

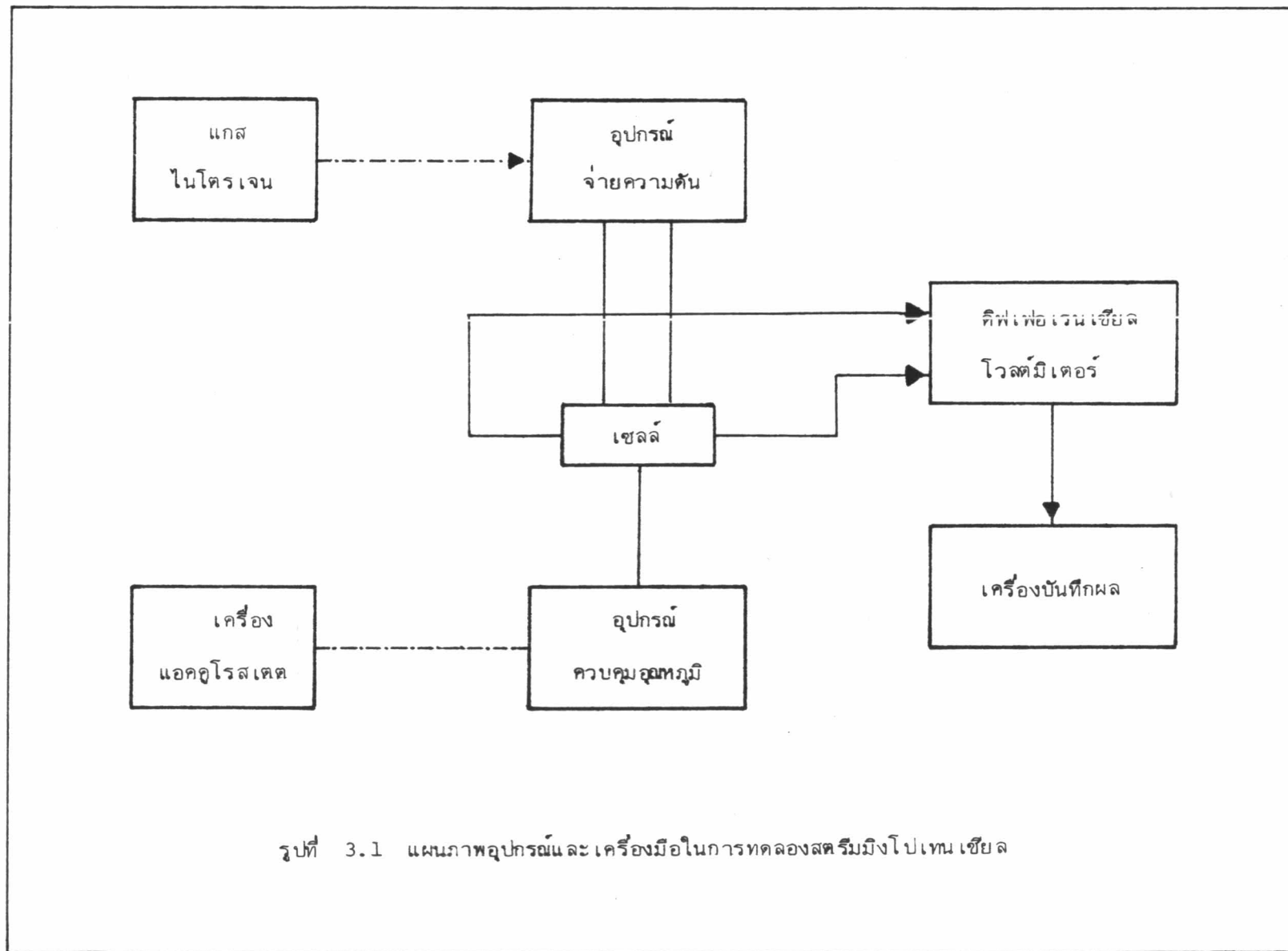
การทดลอง

การศึกษาดรรวมึงโปเทนเซียลมีประกอบ เซลล์ที่บรรจุสารละลายโดยไม่มีอุปกรณ์กวน อยู่ภายในคล้ายกับของ Trivijitkasem (1976, 1980) และให้ความดันของสารละลาย ทั้งสองข้างของแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนต่างกันด้วย การขัดแกสไนโตรเจนจากความดันในถังแกส โดยวิธีให้ความดันเป็นช่วงตามแบบของ Brun และ Vaala (1967) คือให้ความดันสลับ ทั้งสองข้างของแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนเป็นช่วงระยะเวลาหนึ่ง ๆ อีกทั้งได้ดัดแปลงขั้วไฟฟ้าเงิน-เงินคลอไรด์ใหม่ เพื่อให้สะดวกในการประกอบและประหยัดโดยใช้โลหะเงินเป็นฐานแทน ทองคำขาว (Platinum)

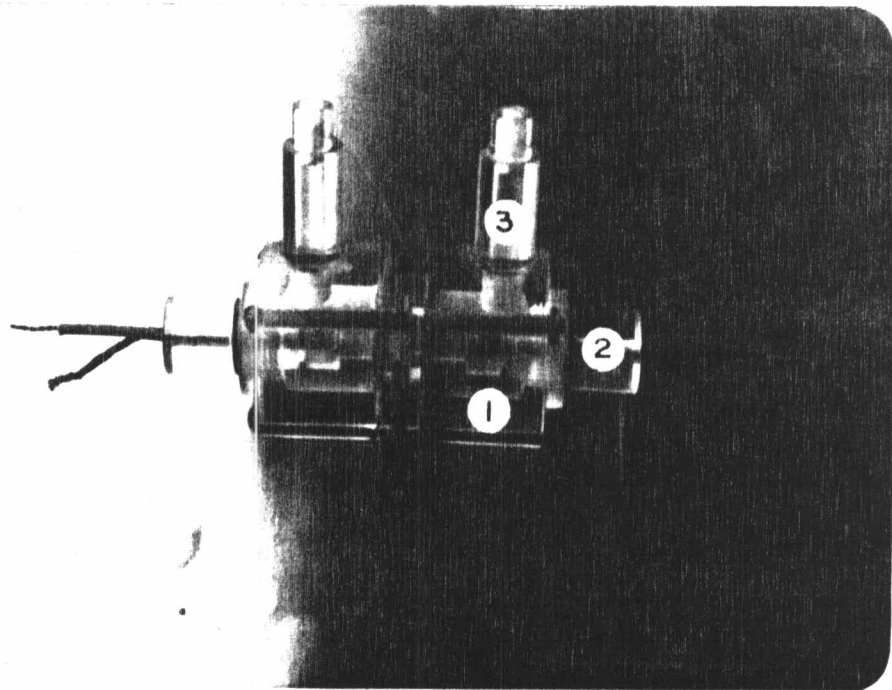
3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

อุปกรณ์และเครื่องมือหลักที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย 5 ส่วนดังนี้คือ เซลล์ที่บรรจุสารละลาย, อุปกรณ์จ่ายความดัน, อุปกรณ์และเครื่องควบคุมอุณหภูมิ, ดีฟเฟอเรนเชียล โวลต์มิเตอร์ (differential voltmeter) และเครื่องบันทึกผล (recorder) ดังแผนภาพที่แสดงในรูปที่ 3.1

เซลล์ที่บรรจุสารละลายทำด้วยพลาสติกใสและไม่มีอุปกรณ์กวนอยู่ในเซลล์ ตัว เซลล์ประกอบด้วยส่วนเก็บสารละลายสองส่วนซึ่งกันด้วยแผ่นแลกเปลี่ยนไอออน และในแต่ละส่วน มีท่อเปิดที่สามารถนำไปต่อกับท่อที่มีลิ้นปิด-เปิดควบคุมความดันจากถังแกสไนโตรเจน รายละเอียด ของตัวเซลล์ได้แสดงแบบไว้ในภาคผนวก ก. รูปที่ ก.1

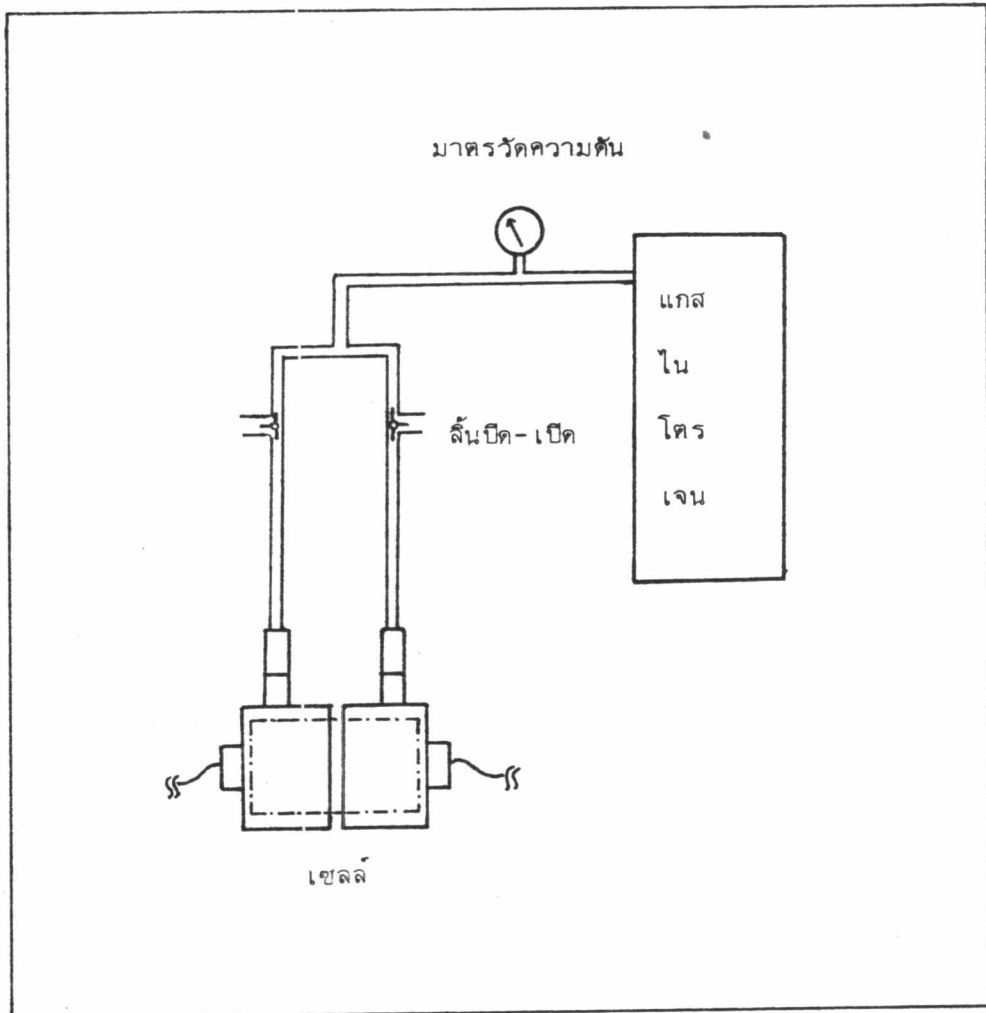


รูปที่ 3.1 แผนภาพอุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลองสตรัมมิงโปเทนเซียล



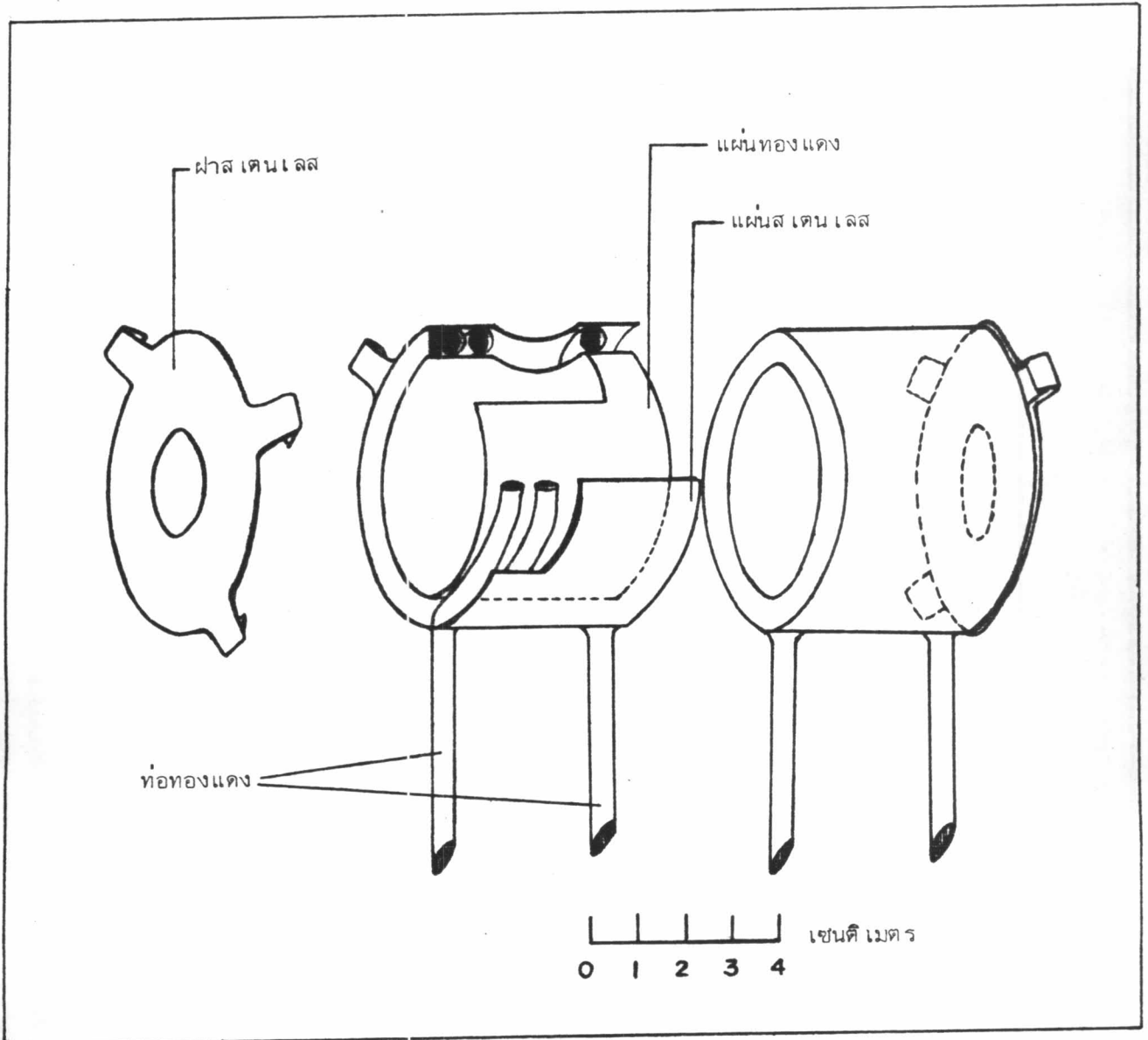
รูปที่ 3.2 เซลล์ที่ประกอบเรียบร้อยแล้ว โดย 1 : ตัวเซลล์
2 : ขั้วไฟฟ้าเงิน-เงินคลอไรด์, 3 : ท่อเปิด

เซลล์ที่ประกอบแล้วจะต่อเข้ากับอุปกรณ์จ่ายความดันดังแผนภาพในรูปที่ 3.3 มีมาตรวัดความแตกต่างความดันของแก๊สไนโตรเจนจากถังแก๊ส และลิ้นปิด-เปิด เป็นตัวเลือกให้แก๊สเข้าสู่ข้างใดข้างหนึ่งของเซลล์สลับซ้าย-ขวาโดยการหมุน ลิ้น ปิด-เปิดด้วยมือ ซึ่งต่างจากของ Trivijitkasem (1976, 1980) ที่ใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ตั้ง เวลาได้ควบคุมการปิด-เปิดของลิ้น ความแตกต่างความดันที่ใช้เป็น 0.4, 0.6 และ 0.8 บรรยากาศ แต่ละช่วงความดันใช้เวลาประมาณ 60 วินาทีสลับซ้าย-ขวาของแผ่นแลกเปลี่ยนไอออน โดยข้างที่มีความดันต่ำจะเปิดสู่อากาศ



รูปที่ 3.3 แผนภาพของอุปกรณ์จ่ายความดัน

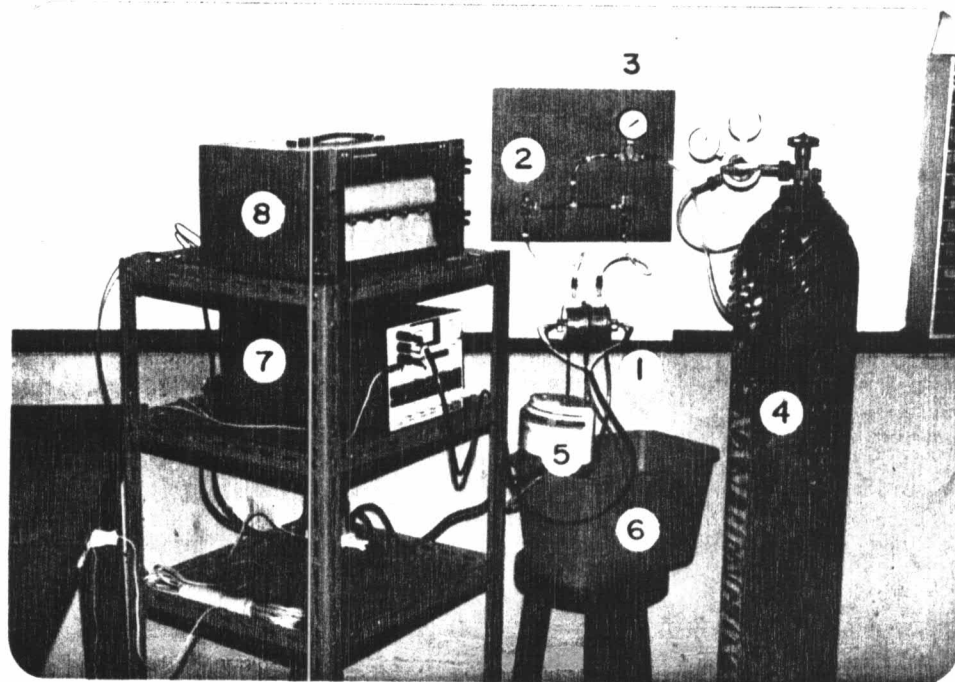
เพื่อควบคุมอุณหภูมิของเซลล์ให้คงที่ตลอดช่วงการทดลองหนึ่ง ๆ จึงวางเซลล์ไว้ในตัวถังซึ่งประกอบด้วยโลหะสองชั้นคือ ชั้นในเป็นทองแดงและชั้นนอกเป็นสแตนเลส ระหว่างแผ่นโลหะทั้งสองมีท่อทองแดงพันโดยรอบดังแสดงในรูปที่ 3.4 โดยวิธีปั้มน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิ 25 ± 0.5 องศาเซลเซียสด้วยเครื่องแอคคูโรสแตต (Accurostat, Griffin, Griffin & George Ltd., London) ให้ไหลผ่านเข้าไปในท่อทองแดง ทำให้สามารถควบคุมอุณหภูมิของเซลล์ได้ตามต้องการ



รูปที่ 3.4 ภาคตัดขวางของตัวถังโลหะ

ขณะที่ทำการทดลองความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นระหว่างขั้วไฟฟ้าวัดได้ด้วย เครื่องดิฟเฟอเรนเชียลโวลต์มิเตอร์ (Fluke 88A, John Fluke MFG., Co. Ltd., U.S.A.) ที่มีความถูกต้อง 0.1 % ในช่วง 0.1 - 1.0 มิลลิโวลต์ และบันทึกผลสัญญาณที่ได้เทียบกับเวลาด้วยเครื่องบันทึกผล (SR 651, Watanabe, Japan) ที่มีความถูกต้อง 0.5 % โดยการตรวจสอบความถูกต้องของทั้งสอง เครื่องด้วย เครื่องให้ความต่างศักย์ไฟฟ้ามาตรฐาน (Standard Voltage, Fluke 515A, John Fluke MFG., Co. Ltd., U.S.A)

เมื่อประกอบอุปกรณ์และเครื่องมือเข้าด้วยกันทุกส่วนดังแสดงในรูปที่ 3.5 จึงพร้อมที่จะทำการทดลองต่อไป



รูป 3.5 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ประกอบขึ้นเพื่อการทดลองมาตรฐานมีนิกโปเทน เซลล์,
 1 : เซลล์บรรจุสารละลายพร้อมตัวถังโลหะ, 2 : สวิตช์-เปิด 3 : มาตรฐานวัดความดัน,
 4 : ตัวแกสไนโตรเจน, 5 : เครื่องแอมป์โรสเทต 6 : ตัวน้ำ,
 7 : ดิฟเฟอเรนเชียลโวลต์มิเตอร์, 8 : เครื่องบันทึกผล

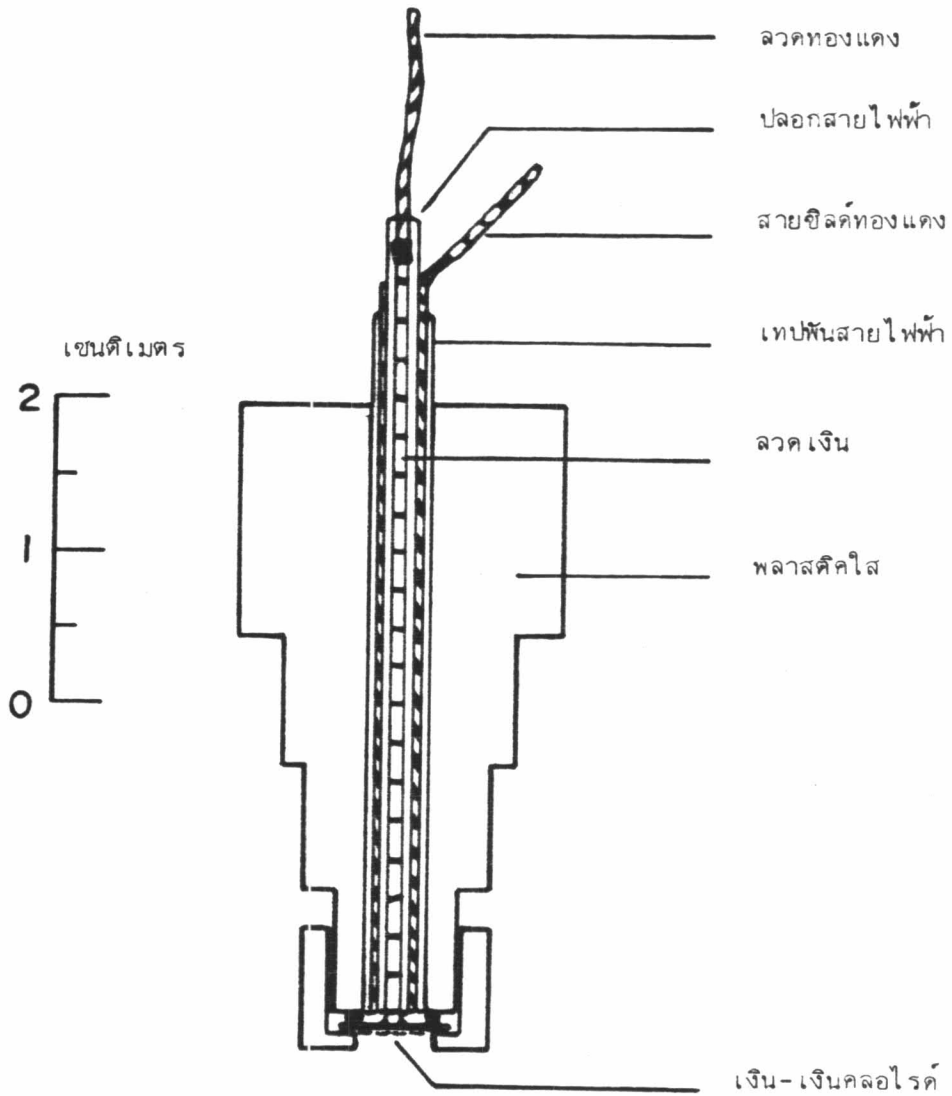
3.2 การเตรียมขั้วไฟฟ้าเงิน-เงินคลอไรด์

ขั้วไฟฟ้าและวิธีการสร้างขั้วไฟฟ้ามีมากมายหลายแบบและหารายละเอียดได้ในหนังสือต่าง ๆ เช่น Ives และ Janz (1961) ในที่นี้จะใช้ขั้วไฟฟ้าเงิน-เงินคลอไรด์ ซึ่งเป็นแบบที่สองและผืน กลับได้กับจลอไรด์อ็อน เพื่อความสะดวกและการประหยัด จึงใช้พลาสติกใสเป็นตัวยึดแผ่นโลหะเงินที่จะนำมาชุบให้เป็นเงิน-เงินคลอไรด์แทนทองคำขาวที่ใช้เป็นตัวยึด ดังรายละเอียดต่อไปนี้

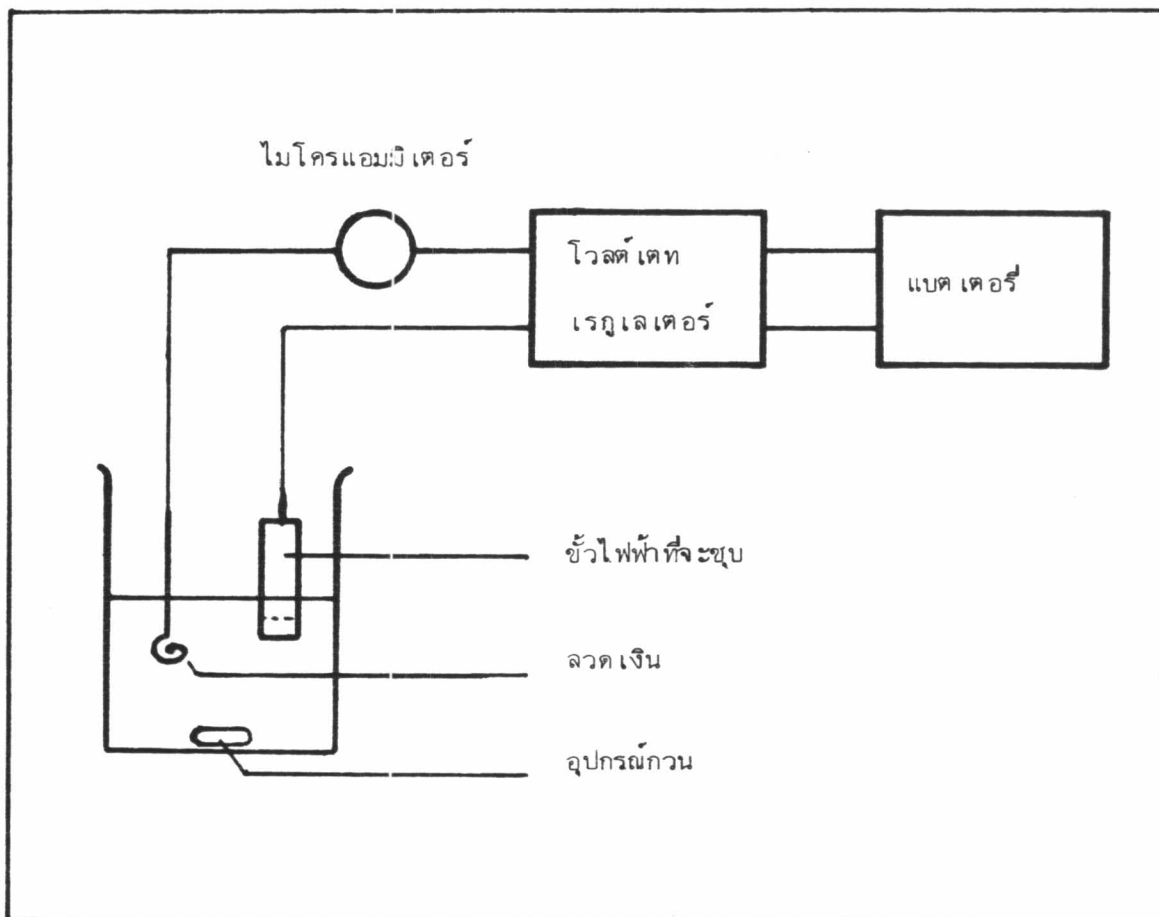
ตัดแผ่นเงินบริสุทธิ์ 99.99 % หนา 0.5 มิลลิเมตรออกเป็นแผ่นกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.7 มิลลิเมตร, ชัดผิวหน้าเงินให้เรียบด้วยกระดาษทรายละเอียด, เชื่อมแผ่นเงินเข้ากับลวดเงินที่ยาวประมาณ 4 - 5 เซนติเมตร โดยให้ลวดเงินอยู่ที่กึ่งกลาง และตั้งฉากกับระนาบของแผ่นเงิน อีกปลายข้างหนึ่งบัดกรีติดกับลวดทองแดงชนิดอ่อน แล้วนำแผ่นเงินที่เชื่อมเสร็จแล้วไปประกอบเข้ากับตัวยึดที่กลึงจากพลาสติกใส ดังแบบที่แสดงไว้ในภาคผนวก ก. รูปที่ ก.2 โดยระหว่างลวดเงินและพลาสติกใสจะมีปลอกสายไฟฟ้า เป็นฉนวนกันระหว่างลวดเงินกับลวดทองแดงที่เป็นสายซิลด์ ดังแผนภาพในรูปที่ 3.6 ใช้ซิลิโคนเป็นตัวยึดระหว่างแผ่นเงินกับพลาสติกใส เพื่อกันการซึมของสารละลายเข้าไปยังด้านหลังของแผ่นเงินและลวดเงิน

ขั้วไฟฟ้าที่ประกอบแล้วจะต้องทำความสะอาดผิวหน้าเงินก่อนจะนำไปชุบ โดยล้างด้วยกรดไนตริกความเข้มข้น 0.3 โมลต่อลิตรตามด้วยน้ำกลั่น แล้วจึงล้างด้วยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น จากนั้นนำไปแช่ในน้ำกลั่นที่กวนอยู่ตลอดเวลา เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จึงนำขั้วไฟฟ้านี้ไปชุบเป็นเงิน-เงินคลอไรด์โดยวิธีอิเล็กโทรไลซิส ดังต่อไปนี้

ต่อขั้วไฟฟ้าที่เตรียมไว้และลวดเงินที่ล้างด้วยวิธีเดียวกันเข้ากับขั้วบวกและลบของแบตเตอรี่ตามลำดับ, จุ่มขั้วไฟฟ้าและลวดเงินลงในสารละลายกรดเกลือที่มีความเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร ควรระวังไม่ให้มีฟองอากาศเกาะที่ผิวหน้าเงิน ทั้งขั้วไฟฟ้า, ลวดเงิน และสารละลายต้องอยู่ในที่มืด แผนภาพการชุบแสดงไว้ในรูปที่ 3.7 ผ่านกระแสไฟฟ้า ความหนาแน่นกระแส 0.4 มิลลิแอมแปร์ต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยใช้โวลต์เคเทรกูลเลเตอร์เป็นตัวปรับกระแสไฟฟ้าให้คงที่ตลอดเวลา



รูปที่ 3.6 แผนภาพของขั้วไฟฟ้าเงิน-เงินคลอไรด์



รูปที่ 3.7 แผนภาพการชุบเงิน-เงินคลอไรด์

เมื่อชุบขั้วไฟฟ้าทราบกำหนดเวลา นำไปล้างด้วยน้ำกลั่นแล้วเก็บไว้ในที่มืดโดยจุ่มให้ผิวเงิน-เงินคลอไรด์อยู่ในสารละลายกรดเกลือที่มีความเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตรที่กวนอยู่ตลอดเวลาไม่น้อยกว่า 3 วันและความต่างศักย์ระหว่างขั้วไฟฟ้าคู่หนึ่ง ๆ จะต้องไม่เกิน 10 ไมโครโวลต์ จึงนำไปใช้งานได้

3.3 การเตรียมสารละลาย

สารละลายที่ใช้เตรียมจากเกลืออัลคาไลคลอไรด์และอัลคาไลเอิร์ทคลอไรด์ ได้แก่ LiCl, NaCl, KCl, MgCl₂ และ BaCl₂ เปอร์เซนต์ ความบริสุทธิ์และชื่อ, ที่อยู่ของผู้ผลิตของเกลือแต่ละชนิดได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข ตารางที่ ข. 1 วิธีการเตรียมสารละลายมีดังนี้

นำเกลือแต่ละชนิดมาเตรียมสารละลายความเข้มข้น 0.001, 0.01, 0.1 และ 1.0 สมมูลต่อลิตร ทั้งนี้เพื่อให้สารละลายแต่ละความเข้มข้นของเกลือต่างชนิดกันมีความหนาแน่นของประจุบวกเท่ากัน โดยเตรียมสารละลายความเข้มข้น 1.0 สมมูลต่อลิตรจากการละลายเกลือหนัก 1.0 กรัมสมมูล โดยการชั่งด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้า (sartorius 2464, Sartorius GMBH, Germany) ที่อ่านได้ละเอียดถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 4 แล้วเติมน้ำกลั่นจนปริมาตรเป็น 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตรในขวดตวง (volumetric flask, 1000 ml., 20°C) แล้วแบ่งสารละลายที่ได้มา 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรด้วยกระบอกตวง (100 ml, 20°C) ผสมกับน้ำกลั่นจนเป็น 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตรในขวดตวง จะได้สารละลายความเข้มข้น 0.1 สมมูลต่อลิตร โดยการเตรียมทำนองเดียวกันจะได้สารละลายความเข้มข้น 0.01 และ 0.001 สมมูลต่อลิตรตามลำดับ สารละลายทั้ง 4 ความเข้มข้นของเกลือแต่ละชนิดเตรียมขึ้นพร้อมกันที่อุณหภูมิห้องเดียวกัน โดยถือว่าความคลาดเคลื่อนจากการตวงที่เป็นผลจากอุณหภูมิมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับสารละลายที่มีปริมาตรมากพอ

3.4 การเตรียมแผ่นแลกเปลี่ยนไอออน

แผ่นแลกเปลี่ยนไอออนที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนบวกแบบเอกพันธ์ของ Ionic Inc., Mass., U.S.A. 3 ชนิด ดังแสดงข้อมูลบางประการของแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนไว้ในภาคผนวก ข ตารางที่ ข. 2 การเตรียมแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนมีดังนี้

ตัดแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนแต่ละชนิดออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาด 15 x 15 มิลลิเมตร, ล้างด้วยน้ำกลั่นแล้วแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกแช่ในสารละลายความเข้มข้น 0.1 สมมูลต่อลิตร กลุ่มที่สองแช่ในสารละลายความเข้มข้น 1.0 สมมูลต่อลิตร เป็นเวลา 3 วัน โดยเปลี่ยนสารละลายทุกวัน เพื่อกระตุ้นให้แผ่นแลกเปลี่ยนไอออนบวกของสารละลายได้

แทนที่ไฮโดรเจนไอออนที่มีอยู่เดิม เนื่องจากการสังเคราะห์แผ่นแลกเปลี่ยนไอออน เรียกกระบวนการนี้ว่า กระบวนการคอนดิชันนิง (conditioning process) หลังจากนั้นนำแผ่นแลกเปลี่ยนแต่ละกลุ่มมาแยกแช่ในสารละลายความเข้มข้นเท่ากับที่จะทำการทดลอง เป็นเวลาอย่างน้อย 7 วันก่อนที่จะนำไปใช้ โดยระหว่างนั้นจะต้องเปลี่ยนสารละลายทุกวัน เพื่อปรับความเข้มข้นของสารละลายทั้งภายนอกและภายในของแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนให้เท่ากัน เรียกกระบวนการนี้ว่า กระบวนการอิควิลิเบรท (equilibration process) ในกระบวนการทั้งสองการแช่แผ่นแลกเปลี่ยนไอออนในสารละลายจะต้องใช้ขวดแก้วที่มีฝาปิด เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำที่จะทำให้ความเข้มข้นของสารละลายเปลี่ยนไป

3.5 วิธีทำการทดลอง

การประกอบเซลล์ให้แผ่นแลกเปลี่ยนไอออนที่เตรียมไว้แล้วอยู่ระหว่างสองส่วนที่เหมือนกันของเซลล์ ดังรูปที่ 3.4 เติมสารละลายที่จะทดลองไปในเซลล์แล้วสวมขั้วไฟฟ้า เข้าที่ละข้าง โดยไม่ให้มีฟองอากาศอยู่ภายในเซลล์ สวมตัวถังโลหะที่ใช้ควบคุมอุณหภูมิ เข้าทั้งสองข้างแล้วจึงต่อสายพลาสติกซึ่ง เป็นทางนำของแก๊ส เข้าสู่เซลล์และสายพลาสติกซึ่งเป็นทางนำ เข้าของน้ำสู่ตัวถังโลหะที่มีเซลล์อยู่ภายในพร้อมทั้งสายวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าของ เครื่องดิฟเฟอเรนเชียลโวลต์มิเตอร์ที่ขั้วไฟฟ้า ปริมาณน้ำที่มีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เข้าสู่ตัวถังโลหะสักครู่ แล้วจึงเปลี่ยนช่วงความต่างศักย์ไฟฟ้าของ เครื่องดิฟเฟอเรนเชียลเป็น -0.001 ถึง 0.001 โวลต์ ปรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของ เครื่องดิฟเฟอเรนเชียลโวลต์มิเตอร์จนกระทั่ง เข็มที่หน้าปัดชี้เลขศูนย์ หลังจากนั้น เปลี่ยนความเร็วกระดาดของ เครื่องบันทึกผลเป็น 60 มิลลิเมตร ต่อนาที การเปลี่ยนแปลงของความต่างศักย์ไฟฟ้า เมื่อไม่มีการเพิ่มหรือลดของความต่างศักย์ไฟฟ้าแล้วปรับให้ เข็มที่หน้าปัดของ เครื่องดิฟเฟอเรนเชียลที่เลขศูนย์อีกครั้งหนึ่ง เพื่อทำการทดลองวัดความต่างศักย์ไฟฟ้า เมื่อมีความแตกต่างความดัน ดังนี้

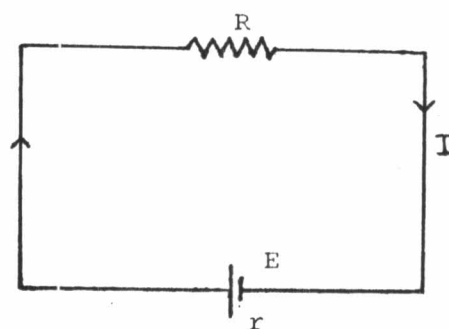
อัดแก๊สไนโตรเจนที่มีความแตกต่างความดัน 0.4 บรรยากาศเข้าไปในเซลล์เป็นช่วง ๆ ช่วงละ 60 วินาที โดยแต่ละความดันอัด เข้าที่ละข้างของ เซลล์และข้างที่มีความดันต่ำ เปิดสู่อากาศ ขณะที่อัดความดันของแก๊สไนโตรเจน เข้าข้างหนึ่งของ เซลล์ เข็มที่หน้าปัดของ เครื่องดิฟเฟอเรนเชียลและเข็มบันทึกของ เครื่องบันทึกผลก็จะเบี่ยงเบนออกจากเลขศูนย์ นั่นคือค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น เมื่อเวลาผ่านไปครบ 60 วินาทีแล้วจึงหมุนลิ้นปิดทางเดินของ แก๊สให้ความดันทั้งสองข้าง เท่ากันและ เท่ากับความดันของบรรยากาศ เข็มของ เครื่องดิฟเฟอเรน

เซลล์และเครื่องบันทึกจะค่อย ๆ เบนกลับมา จนกระทั่ง เข็มของ เครื่องทั้งสอง กลับมาสู่ตำแหน่ง เดิมหรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงอีก จึงวัดความดันของแก๊สไนโตรเจน เข้าอีกข้างหนึ่งของ เซลล์ เข็มของทั้งสอง เครื่องจะ เบนออกจาก เลขศูนย์แต่ในทิศทางตรง กันข้ามกับครั้งแรก เมื่อให้ ความดันทั้งสองข้างของ เซลล์ เท่ากับความดันบรรยากาศ เข็มของทั้งสอง เครื่องจะ เบนกลับมา สู่ที่เดิมอีกครั้งหนึ่ง โดย เบน เบี่ยงออกจากศูนย์ได้ไม่เกิน ± 20 ไมโครโวลต์ แล้วจึงทำ การทดลองซ้ำอีกโดย เพิ่มความแตกต่างความดันเป็น 0.6 และ 0.8 บรรยากาศตามลำดับ

ในแต่ละความ เข้มข้นของสารละลายจะต้องทำการทดลองซ้ำ โดย เปลี่ยนแผ่นแลกเปลี่ยน อีออนอย่างน้อยสองครั้ง ความต่าง ศักย์ไฟฟ้าระหว่างการวัดความดันเข้าข้างซ้ายและข้างขวา ของ เซลล์มีความแตกต่างกันไม่เกิน $\pm 2\%$ และระหว่างแผ่นแลกเปลี่ยนอีออนหนึ่ง ๆ มีความแตกต่าง กันไม่เกิน $\pm 5\%$

จากหลักการวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าของ เครื่องดิฟเฟอเรนเชียลโวลต์มิเตอร์โดยพิจารณา วงจรในรูปที่ 3.8 ประกอบ ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่อ่านได้จะถูกต้องที่สุด เมื่อ เข็มที่หน้า เข็มชี้เลขศูนย์ นั่นคือ แรงเคลื่อนไฟฟ้าของ เครื่องซึ่งจะ เท่ากับแรงเคลื่อนไฟฟ้าของ เซลล์ ทำให้ ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรและความต้านทานภายในของ เครื่องเป็นอนันต์ แต่เมื่อ เข็ม เบี่ยง เบนออกจากเลขศูนย์ แสดงว่า ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่อ่านได้ไม่ใช่แรงเคลื่อนไฟฟ้าของ เซลล์ ทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร ความต้านทานไฟฟ้าภายใน เครื่องจะเปลี่ยนแปลงไปตามช่วง ของความต่างศักย์ไฟฟ้าที่อ่านได้จากเครื่อง

ดิฟเฟอเรนเชียลโวลต์มิเตอร์



เซลล์

รูปที่ 3.8 วงจรอย่างง่ายของการใช้ดิฟเฟอเรนเชียลโวลต์มิเตอร์

$$\text{และ} \quad E = IR + Ir \quad (3.1)$$

โดย E เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าของเซลล์, I เป็นกระแสไฟฟ้า, R เป็นความต้านทานไฟฟ้าภายในของเครื่องดีฟเฟอเรนเชียลโวลต์มิเตอร์, และ r เป็นความต้านทานไฟฟ้าภายในของเซลล์

ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่อ่านได้เป็นความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมเครื่อง (IR) ซึ่งจะมีค่าใกล้เคียงกับแรงเคลื่อนไฟฟ้าของเซลล์ ถ้า r มีค่าน้อย ๆ เมื่อเทียบกับ R แต่ถ้า r มีค่ามาก ๆ แล้ว ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่อ่านจะน้อยกว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าของเซลล์เป็นค่า Ir และสามารถหาแรงเคลื่อนไฟฟ้าของเซลล์ได้จากความต่างศักย์ไฟฟ้าที่อ่านได้โดยคูณด้วยตัวคูณ (factor) ความต่างศักย์ไฟฟ้า ซึ่งตัวคูณนี้จะหาได้จากสมการ (3.1) ดังนี้

$$E = IR + \frac{IR}{R} r = IR \left(\frac{R+r}{R} \right) \quad (3.2)$$

จะได้ $(R+r)/R$ เป็นตัวคูณความต่างศักย์ไฟฟ้าซึ่งขึ้นกับ r เมื่อ R คงที่

ในการทดลองนี้ วัดความต่างศักย์ไฟฟ้าในช่วง -0.001 ถึง 0.001 โวลต์ ความต้านทานภายในเครื่องเป็น 1 เมกโอห์ม ส่วนความต้านทานภายในเซลล์ประกอบด้วย 2 ส่วนดังนี้ ส่วนแรกเป็นความต้านทานของสารละลายซึ่งขึ้นกับความเข้มข้นของสารละลาย โดยอาศัยขั้วอิเล็กโทรดนำไฟฟ้าสมมูล (equivalent conductance) ของ Hodgman (1961) ดังตารางที่ ข. 3 ในภาคผนวก ข. และสมการ (4.1) จาก Koryta (1970) ดังนี้

$$r' = \frac{1000}{\Lambda_{C_{eq}}} \frac{l}{a} \quad (3.3)$$

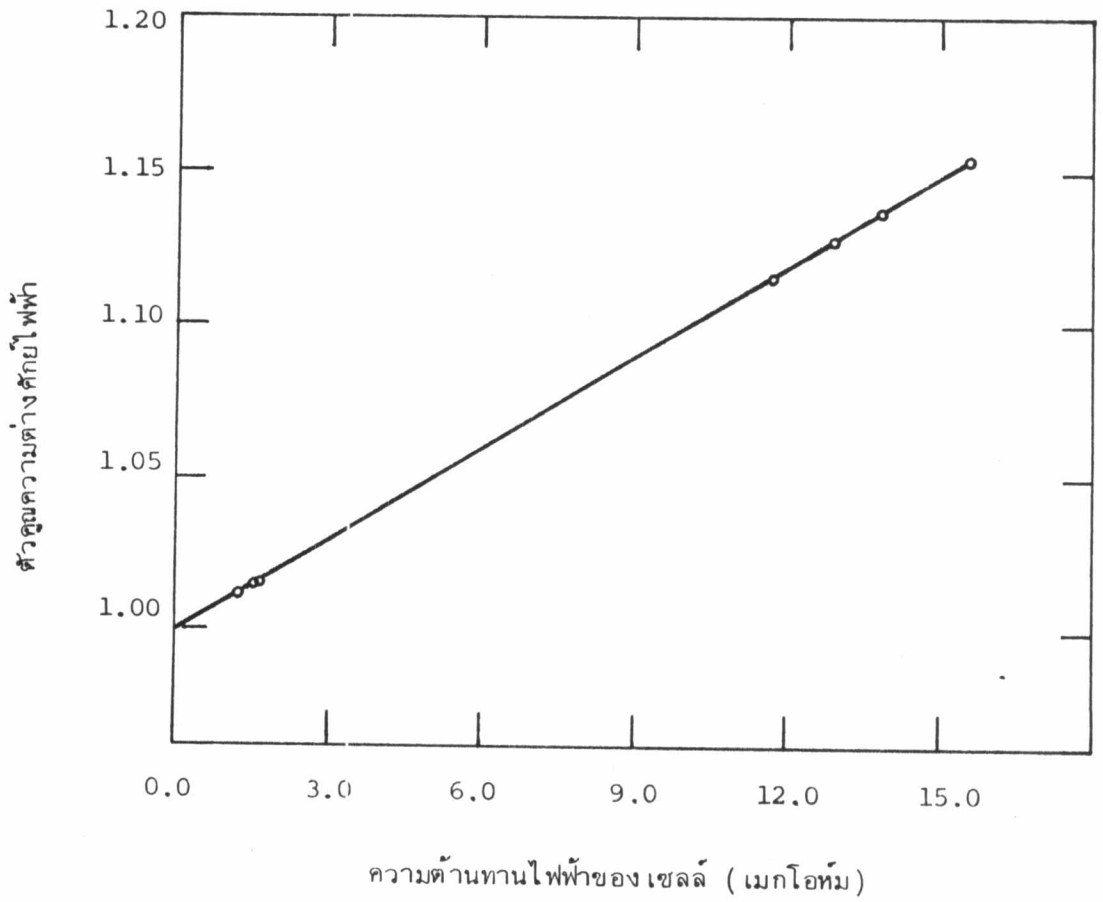
เมื่อ r' เป็นความต้านทานไฟฟ้าของสารละลายที่ยาว l พื้นที่หน้าตัด a มีความเข้มข้น C_{eq} สมมูลคือลิตรและสภาพนำไฟฟ้าสมมูล Λ จะได้ความต้านทานไฟฟ้าภายในเซลล์ดังแสดงในตารางที่ 3.1 ส่วนที่สองเป็นความต้านทานไฟฟ้าของแผ่นแลกเปลี่ยนไอออน จากขั้วอิเล็กโทรดของแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนคือ สภาพนำไฟฟ้าจำเพาะ (specific conductivity) มีค่าประมาณ

15×10^{-3} โหม้มต่อตารางเซนติเมตร (mho/cm^2) และแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนที่ใช้มีความหนาสูงสุด 1.2 มิลลิเมตร รัศมีพื้นที่หน้าตัด 0.4 เซนติเมตร จะได้ความต้านทานไฟฟ้าของแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนประมาณ 16 โหม้ม ซึ่งถือได้ว่ามีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับความต้านทานไฟฟ้าของสารละลาย ดังนั้นค่า r จะค้ำเนื่องถึงเพียงค่า r' ได้

จากค่าความต้านทานไฟฟ้าของสารละลายในตารางที่ 3.1 จะได้ ตัวคูณความต่างศักย์ไฟฟ้าที่แปรตามความต้านทานไฟฟ้าภายในเซลล์ ดังแสดงในรูปที่ 3.9 แล้วนำไปปรับค่าความต่างศักย์ที่อ่านได้ให้ถูกต้องยิ่งขึ้น

ตารางที่ 3.1 ความต้านทานไฟฟ้าภายใน เซลล์ของสารละลาย เกลือที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ณ 25 องศาเซลเซียส

เกลือ	ความต้านทานไฟฟ้า (เมกโหม้ม)		
	ความเข้มข้นของสารละลาย (สมมูลต่อลิตร)		
	0.001	0.01	0.1
LiCl	0.154	0.016	0.002
NaCl	0.140	0.015	0.002
KCl	0.118	0.012	0.001
MgCl ₂	0.139	0.014	0.002
BaCl ₂	0.128	0.014	0.002



รูปที่ 3.9 กราฟระหว่างความต้านทานไฟฟ้าของ เซลล์กับตัวคูณความต่างศักย์ไฟฟ้า