บทที่ 3

วิธีการทดลอง

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง

1. Ion analyzer-250 (CIBA Corning, United Kingdom)

2. Flame Atomic Absorption Spectrophotometer model 4000 (Perkin-Elmer, 1980)

3. X-Ray Diffractometer model channel control PM 1390, pen recorder PM 8203, Goniometer supply PM 1373, Phillips (Made in Holland)

4. Reaction Vessel แสดงในรูปที่ 3.1 ประกอบด้วยบีกเกอร์ขนาดจุ 1 ลิตร พร้อมฝาปิด ซึ่งมีคอ 5 คอ สำหรับหย่อน electrodes ต่าง ๆ และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่จำเป็น ดังนี้

- pH combination electrode
- redox combination electrode
- platinum electrode
- ท่อน่ำแก๊สเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ประกอบด้วยปลายด้านหนึ่งซึ่งมี 8 ช่องเล็ก ๆ
- เทอร์โมมิเตอร์

5. Water Bath เพื่อใช้ปรับอุณหภูมิของสารให้ได้ตามที่ต้องการ

6. ปั๊มอากาศ ใช้ในการพ่นอากาศขณะทดลองกระบวนการเฟอร์ไรท์

7. อุปกรณ์การกรองดูดตะกอนเฟอร์ไรท์ ประกอบด้วยกรวยบุชเนอร์ (Buchner Funnel) ขวดซัคชัน (Suction Flask), Glass Microfibre Filters (GF/C) Whatman 7.0 cm และปั๊มอากาศ

รูปที่ 3.1 Reaction Vessel ในการทดสอบกระบวนการเฟอร์ไรท์

8. อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างน้ำขวดพลาสติกโพลีโพรไพลีน (Polypropylene) ขนาดความจุ 1 ลิตร ล้างด้วย (1+1) กรดไนตริก 1 ครั้ง และตามด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้ง

9. แก๊สไนโตรเจน (industrial grade)

3.2 สารเคมี

1. Stock Solution 1000 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรของโครเมียม ชั่ง $Cr_2(SO_4)_3.15H_2O$ (analytical grade) 6.3698 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตรใน Volumetric Flask ขนาด 1 ลิตร

2. Stock Solution 1000 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรของนิเกิล ชั่ง $NiSO_4.6H_2O$ (analytical grade) 4.4773 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร ใน Volumetric Flask ขนาด 1 ลิตร

3. Stock Solution 1000 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรของโครเมียมและนิเกิล ชั่ง $Cr_2(SO_4)_3.15H_2O$ (analytical grade) 6.3698 กรัม และชั่ง $NiSO_4.6H_2O$ (analytical grade) 4.4773 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร ใน Volumetric Flask ขนาด 1 ลิตร

4. $FeSO_4.7H_2O$ (lab grade)

5. 4N NaOH ชั่ง NaOH 160 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นที่ต้มให้เดือดและทำให้เย็นจนได้ปริมาตร 1 ลิตร เป็นสารละลายที่ใช้ปรับค่าพีเอชของสารละลายในกระบวนการเฟอร์ไรท์

6. (1+1) H_2SO_4 ตวง Conc H_2SO_4 500 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่นปริมาตร 500 มิลลิลิตร ผสมให้เข้าด้วยกัน เป็นสารละลายที่ใช้ปรับพีเอชของสารละลายขณะเริ่มต้นปฏิกิริยาเพื่อรักษาพีเอชให้มีความเป็นกรดเริ่มแรกก่อนเติมเกลือเฟอรัสซัลเฟต

7. Conc HNO_3

3.3 สารตัวอย่าง

1. สารตัวอย่างโครเมียม เตรียมสารละลายตัวอย่าง Cr^{3+} ที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรโดย ปิเปต Stock Solution ของ Cr^{3+} 1000 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรมา 100 มิลลิลิตรใส่ใน Volumetric Flask ขนาด 1 ลิตร เติมน้ำกลั่นจนปริมาตรรวมเป็น 1 ลิตร

2. สารตัวอย่างนิเกิล เตรียมสารละลายตัวอย่าง Ni^{2+} ที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรโดยปิเปต Stock Solutionของ Ni^{2+} 1000 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรมา 100 มิลลิลิตรใส่ใน Volumetric Flask ขนาด 1 ลิตร เติมน้ำกลั่นจนปริมาตรรวมเป็น 1 ลิตร

