

ศักร์ ทอรัมอลคร่อมแผ่นเยื่อแลกเปลี่ยนไอออนในสารละลายเกลือคลอไรด์



นางสาว มาลี ณะสาร

วิทยานพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2532

ISBN 974-576-412-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

015301

117491617

THERMAL POTENTIAL ACROSS ION EXCHANGE MEMBRANE  
IN CHLORIDE SALT SOLUTION

Miss Malee Tanasan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Physics

Graduate School

Chulalongkorn University

1989

ISBN 974-576-412-4

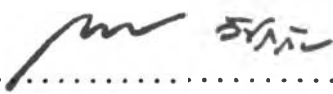
หัวข้อวิทยานิพนธ์ ศักย์เทอร์มอลคร่อมแต่เยื่อแลกเปลี่ยนไอออนในสารละลาย กลีโกลีไรต์

โดย นางสาว มาลี ธารสาร


ภาควิชา ฟิสิกส์


อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. พิชุร ตริวิจิตรเกษม


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ขอเสนอให้บัณฑิตวิทยาลัย  
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต


  
..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(รองศาสตราจารย์ ดร. กวาว วัชรวิทย์)

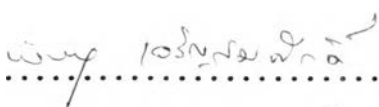
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร. กิโย โย ปินยารชุน)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รองศาสตราจารย์ ดร. พิชุร ตริวิจิตรเกษม)

  
..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร. วิจิตร เส็งหะพันธ์)

  
..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร. สกอล พงศกร)

  
..... กรรมการ  
(อาจารย์ พิเชฐ เจริญธรรมศักดิ์)



## พิมพ์ต้นฉบับบทความวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

มาลี ธารสาร : ศักย์เทอร์มอลคร่อมแผ่นเยื่อแลกเปลี่ยนไอออนในสารละลายเกลือคลอไรด์  
(THERMAL POTENTIAL ACROSS ION EXCHANGE IN CHLORIDE SALT SOLUTION)  
อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.พิรุณ ตรีวิจิตรเกษม, 100 หน้า

การวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษา ศักย์ไฟฟ้าของแผ่นเยื่อเชิงเทอร์มอล คร่อมแผ่นเยื่อแลกเปลี่ยนไอออน ชนิด CR61 AZL389 ซึ่งนำมาทดสอบสารละลายที่มีความแตกต่างอุณหภูมิออกเป็นสองข้าง นำผลการวิจัยที่ได้เปรียบเทียบกับทฤษฎีในระบบนอนไอโซเทอร์มอล สารละลายที่ใช้ในการวิจัยนี้ คือ ลิเทียมคลอไรด์ โซเดียมคลอไรด์ โปแตสเซียมคลอไรด์ แมกนีเซียมคลอไรด์ และ แคลเซียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้น 0.001, 0.005, 0.01, 0.05 และ 0.1 โมลต่อลิตร สำหรับแต่ละชนิดของสารละลาย ขั้วไฟฟ้าที่ใช้ในการวัดศักย์ไฟฟ้าของแผ่นเยื่อเชิงเทอร์มอล เป็นขั้วไฟฟ้าชนิดเงิน - เงินคลอไรด์ ส่วนความแตกต่างอุณหภูมิอ่านจากคู่ควบความร้อน ช่วงของความแตกต่างอุณหภูมิอยู่ในช่วง 10 องศาเซลเซียส ในขณะที่ข้างหนึ่งของสารละลายมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง ในส่วนแรกของการวิจัยได้เก็บข้อมูลโดยใช้เครื่องบันทึกกราฟ และวิเคราะห์ผลด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ชนิด 8 บิต ในส่วนหลังได้นำไมโครคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ โดยส่งสัญญาณศักย์ไฟฟ้า และความแตกต่างอุณหภูมิเข้าเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์โดยผ่านวงจรเชื่อม ต่อ ซึ่งทำให้มีประโยชน์อย่างมากในการเก็บข้อมูล

ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า ศักย์ไฟฟ้าของแผ่นเยื่อเชิงเทอร์มอล มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นกับความแตกต่างอุณหภูมิ อัตราส่วนระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้ากับความแตกต่างอุณหภูมิมีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น กับค่าลอการิทึมของแอกติวิตี ซึ่งผลที่ได้ดังกล่าวคลาดเคลื่อนจากค่าที่ได้จากทฤษฎี เนื่องจากแผ่นเยื่อแลกเปลี่ยนไอออนบางที่ใช้ไม่เป็นแบบอุดมคติ คือค่าทรานสปอร์ตนิมเบอร์ของไอออนบวกมีค่าน้อยกว่าหนึ่ง

ภาควิชา .....  
สาขาวิชา .....  
ปีการศึกษา ..... ๒๕๓๑

ลายมือชื่อนิสิต .....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

## พิมพ์ต้นฉบับบทความวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

MALEE TANASAN : THERMAL POTENTIAL ACROSS ION EXCHANGE MEMBRANE IN CHLORIDE SALT SOLUTION. THESIS ADVISOR : ASSO.PROF.PHIETON TRIVIJIT-KASEM, ED.D. 100 pp.

In this research, the study on thermal membrane potential across ion exchange membrane CR61 AZL389 separating two solutions which are at different temperatures were carried out to be compared with the theory of non-isothermal systems. The solutions used in this experiment are lithium chloride, sodium chloride, potassium chloride, magnesium chloride and calcium chloride at concentration of 0.001, 0.005, 0.01, 0.05 and 0.1 mole per liter for each solution. Silver-silver chloride electrodes were used to measure the thermal membrane potential while the temperature difference between two solution was read by a thermocouple. The range of temperature difference is in order of 10 celcius while the temperature at one compartment is kept constant at room temperature. In the first part of this research, all data were recorded on a graph-recorder and analyzed by an 8-bits micro-computer. In the final part, both thermal potential and temperature signals were processed and linked with 8-bits micro-computer by the constructed interface circuit, which is very helpful in averaging the huge amount of data pairs.

The experimental results show that the thermal membrane potential is linear dependent with temperature difference. The potential - temperature difference ratio is linearly related with logarithmic value of salt activity. The mentioned results are deviated from theoretical values due to nonideality of ion - exchange membrane. Namely, the cation transport numbers are less than unity.

ภาควิชา .....  
สาขาวิชา .....  
ปีการศึกษา ๒๕๓๑ .....

ลายมือชื่อนิสิต .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงต่อ รองศาสตราจารย์ ดร. พิฑูร ตรีวิจิตรเกษม อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาให้แนวความคิดในการวิจัย พร้อมทั้งสนับสนุนดำเนินการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเป็นอย่างดี พร้อมกันนี้ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ พิษณุ เจริญสมศักดิ์ และ อาจารย์ ธนา สุทธิโอกาส ที่ให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และกำลังใจ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ สำเร็จลุล่วงไปได้ และขอขอบคุณ คุณพิสิฐ ดำรงกิจการ ที่กรุณาแนะนำและให้ความรู้ด้าน คอมพิวเตอร์แก่ผู้เขียน

ท้ายนี้ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา อาจารย์ทุกท่าน ที่มีพระคุณให้ ความรู้แก่ผู้เขียนจนสามารถสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญตาราง .....	ณ
สารบัญภาพ .....	ฏ
บทที่	
1. บทนำ .....	1
2. ทฤษฎี .....	4
2.1 แผ่นเชื่อมต่อแลกเปลี่ยนไอออน .....	4
2.2 ขั้วไฟฟ้าเงิน-เงินคลอไรด์ .....	6
2.3 ทฤษฎีที่อธิบายศักย์ของแผ่นเชื่อมต่อ .....	7
2.4 ทฤษฎีอุณหพลศาสตร์แบบผันกลับไม่ได้ .....	8
2.5 ทฤษฎีศักย์ไฟฟ้าของแผ่นเชื่อมต่อเชิงมอลคร่อมแผ่นเชื่อมต่อแลกเปลี่ยนไอออน .....	10
3. การทดลอง .....	19
3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ .....	19
3.2 การเตรียมขั้วไฟฟ้าเงิน-เงินคลอไรด์ .....	22
3.3 การเตรียมสารละลาย .....	24
3.4 การเตรียมแผ่นเชื่อมต่อแลกเปลี่ยนไอออน .....	25
3.5 วิธีทำการทดลอง .....	26

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4. การเก็บข้อมูลโดยใช้คอมพิวเตอร์ .....	28
4.1 ความสามารถของเครื่องควบคุมการเก็บข้อมูล .....	28
4.2 การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับการเก็บข้อมูล .....	29
4.3 การทำงานของเครื่องควบคุมการเก็บข้อมูล .....	29
4.4 การทำงานของวงจรในเครื่องควบคุมการเก็บข้อมูล .....	33
4.5 การเทียบมาตรฐานค่าที่อ่านโดยคอมพิวเตอร์ .....	42
4.6 การทดลองโดยนำคอมพิวเตอร์มาควบคุมการวัด และเก็บข้อมูล .....	44
5. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล .....	45
5.1 เกลือ 1-1 อิเล็กโทรไลต์ .....	45
5.2 เกลือ 2-1 อิเล็กโทรไลต์ .....	51
6. สรุปและวิจารณ์ .....	57
6.1 สรุป .....	57
6.2 ข้อเสนอแนะ .....	60
เอกสารอ้างอิง .....	62
ภาคผนวก .....	65
ประวัติผู้เขียน .....	102



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.2.1 แสดงชื่อและหน้าที่ของขาแต่ละขา ในช่องเชื่อมต่อ ภายนอกที่เลือกใช้ .....	32
4.4.1 แสดงความสัมพันธ์ของแรงดันขา เข้ากับสัญญาณเชิงตัวเลข ที่แปลงจากเอาต์ .....	39
4.4.2 แสดงช่วงต่าง ๆ ของความต่างศักย์ ( $\Delta\psi$ ) และค่า $R_x$ ที่ใช้สำหรับขยายสัญญาณที่ปริแอมป์ โดยใช้ $R_x = 1.27 \text{ M}\Omega$ .....	40
4.4.3 แสดงช่วงต่างของอุณหภูมิ ( $\Delta T$ ) และ $R_x$ ที่ใช้ เมื่อ $R_x = 3.1 \text{ M}\Omega$ .....	41
4.4.4 แสดงการถอดรหัสของ LS138 ในวงจรควบคุม การเก็บข้อมูล .....	43
5.1 แสดงค่าความชันของกราฟระหว่าง $\Delta\psi/\Delta T$ กับค่า $\log a_x$ ที่คลาดเคลื่อนไปจากทฤษฎี .....	56
6.1.1 แสดงค่าทรานสปอร์ตนิมเบอร์ของแผ่นเชื่อมต่อเปลี่ยนไอออน ในสารละลาย 1-1 อีเล็กโทรไลต์ .....	59
6.1.2 แสดงผลของทรานสปอร์ตนิมเบอร์ที่มีต่อค่าความชันของกราฟ ระหว่าง $\Delta\psi/\Delta T$ กับค่า $\log a_x$ .....	61
ข.1 แสดงค่าน้ำหนักโมเลกุลและความหนาแน่น ของสารประกอบที่ใช้ .....	72
ข.2 แสดงค่าความหนาแน่นที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของสารละลายที่ใช้ .....	73

## สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ข.3    แสดงความสัมพันธ์ของความเข้มข้นในหน่วยโมลาร์ และหน่วยโมแลล .....	74
ข.4    แสดงความบริสุทธิ์ของสารที่ใช้ .....	75
ค.1.1    แสดงค่า $\Delta\psi/\Delta T$ ของสารละลายลิเทียมคลอไรด์ (LiCl) .....	76
ค.2.1    แสดงค่า $\Delta\psi/\Delta T$ ของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) .....	77
ค.3.1    แสดงค่า $\Delta\psi/\Delta T$ ของสารละลายโพแตสเซียมคลอไรด์ (KCl) .....	78
ค.4.1    แสดงค่า $\Delta\psi/\Delta T$ ของสารละลายแมกเนเซียมคลอไรด์ (MgCl <sub>2</sub> ) .....	79
ค.5.1    แสดงค่า $\Delta\psi/\Delta T$ ของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl <sub>2</sub> ) .....	80
ค.1.2    แสดงผลการทดลองในสารละลายลิเทียมคลอไรด์ (LiCl) .....	81
ค.2.2    แสดงผลการทดลองในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) .....	82
ค.3.2    แสดงผลการทดลองในสารละลายโพแตสเซียมคลอไรด์ (KCl) .....	83
ค.4.2    แสดงผลการทดลองในสารละลายแมกเนเซียมคลอไรด์ (MgCl <sub>2</sub> ) .....	84
ค.5.2    แสดงผลการทดลองในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl <sub>2</sub> ) .....	85

## สารบัญภาพ

	หน้า	
ภาพที่ 2.5.1	แผนภาพแสดงระบบของแผ่นเยื่อแลกเปลี่ยนไอออน ที่อยู่ระหว่าง สารละลายอิเล็กโทรไลต์ .....	14
ภาพที่ 3.1.1	แผนภาพแสดงการวัดศักย์ไฟฟ้าของแผ่นเยื่อ เซลล์รวม แผ่นเยื่อแลกเปลี่ยนไอออน โดยวิธีธรรมดา .....	20
ภาพที่ 3.2.1	แสดงการชุบขั้วไฟฟ้าเงิน - เงินคลอไรด์ โดยวิธี อิเล็กโทรไลซิส (electrolysis) .....	23
ภาพที่ 3.5.1	แสดงการจัดอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวัด ศักย์ไฟฟ้าของแผ่นเยื่อ เซลล์รวม .....	27
ภาพที่ 4.2.2	แสดงขาต่าง ๆ ของช่องเชื่อมต่อภายนอกของ คอมพิวเตอร์ .....	30
ภาพที่ 4.2.3	แสดงรายละเอียดของแผ่นวงจรที่ เชื่อมกับช่องเชื่อมต่อ ภายนอกของคอมพิวเตอร์ .....	31
ภาพที่ 4.3.1	แผนภาพแสดงการเก็บข้อมูล โดยคอมพิวเตอร์ .....	34
ภาพที่ 4.4	แสดงวงจรของเครื่องควบคุมการเก็บข้อมูล .....	37
ภาพที่ 4.4.1	แสดงวงจรแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง 5 โวลต์ .....	35
ภาพที่ 5.1.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้า ( $\Delta\psi$ ) กับความแตกต่างอุณหภูมิ ( $\Delta T$ ) ในสารละลายลิเทียมคลอไรด์ (LiCl) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ .....	46
ภาพที่ 5.1.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้า ( $\Delta\psi$ ) กับความแตกต่างอุณหภูมิ ( $\Delta T$ ) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ .....	47

## สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 5.1.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้า ( $\Delta\psi$ ) กับความแตกต่างอุณหภูมิ ( $\Delta T$ ) ในสารละลายโปรตัสเซียม คลอไรด์ (KCl) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ .....	48
ภาพที่ 5.1.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความต่างศักย์ไฟฟ้า และ ความแตกต่างอุณหภูมิ ( $\Delta\psi/\Delta T$ ) กับค่าลอการิทึมของแอคติวิตี ( $\log a$ ) ในสารละลายลิเทียมคลอไรด์ (LiCl) .....	48
ภาพที่ 5.1.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความต่างศักย์ไฟฟ้า และ ความแตกต่างอุณหภูมิ ( $\Delta\psi/\Delta T$ ) กับค่าลอการิทึมของแอคติวิตี ( $\log a$ ) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) .....	48
ภาพที่ 5.1.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความต่างศักย์ไฟฟ้า และ ความแตกต่างอุณหภูมิ ( $\Delta\psi/\Delta T$ ) กับค่าลอการิทึมของแอคติวิตี ( $\log a$ ) ในสารละลายโปรตัสเซียมคลอไรด์ (KCl) ....	48
ภาพที่ 5.1.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้า ( $\Delta\psi$ ) กับความแตกต่างอุณหภูมิ ( $\Delta T$ ) ในสารละลายลิเทียม คลอไรด์ (LiCl) ที่ความเข้มข้น 0.005 โมลต่อลิตร ....	49
ภาพที่ 5.1.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้า ( $\Delta\psi$ ) กับความแตกต่างอุณหภูมิ ( $\Delta T$ ) ในสารละลายลิเทียม คลอไรด์ (LiCl) ที่ความเข้มข้น 0.005 โมลต่อลิตร ....	50
ภาพที่ 5.2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้า ( $\Delta\psi$ ) กับความแตกต่างอุณหภูมิ ( $\Delta T$ ) ในสารละลายแมกเนเซียม คลอไรด์ ( $MgCl_2$ ) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ .....	52
ภาพที่ 5.2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้า ( $\Delta\psi$ ) กับความแตกต่างอุณหภูมิ ( $\Delta T$ ) ในสารละลายแคลเซียม คลอไรด์ ( $CaCl_2$ ) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ .....	53

## สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 5.2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความต่างศักย์ไฟฟ้า และความแตกต่างอุณหภูมิ ( $\Delta\psi/\Delta T$ ) กับค่าลอการิทึมของแอกติวิตี ( $\log a$ ) ในสารละลายแมกเนเซียมคลอไรด์ ( $MgCl_2$ ) ..	54
ภาพที่ 5.2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความต่างศักย์ไฟฟ้า และความแตกต่างอุณหภูมิ ( $\Delta\psi/\Delta T$ ) กับค่าลอการิทึมของแอกติวิตี ( $\log a$ ) ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ( $CaCl_2$ ) ....	55