

<b>1. Základní pojmy a postupy analytické chemie .....</b>	<b>7</b>
1.1. Odběr a příprava vzorku k analýze .....	7
1.2. Analytický postup .....	8
1.3. Převádění tuhého vzorku do roztoku .....	9
1.3.1. Rozklady anorganických materiálů .....	9
1.3.2. Rozklady biologického materiálu .....	10
1.3.3. Mikrovlnné rozklady .....	11
1.4. Reakce využívané v analytické chemii .....	13
1.4.1. Protolytické rovnováhy .....	13
1.4.1.1. Výpočty pH .....	17
1.4.1.1.1. Výpočet pH roztoku silné kyseliny .....	17
1.4.1.1.2. Výpočet pH roztoku silné zásady .....	18
1.4.1.1.3. Výpočet pH roztoku slabé jednosytné kyseliny .....	18
1.4.1.1.4. Výpočet pH roztoku slabé jednosytné zásady .....	19
1.4.1.1.5. Výpočet pH roztoků hydrolyzovaných solí .....	19
1.4.1.2. Tlumivé roztoky .....	20
1.4.1.3. Vícesytné kyseliny a zásady .....	21
1.4.1.4. Amfolyty .....	22
1.4.2. Srážecí rovnováhy .....	22
1.4.3. Komplexotvorné rovnováhy .....	24
1.4.3.1. Protonizace ligandů .....	25
1.4.4. Redoxní rovnováhy .....	26
1.4.4.1. Redoxní potenciál .....	27
<b>2. Hodnocení výsledků kvantitativní analýzy, chyby chemických rozborů .....</b>	<b>29</b>
2.1. Úvod .....	29
2.2. Rozdělení chyb .....	29
2.3. Základní pojmy .....	30
2.4. Shrnutí základních pojmů .....	30
2.5. Chyba absolutní a relativní .....	30
2.6. Náhodné chyby .....	32
2.7. Soustavné chyby .....	34
2.8. Hrubé chyby .....	35
<b>3. Validace analytických metod .....</b>	<b>37</b>
3.1. Selektivita .....	37
3.2. Pracovní rozsah .....	37
3.3. Lineární dynamický rozsah .....	37
3.4. Citlivost .....	38
3.5. Mez detekce .....	38
3.6. Mez stanovitelnosti .....	39
3.7. Přesnost .....	39
3.8. Preciznost .....	39
<b>4. Anorganická kvalitativní analýza .....</b>	<b>41</b>
4.1. Reakce skupinové, selektivní a specifické .....	41
4.2. Skupinové reakce .....	42
4.2.1. Reakce HCl .....	42
4.2.2. Reakce H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	43
4.2.3. Reakce roztoku šťavelanu amonného .....	43
4.2.4. Reakce sulfidu amonného .....	44
4.2.5. Reakce sulfanu .....	45
4.2.6. Reakce alkalických hydroxidů .....	45
4.2.7. Reakce amoniaku .....	46
4.2.8. Reakce uhličitanu sodného .....	47
4.2.9. Reakce alkalických fosforečnanů .....	47
4.2.10. Reakce jodidu draselného .....	48



4.3. Analytické postupy dělení kationtů a aniontů .....	48
4.3.1. Dělení kationtů .....	48
4.3.2. Dělení aniontů.....	49
<b>5. Vážková analýza .....</b>	<b>51</b>
5.1. Obecný postup vážkové analýzy.....	51
5.1.1. Srážení .....	51
5.1.2. Filtrace.....	51
5.1.3. Žihání či sušení sedimentů.....	52
5.2. Výpočty ve vážkové analýze .....	53
5.3. Vážková analýza v praxi.....	53
5.4. Nejběžnější vylučovací formy prvků či formy k vážení .....	54
5.4.1. Hydroxidy a hydratované oxidy.....	54
5.4.2. Sírany.....	54
5.4.3. Halogenidy.....	54
5.4.4. Šťavelany .....	54
5.4.5. Organická činidla ve vážkové analýze.....	55
5.5. Termická analýza.....	56
5.5.1. Termogravimetrie .....	56
<b>6. Odměrná analýza .....</b>	<b>57</b>
6.1. Odměrné metody založené na acidobazických reakcích.....	57
6.1.1. Průběh titrační křivky při titraci silné kyseliny silnou zásadou.....	57
6.1.2. Průběh titrační křivky při titraci slabé kyseliny silnou zásadou.....	60
6.1.3. Průběh titrační křivky při titraci vícesytné kyseliny.....	62
6.1.4. Neutralizační (acidobazické) indikátory .....	63
6.1.5. Praktické použití acidimetrie a alkalimetrie.....	65
6.1.5.1. Odměrné roztoky a standardní látky .....	65
6.1.5.2. Příklady některých acidobazických titračních stanovení .....	65
6.2. Odměrné metody založené na srážecích reakcích.....	66
6.3. Odměrné metody založené na komplexotvorných reakcích.....	68
6.3.1. Indikátory používané při chelatometrických titracích.....	69
6.3.2. Praktická chelatometrie .....	70
6.4. Odměrné metody založené na redoxních reakcích.....	70
6.4.1. Permanganatometrie (manganometrie) .....	71
6.4.2. Bichromatometrie .....	72
6.4.3. Bromatometrie .....	72
6.4.4. Jodometrie .....	73
<b>7. Potenciometrie .....</b>	<b>76</b>
7.1. Princip potenciometrických metod .....	76
7.2. Referenční elektrody .....	76
7.3. Měrné elektrody.....	77
7.3.1. Oxidačně-redukční elektrody.....	77
7.3.2. Ionově selektivní elektrody (ISE).....	78
7.3.3. Plynové detektory s ISE.....	81
7.4. Využití potenciometrických metod.....	82
7.4.1. Přímá potenciometrie.....	82
7.4.2. Potenciometrická titrace .....	82
<b>8. Polarografie.....</b>	<b>83</b>
8.1. Základní zapojení polarografu.....	83
8.2. Rtuťová kapková elektroda.....	84
8.3. Polarografická analýza .....	84
8.3.1. Nabíjecí (kapacitní) proud .....	86
8.3.2. Difúzní proud.....	86
8.3.3. Půlvlnový potenciál .....	86
8.3.4. Polarografická maxima .....	87



8.3.5. Vliv kyslíku na polarografický záznam .....	87
8.4. Moderní polarografické metody .....	88
8.4.1. Polarografie "tast" .....	88
8.4.2. Normální pulzní polarografie (NPP).....	89
8.4.3. Diferenční pulzní polarografie (DPP).....	90
8.4.4. Rozpouštěcí voltametrie .....	90
8.5. Praktická polarografie .....	91
8.5.1. Kvalitativní a kvantitativní analýza .....	91
8.5.1.1. Metoda kalibrační křivky.....	92
8.5.1.2. Metoda standardního přídávku .....	92
<b>9. Voltametrie.....</b>	<b>93</b>
9.1. Voltametrické elektrody .....	93
9.1.1. Visící rtuťové elektrody.....	93
9.1.2. Plíškové a drátkové elektrody.....	93
9.1.3. Rotující disková elektroda .....	94
9.1.4. Rotující disková elektroda s prstencem .....	94
9.1.5. Uhlíkové pastové elektrody .....	94
9.2. Využitelné potenciálové rozsahy pracovních elektrod .....	94
9.3. Amperometrie.....	95
9.3.1. Amperometrické detektory v proudu kapaliny.....	95
9.3.2. Amperometrické membránové senzory .....	95
9.3.3. Amperometrické titrace .....	95
<b>10. Elektrogravimetrie a coulometrie .....</b>	<b>97</b>
10.1. Elektrolyza.....	97
10.1.1. Reakce na elektrodách za konstantního proudu.....	97
10.1.2. Reakce na elektrodách za konstantního potenciálu.....	99
10.2. Elektrogravimetrie.....	99
10.3. Coulometrie .....	99
<b>11. Konduktometrické metody.....</b>	<b>101</b>
11.1. Měření vodivosti roztoků.....	102
11.2. Praktická konduktometrie .....	103
11.2.1. Konduktometrická titrace .....	104
11.2.2. Vysokofrekvenční konduktometrie.....	105
11.2.2.1. Vysokofrekvenční titrace.....	105
<b>12. Optické metody.....</b>	<b>106</b>
12.1. Základní pojmy a vztahy.....	106
12.1.1. Vlastnosti elektromagnetického záření .....	106
12.2. Atomová spektrometrie .....	108
12.2.1. Vznik atomových spekter .....	108
12.2.2. Atomová emisní spektroskopie v oblasti optických spekter .....	108
12.2.2.1. Součásti přístrojů pro atomovou emisní spektroskopii .....	108
12.2.2.2. Metody a přístroje atomové emisní spektroskopie .....	113
12.2.2.3. Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plasmatem (ICP-MS).....	117
12.2.3. Atomová absorpční spektroskopie (AAS) .....	118
12.2.3.1. Základní pojmy absorpční spektroskopie .....	118
12.2.3.2. Přístroje pro absorpční spektroskopii .....	118
12.2.3.3. Principy atomové absorpční spektrometrie.....	119
12.2.3.4. Přístroje pro atomovou absorpční spektroskopii a jejich součásti.....	119
12.3. Molekulová spektroskopie.....	125
12.3.1. Molekulová absorpční spektroskopie v oblasti ultrafialového a viditelného záření.....	125
12.3.1.1. Souvislost mezi charakterem absorpčního spektra a strukturou molekuly.....	126
12.3.1.2. Analytické využití metod molekulové spektroskopie v oblasti UV/VIS.....	126
12.3.1.3. Metody a přístroje molekulové absorpční spektroskopie UV/VIS .....	127
12.3.1.4. Použití molekulové absorpční spektrometrie v oblasti UV/VIS .....	128



12.3.2. Luminiscenční analýza.....	128
12.3.3. Spektroskopie v oblasti infračerveného záření .....	129
12.3.3.1. Principy infračervené spektroskopie.....	129
12.3.3.2. Instrumentace infračervené spektroskopie.....	130
12.3.3.3. Využití infračervené spektroskopie .....	131
12.4. Optické nespектroskopické metody.....	131
12.4.1. Refraktometrie .....	131
12.4.2. Polarimetrie .....	134
12.4.3. Turbidimetrie a nefelometrie .....	136
<b>13. Hmotnostní spektrometrie.....</b>	<b>138</b>
13.1. Princip .....	138
13.2. Instrumentace .....	138
13.2.1. Iontový zdroj .....	138
13.2.2. Separace iontů (disperzní prvek) .....	140
13.2.3. Detektory .....	142
13.3. Analytické využití.....	142
<b>14. Metody průtokové analýzy .....</b>	<b>143</b>
14.1. Kontinuální průtoková analýza (CFA).....	143
14.2. Průtoková injekční analýza (FIA).....	144
14.3. Segmentovaná průtoková analýza (SFA).....	145
14.4. Sekvenční injekční analýza (SIA).....	145
<b>15. Metody laserové spektroskopie .....</b>	<b>146</b>
15.1. Základní vlastnosti laserového záření.....	147
15.2. Příklady běžně využívaných laserů.....	147
15.3. Nespектroskopické interakce laserového záření s hmotou.....	148
15.3.1. Částečné odpaření sorbovaných molekul bez tepelné fragmentace .....	148
15.3.2. Silné odpařování doprovázené chemickou ionizací v plynu .....	148
15.3.3. Silný ohřev povrchu vzorku, termická ionizace, vznik plazmatu.....	149
15.4. Laserová spektroskopie .....	149
15.4.1. Lineární spektroskopické metody .....	149
15.4.1.1. Absorpční spektroskopie .....	149
15.4.1.2. Absorpční spektroskopie v dutině rezonátoru.....	149
15.4.1.3. Laserem indukovaná fluorescence .....	150
15.4.2. Nelineární spektroskopické metody.....	150
15.4.2.1. Dvoufotonová spektroskopie .....	150
15.4.2.2. Vícefotonové a vícekvantové procesy .....	151
15.4.3. Lidarová dálková detekce (LIDAR - Light Detection and Ranging) .....	151
15.4.3.1. Využití odrazu záření od instalovaného odražeče .....	152
15.4.3.2. Využití zpětného rozptylu na topografických překážkách.....	152
15.4.3.3. Využití zpětného rozptylu na částicích aerosolů a atmosferických plynů.....	152
<b>16. Radioanalytické metody .....</b>	<b>154</b>
16.1. Princip a rozdělení radioanalytických metod.....	154
16.2. Charakteristika radioaktivního záření a jeho měření .....	155
16.3. Přehled radioanalytických metod.....	156
16.3.1. Metody založené na přirozené radioaktivitě látek .....	156
16.3.2. Emanometrické metody .....	156
16.3.3. Radiografické metody.....	157
16.3.4. Metoda izotopového zředování .....	157
16.3.5. Metoda substechiometrického izotopového zředování.....	158
16.3.6. Radiometrické titrace.....	159
16.3.7. Aktivační analýza (NAA) .....	159
16.3.7.1. Varianty neutronové aktivační analýzy.....	161
16.3.7.1.1. Instrumentální neutronová aktivační analýza (INAA).....	161
16.3.7.1.2. Neutronová aktivační analýza s radiochemickou separací (RNAA)...	161



16.3.7.1.3. Neutronová aktivační analýza s prekoncentrací .....	162
16.3.7.2. Analytické aplikace NAA a zhodnocení metody .....	162
16.3.8. Mössbauerova spektroskopie .....	162
16.3.8.1. Informace obsažené v Mössbauerově spektru .....	162
16.3.8.1.1. Izomerní posun .....	162
16.3.8.1.2. Kvadrupólové štěpení .....	163
16.3.8.1.3. Magnetické štěpení .....	163
16.3.8.2. Experimentální uspořádání v Mössbauerově spektroskopii .....	163
16.3.8.3. Analytické aplikace Mössbauerovy spektroskopie .....	163
<b>17. Dělicí metody .....</b>	<b>165</b>
17.1. Principy dělicích metod .....	165
17.2. Extrakce z kapaliny do kapaliny .....	167
17.2.1. Extrakce chelátů .....	167
17.2.2. Extrakce iontových asociátů .....	171
17.2.2.1. Extrakce solvátů .....	171
17.2.2.2. Aminová extrakce .....	172
17.2.2.3. Extrakce za pomoci "oniových" solí .....	172
17.3. Měníče iontů .....	172
17.3.1. Nosný skelet iontoměníče .....	173
17.3.2. Měníče kationtů - katexy .....	173
17.3.3. Měníče aniontů - anexy .....	174
17.3.4. Princip výměny iontů .....	175
17.3.5. Použití iontoměníčů .....	176
<b>18. Chromatografie .....</b>	<b>178</b>
18.1. Základní pojmy a rozdělení chromatografických metod .....	178
18.2. Princip chromatografické separace .....	179
18.2.1. Základní pojmy a definice .....	181
18.2.2. Teorie ideální chromatografie .....	182
18.2.3. Rozlišení piků .....	183
18.3. Plynová chromatografie .....	184
18.3.1. Kolony používané v plynové chromatografii .....	185
18.3.1.1. Náplňové kolony .....	185
18.3.1.2. Kapilární kolony .....	186
18.3.2. Detektory v plynové chromatografii .....	186
18.3.2.1. Tepelně vodivostní detektor - katarometr (TCD) .....	186
18.3.2.2. Plamenový ionizační detektor (FID) .....	187
18.3.2.3. Detektor elektronového záchytu (ECD) .....	187
18.3.3. Využití plynové chromatografie v praxi .....	188
18.4. Kapalinová chromatografie .....	188
18.4.1. Přístroje pro kapalinovou chromatografii .....	189
18.4.1.1. Čerpadla pro HPLC .....	189
18.4.1.2. Dávkování vzorků .....	190
18.4.2. Kolony pro HPLC .....	190
18.4.3. Náplně a eluenty .....	190
18.4.3.1. Kapalinová adsorpční chromatografie (LSC) .....	190
18.4.3.2. Kapalinová rozdělovací chromatografie (LLC) .....	191
18.4.3.3. Chromatografie na reverzní fázi .....	191
18.4.4. Detektory .....	191
18.4.5. Využití vysokoúčinné kapalinové chromatografie v praxi .....	192
18.4.6. Kvalitativní chromatografická analýza .....	192
18.4.7. Kvantitativní analýza .....	192
18.5. Gelová permeační chromatografie (GPC) .....	192
18.5.1. Využití gelové permeační chromatografie .....	193
18.6. Chromatografie na měničích iontů .....	194
18.7. Iontová chromatografie .....	194
18.8. Kapalinová chromatografie v plošném uspořádání - FBC .....	194

<b>19. Elektromigrační metody .....</b>	<b>196</b>
19.1. Elektroforéza .....	198
19.1.1. Kapilární zónová elektroforéza.....	198
19.1.2. Specifika kapilární zónové elektroforézy .....	199
19.1.3. Separace metodou kapilární zónové elektroforézy .....	200
19.1.4. Micelární elektrokinetická kapilární chromatografie (MECC) .....	200
19.1.5. Přístroje pro kapilární zónovou elektroforézu .....	200
19.1.6. Kapilární elektroforéza v praxi .....	201
19.2. Izotachoforéza .....	201
<b>20. Chemické senzory.....</b>	<b>205</b>
20.1. Struktura chemického senzoru.....	205
20.2. Základní typy senzorů.....	206
20.2.1. Elektrochemické senzory .....	206
20.2.1.1. Senzory obsahující kapalný elektrolyt .....	206
20.2.1.1.1. Potenciometrické elektrochemické senzory .....	206
20.2.1.1.2. Potenciometrické senzory plynů.....	206
20.2.1.1.3. Amperometrické elektrochemické senzory pro detekci v roztocích...	207
20.2.1.1.4. Membránové amperometrické senzory .....	208
20.2.1.2. Elektrochemické senzory s tuhým elektrolytem.....	208
20.2.1.2.1. Senzor využívající ZrO <sub>2</sub> jako tuhého elektrolytu .....	209
20.2.1.2.2. „Solid-state“ senzory s aktivní vrstvou.....	209
20.2.2. Senzory s mikroelektronickou strukturou (tranzistory řízené polem) .....	209
20.2.2.1. ISFET (iontově selektivní tranzistory řízené polem) .....	209
20.2.2.2. CSFET (chemicky citlivé tranzistory řízené polem).....	210
20.2.3. Senzory využívající změn elektronové vodivosti.....	210
20.2.3.1. Metaloxidové senzory.....	210
20.2.3.2. Chemirezistory.....	211
20.2.4. Senzory založené na měření změn teploty .....	211
20.2.4.1. Termistory .....	211
20.2.4.2. Pelistory.....	212
20.2.4.3. Pyroelektrické senzory .....	212
20.2.5. Senzory založené na měření změn hmotnosti (piezoelektrické senzory) .....	213
20.2.6. Optické senzory (optrody) .....	213
20.2.6.1. Základní uspořádání experimentu při práci s optickými senzory.....	213
20.2.6.1.1. Měření absorpce záření mezi přívodním a odvodním vláknem .....	213
20.2.6.1.2. Měření absorpce při dvojnásobném průchodu paprsku.....	213
20.2.6.1.3. Fluorescenční detekce za použití světlovodu .....	213