3. สารผสมของโครเมียมและนิเกิล ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

- สารผสมโครเมียมและนิเกิลเข้มข้นอย่างละ 1000 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ชั่ง $Cr_2(SO_4)_3.15H_2O$ 6.3698 กรัม และชั่ง $NiSO_4.6H_2O$ 4.4773 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร ใน Volumetric Flask ขนาด 1 ลิตร

- สารผสมโครเมียมและนิเกิลเข้มข้นอย่างละ 100 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร โดยปิเปต Stock Solution ของ สารละลายผสมโครเมียมและนิเกิล 1000 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรมา 100 มิลลิลิตรใส่ใน Volumetric Flask ขนาด 1 ลิตร เติมน้ำกลั่นจนปริมาตรที่อ่านได้เป็น 1 ลิตร

- สารผสมโครเมียมและนิเกิลเข้มข้นอย่างละ 10 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร โดยปิเปต Stock Solution ของ สารละลายผสมโครเมียมและนิเกิล 1000 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรมา 10 มิลลิลิตรใส่ใน Volumetric Flask ขนาด 1 ลิตร เติมน้ำกลั่นจนปริมาตรที่อ่านได้เป็น 1 ลิตร

- สารผสมโครเมียมและนิเกิลเข้มข้นอย่างละ 5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร โดยปิเปต Stock Solution ของ สารละลายผสมโครเมียมและนิเกิล 1000 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรมา 5 มิลลิลิตรใส่ใน Volumetric Flask ขนาด 1 ลิตร เติมน้ำกลั่นจนปริมาตรรวมเป็น 1 ลิตร

- สารผสมโครเมียมและนิเกิลเข้มข้นอย่างละ 1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร โดยปิเปต Stock Solution ของ สารละลายผสมโครเมียมและนิเกิล 1000 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรมา 1 มิลลิลิตรใส่ใน Volumetric Flask ขนาด 1 ลิตร เติมน้ำกลั่นจนปริมาตรรวมเป็น 1 ลิตร

- สารผสมโครเมียมและนิเกิลเข้มข้นอย่างละ 0.5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร โดยปิเปต Stock Solution ของ สารละลายผสมโครเมียมและนิเกิล 1000 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรมา 0.5 มิลลิลิตรใส่ใน Volumetric Flask ขนาด 1 ลิตร เติมน้ำกลั่นจนปริมาตรรวมเป็น 1 ลิตร

- สารผสมโครเมียมและนิเกิลเข้มข้นอย่างละ 0.1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร โดยปิเปต Stock Solution ของ สารละลายผสมโครเมียมและนิเกิล 1000 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรมา 0.1 มิลลิลิตรใส่ใน Volumetric Flask ขนาด 1 ลิตร เติมน้ำกลั่นจนปริมาตรรวมเป็น 1 ลิตร

4. ตัวอย่างน้ำเสียที่เก็บจากศูนย์กำจัดกากอุตสาหกรรม
   - น้ำเสียจากโรงงานชุบโลหะที่ปนเปื้อนด้วยไซยาไนด์
   - น้ำเสียที่จากโรงงานชุบโลหะที่ไม่ปนเปื้อนด้วยไซยาไนด์

3.4 วิธีเก็บตัวอย่างน้ำเสีย

การเก็บตัวอย่างน้ำเสียจะเก็บจากบ่อละ 10 ลิตร โดยใช้ขวดพลาสติกซึ่งล้างด้วย (1+1) HNO_3 ตามด้วยน้ำกลั่น เก็บตัวอย่างแล้วรีดพีเอช

3.5 วิธีการทดลอง

1. กระบวนการเฟอร์ไรท์ มีขั้นตอนการทดลองดังนี้
   - เติมสารละลายตัวอย่างจำนวนหนึ่ง (ที่ใช้ทดลอง 800 ml) ซึ่งมีความเข้มข้นต่างๆ กันลงใน Reaction Vessel จุ่มบีกเกอร์พร้อมฝาที่ปิดได้สนิทลงใน water bath

- อุ่นสารละลายใน water bath โดยปรับอุณหภูมิตามต้องการและตรวจสอบอุณหภูมิของสารละลายใน Reaction Vessel ด้วยเทอร์โมมิเตอร์เพื่อปรับอุณหภูมิ water bath

- จุ่มท่อน่าแก๊สลงใน Reaction Vessel โดยต่อท่อน่าแก๊สผ่านจุกยาง เพื่อจะได้ปิดคอของส่วนที่เป็นฝาปิดของ Reaction Vessel ได้สนิทที่ว่างอีก 3 คอ จะปิดด้วยจุกแก้วที่มีขนาดพอดีกัน พ่นแก๊สไนโตรเจน พ่นเป็นเวลานาน 10 นาที

- หลังพ่นไนโตรเจน 10 นาที หย่อน pH combination electrode, redox combination electrode และ platinum electrode ลงในคอแทนจุกแก้วทั้ง 3 คอ เพื่อวัดค่าพีเอช ค่าศักย์ออกซิเดชันรีดักชัน (Oxidation Reduction Potential; ORP) ของสารละลาย

- เติม (1+1) H_2SO_4 ลงในสารละลายจนกระทั่งสารละลายมีพีเอชประมาณ 2

- เติม $FeSO_4.7H_2O$ 14.4 กรัม

- ปรับพีเอชด้วย 4N NaOH เพื่อให้พีเอชของสารละลายเป็นตามที่ต้องการ

- วัดค่า ORP (mV) ของสารละลายที่เกิดขึ้นขณะพ่นแก๊สไนโตรเจนต่อทุก ๆ 5 นาที เป็นเวลานาน 10 นาที (ขณะที่วัดค่าORP วัดค่าพีเอชพร้อมไปด้วยและจะต้องปรับพีเอชให้คงที่ตลอดเวลาจนปฏิกิริยาสิ้นสุด)

- พ่นอากาศด้วยอัตรา 3 ลิตร ต่อนาทีลงในสารละลายแทนการพ่นด้วย N_2 gas

- บันทึกการเปลี่ยนแปลงค่าศักย์ออกซิเดชัน เวลา พีเอช ของสารละลายไปจนกระทั่งถึงจุดที่ค่าศักย์ออกซิเดชันเปลี่ยนอย่างรวดเร็วและคงที่ที่จุดจุดหนึ่ง แสดงว่าปฏิกิริยายุติแล้วจะหยุดการทดลอง

- กรองตะกอนด้วยเครื่องกรองดูดเก็บส่วนน้ำใสที่ได้ นำมาปรับพีเอชให้ต่ำกว่า 2 ด้วย Conc HNO_3 เพื่อวัดปริมาณของโลหะหนักที่เหลือโดยใช้เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ส่วนตะกอนที่ได้ล้างด้วยน้ำกลั่น ทำให้แห้งเพื่อเก็บไว้ทดสอบด้วยเอกซเรย์ดิฟแฟรกโตมิเตอร์ และทดสอบความเสถียรด้วยวิธี leaching test

2. วิธีทดลองเพื่อศึกษาเงื่อนไขที่เหมาะสม ในการกำจัดโครเมียมจากน้ำเสียที่สังเคราะห์ขึ้นมา ที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

- น่าสารละลายตัวอย่างน้ำเสียที่สังเคราะห์ขึ้นมาที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม

ต่อลูกบาศก์เดซิเมตรมาทดลอง 800 มิลลิลิตร ทำการทดลองและบันทึกผลการทดลองเช่นเดียวกับในข้อ 1. โดยจะปรับค่าพีเอชเป็น 9 อุณหภูมิ 60° ซ. แล้วทดลองซ้ำเหมือนเดิมเปลี่ยนเป็นพีเอช 9 อุณหภูมิ 65°, 70° ซ.ตามลำดับ

- ทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1. ต่างที่เงื่อนไขการทดลองจะปรับค่าพีเอชเป็น 10 อุณหภูมิ 60° ซ. แล้วทดลองซ้ำเหมือนเดิมโดยเปลี่ยนเป็นพีเอช 10 อุณหภูมิ 65°, 70° ซ.

- ทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1. ต่างที่เงื่อนไขการทดลองจะปรับค่าพีเอชเป็น 11 อุณหภูมิ 60° ซ. แล้วทดลองซ้ำเหมือนเดิมโดยเปลี่ยนเป็นพีเอช 11 อุณหภูมิ 65°, 70° ซ.

3. วิธีทดลองเพื่อศึกษาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการกำจัดนิเกิลจากน้ำเสียที่สังเคราะห์ขึ้นมาที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร วิธีทดลองหาเงื่อนไขที่เหมาะสมจะทดลองเช่นเดียวกับข้อ 2.

4. วิธีทดลองเพื่อศึกษาอัตราส่วนโมลที่เหมาะสมในการกำจัดสารผสมโครเมียมและนิเกิลโดยใช้เงื่อนไขการทดลองที่เหมาะสมจากการสรุปผลการทดลองข้อ 2 และ 3 คือ อุณหภูมิ 65° ซ. พีเอช 10 และทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.5.1 จากสารเริ่มต้นต่อไปนี้

- น้ำกลั่น 800 มิลลิลิตร ใช้ปริมาณ $FeSO_4.7H_2O$ 14.4 กรัม

- สารละลายผสมโครเมียมและนิเกิลเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ใช้ปริมาณ $FeSO_4.7H_2O$ 14.4 กรัม

- สารละลายผสมโครเมียมและนิเกิลเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ใช้ปริมาณ $FeSO_4.7H_2O$ 28.8 กรัม

- สารละลายผสมโครเมียมและนิเกิลเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ใช้ปริมาณ $FeSO_4.7H_2O$ 3.6 กรัม

- สารละลายผสมโครเมียมและนิเกิลเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ใช้ปริมาณ $FeSO_4.7H_2O$ 7.2 กรัม

- สารละลายผสมโครเมียมและนิเกิลเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ใช้ปริมาณ $FeSO_4.7H_2O$ 14.4 กรัม

- สารละลายผสมโครเมียมและนิเกิลเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ใช้ปริมาณ $FeSO_4.7H_2O$ 28.8 กรัม

- สารละลายผสมโครเมียมและนิเกิลเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ใช้ปริมาณ $FeSO_4.7H_2O$ 14.4 กรัม

- สารละลายผสมโครเมียมและนิเกิลเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ใช้ปริมาณ $FeSO_4.7H_2O$ 14.4 กรัม

- สารละลายผสมโครเมียมและนิเกิลเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ใช้ปริมาณ $FeSO_4.7H_2O$ 14.4 กรัม

- สารละลายผสมโครเมียมและนิเกิลเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ใช้ปริมาณ $FeSO_4.7H_2O$ 14.4 กรัม

- สารละลายผสมโครเมียมและนิเกิลเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ใช้ปริมาณ $FeSO_4.7H_2O$ 14.4 กรัม

5. วิธีทดลองเพื่อยืนยัน (confirm) คุณสมบัติความเป็นสารแม่เหล็ก (magnetic property) ของตะกอนเฟอร์ไรท์ด้วยเอกซเรย์ดิฟแฟรกโตมิเตอร์

- นำตะกอนที่ทำให้แห้งแล้ว มาบดให้ละเอียดเข้าด้วยกัน แล้ววางตะกอนลงบนแผ่นแก้ว(slide) กดทับด้วยแผ่นกระจกอีกแผ่นหนึ่งเพื่อให้ตะกอนถูกอัดเป็นฟิล์มบางๆ มีความหนาสม่ำเสมอบนแผ่นแก้วนั้น

- วางแผ่นแก้วลงใน sample chamber

- ปรับเงื่อนไขของเครื่อง x-ray diffractometer เป็นดังนี้

Range (R) = 10^3 x 2 C/S Time Constant (T) = 2 sec

Low Level (LL) = 2.2 Window (W) = 3.8

- run X-ray Diffractometer โดยปรับค่า 2θ ตั้งแต่ 28 องศา ถึง 66 องศา จะได้ X-ray Diffraction Pattern ที่แสดงคุณสมบัติเฉพาะตัวของสารแม่เหล็กโดยมีพีค 100% อยู่ที่ตำแหน่ง 2θ เป็น 35.4 องศา

6. การศึกษาคุณภาพตัวอย่างน้ำเสีย

ก่อนที่จะนำตัวอย่างน้ำเสียไปทดลองกำจัดโลหะหนักด้วยกระบวนการเฟอร์ไรท์นั้น ได้ทดสอบคุณภาพของน้ำเสียนั้น โดยทำการวัดค่า pH และวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักที่สนใจทั้งสองชนิด คือ โครเมียม และ นิเกิล โดยทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 15396800

7. วิธีทดลองกำจัดตัวอย่างน้ำเสียโดยกระบวนการเฟอร์ไรท์ ทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1 เงื่อนไขพีเอช 10 อุณหภูมิ 65° ซ. โดยทดลองกับสารเริ่มต้นต่อไปนี้

- น้ำเสียจากโรงงานชุบโลหะที่ไม่ปนเปื้อนไซยาไนด์ ในน้ำเสียตัวอย่างนี้มีโครเมียม 337.50 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร มีนิเกิล 213.41 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาณ $FeSO_4.7H_2O$ ที่คำนวนคือ 111.28 กรัม ต่อน้ำเสีย 1000 มิลลิลิตร เนื่องจากน้ำเสียตัวอย่างนี้มีโลหะหนักตัวอื่นปนอยู่ ทำให้ปริมาณ $FeSO_4.7H_2O$ ที่คำนวนไว้ 111.28 กรัม ไม่สามารถนำมาใช้ในการทดลองนี้ จึงต้องทำการหาอัตราส่วนโมลที่เหมาะสมใหม่ ทำการหาอัตราส่วนโมลที่เหมาะสมโดยใช้ปริมาณ $FeSO_4.7H_2O$ 14.4 กรัม แต่เปลี่ยนแปลงปริมาตรน้ำเสียเป็น 20, 25, 30, 35, 40 และ 50 มิลลิลิตร ตามลำดับ

- น้ำเสียจากโรงงานชุบโลหะที่ปนเปื้อนด้วยไซยาไนด์ ทำการกำจัดไซยาไนด์ก่อนเข้ากระบวนการเฟอร์ไรท์ โดยนำน้ำเสียมา 1000 มิลลิลิตร ใส่ลงใน beaker 2000 มิลลิลิตร ปรับพีเอชเป็น 11.0-11.5 ด้วย 4N NaOH เติม 10% NaOCl 20 มิลลิลิตร น้ำเสียตัวอย่างนี้มีโครเมียม 42.5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร มีนิเกิล 19.3 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาณ $FeSO_4.7H_2O$ ที่คำนวณคือ 54.84 กรัม ต่อน้ำเสีย 1000 มิลลิลิตร เนื่องจากน้ำเสียตัวอย่างนี้มีโลหะหนักตัวอื่นปนอยู่ ทำให้ปริมาณ $FeSO_4.7H_2O$ ที่คำนวนไว้ 54.84 กรัม ไม่สามารถนำมาใช้ในการทดลองนี้ จึงต้องทำการหาอัตราส่วนโมลที่เหมาะสมใหม่ โดยใช้ปริมาณ $FeSO_4.7H_2O$ 14.4 กรัม แต่เปลี่ยนแปลงปริมาตรน้ำเสียเป็น 120, 125, 150, 175 และ 200 มิลลิลิตร ตามลำดับ

8. วิธีทดสอบความเสถียรของกากตะกอน(leaching test)

8.1 ชั่งตะกอนที่บดละเอียดมา 5 กรัม ใส่ใน Erlenmeyer flask

8.2 ตวงสารละลายกรดไฮโดรคลอริคเจือจางพีเอช 3 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ใส่ลงใน Erlenmeyer flask

8.3 นำไปใส่ในเครื่อง Orbital shaker เขย่าในอัตรา 150 รอบต่อนาที

8.4 ทดสอบเช่นเดียวกับข้อ 8.1 ถึง 8.3 โดยปรับค่าพีเอชเป็น 4, 5, 5.8 ตามลำดับ

8.5 ทดสอบเช่นเดียวกับข้อ 8.1 ถึง 8.4 เปลี่ยนเวลาเป็น 24 ชั่วโมง

8.6 กรองตะกอนด้วยเครื่องกรองดูด เก็บส่วนน้ำใสที่ได้นำมาปรับพีเอชให้ต่ำกว่า 2 ด้วยกรดไนตริกเข้มข้น เพื่อวัดปริมาณของโลหะหนักที่เหลือโดยใช้เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย