สารบัญ

หน้า

สารบัญ ..... (1)

สารบัญตาราง ..... (3)

สารบัญภาพ ..... (5)

บทนำ 1

ความเป็นมา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

ประโยชน์ของการวิจัย 2

ขอบเขตของการวิจัย 3

นิยามศัพท์เฉพาะ 3

สมมุติฐานในการวิจัย 4

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

สารกำหนดปริมาณ 5

สภาพการละลายได้ของสาร 6

การตกตะกอน 7

แรงเชื่อมแน่นและแรงยึดติด 8

การสร้างชุดทดลองหรืออุปกรณ์การทดลอง 8

การสอนแบบทดลอง 9

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 12

อุปกรณ์และวิธีการ 17

อุปกรณ์ สารเคมี และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 17

วิธีการดำเนินการวิจัย 18

ผลและการวิจารณ์ 26

สรุปผลและข้อเสนอแนะ 45

เอกสารและสิ่งที่อ้างอิง 47

ภาคผนวก 51

ภาคผนวก ก การเตรียมสารเคมี และการคำนวณทางสถิติ 52

ภาคผนวก ข ตารางบันทึกผลการทดลอง 57

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ค ใบกิจกรรมและแบบสอบถาม..... 71

ภาคผนวก ง กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของตะกอน $CaSO_4$ กับปริมาตรของ $CaCl_2$ ของกลุ่มผู้ทดลองกลุ่มที่ 1, 2 และ 3 จำนวน 10, 10 และ 25 คน ตามลำดับ..... 97

ภาคผนวก จ ภาพชุดการทดลองสำเร็จรูปและผู้ทำกิจกรรม เรื่องสารกำหนดปริมาตรโดยใช้วิธีการตกตะกอน..... 103

ประวัติย่อผู้วิจัย..... 109

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	สภาพละลายได้ ณ อุณหภูมิต่าง ๆ ของสารแต่ละชนิด	7
2	กฎของการละลาย	7
3	คู่สาร 25 คู่สารที่ใช้ทำการศึกษาการเกิดตะกอน	18
4	คู่สาร 1 คู่สารที่ใช้ทำการศึกษาการเกิดตะกอน	20
5	คู่สาร 1 คู่สารที่ใช้ทำการศึกษามวลกับความสูงตะกอน	21
6	ความเข้มข้นและปริมาตรที่ใช้ในการศึกษาสภาพที่เหมาะสมในการเกิดตะกอน $CaSO_4$	22
7	ปริมาตรที่ใช้ในการสร้างชุดทดลองสำเร็จรูป	23
8	ลักษณะตะกอนจากปฏิกิริยาการเกิดตะกอน 25 ปฏิกิริยา	27
9	แสดงความสูงและลักษณะตะกอน $CaSO_4$ ที่เกิดจากปฏิกิริยา $CaCl_2(aq) + H_2SO_4(aq) \rightarrow CaSO_4(s) + 2HCl\ (aq)$	28
10	แสดงความสูงและลักษณะตะกอน $PbCl_2$ ที่เกิดจากปฏิกิริยา $CaCl_2 + Pb(NO_3)_2 \rightarrow PbCl_2(s) + Ca(NO_3)_2$	29
11	แสดงความสูงและลักษณะตะกอน $PbSO_4$ ที่เกิดจากปฏิกิริยา $Pb(NO_3)_2\ (aq) + Na_2SO_4\ (aq) \rightarrow PbSO_4\ (s) + 2NaNO_3\ (aq)$	29
12	เปรียบเทียบร้อยละความสูงของตะกอน 3 ชนิด ที่ลดลงเมื่อเวลาผ่านไป	29
13	เปรียบเทียบค่า SD, R^2	31
14	ความเข้มข้นกับการเกิดตะกอน	32
15	มวล $CaSO_4$ ทางทฤษฎีกับมวลจากการทดลอง	34
16	แสดงตารางมวลมาตรฐานแคลเซียมซัลเฟตที่สร้างจากสมการจากการใช้หลอดทดลองขนาดเล็ก	35
17	ค่าความสูงกับมวลของตะกอนจากการทดลองโดยใช้อุปกรณ์ ปิเปตต์และคิวเวทท์	36
18	ตารางมวลมาตรฐานแคลเซียมซัลเฟตที่สร้างจากสมการการใช้ปิเปตกับคิวเวทท์	37
19	ผลการเปรียบเทียบชนิดของอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างตารางมวลมาตรฐานแคลเซียมซัลเฟต	37

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
20	ความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างที่ 1	40
21	ความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างที่ 2	42
22	ความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างที่ 3	44
23	ความสูงและมวลของตะกอน $CaSO_4$ ณ ช่วงเวลา 5 นาที	58
24	ความสูงและมวลของตะกอน $PbCl_2$ ณ ช่วงเวลา 5 นาที	60
25	ความสูงและมวลของตะกอน $PbSO_4$ ณ ช่วงเวลา 5 นาที	62
26	ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับมวลของตะกอนเพื่อสร้างตารางมวลมาตรฐานแคลเซียมซัลเฟต	64
27	มวลที่ได้จากสมการโดยการใช้ปิเปตต์และหลอดฉีดยา	65
28	มวลที่ได้จากสมการโดยการใช้หลอดทดลองและดิวเวทท์	68

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ **หน้า**

1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับมวลของตะกอน $CaSO_4$, $PbSO_4$ และ $PbCl_2$ 31

2 ภาพของตะกอน $CaSO_4$ ที่เกิดจาก $CaCl_2$ เข้มข้น 1 mol/dm^3 , H_2SO_4 1 mol/dm^3 และ $CaCl_2$ เข้มข้น 2 mol/dm^3 , H_2SO_4 2 mol/dm^3 ที่ปริมาตรต่าง ๆ 33

3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของตะกอนและมวลตะกอนที่เกิดขึ้น 35

4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและมวลจากการใช้คิวเวทท์ 36

5 ชุดทดลองสำเร็จรูปเรื่องสารกำหนดปริมาณโดยใช้วิธีการตกตะกอน 39

6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงเฉลี่ยและมวลเฉลี่ยของตะกอน $CaSO_4$ 59

7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงเฉลี่ยและมวลเฉลี่ยของตะกอน $PbCl_2$ 61

8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงเฉลี่ยและมวลเฉลี่ยของตะกอน $PbSO_4$ 63

9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงเฉลี่ยและมวลเฉลี่ยของตะกอน $CaSO_4$ เมื่อใช้อุปกรณ์คิวเวทท์กับปิเปต 67

10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงเฉลี่ยและมวลเฉลี่ยของตะกอน $PbSO_4$ เมื่อใช้อุปกรณ์คิวเวทท์กับหลอดฉีดยา 70

11 ส่วนประกอบชุดการทดลองสำเร็จรูป เรื่องสารกำหนดปริมาตรโดยใช้วิธีการตกตะกอน 104

12 กลุ่มตัวอย่างชุดที่ 1 เป็นนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ระดับปริญญาตรี คณะครุศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ ไม่จำกัดแขนงวิชา 105

13 กลุ่มตัวอย่างชุดที่ 2 เป็นนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ระดับปริญญาตรี คณะครุศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ แขนงวิชาเคมี 106

14 กลุ่มตัวอย่างชุดที่ 3 เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านฉางกาญจนกุลวิทยา จังหวัดระยอง 107

15 ตะกอนที่เกิดจากการทำการทดลองเพื่อสร้างชุดทดลองสำเร็จรูป 108

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี