

คำนำ

วิชาปริมาณวิเคราะห์ รหัสวิชา 4022601 จำนวนหน่วยกิต 3(3-0-6) เป็นวิชาเฉพาะด้านในรายวิชาบังคับของหลักสูตรเคมี โดยเป็นภาคทฤษฎีกำหนดให้เรียน 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ เอกสารประกอบการสอนรายวิชาปริมาณวิเคราะห์เล่มนี้ แบ่งเนื้อหาออกเป็น 8 บท และแต่ละบทใช้เวลาในการเรียนการสอน 1-2 สัปดาห์ โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการวิเคราะห์เชิงปริมาณ หน่วยความเข้มข้นของสารละลายและการคำนวณ วัสดุอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการทางปริมาณวิเคราะห์ที่สำคัญ การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ ทฤษฎีและการประยุกต์การวิเคราะห์เชิงปริมาณ โดยการชั่งน้ำหนัก และการวิเคราะห์โดยปริมาตร ด้วยวิธีการไทเทรตกรด-เบส การไทเทรตแบบตกตะกอน การไทเทรตแบบรีดอกซ์และ การไทเทรตแบบสารเชิงซ้อน

จากประสบการณ์ในการสอนทั้งภาคปฏิบัติและภาคทฤษฎีในรายวิชานี้ ผู้เขียนได้เรียบเรียงเนื้อหาที่นักศึกษาสามารถเข้าใจได้พร้อมทั้งตัวอย่างการคำนวณต่าง ๆ เพื่อให้ศึกษามีความเข้าใจยิ่งขึ้น และนักศึกษายังสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากแหล่งข้อมูลอ้างอิงต่าง ๆ ที่ผู้เขียนได้แสดงไว้ ดังนั้นจึงหวังเป็นอย่างยิ่งว่าเอกสารประกอบการสอนเล่มนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนในรายวิชาปริมาณวิเคราะห์ และนักศึกษาบุคคลทั่วไปที่มีความสนใจ หากผู้อ่านมีข้อเสนอแนะใดๆ ผู้เขียนขอรับคำชี้แนะและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์มา ณ โอกาสนี้

คงศักดิ์ ปัตตาฤทธิ

เมษายน 2558

(2)

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	(1)
สารบัญ	(3)
สารบัญรูป	(7)
สารบัญตาราง	(11)
แผนบริหารการสอนประจำวิชา	(13)
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 1	1
บทที่ 1 พื้นฐานทางเคมีวิเคราะห์	3
ประเภทของการวิเคราะห์ทางเคมี	4
วิธีการวิเคราะห์ทางเคมี	5
การวิเคราะห์ตามปริมาณสารตัวอย่าง	6
เทคนิคการวิเคราะห์	8
ขั้นตอนการวิเคราะห์ทางเคมี	9
หน่วยของการวัด	11
ความเข้มข้นของสารละลาย	16
การเตรียมสารละลาย	31
สรูป	34
คำถามท้ายบท	35
เอกสารอ้างอิง	37
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 2	39
บทที่ 2 อุปกรณ์และสารเคมี	41
เครื่องชั่ง	42
เครื่องแก้ววัดปริมาตร	46
อุปกรณ์ต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ	57
คุณภาพสารเคมี	66
การเก็บตัวอย่าง	68
การเตรียมตัวอย่าง	69

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 2	
อุปกรณ์และสารเคมี	
สรุป	75
คำถามท้ายบท	76
เอกสารอ้างอิง	77
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 3	81
บทที่ 3	
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	83
ความหมายของเทอมต่างๆทางสถิติ	84
เลขนัยสำคัญ	90
เขตจำกัดความเชื่อมั่นในข้อมูล	95
การตัดข้อมูลบางค่าทิ้ง	101
การทดสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูล	103
สรุป	110
คำถามท้ายบท	111
เอกสารอ้างอิง	113
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 4	115
บทที่ 4	
การวิเคราะห์โดยน้ำหนักร	117
การตกตะกอน	117
การปนเปื้อนของตะกอน	127
สารที่ใช้เป็นตัวทำให้ตกตะกอน	131
การทำให้ระเหย	135
การคำนวณเกี่ยวกับการวิเคราะห์โดยน้ำหนักร	139
สรุป	141
คำถามท้ายบท	141
เอกสารอ้างอิง	143

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 5	145
บทที่ 5 การวิเคราะห์ปริมาณด้วยการไทเทรตกรด-เบส	147
นิยามกรด-เบส	147
การแตกตัวของกรดและเบส	150
การแตกตัวของน้ำ	153
มาตรวัด pH	155
ค่า pH ของสารละลายกรดและเบส	155
สารละลายบัฟเฟอร์	166
การไทเทรตกรด-เบส	174
สรุป	189
คำถามท้ายบท	190
เอกสารอ้างอิง	192
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 6	193
บทที่ 6 การวิเคราะห์ปริมาณด้วยการไทเทรตแบบเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์	195
ปฏิกิริยารีดอกซ์	195
เซลล์ไฟฟ้าเคมี	201
การหาค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งปฏิกิริยา	203
ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อค่าศักย์ไฟฟ้า	209
การไทเทรตแบบรีดอกซ์	212
การหาจุดยุติการไทเทรตแบบรีดอกซ์	217
ตัวไทเทรตที่เป็นสารออกซิไดซ์	221
ตัวไทเทรตที่เป็นสารรีดิวซ์	223
สรุป	224
คำถามท้ายบท	226
เอกสารอ้างอิง	228

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 7	229
บทที่ 7 การวิเคราะห์ปริมาณด้วยการไทเทรตแบบตกตะกอน	231
ค่าคงที่ผลคูณการละลาย	231
กฎการเกิดตะกอน	237
การเลือกตกตะกอน	239
ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการละลาย	240
การไทเทรตแบบตกตะกอน	248
สรุป	261
คำถามท้ายบท	262
เอกสารอ้างอิง	264
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 8	265
บทที่ 8 การวิเคราะห์ปริมาณด้วยการไทเทรตแบบเกิดสารเชิงซ้อน	267
สารเชิงซ้อน	267
ปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อค่าคงที่ของการเกิดสารเชิงซ้อน	278
การไทเทรตแบบเกิดสารเชิงซ้อน	282
การตรวจหาจุดยุติ	290
การไทเทรตที่ใช้สารละลาย EDTA	294
ขอบเขตของการไทเทรตแบบเกิดสารเชิงซ้อน	296
สรุป	297
คำถามท้ายบท	298
เอกสารอ้างอิง	300
บรรณานุกรม	301

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1	10
แผนผังขั้นตอนในการวิเคราะห์ทางเคมี	
2.1	42
เครื่องชั่งแบบกล	
2.2	43
เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์	
2.3	45
ขวดชั่งสาร	
2.4	46
ภาชนะสำหรับชั่งสาร	
2.5	48
การอ่านปริมาตรของของเหลว	
2.6	49
รายละเอียดบนเครื่องแก้ววัดปริมาตร	
2.7	50
ขวดวัดปริมาตร	
2.8	51
วิธีการใช้งานปิเปตต์	
2.9	52
ปิเปตต์แบบปริมาตร	
2.10	52
ปิเปตต์แบบใช้ดวง	
2.11	53
บิวเรตต์	
2.12	54
ขั้นตอนการใช้ปิเปตต์	
2.13	55
การอ่านปริมาตรของสารละลายในบิวเรตต์	
2.14	56
การจับบิวเรตต์ขณะทำการไทเทรต	
2.15	59
โถดูดความชื้น	
2.16	60
ตะเกียงบุนเสนและตะเกียงเทอร์ริลล์	
2.17	60
โครงสร้างของเปลวไฟ	
2.18	61
กรวยบุชเนอร์และชุดกรองลดความดัน	
2.19	62
เบ้ากรองที่ทำจากแก้วพรุน	
2.20	64
การพับกระดาษกรองแบบกรวย	
2.21	65
การพับกระดาษกรองแบบจีบ	
2.22	66
การกรองตะกอน	
2.23	74
อุปกรณ์การเผาตัวอย่างแบบใช้หลอด	
3.1	90
ความถูกต้องและความเที่ยง	
3.2	91
การวัดความยาวของตะปูด้วยไม้บรรทัดที่มีความละเอียดต่างกัน	

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.3	96
เส้นโค้งการผิดพลาดปกติ (Normal error curve)	
4.1	118
แผนผังกระบวนการเกิดตะกอน	
4.2	120
เส้นโค้งการละลายปกติ	
4.3	123
แผนผังแสดงขั้นตอนในการวิเคราะห์โดยน้ำหนักด้วยวิธีการตกตะกอน	
4.4	126
อุณหภูมิที่มีผลต่อน้ำหนักของตะกอน	
4.5	127
แผนผังการจำแนกลักษณะการปนเปื้อนของตะกอน	
4.6	129
อนุภาคคอลลอยด์ของเงินคลอไรด์ ในสารละลายเงินไนเตรต	
4.7	133
สารเชิงซ้อนของแมกนีเซียมกับ 8-ไฮดรอกซีควิโนลีน	
4.8	133
สารเชิงซ้อนของนิกเกิลกับไดเมทิลไกลออกซิม	
4.9	138
แผนผังแสดงวิธีการทำให้ระเหย	
5.1	175
เส้นโค้งของการไทเทรตสารละลายกรดด้วยสารละลายมาตรฐานเบส NaOH	
5.2	180
เส้นโค้งของการไทเทรต 0.10 mol/L HCl ปริมาตร 40.00 mL ด้วย 0.10 mol/L NaOH	
5.3	182
เส้นโค้งของการไทเทรต 0.10 mol/L CH ₃ CH ₂ COOH ปริมาตร 40.00 mL ด้วย 0.10 mol/L NaOH	
5.4	186
เส้นโค้งของการไทเทรต NH ₃ (aq) 0.10 mol/L ปริมาตร 40.00 mL ด้วย HCl 0.10 mol/L	
6.1	201
เซลล์ไฟฟ้ากัลวานิก	
6.2	203
เซลล์อิเล็กโทรไลต์	
6.3	204
ขั้วไฟฟ้าไฮโดรเจนมาตรฐาน	
6.4	215
เส้นโค้งของการไทเทรตสารละลาย Fe ²⁺ ปริมาตร 100 mL ด้วยสารละลาย Ce ⁴⁺ 0.1 mol/L	
6.5	216
เส้นโค้งของการไทเทรตสารละลายผสมของ Sn ²⁺ และ Fe ²⁺ ด้วยสารละลายมาตรฐาน Ce ⁴⁺	

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
7.1	เส้นโค้งการไทเทรต Cl^- ความเข้มข้น 0.050 M ด้วย AgNO_3 ความเข้มข้น 0.10 M	250
7.2	การไทเทรตสารละลาย AgNO_3 ด้วยสารละลายมาตรฐาน NaCl ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ	253
7.3	กราฟการไทเทรตสารละลายไอออนชนิดต่างๆ ด้วยสารละลายมาตรฐาน AgNO_3	254
7.4	การผลึกไอออน In^- ของตะกอน AgCl ที่มีประจุลบเนื่องจากการดูดซับ Cl^-	258
7.5	การดูดซับไอออน In^- ของตะกอน AgCl ที่มีประจุบวกเนื่องจากการดูดซับ Ag^+	260
8.1	ปริมาณขององค์ประกอบต่าง ๆ ของ EDTA ที่ขึ้นอยู่กับค่า pH ของสารละลาย	275
8.2	เส้นโค้งของการไทเทรตสารละลาย M ด้วยลิแกนด์แบบต่างๆ	283
8.3	ค่า pH ของการเกิดสารเชิงซ้อน ของ EDTA กับไอออนโลหะชนิดต่างๆ	284
8.4	เส้นโค้งของการไทเทรตไอออนโลหะด้วยสารละลาย EDTA	286
8.5	ผลของ pH ต่อการไทเทรตสารละลาย Ca^{2+} ด้วย EDTA ที่ค่า pH 3 และ 9	289

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	การแบ่งวิธีวิเคราะห์ตามขนาดของสารตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์	7
1.2	การจำแนกวิธีวิเคราะห์ตามปริมาณขององค์ประกอบที่มีในสารตัวอย่าง	7
1.3	เทคนิคการวิเคราะห์และการประยุกต์ใช้	8
1.4	นิยามของหน่วยฐานเอสไอ	12
1.5	ปริมาณและสัญลักษณ์หน่วยอนุพันธ์	14
1.6	คำอุปสรรคและสัญลักษณ์	15
1.7	หน่วยความเข้มข้นต่างๆของสารละลาย	30
2.1	สมบัติของสารคู่ความชื้นบางชนิด	58
2.2	ชั้นคุณภาพของเบ้ากรองที่ทำจากแก้วพรุน	62
2.3	คุณสมบัติของกระดาษกรอง	63
3.1	ค่า Z ที่ระดับความเชื่อมั่นต่างๆ	98
3.2	ค่า t ที่ระดับความเชื่อมั่นต่างๆ	99
3.3	ค่า Q_{crit}	100
4.1	สารอินทรีย์บางตัวที่ใช้เป็นตัวทำให้ตกตะกอน	132
4.2	ตัวอย่างสารอินทรีย์ที่ใช้เป็นตัวทำให้ตกตะกอน	134
4.3	สารรีดิวซิงบางตัวที่ใช้รีดิวซ์สารที่จะวิเคราะห์ด้วยวิธีวิเคราะห์โดยน้ำหนัก	135
5.1	ค่าคงที่การแตกตัว (K_a) ของกรดโมโนโปรติกในน้ำที่ 25°C	150
5.2	ค่าคงที่การแตกตัว (K_b) ของเบสโมโนโปรติกในน้ำที่ 25°C	151
5.3	ค่าคงที่การแตกตัวของกรดพอลิโปรติก	153
5.4	ค่าคงที่ผลคูณของไอออนของน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ	154
5.5	อินดิเคเตอร์ชนิดต่างๆ	177

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
6.1	ค่าศักย์ไฟฟ้ารีดักชันมาตรฐาน	199
6.2	ตัวเร่งในปฏิกิริยารีดอกซ์	213
6.3	รีดอกซ์อินดิเคเตอร์	219
7.1	แสดงค่า K_{sp} ของเกลือบางชนิดที่ 25 °C	232
7.2	ข้อมูลการไทเทรต Cl^- 0.050 M ด้วย $AgNO_3$ ความเข้มข้น 0.10 M	249
7.3	อินดิเคเตอร์คู่ค้ำที่ใช้ในการวิเคราะห์ไอออนต่าง ๆ	258
8.1	สารที่มีคุณสมบัติเป็นลิแกนด์	268
8.2	ค่า α_4 ของ EDTA ความเข้มข้น 0.10 mol/L ที่ 20 °C	277
8.3	แสดงค่าคงที่ของการเกิดสารเชิงซ้อนระหว่าง EDTA กับ M^{n+}	278
8.4	การไทเทรตแบบเกิดสารเชิงซ้อนของไอออนโลหะต่างๆ	296