

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์ สารเคมี และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

วัสดุอุปกรณ์

1. ปิเปตต์ (Pipette) ขนาด 1, 2, 5 มิลลิลิตร
2. หลอดทดลอง (Test Tube) ขนาด (12 x 100) มิลลิเมตร
3. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer Flask) ขนาด 250 และ 1,000 มิลลิลิตร
4. ขวดวัดปริมาตร (Volumetric Flask) ขนาด 100, 250, 500 มิลลิลิตร
5. บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 100, 250, 500 มิลลิลิตร
6. แท่งแก้วคนสาร (Stirring Rod)
7. โถดูดความชื้น (Desiccator)
8. ที่ตั้งหลอดทดลอง (Test Tube Rack)
9. หลอดฉีดยาพลาสติก (Plastic Syringe)
10. ถังวัดปริมาตรพลาสติก (Plastic Cuvette)
11. ไม้บรรทัด (Ruler)

สารเคมี

1. แคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) AR, Ajax Finechem
2. โซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Na_2HPO_4) Commercial, รวมเคมี
3. โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) AR, Merck
4. โซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) AR, Riedel
5. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) AR, Merck
6. แมกนีเซียมคลอไรด์ ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) AR, Ajax Finechem
7. แบเรียมคลอไรด์ (BaCl_2) AR, Carloerba
8. แบเรียมไฮดรอกไซด์ ($\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) AR, Ajax Finechem
9. กรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) AR, เคมีกิจ
10. กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) Commercial, เคมีกิจ
11. ไอร์ออน (III) คลอไรด์ ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) Lab, Ajax Finechem
12. อะลูมิเนียมไนเตรต ($\text{Al}(\text{NO}_3)_3$) AR, Riedel
13. โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) AR, Riedel
14. โพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) AR, Ajax Finechem

15. โพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) AR, Ajax Finechem

16. กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) AR, Ajax Finechem

17. เลด (II) ไนเตรต ($Pb(NO_3)_2$) AR, เคมีกิจ

เครื่องมือ

1. เครื่องชั่งสาร 4 ตำแหน่ง (Precision Balance) รุ่น MS16023

2. ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) รุ่น Modell 600

3. ชุดกรองสุญญากาศ (Suction Filtration)

วิธีการดำเนินการวิจัย

เปรียบเทียบลักษณะของตะกอนโดยการศึกษาการเกิดปฏิกิริยาเคมี 25 ปฏิกิริยา

ทำการศึกษาน้ำที่ทำการปฏิกิริยาแล้วเกิดตะกอน เพื่อคุณลักษณะของตะกอนที่เกิดโดยการเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้น 1 mol/dm^3 จับคู่และเปิดสารละลายปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้สารทำปฏิกิริยากัน แล้วเปิดน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร เพื่อเป็นการก่ตะกอนทำให้ง่ายต่อการวัดค่าความสูง ทำการทดลองดังตารางที่ 3 สังเกตการเกิดตะกอน โดยพิจารณาความเรียบของผิวหน้าตะกอน การเกาะข้างหลอดของตะกอน การจับตัวของตะกอน สีของตะกอน บันทึกผล และประมวลผลการทดลองเพื่อคัดเลือกคู่สารจำนวน 3 คู่ ซึ่งคู่สารที่คัดเลือกจะต้องมีผิวหน้าของตะกอนเรียบ ไม่มีตะกอนติดข้างหลอดทดลอง ตะกอนแน่น และสีของตะกอนชัดเจน

ตาราง 3 คู่สาร 25 คู่สารที่ใช้ทำการศึกษาการเกิดตะกอน

สารละลายที่ทำปฏิกิริยากัน	ชนิดของตะกอน
1. $CaCl_2 + Na_2HPO_4$	$CaHPO_4$
2. $CaCl_2 + Na_2CO_3$	$CaCO_3$
3. $CaCl_2 + Na_2SO_4$	$CaSO_4$
4. $CaCl_2 + Pb(NO_3)_2$	$PbCl_2$
5. $CaCl_2 + H_2SO_4$	$CaSO_4$
6. $MgCl_2 + Na_2CO_3$	$MgCO_3$
7. $MgCl_2 + Na_2HPO_4$	$MgHPO_4$
8. $MgCl_2 + Pb(NO_3)_2$	$PbCl_2$
9. $BaCl_2 + Na_2SO_4$	$BaSO_4$

ตาราง 3 (ต่อ)

สารละลายที่ทำปฏิกิริยากัน	ชนิดของตะกอน
10. $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{CO}_3$	BaCO_3
11. $\text{BaCl}_2 + \text{Na}_2\text{HPO}_4$	BaHPO_4
12. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{KI}$	PbI_2
13. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3$	PbCO_3
14. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$	PbSO_4
15. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{HPO}_4$	PbHPO_4
16. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{Ba}(\text{OH})_2$	$\text{Pb}(\text{OH})_2$
17. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$	PbSO_4
18. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_3\text{PO}_4$	$\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$
19. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{KOH}$	$\text{Pb}(\text{OH})_2$
20. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	PbCr_2O_7
21. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{NaOH}$	$\text{Pb}(\text{OH})_2$
22. $\text{FeCl}_3 + \text{Ba}(\text{OH})_2$	$\text{Fe}(\text{OH})_3$
23. $\text{FeCl}_3 + \text{NaOH}$	$\text{Fe}(\text{OH})_3$
24. $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Al}(\text{NO}_3)_3$	$\text{Al}(\text{CO}_3)_3$
25. $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 + \text{NaOH}$	$\text{Al}(\text{OH})_3$

เลือกคู่สารที่เหมาะสม

ศึกษาทดลองและวิเคราะห์เพื่อเลือกคู่สารที่เหมาะสม 1 คู่สาร จาก 3 คู่สาร เพื่อใช้ในการสร้างชุดทดลองสำเร็จรูปเรื่องสารกำหนดปริมาณด้วยวิธีการตกตะกอนทำการทดลอง 2 ขั้นตอน ดังนี้

1. เปรียบเทียบความสูงของตะกอนกับระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดตะกอนของ 3 ปฏิกิริยา



ทำการศึกษาคู่สารทั้ง 3 ปฏิกริยาที่ได้คัดเลือกเพื่อวิเคราะห์ลักษณะของตะกอน โดยการเตรียมสารละลาย CaCl_2 , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, H_2SO_4 และ Na_2SO_4 ให้มีความเข้มข้น 1 mol/dm^3 จากนั้นทำการทดลองคู่สารที่ 1 คือ CaCl_2 ทำปฏิกริยากับ $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ โดยใส่สารละลายดังตาราง 4 ศึกษาการเกิดตะกอน วัดความสูงโดยใช้ไม้บรรทัดยี่ห้อ Airplane หน่วยในการวัดเป็นเซนติเมตร และสังเกตลักษณะของตะกอน ทุก ๆ นาทีที่ 5, 10 และ 15 บันทึกผล จากนั้นทำการทดลองเช่นเดียวกัน แต่เปลี่ยนคู่เป็นคู่สารที่ 2 คือ CaCl_2 ทำปฏิกริยากับ H_2SO_4 และคู่สารที่ 3 คือ $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ทำปฏิกริยากับ Na_2SO_4

ตาราง 4 คู่สาร 1 คู่สารที่ใช้ทำการศึกษาการเกิดตะกอน

หลอดทดลอง ที่	ปิเปตสารละลาย CaCl_2 (ml)	ปิเปตสารละลาย $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (ml)	เขย่า/ไม่เขย่า	ปิเปต H_2O (ml)
1	0.5	0.5	เขย่า	1.0
2	1.0	1.0	เขย่า	1.0
3	1.5	1.5	เขย่า	1.0
4	2.0	2.0	เขย่า	1.0

2. เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับความสูงของตะกอน

ทำการศึกษาคู่สารทั้ง 3 ปฏิกริยาที่ได้คัดเลือกเพื่อวิเคราะห์ลักษณะของตะกอน โดยการเตรียมสารละลาย CaCl_2 , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, H_2SO_4 และ Na_2SO_4 ให้มีความเข้มข้น 1 mol/dm^3 จากนั้นทำการทดลองคู่สารที่ 1 คือ สารละลาย CaCl_2 ทำปฏิกริยากับสารละลาย $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ โดยใส่สารละลายปริมาตร ดังตาราง 5 เขย่า และเติมน้ำกลั่นหลอดละ 1 ml วัดความสูงโดยใช้ไม้บรรทัดยี่ห้อ Airplane หน่วยในการวัดเป็นเซนติเมตรพร้อมทั้งสังเกตลักษณะการเกิดของตะกอนทุก ๆ นาทีที่ 5 10 และ 15 บันทึกผล ทำการทดลองทั้งหมด 3 ชั่วโมง จากนั้นนำตะกอนที่ได้จากการทดลองมาหามวลของตะกอน โดยวิธีการดังนี้

2.1 อบกระดาษกรองที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที เพื่อไล่น้ำ จากนั้นนำมาพักไว้ที่ใดจุดความชื้นเพื่อให้เย็น

2.2 นำกระดาษกรองที่อบแล้วมาชั่งด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง บันทึกมวลกระดาษกรอง

2.3 นำกระดาษกรองที่ผ่านการชั่งมากรองตะกอนด้วยชุดกรองสุญญากาศ

2.4 นำสารที่ผ่านการกรองไปอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 20 นาที เพื่อไล่น้ำ จากนั้นนำมาพักไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้เย็น

2.5 นำสารที่อบแล้วมาชั่งด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง บันทึกมวลตะกอน

2.6 ทำการการทดลองซ้ำข้อ 4 และ 5 เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีมวลของน้ำ โดยสังเกตค่ามวลตะกอนไม่เปลี่ยนแปลง

ตาราง 5 คู่มือสาร 1 คู่มือสารที่ใช้ทำการศึกษามวลกับความสูงตะกอน

หลอดทดลองที่	ปิเปตสารละลาย CaCl_2 (ml)	ปิเปตสารละลาย $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (ml)
1	0.10	0.10
2	0.20	0.20
3	0.30	0.30
4	0.40	0.40
5	0.50	0.50
6	0.60	0.60
7	0.70	0.70
8	0.80	0.80
9	0.90	0.90
10	1.00	1.00

เมื่อทำการทดลองสารคู่มือที่ 1 แล้วให้ทำการทดลองต่อโดยเปลี่ยนเป็นคู่มือสารที่ 2 สารละลาย CaCl_2 ทำปฏิกิริยากับสารละลาย H_2SO_4 และคู่มือสารที่ 3 สารละลาย $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ทำปฏิกิริยากับสารละลาย Na_2SO_4 ตามวิธีการดังกล่าวข้างต้น เมื่อทำการทดลองครบทั้ง 3 คู่มือสารแล้วนำผลการทดลองที่ได้ไปหาค่าความสูงเฉลี่ยและมวลเฉลี่ยเพื่อนำไปสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสูงเฉลี่ยและมวลเฉลี่ยของปฏิกิริยา จากนั้นเปรียบเทียบค่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.) ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นตรงซึ่งวิเคราะห์จากค่า Coefficient of Determination (R^2) ลักษณะการเกิดตะกอน ความยากง่ายในการเกิดตะกอน และความแน่นของตะกอน ประมวลผลวิเคราะห์ทำการคัดเลือก 1 คู่มือสารที่เหมาะสมเพื่อนำไปสร้างชุดทดลองสำเร็จรูปเรื่องสารกำหนดปริมาณด้วยวิธีการตกตะกอน

การหาความเข้มข้นที่เหมาะสม

เตรียมสารละลาย CaCl_2 และ H_2SO_4 ให้มีสองความเข้มข้นคือ 1 และ 2 mol/dm^3 แล้วทำการทดลองโดยใช้ปริมาตรและความเข้มข้น ดังตารางที่ 6 เขย่าสารละลายและเติมน้ำกลั่น 1 ml ลงในหลอดทดลอง วัดความสูงโดยใช้ไม้บรรทัดยี่ห้อ Airplane หน่วยในการวัดเป็นเซนติเมตรและสังเกตลักษณะของตะกอนทุก ๆ นาทีที่ 5 10 และ 15 บันทึกผล ในการทดลองแต่ละการทดลองให้ทำ 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ย (Mean) วิเคราะห์ผลการทดลองเลือกความเข้มข้นที่เหมาะสม สำหรับนำไปใช้ในการสร้างชุดทดลอง

ตาราง 6 ความเข้มข้นและปริมาตรที่ใช้ในการศึกษาสภาพที่เหมาะสมในการเกิดตะกอน CaSO_4

การทดลองที่	ความเข้มข้น ของ CaCl_2 (M)	ปริมาตร ของ CaCl_2 (ml)	ความเข้มข้น ของ H_2SO_4 (M)	ปริมาตร ของ H_2SO_4 (ml)
1	2	0.10 - 1.00	2	0.10 - 1.00
2	1	0.10 - 1.00	1	0.10 - 1.00
3	1	0.10 - 1.00	2	0.10 - 1.00
4	2	0.10 - 1.00	1	0.10 - 1.00
5	2	1.00	2	0.10 - 1.40
6	2	0.10 - 1.40	2	1.00
7	2	2.00	2	0.70 - 2.50
8	2	1.00	2	0.20 - 1.40

สร้างตารางมวลมาตรฐานแคลเซียมซัลเฟต

ทำการศึกษาดทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับมวลของตะกอนเพื่อสร้างตารางมวลมาตรฐานแคลเซียมซัลเฟต เพื่อใช้ประกอบในการสร้างชุดทดลองสำเร็จรูปเรื่องสารกำหนดปริมาณด้วยวิธีการตกตะกอน พร้อมทั้งวิเคราะห์เปรียบเทียบอุปกรณ์เพื่อหาอุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับสร้างชุดทดลอง

เตรียมสารละลาย CaCl_2 และ H_2SO_4 ให้มีความเข้มข้น 2 mol/dm^3 ทำการทดลองโดยปิเปตต์สารละลายลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก ดังตาราง 7 วัดความสูงโดยใช้ไม้บรรทัดยี่ห้อ Airplane หน่วยในการวัดเป็นเซนติเมตรและสังเกตลักษณะของตะกอนทุก ๆ นาทีที่ 5, 10 และ 15 บันทึกผล นำตะกอนที่ได้จากการทดลองมาชั่งหามวลตะกอน โดยวิธีการดังนี้

1. อบกระดาษกรองที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 20 นาที เพื่อไล่น้ำ จากนั้นนำมาพักไว้ที่โถดูดความชื้นเพื่อให้เย็น
2. นำกระดาษกรองที่อบแล้วมาชั่งด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง บันทึกมวลกระดาษกรอง
3. นำกระดาษกรองที่ผ่านการชั่งมากรองตะกอนด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ
4. นำสารที่ผ่านการกรองไปอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 20 นาที เพื่อไล่น้ำ จากนั้นนำมาพักไว้ที่โถดูดความชื้นเพื่อให้เย็น
5. นำสารที่อบแล้วมาชั่งด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง บันทึกมวลตะกอน
6. ทำการการทดลองซ้ำข้อ 4 และ 5 เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีมวลของน้ำ โดยสังเกตค่ามวลตะกอนไม่เปลี่ยนแปลง ทำการทดลองทั้งหมด 5 ซ้ำ
7. นำผลการทดลองที่ได้มาหาค่าความสูงและมวลเฉลี่ย และเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสูงเฉลี่ยและมวลเฉลี่ยของปฏิกิริยา วิเคราะห์ผล นำผลไปสร้างตารางมวลมาตรฐานแคลเซียมซัลเฟต

ตาราง 7 ปริมาตรที่ใช้ในการสร้างชุดทดลองสำเร็จรูป

หลอดทดลอง ที่	ปิเปตปริมาตรของสารละลาย CaCl_2 (ml)	ปิเปตปริมาตรของสารละลาย H_2SO_4 (ml)
1	0.1	1.0
2	0.2	1.0
2	0.3	1.0
4	0.4	1.0
5	0.5	1.0
6	0.6	1.0
7	0.7	1.0
8	0.8	1.0
9	0.9	1.0
10	1.0	1.0

เปรียบเทียบอุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับสร้างชุดทดลอง

ทดลองเปรียบเทียบระหว่างการใช้คิวเวทท์พลาสติก (Plastic Cuvette) แทนการใช้หลอดทดลองขนาดเล็ก และทดลองเปรียบเทียบระหว่างการใช้หลอดฉีดยาพลาสติก (Plastic Syringe) แทนการใช้ปิเปตต์ โดยทำการทดลองตามขั้นตอนที่กล่าวมาทั้งหมดข้างต้นของขั้นที่ 4 โดยเปลี่ยนอุปกรณ์จากหลอดทดลองขนาดเล็กเป็นคิวเวทท์ และนำผลไปสร้างตารางมวลมาตรฐานแคลเซียมซัลเฟตสำหรับใช้ประกอบในชุดทดลอง และทำการทดสอบเพื่อหาค่า t -test โดยมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 วิเคราะห์ ระหว่างหลอดทดลองขนาดเล็กกับคิวเวทท์และทำการทดลองตามวิธีการดังกล่าวข้างต้นอีกครั้ง โดยเปลี่ยนมาใช้หลอดฉีดยาขนาด 1 มิลลิลิตร แทนปิเปตต์ และทำการทดลองโดยใช้คิวเวทท์ จากนั้นทำการทดสอบเพื่อหาค่า t -test โดยมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

สร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดทดลองสำเร็จรูป

ชุดทดลอง 1 ชุดประกอบด้วย กล่องพลาสติก 1 กล่อง ขวดพลาสติกใสสารเคมี 3 ใบ กระปุกพลาสติกใสสารเคมี 3 ใบ คิวเวทท์พลาสติก 18 หลอด หลอดฉีดยาพลาสติก 3 อัน ไม้บรรทัด 1 อัน ที่คนสาร 1 ชิ้น ฐานสำหรับใส่คิวเวทท์ 1 อัน น้ำกลั่น 75 มิลลิลิตร สารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 2 mol/dm^3 ปริมาตร 75 มิลลิลิตร สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2 mol/dm^3 ปริมาตร 75 มิลลิลิตร ใบแสดงวิธีใช้ชุดทดลอง และตารางมวลมาตรฐานแคลเซียมซัลเฟต โดยวิธีการทดลองและการใช้ตารางมวลมาตรฐานแคลเซียมซัลเฟตทำได้ดังนี้ ให้ผู้เรียนใช้หลอดฉีดยาดูดสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 2 mol/dm^3 จำนวน 1 มิลลิลิตร ลงในคิวเวทท์ จำนวน 3 หลอด จากนั้นดูดสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้น 2 mol/dm^3 เติมลงในคิวเวทท์ หลอดละ 0.4 มิลลิลิตร ตามด้วยน้ำกลั่น หลอดละ 1 มิลลิลิตร คนสารให้เข้ากันจับเวลา 5 นาที วัดความสูงของตะกอนด้วยไม้บรรทัด หน่วยเป็นเซนติเมตร บันทึกผล ทำการทดลองซ้ำด้วยวิธีดังกล่าวข้างต้น โดยใช้ปริมาตรของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เป็น 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4 ตามลำดับ และใช้สารละลายกรดซัลฟิวริกกับน้ำกลั่นอย่างละจำนวน 1 มิลลิลิตรคงที่ นำค่าความสูงเฉลี่ยที่ได้จากการทดลองไปเปรียบเทียบกับตารางมวลมาตรฐาน CaSO_4 ที่กำหนดให้ เพื่อหามวลของตะกอน CaSO_4 สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของ CaCl_2 และความสูงเฉลี่ยของตะกอน โดยให้แกน X เป็นปริมาตรของ CaCl_2 (ml) และให้ความสูงเฉลี่ยของตะกอน (cm) เป็นแกน Y จากกราฟการทดลองเรื่องสารกำหนดปริมาณโดยใช้วิธีการเกิดตะกอน ให้ผู้เรียนตอบคำถามว่า สารใดคือสารกำหนดปริมาณและสารใดคือสารเหลือ นำชุดทดลองสำเร็จรูปเรื่องสารกำหนดปริมาณด้วยวิธีการเกิดตะกอนที่สร้างเสร็จแล้วไปทดสอบประสิทธิภาพ โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ 1) นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ระดับปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์ ไม่จำกัดคณะ จำนวน 10 คน 2) นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ระดับปริญญาตรี คณะครุศาสตร์

สาขาวิทยาศาสตร์ แขนงวิชาเคมี จำนวน 10 คน 3) นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านฉางกาญจนกุลวิทยา จำนวน 25 คน ซึ่งกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มใช้วิธีการเลือกแบบสุ่มเจาะจง โดยให้กลุ่มตัวอย่างได้ทดลองใช้ทีละกลุ่ม โดยเริ่มจากกลุ่มที่ 1 เก็บและประมวลผลจากการปฏิบัติการทดลอง การสร้างกราฟ การตอบคำถามและประเมินความพึงพอใจ ซึ่งแบบประเมินความพึงพอใจสร้างโดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 อันดับ ตามวิธีการของลิเคิร์ท (ชัชวาล เรื่องประพันธ์. 2543 : 30) รวมทั้งข้อเสนอแนะ นำผลการประเมินและข้อเสนอแนะมาปรับปรุงและแก้ไขชุดทดลองที่สร้างขึ้น จากนั้นนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่ 2 โดยเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลตามขั้นตอนดังกล่าวข้างต้น แล้วทำการปรับปรุงอีกครั้ง จากนั้นนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่ 3 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี