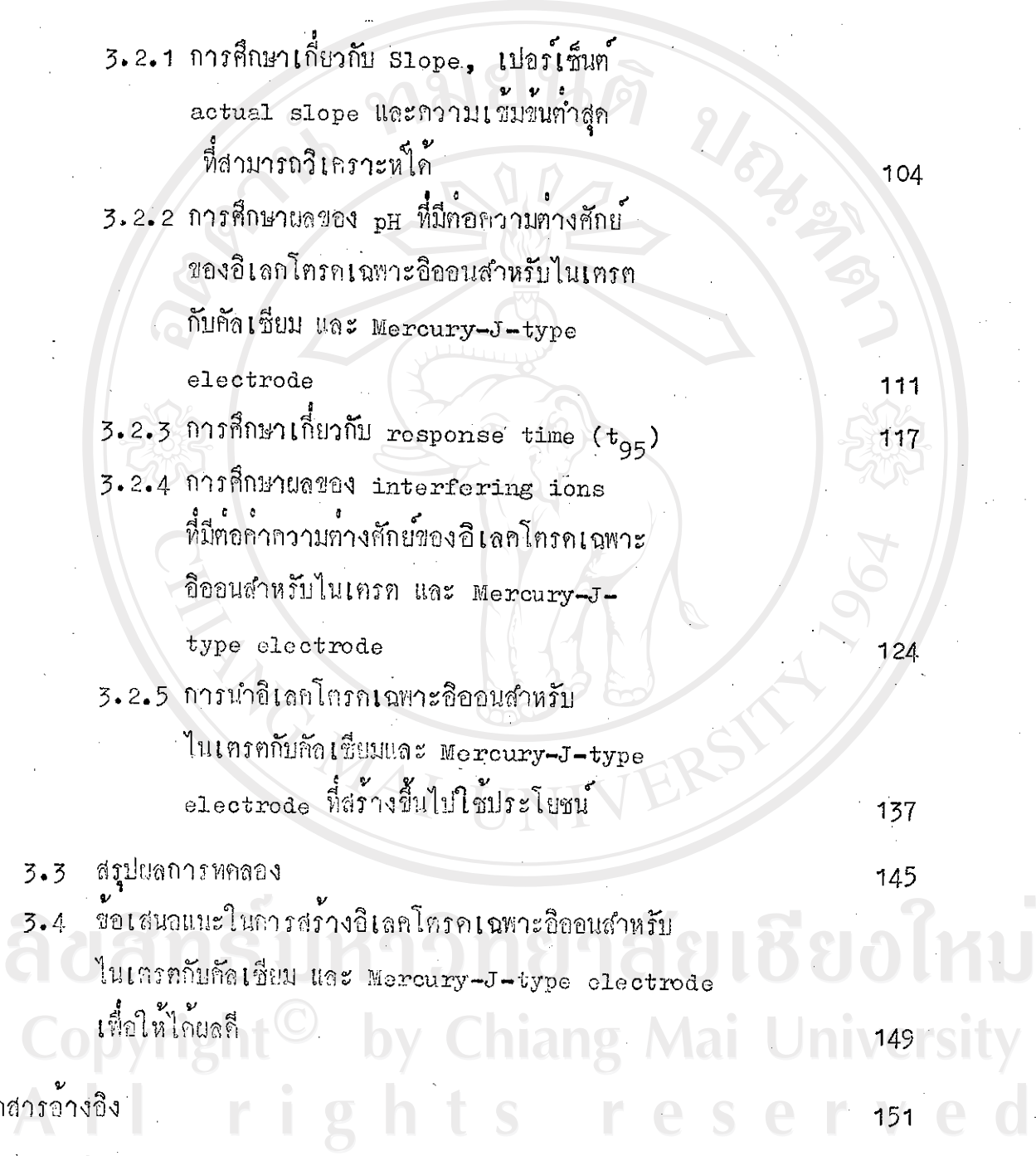


ตอนที่ 1	คู่มือครู เรื่อง ชนิดและศักย์ไฟฟ้าของอิเล็กโทรดโลหะ และอิเล็กโทรดแบบแผ่นเยื่อ	1
	หน่วยที่ 1 อิเล็กโทรดและศักย์ไฟฟ้าของอิเล็กโทรด	1
	หน่วยที่ 2 การแบ่งชนิดและศักย์ไฟฟ้าของอิเล็กโทรดโลหะ	3
	หน่วยที่ 3 การแบ่งชนิดและศักย์ไฟฟ้าของอิเล็กโทรดแบบแผ่นเยื่อ	8
	ตัวอย่างข้อสอบแบบเลือกคำตอบ	15
	ตัวอย่างข้อสอบแบบเติมคำในช่องว่าง	17
	ตัวอย่างข้อสอบแบบถูกผิด	19
ตอนที่ 2	คู่มือนักเรียน เรื่อง ชนิดและศักย์ไฟฟ้าของอิเล็กโทรดโลหะ และอิเล็กโทรดแบบแผ่นเยื่อ	20
	หน่วยที่ 1 อิเล็กโทรดและศักย์ไฟฟ้าของอิเล็กโทรด	20
	หน่วยที่ 2 การแบ่งชนิดและศักย์ไฟฟ้าของอิเล็กโทรดโลหะ	25
	2.1 Electrode for the first kind	25
	2.2 Electrode for the second kind	31
	2.3 Electrode for the third kind	36
	หน่วยที่ 3 การแบ่งชนิดและศักย์ไฟฟ้าของอิเล็กโทรดแบบแผ่นเยื่อ	41
	3.1 Glass membrane electrode	44
	3.2 Solid State membrane electrode	49
	3.3 Liquid membrane electrode	52
	3.4 Heterogeneous membrane electrode	55
	บรรณานุกรม	60

ตอนที่ 3

บทที่ 1 ทฤษฎีและหลักการ	61
1.1 บทนำ	61
1.2 ทฤษฎีและหลักการ	62
1.2.1 หลักการเบื้องต้นของอิเล็กโทรดโลหะ และอิเล็กโทรดแบบแผ่นเยื่อ	62
1.2.2 ทฤษฎีความต่างศักย์ของอิเล็กโทรดโลหะ และอิเล็กโทรดแบบแผ่นเยื่อ	67
1.2.3 Selectivity coefficient	70
1.2.4 คุณสมบัติของอิเล็กโทรดเฉพาะไอออน	74
บทที่ 2	
2.1 วัสดุและวิธีการทดลอง	87
2.2 วิธีการทดลอง	98
บทที่ 3 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	102
3.1 ลักษณะภายนอกของอิเล็กโทรดเฉพาะไอออน สำหรับไนเตรตกับคลอไรด์ และ Mercury- J-type electrode	102
3.2 การศึกษาคุณสมบัติของอิเล็กโทรดเฉพาะไอออน สำหรับไนเตรตกับคลอไรด์ และ Mercury- J-type electrode	104

3.2.1 การศึกษาเกี่ยวกับ Slope, เปอร์เซ็นต์ actual slope และความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้	104
3.2.2 การศึกษายลของ pH ที่มีต่อความต่างศักย์ของอิเล็กโทรดเฉพาะไอออนสำหรับไนเตรทกับคัลเซียม และ Mercury-J-type electrode	111
3.2.3 การศึกษาเกี่ยวกับ response time (t_{95})	117
3.2.4 การศึกษายลของ interfering ions ที่มีต่อค่าความต่างศักย์ของอิเล็กโทรดเฉพาะไอออนสำหรับไนเตรท และ Mercury-J-type electrode	124
3.2.5 การนำอิเล็กโทรดเฉพาะไอออนสำหรับไนเตรทกับคัลเซียมและ Mercury-J-type electrode ที่สร้างขึ้นไปใช้ประโยชน์	137
3.3 สรุปผลการทดลอง	145
3.4 ข้อเสนอแนะในการสร้างอิเล็กโทรดเฉพาะไอออนสำหรับไนเตรทกับคัลเซียม และ Mercury-J-type electrode เพื่อให้ได้ผลดี	149
เอกสารอ้างอิง	151
ประวัติการศึกษา	



