-karbonát előállítása .....	181
7.14	Kálium-nitrát előállítása salétromkonverzióval .....	182

7.15	Vízben rosszul oldódó alkálifémsók vizsgálata.....	183
7.15.1	Rosszul oldódó lítium-sók.....	183
7.15.2	Rosszul oldódó nátrium-sók.....	184
7.15.3	Rosszul oldódó kálium-sók.....	184
7.15.4	Rosszul oldódó rubídium- és cézium-sók.....	185
7.16	Alkálifémionok koronaéter-komplexei .....	186
7.17	Lítiumvegyületek dioxán-komplexei .....	188
<b>8</b>	<b>Alkáliföldfémek .....</b>	<b>190</b>
8.1	A magnézium és kalcium reakciója vízzel.....	190
8.2	Magnézium reakciója kalcium-karbonáttal .....	190
8.3	Rosszul oldódó magnéziumsók .....	191
8.4	Rosszul oldódó alkáliföldfémsók.....	192
8.5	A magnézium- és az alkáliföldfémionok etiléndiamin-tetraacetát komplexei.....	193
8.6	Alkálifémek és alkáliföldfémek elválasztása egyéb fémektől és egymástól (olvasmány) .....	196
8.7	Kalcium-hidrid előállítása, reakciója vízzel és etanollal.....	196
8.8	Magnézium-klorid-víz (1/6) hidrolízise .....	198
8.9	Bárium-klorid-víz (1/2) előállítása.....	199
8.10	Magnézium-perklorát-víz (1/6) előállítása .....	200
8.11	Kalcium-peroxid-víz (1/8) és stroncium-peroxid-víz (1/8) előállítása.....	201
8.12	Magnézium-, kalcium- és bárium-karbonátok termikus stabilitása.....	202
8.13	Bárium-sók preparatív kémiai szerepe.....	203
8.13.1	<i>HBrO<sub>3</sub>-oldat előállítása.....</i>	<i>204</i>
8.13.2	<i>Hipofoszforsav-oldat előállítása.....</i>	<i>205</i>
8.13.3	<i>LiOH-oldat előállítása.....</i>	<i>205</i>
8.14	Kálium-[trioxalato-ferrát(III)]-víz (1/3) előállítása.....	205
8.15	Grignard-reagens készítése és vizsgálata .....	206
<b>9</b>	<b>Az átmenetifémek.....</b>	<b>211</b>
9.1	A 3d átmenetifémek oxidációs állapotai vizes oldatban.....	211
9.1.1	<i>Szkandium.....</i>	<i>211</i>
9.1.2	<i>Titán.....</i>	<i>211</i>
9.1.3	<i>Vanádium.....</i>	<i>211</i>
9.1.4	<i>Króm.....</i>	<i>212</i>
9.1.5	<i>Mangán.....</i>	<i>213</i>
9.1.6	<i>Vas.....</i>	<i>214</i>

9.1.7	<i>Kobalt, nikkelt, réz, cinkt</i> .....	215
9.2	Átmenetifémek aluminotermiás előállítása.....	215
9.2.1	<i>Krómt aluminotermiás előállítása</i> .....	216
9.2.2	<i>Mangán aluminotermiás előállítása</i> .....	216
9.3	Átmenetifémek fluoridjai és fluorokomplexei.....	217
9.4	Kristályvizes átmenetifém-kloridok hőbomlása.....	218
9.5	Az [akva-kloro-króm(III)]-komplexez izomériája (hidrátizoméria).....	220
9.6	Néhány átmenetifém-klorokomplez képződése vizes közegben.....	221
9.7	A króm(III)- és vas(III)-kloridok ioncserés elválasztása.....	221
9.8	Réz(I)-klorid, réz(I)- és réz(II)-klorokomplexez képződése és vizsgálata.....	222
9.9	AgCl, [AgCl <sub>2</sub> ] <sup>-</sup> -komplez és Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> képződése és vizsgálata.....	225
9.10	Néhány 3d átmenetifémion redoxireakciója jodidionokkal.....	226
9.11	Ezüst-, higany(I)- és higany(II)-jodidok képződése és vizsgálata.....	226
9.12	Átmenetifém-halogenidek oldódása és reakciói nemvizes oldószerekbent.....	227
9.13	Vízmentes króm(III)-klorid előállítása.....	228
9.14	Vízmentes vas(III)-klorid előállítása.....	230
9.15	Vanádium(V)-pentaoxid képződése.....	231
9.16	Króm(VI)-oxid előállítása és tulajdonságai.....	232
9.17	Dimangán-heptaoxid képződése és oxidáló tulajdonsága.....	232
9.18	Molibdén- és volfrám-trioxid képződése.....	233
9.19	Átmenetifém-oxidok képződése oxoanionok ammónium-sójából.....	234
9.20	Néhány 3d átmenetifém-oxid képződése nitrátjaikból hőbontással.....	235
9.21	Átmenetifém-oxidok képződése vizes közegben.....	236
9.22	Átmenetifém-oxidok képződése fémből.....	237
9.23	Átmenetifém-hidroxidok és hidroxokomplexez képződése és tulajdonságai.....	238
9.24	Átmenetifém-hidroxidok képződése akvakomplexeikből.....	240
9.25	Átmenetifém-hidroxidok és ammin-komplexez.....	241
9.26	[ $\mu$ -Hidroxo-bisz{pentaammin-króm(III)}]-klorid előállítása.....	242
9.27	[Hexaammin-kobalt(III)]-klorid előállítása.....	243
9.28	Kromát- és dikromátionok képződése és tulajdonságaik.....	243
9.29	Permanganátionok képződése.....	244
9.30	A kálium-permanganát oxidáló tulajdonsága.....	245
9.31	Oxoanionok képződése anódos oxidációval.....	246
9.32	Kálium-[tridekaoxo-tetrakromát(VI)] előállítása.....	247
9.33	Ammónium-[oktaeikozaoxo-dekavanadát(V)]-víz (1/6) előállítása.....	248

9.34	Átmenetifém peroxo-komplexek .....	248
9.35	Átmenetifém-szulfidok képződése és vizsgálata .....	250
9.36	Átmenetifém-cianidok és cianokomplexek képződése és vizsgálata.....	253
9.37	Kálium-[tetraciano-nikkelát(II)] előállítása.....	255
9.38	Hoffmann-típusú Ni-klatrát, $[\text{Ni}(\text{CN})_2 \cdot \text{NH}_3] \cdot n\text{C}_6\text{H}_6$ előállítása .....	255
9.39	Fe(III)-, Co(II)- és Mo(IV)-tiocianátok képződése és tulajdonságai .....	256
9.40	Ammónium-[hexatiocianáto-kromát(III)]-víz(1/4) előállítása .....	257
9.41	[Bisz(piridin)-ditiocianáto-kobalt(II)] előállítása .....	258
9.42	[Tetraammin-transz-dinitro-kobalt(III)]-klorid előállítása.....	258
9.43	[Tetrakarbonil-nikkel(0)] előállítása és hőbontása .....	259
9.44	Tórium és urán elválasztása a tórium csapadékba vitelével.....	261
9.45	Néhány ion kimutatása szerves reagenssel.....	262
9.45.1	$\text{Sr}^{2+}$ - és $\text{Ba}^{2+}$ -ionok kimutatása nátrium-rodizonáttal.....	262
9.45.2	$\text{Fe}^{2+}$ - és $\text{Fe}^{3+}$ -ionok kimutatása 2,2'-dipiridillel.....	262
9.45.3	$\text{Ni}^{2+}$ -ionok kimutatása dimetil-glioximmal .....	263
9.45.4	$\text{Zn}^{2+}$ -ionok kimutatása ditizzonnal.....	263
9.46	Néhány szerves ligandumú átmenetifémkomplex előállítása.....	264
9.46.1	cisz-Kálium-[dioxaláto-diakva-kromát(III)]-víz(1/3) előállítása.....	264
9.46.2	Kálium-[trioxaláto-manganát(III)]-víz(1/3) előállítása.....	264
9.46.3	[Hexakarbamido-króm(III)]-klorid-víz(1/3) előállítása .....	265
9.46.4	[Trisz(pentán-2,4-dionáto)vas(III)] előállítása .....	265
9.46.5	[Oxo-bisz(pentán-2,4-dionáto)-vanádium(IV)] előállítása.....	266
9.47	Réz(II)-klorid dihidrát előállítása .....	267
9.48	Réz(I)-klorid előállítása.....	267