รายการตารางประกอบ

หน้า

ตารางที่ 1.1	เปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ของ ความเข้มข้นเนื่องมาจากความผิดพลาดของค่าความ ต่างศักย์ไฟฟ้าของอิเล็กโทรดที่ประจุต่างกันที่ 25°C	76
ตารางที่ 1.2	เปรียบเทียบผลของจุดหมุนที่ค่า Slope สำหรับอิเล็ก โทรด + 1	77
ตารางที่ 1.3	สารที่ใช้ทำ liquid membrane	85
ตารางที่ 3.1	แสดงค่าความเข้มข้นและ ion activity ของสาร ละลายมาตรฐาน NaNO_3 เทียบกับค่า relative voltage reading (mV) ของอิเล็กโทรดเฉพาะอิเล็ก	105
ตารางที่ 3.2	แสดงค่าความเข้มข้นและ ion activity ของสาร ละลายมาตรฐาน CaCl_2 เปรียบเทียบค่า relative voltage reading (mV) ระหว่าง ISE ของ Orion กับของที่สร้างขึ้น	107
ตารางที่ 3.3	แสดงค่าความเข้มข้นและ ion activity ของสาร ละลายมาตรฐาน $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ และค่า relative voltage reading (mV) จาก Mercury-J-type electrode	109

- ตารางที่ 3.4 แสดงผลเปรียบเทียบช่วง pH ที่ใช้ศึกษาได้ระหว่าง อิเล็กโทรดเฉพาะไอออนสำหรับไนเตรทที่สร้างขึ้นกับ ของ Orion 92-07 111
- ตารางที่ 3.5 แสดงผลเปรียบเทียบช่วง pH ที่ศึกษาได้ระหว่าง อิเล็กโทรดเฉพาะไอออนสำหรับคลอไรด์ที่สร้างขึ้นกับ ของ Orion 92-20 112
- ตารางที่ 3.6 แสดงช่วง pH ที่ใช้ศึกษาได้ของ Mercury-J-type electrode 118
- ตารางที่ 3.7 แสดงผลเปรียบเทียบ response time (t_{95}) ระหว่างอิเล็กโทรดเฉพาะไอออนสำหรับไนเตรทที่สร้างขึ้นกับของ Orion 92-07 ในสารละลายมาตรฐาน NaNO_3 119
- ตารางที่ 3.8 แสดงผลเปรียบเทียบค่า response time (t_{95}) ระหว่างอิเล็กโทรดเฉพาะไอออนสำหรับคลอไรด์ที่สร้างขึ้นกับของ Orion 92-20 ในสารละลายมาตรฐาน CaCl_2 120
- ตารางที่ 3.9 แสดงผลของ response time (t_{95}) ของ Mercury-J-type electrode ที่สร้างขึ้นในสารละลายมาตรฐาน $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ 122

ตารางที่ 3.10 เปรียบเทียบค่า relative voltage reading (mV) ระหว่างอิเล็กโทรดเฉพาะไอออนสำหรับไนเตรทของ ที่สร้างขึ้นกับของ Orion 92-07 โดยมีความเข้มข้น ของ interfering ions (Chloride, Chlorate, Iodide) คงที่เท่ากับ 5.0×10^{-3} โมลต่อลิตร 127

ตารางที่ 3.11 แสดงค่าเปรียบเทียบของ Relative voltage reading (mV) ของอิเล็กโทรดเฉพาะไอออนสำหรับ ไนเตรทที่สร้างขึ้นกับของ Orion 92-07 โดยให้ความ ความเข้มข้นของ Nitrate คงที่ แต่เปลี่ยนแปลง ความเข้มข้นของ Chloride (Cl^-) 128

ตารางที่ 3.12 แสดงค่าเปรียบเทียบของ Relative voltage reading (mV) ของอิเล็กโทรดเฉพาะไอออนสำหรับ ไนเตรทที่สร้างขึ้นกับของ Orion 92-07 โดยให้ความ ความเข้มข้นของ Nitrate คงที่ แต่เปลี่ยนแปลงความ ความเข้มข้นของ Chlorate (ClO_3^-) 129

ตารางที่ 3.13 แสดงค่าเปรียบเทียบของ Relative voltage reading (mV) ของอิเล็กโทรดเฉพาะไอออนสำหรับ ไนเตรทที่สร้างขึ้นกับของ Orion 92-07 โดยให้ความ ความเข้มข้นของ Nitrate คงที่ แต่เปลี่ยนแปลงความเข้มข้น ของ Iodide (I^-) 130

- ตารางที่ 3.14 แสดง relative voltage reading (mV) ของ Mercury-J-type electrode ที่สร้างขึ้น เมื่อมีความเข้มข้นของ interfering ion (Silver) คงที่เท่ากับ 5.0×10^{-3} โมลต่อลิตร 134
- ตารางที่ 3.15 แสดงผลเปรียบเทียบค่า Selectivity coefficient (K_{ij}) ระหว่างอิเล็กโทรดเฉพาะไอออน สำหรับไนเตรตที่สร้างขึ้นกับของ Orion 92-07 136
- ตารางที่ 3.16 เปรียบเทียบค่า relative voltage reading (mV) ระหว่างอิเล็กโทรดเฉพาะไอออนของไนเตรต ที่สร้างขึ้นกับของ Orion 92-07 138
- ตารางที่ 3.17 แสดงผลเปรียบเทียบการหาปริมาณ Nitrate ที่ศึกษา ได้จากน้ำที่จำหน่ายในเมืองเชียงใหม่ ระหว่างอิเล็กโทรดเฉพาะไอออนสำหรับไนเตรตที่สร้างขึ้นกับของ Orion 92-07 140
- ตารางที่ 3.18 แสดงเปอร์เซ็นต์ recovery ของการวิเคราะห์ Nitrate โดยใช้อิเล็กโทรดเฉพาะไอออนสำหรับ ไนเตรตของ Orion 92-07 142
- ตารางที่ 3.19 แสดงเปอร์เซ็นต์ recovery ของการวิเคราะห์ Nitrate โดยใช้อิเล็กโทรดเฉพาะไอออนสำหรับ ไนเตรตที่สร้างขึ้น 143

ตารางที่ 3.20 แสดงผลเปรียบเทียบคุณสมบัติและการใช้งานของ
อิเล็กโทรดเฉพาะชนิดที่สร้างขึ้นกับที่ซื้อจากบริษัท
Orion Research Inc., U.S.A. ยกเว้นของ
Mercury-J-type electrode 146-148



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รายการภาพประกอบ

หน้า

หน้า

- ภาพที่ 1.1 เปรียบเทียบลักษณะของเซลล์ไฟฟ้าเคมีกับอิเล็กโทรดลิติกเซลล์ 63
- ภาพที่ 1.2 แสดงลักษณะทั่วไปของอิเล็กโทรดแบบแผ่นเยื่อชนิดต่าง ๆ 65
- ภาพที่ 1.3 Potential response of the PVC electrode to (A) calcium and (B) magnesium-ion activities in separate pure solutions 72
- ภาพที่ 1.4 The effect of constant magnesium-ion concentration on the response of the PVC electrode to varying calcium-ion activities : A, Ca^{2+} only, B, $5.0 \times 10^{-4} \text{ M. Mg}^{2+}$; and C, $5.0 \times 10^{-3} \text{ M. Mg}^{2+}$ 74
- ภาพที่ 1.5 แสดงการหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้แบบต่าง ๆ 78
- ภาพที่ 1.6 แสดงผลจาก potential time profile โดยใช้ The injection method 80
- ภาพที่ 1.7 The effect of pH on the potential of the Orion Research Lanthanum fluoride electrode in NaF solution 82

ภาพที่ 2.1	ลักษณะทั่วไปของอิเล็กโทรดเฉพาะชนิดที่สร้างขึ้น	94
ภาพที่ 2.2	ลักษณะทั่วไปของ Mercury-J-type electrode ที่สร้างขึ้น	95
ภาพที่ 2.3	เปรียบเทียบลักษณะภายนอกของอิเล็กโทรดเฉพาะชนิดที่สร้างขึ้นกับของที่ซื้อจากบริษัท Orion Research Inc., U.S.A.	102
ภาพที่ 3.2	แสดงลักษณะภายนอกของ Mercury-J-type electrode ที่สร้างขึ้น	103
ภาพที่ 3.3	แสดง Calibration curve ของ Nitrate Liquid membrane ISE (Orion 92-07)	106
ภาพที่ 3.4	แสดง Calibration curve ของ Nitrate PVC matrix membrane ISE ที่สร้างขึ้น	106
ภาพที่ 3.5	แสดง Calibration curve ของ Calcium liquid membrane ISE (92-20)	108
ภาพที่ 3.6	แสดง Calibration curve ของ Mercury-J-type electrode ที่สร้างขึ้น	108
ภาพที่ 3.7	แสดง Calibration curve ของ Mercury-J-type electrode ที่สร้างขึ้น	110

ภาพที่ 3.8 เปรียบเทียบผลของ pH ต่อค่าความต่างศักย์ระหว่าง อิเล็กโทรดเฉพาะชนิดสำหรับไนเตรตที่สร้างขึ้นกับ ของ Orion 92-07 (เมื่อใช้สารละลายมาตรฐาน ของ NaNO_3 ชั้น 1.0×10^{-1} โมลต่อลิตร) 113

ภาพที่ 3.9 เปรียบเทียบผลของ pH ต่อค่าความต่างศักย์ระหว่าง อิเล็กโทรดเฉพาะชนิดสำหรับไนเตรตที่สร้างขึ้นกับ ของ Orion 92-07 (เมื่อใช้สารละลายมาตรฐานของ NaNO_3 ชั้น 1.0×10^{-3} โมลต่อลิตร) 113

ภาพที่ 3.10 เปรียบเทียบผลของ pH ต่อค่าความต่างศักย์ระหว่าง อิเล็กโทรดเฉพาะชนิดสำหรับคลอไรด์ที่สร้างขึ้น กับของ Orion 92-20 (เมื่อใช้สารละลายมาตรฐาน ของ CaCl_2 ชั้น 1.0×10^{-1} โมลต่อลิตร) 114

ภาพที่ 3.11 เปรียบเทียบผลของ pH ต่อค่าความต่างศักย์ระหว่าง อิเล็กโทรดเฉพาะชนิดสำหรับคลอไรด์ที่สร้างขึ้น กับของ Orion 92-20 (เมื่อใช้สารละลายมาตรฐาน ของ CaCl_2 ชั้น 1.0×10^{-3} โมลต่อลิตร) 114

ภาพที่ 3.12 แสดงช่วง pH ต่อค่าความต่างศักย์ของ Mercury-J-type electrode (เมื่อใช้สารละลายมาตรฐานของ $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ ชั้น 1.0×10^{-3} โมลต่อลิตร) 115

- ภาพที่ 3.13 แสดง Potential-time profile ของอิเล็กโทรด
เฉพาะไอออนสำหรับไนเตรตของ Orion 92-07 เมื่อ
ความเข้มข้นของ Nitrate เปลี่ยนไป 10 เท่า 118
- ภาพที่ 3.14 แสดง Potential-time profile ของอิเล็กโทรด
เฉพาะไอออนสำหรับไนเตรดที่สร้างขึ้นเมื่อความเข้มข้น
ของ Nitrate เปลี่ยนไป 10 เท่า 118
- ภาพที่ 3.15 แสดง Potential-time profile ของอิเล็กโทรด
เฉพาะไอออนสำหรับคัลเซียมของ Orion 92-20 เมื่อ
ความเข้มข้นของ Calcium เปลี่ยนไป 10 เท่า 121
- ภาพที่ 3.16 แสดง Potential-time profile ของอิเล็กโทรด
เฉพาะไอออนสำหรับคัลเซียมที่สร้างขึ้นเมื่อความเข้มข้น
ของ Calcium เปลี่ยนไป 10 เท่า 121
- ภาพที่ 3.17 แสดง Potential-time profile ของ Mercury-
J-type electrode ที่สร้างขึ้นเมื่อความเข้มข้นของ
Mercury เปลี่ยนแปลงไป 10 เท่า 123
- ภาพที่ 3.18 แสดงผลของ interfering ions ชนิดต่าง ๆ ต่อค่า
ความต่างศักย์ของอิเล็กโทรดเฉพาะไอออนไนเตรตของ
Orion 92-07 เมื่อความเข้มข้นของ interfering
ions เท่ากับ 5.0×10^{-3} โมลต่อลิตร 125

ภาพที่ 3.19 แสดงผลของ interfering ions ชนิดต่าง ๆ ต่อค่าความต่างศักย์ของ อิเล็กโตรดเฉพาะไอออนสำหรับไนเตรคที่สร้างขึ้น เมื่อให้ความเข้มข้นของ interfering ions เท่ากับ 5.0×10^{-3} โมลต่อลิตร 126

ภาพที่ 3.20 เปรียบเทียบผลของ interfering ion ที่ศึกษาโดย อิเล็กโตรดเฉพาะไอออนสำหรับไนเตรคของ Orion 92-07 เมื่อให้ความเข้มข้นของ Nitrate คงที่เท่ากับ 5.0×10^{-2} , 5.0×10^{-3} และ 5.0×10^{-4} โมลต่อลิตร และเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ Chlorate 131

ภาพที่ 3.21 เปรียบเทียบผลของ interfering ion ที่ศึกษาโดย อิเล็กโตรดเฉพาะไอออนสำหรับไนเตรคที่สร้างขึ้นเมื่อให้ความเข้มข้นของ Nitrate คงที่ เท่ากับ 5.0×10^{-2} , 5.0×10^{-3} และ 5.0×10^{-4} โมลต่อลิตร และเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ Chlorate 131

ภาพที่ 3.22 เปรียบเทียบผลของ interfering ion ที่ศึกษาโดย อิเล็กโตรดเฉพาะไอออนสำหรับไนเตรคของ Orion 92-07 เมื่อให้ความเข้มข้นของ Nitrate คงที่เท่ากับ 5.0×10^{-2} , 5.0×10^{-3} และ 5.0×10^{-4} โมลต่อลิตร โดยเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ Iodide 132

- ภาพที่ 3.23 เปรียบเทียบผลของ interfering ion ที่ศึกษาโดย อิเล็กโทรดเฉพาะไอออนสำหรับไนเตรตที่สร้างขึ้น เมื่อให้ความเข้มข้นของ Nitrate คงที่ เท่ากับ 5.0×10^{-2} , 5.0×10^{-3} และ 5.0×10^{-4} โมลต่อลิตร โดยเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ Iodide 132
- ภาพที่ 3.24 เปรียบเทียบผลของ Interfering ion ที่ศึกษาโดย อิเล็กโทรดเฉพาะไอออนสำหรับไนเตรตของ Orion 92-07 เมื่อให้ความเข้มข้น Nitrate คงที่ เท่ากับ 5.0×10^{-2} , 5.0×10^{-3} และ 5.0×10^{-4} โมลต่อลิตร โดยเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ Chloride 133
- ภาพที่ 3.25 เปรียบเทียบผลของ interfering ion ที่ศึกษาโดย อิเล็กโทรดเฉพาะไอออนสำหรับไนเตรตที่สร้างขึ้น เมื่อให้ความเข้มข้นของ Nitrate คงที่ เท่ากับ 5.0×10^{-2} , 5.0×10^{-3} และ 5.0×10^{-4} โมลต่อลิตร โดยเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ Chloride 133
- ภาพที่ 3.26 แสดงผลของ interfering ion ที่ศึกษาโดย Mercury-J-type electrode ที่สร้างขึ้น เมื่อความเข้มข้นของ interfere ion เท่ากับ 5.0×10^{-3} โมลต่อลิตร 135

ภาพที่ 3.27 แสดง Calibration curve เพื่อหาปริมาณไนเตรต
ที่มีไนปุ๋ยโดยอิเล็กโตรดเฉพาะชนิดสำหรับไนเตรตของ
Orion 92-07 139

ภาพที่ 3.28 แสดง Calibration curve เพื่อหาปริมาณของ
ไนเตรตที่มีไนปุ๋ยโดยอิเล็กโตรดเฉพาะชนิดสำหรับ
ไนเตรตที่สร้างขึ้น 139

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved