



ภาคผนวก ก
การเตรียมสารเคมี และการคำนวณทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

1. การเตรียมสารเคมี

คำนวณเตรียมความเข้มข้นของทุกสารให้มีความเข้มข้น 1 mol/dm^3 , 2 mol/dm^3

1.1 สูตรคำนวณ

$$1.2 \text{ สูตรคำนวณ } C_1V_1 = C_2V_2$$

เตรียมความเข้มข้นของทุกสารให้มีความเข้มข้น 1 mol/dm^3

สาร	น้ำหนักที่ชั่ง (g)
1. สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI)	1.66
2. สารละลายเลด (II) ไนเตรท ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$)	3.17
3. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	1.47
4. สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3)	1.06
5. สารละลายโซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4)	1.42
6. สารละลายแมกนีเซียมคลอไรด์ ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)	2.03
7. สารละลายแบเรียมคลอไรด์ (BaCl_2)	2.44
8. สารละลายแบเรียมไฮดรอกไซด์ ($\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$)	3.15
9. สารละลายกรดคาร์บอนิก (H_2CO_3)	0.62
10. สารละลายไอออน (III) คลอไรด์ ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)	2.71

2. ผลผลิตร้อยละ (Percent Yield) โดยคำนวณจากสมการ

$$\text{ผลผลิตร้อยละ} = \frac{\text{ผลผลิตจริง}}{\text{ผลผลิตตามทฤษฎี}} \times 100$$

ผลผลิตจริง คือ ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองหรือจากการเกิดปฏิกิริยา

ผลผลิตตามทฤษฎี คือ ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณตามสมการเคมี เกิดจากปฏิกิริยาที่สมบูรณ์ผลผลิตร้อยละ จะได้ไม่ถึงร้อยเปอร์เซ็นต์เนื่องจากการทำการทดลอง จะเกิดปฏิกิริยาข้างเคียง อาจจะทำให้เกิดสารชนิดอื่น ๆ ได้นอกจากนี้ สารตั้งต้นอาจจะมีสารชนิดอื่นปนอยู่ด้วย

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตัวอย่างการคำนวณ จำนวนผลได้ร้อยละของมวล CaSO_4 เมื่อกำหนดให้มวล CaSO_4 ตามทฤษฎีเท่ากับ 0.029 กรัม และมวล CaSO_4 จากการทดลอง 0.0192 กรัม

$$\text{ผลผลิตร้อยละ} = \frac{\text{ผลผลิตจริง}}{\text{ผลผลิตตามทฤษฎี}} \times 100$$

$$= \frac{0.0192}{0.029} \times 100$$

$$= 65.52$$

ดังนั้น ผลได้ร้อยละของมวล CaSO_4 คือ 65.52

3. ร้อยละ (Percentage) เป็นค่าสถิติที่นิยมใช้กันมาก โดยเป็นการเปรียบเทียบความถี่ หรือจำนวนที่ต้องการกับความถี่หรือจำนวนทั้งหมดที่เทียบเป็น 100 จะหาค่าร้อยละจากสูตรต่อไปนี้

$$P = \frac{f}{N} \times 100$$

เมื่อ P	แทน	ค่าร้อยละ
f	แทน	ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นค่าร้อยละ
N	แทน	จำนวนความถี่ทั้งหมด

ตัวอย่างการคำนวณ ร้อยละความแตกต่างระหว่างมวลจากการทดลองและมวลทางทฤษฎีของ CaSO_4 โดยมวลจากการทดลองได้ 0.0475 กรัม และมวลทางทฤษฎีได้ 0.059 กรัม

$$P = \frac{f}{N} \times 100$$

$$= \frac{0.0475}{0.059} \times 100$$

$$= 18.64$$

ดังนั้น ร้อยละความแตกต่างระหว่างมวลจากการทดลองและมวลทางทฤษฎีของ CaSO_4 คือ 18.64

4. ค่าเฉลี่ย (Mean) หรือเรียกว่าค่ากลางเลขคณิต ค่าเฉลี่ย ค่ามัชฌิมเลขคณิต เป็นต้น

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

เมื่อ \bar{X} แทน ค่าเฉลี่ย
 $\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดของกลุ่ม
 n แทน จำนวนของคะแนนในกลุ่ม

ตัวอย่างการคำนวณ จากแบบสอบถามระดับความพึงพอใจที่มีต่อชุดทดลองสำเร็จรูปเป็นดังนี้ 4.6, 4.6, 4.4, 4.4, 4.3, 4.3, 4.1, 4.5, 4.3, 4.4 จงหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตระดับความพึงพอใจที่มีต่อชุดทดลองสำเร็จรูปของนักศึกษาในกลุ่มนี้

$$\begin{aligned}\bar{X} &= \frac{\sum X}{n} \\ &= \frac{4.6 + 4.6 + 4.4 + 4.4 + 4.3 + 4.3 + 4.1 + 4.5 + 4.3 + 4.4}{10} \\ &= 4.39\end{aligned}$$

ดังนั้น ค่าเฉลี่ยเลขคณิตระดับความพึงพอใจที่มีต่อชุดทดลองสำเร็จรูปของนักศึกษาในกลุ่มคือ 4.39

5. ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เป็นการวัดการกระจายที่นิยมใช้กันมากเขียนแทนด้วย S.D. หรือ S

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (\bar{X} - X)^2}{n-1}}$$

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เมื่อ S.D. แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 X แทน ค่าคะแนน
 n แทน จำนวนคะแนนในแต่ละกลุ่ม
 \sum แทน ผลรวม

ตัวอย่างการคำนวณ จงหาค่า S.D. ความสูงของตะกอน CaSO_4 โดยใช้ข้อมูลตาราง 23 ภาคผนวก ข

$$\text{S.D.} = \sqrt{\frac{\sum(\bar{X} - X)^2}{n-1}}$$

$$\text{S.D.} = \sqrt{\frac{\sum(0.0341 - 0.0147)^2}{9}}$$

$$= 0.0186$$

ดังนั้น ค่า S.D. ความสูงของตะกอน CaSO_4 คือ 0.0186

6. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มข้อมูล 2 ชุด ใช้สูตรดังนี้

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{(n-1)}}} \quad df = n - 1$$

เมื่อ t แทน ค่าสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบกับค่าวิกฤติเพื่อทราบความมีนัยสำคัญ

D แทน ค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนน

$\sum D$ แทน ผลรวมค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนน

n แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

df แทน องศาแห่งความเป็นอิสระ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาคผนวก ข
ตารางบันทึกผลการทดลอง

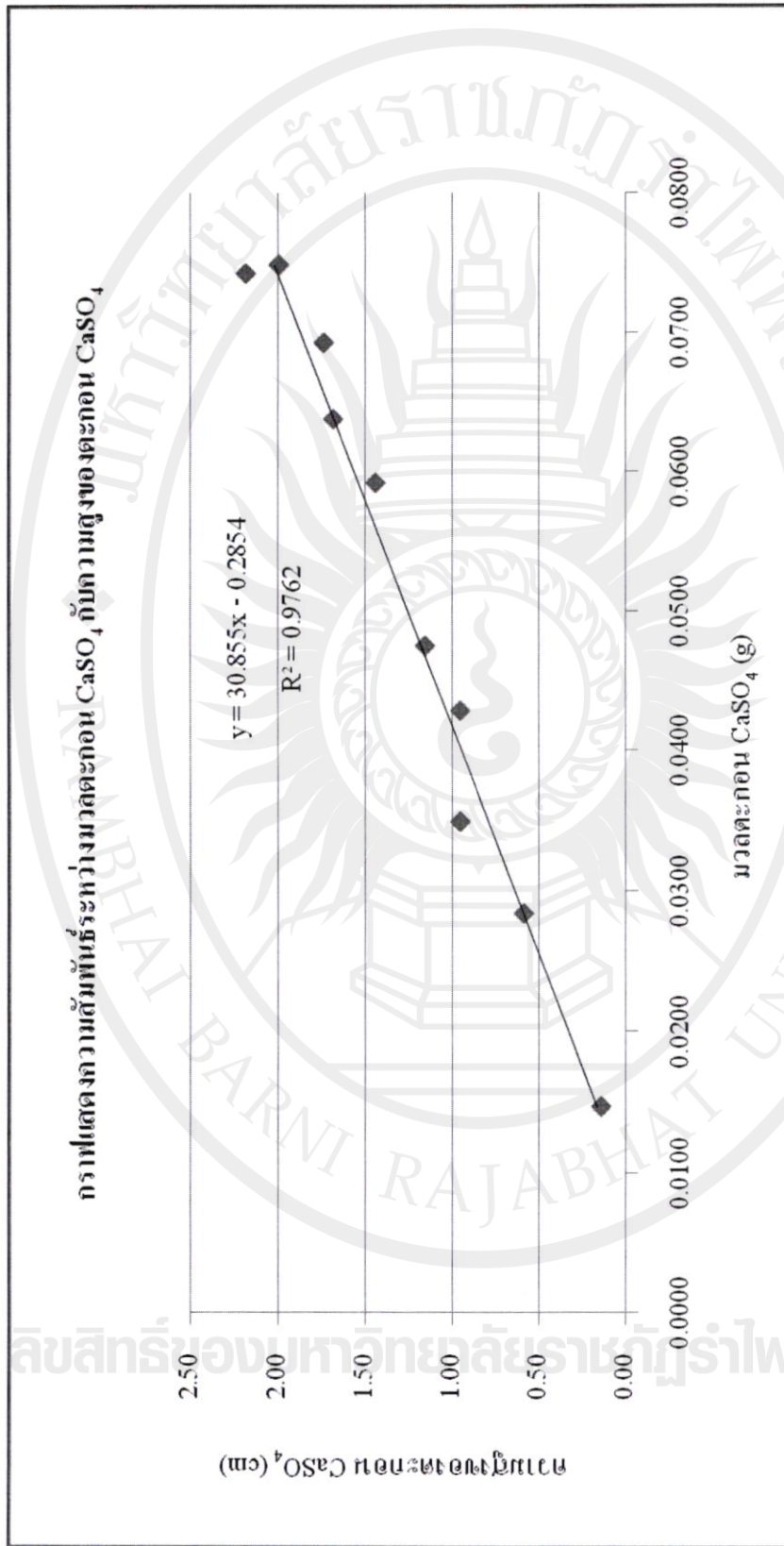
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตาราง 23 ความสูงและมวลของตะกอน CaSO_4 ณ ช่วงเวลา 5 นาที

เมื่อใช้สารละลาย CaCl_2 และ H_2SO_4 เข้มข้น 2 mol/dm^3 ปริมาตร CaCl_2 0.10 - 1.00 มิลลิลิตร และปริมาตร H_2SO_4 0.10 - 1.00 มิลลิลิตร



ml	mol	มวล ครั้งที่ 1 (g)	มวล ครั้งที่ 2 (g)	มวล ครั้งที่ 3 (g)	มวล เฉลี่ย (g)	S.D. มวลเฉลี่ย	มวล ทฤษฎี (g)	ผลได้ ร้อยละ %	ความสูง ครั้งที่ 1 (cm)	ความสูง ครั้งที่ 2 (cm)	ความสูง ครั้งที่ 3 (cm)	ความสูง เฉลี่ย (cm)	S.D. สูง เฉลี่ย
0.10	1×10^{-4}	-0.0030	0.01300	0.0341	0.0147	0.0186	0.0136	108.06	0.07	0.17	0.20	0.14	0.0681
0.20	2×10^{-4}	0.0046	0.02057	0.0598	0.0283	0.0284	0.0272	104.18	0.53	0.57	0.67	0.59	0.0721
0.30	3×10^{-4}	0.0268	0.02937	0.0722	0.0428	0.0255	0.0408	104.82	0.93	0.93	1.00	0.96	0.0404
0.40	4×10^{-4}	0.0162	0.03673	0.0518	0.0349	0.0178	0.0544	64.16	0.80	1.03	1.03	0.96	0.1328
0.50	5×10^{-4}	0.0257	0.05097	0.0658	0.0475	0.0202	0.0680	69.82	0.77	1.30	1.40	1.16	0.3386
0.60	6×10^{-4}	0.0270	0.05910	0.0913	0.0591	0.0322	0.0816	72.45	1.40	1.37	1.57	1.44	0.1079
0.70	7×10^{-4}	0.0383	0.06157	0.0915	0.0638	0.0267	0.0952	66.97	1.57	1.73	1.77	1.69	0.1058
0.80	8×10^{-4}	0.0383	0.06567	0.1039	0.0693	0.0330	0.1088	63.68	1.27	1.97	2.00	1.74	0.4131
0.90	9×10^{-4}	0.0503	0.07653	0.0977	0.0748	0.0237	0.1224	61.11	1.83	2.23	1.93	2.00	0.2082
1.00	10×10^{-4}	0.0537	0.07767	0.0914	0.0743	0.0191	0.1360	54.58	2.10	2.17	2.30	2.19	0.1015



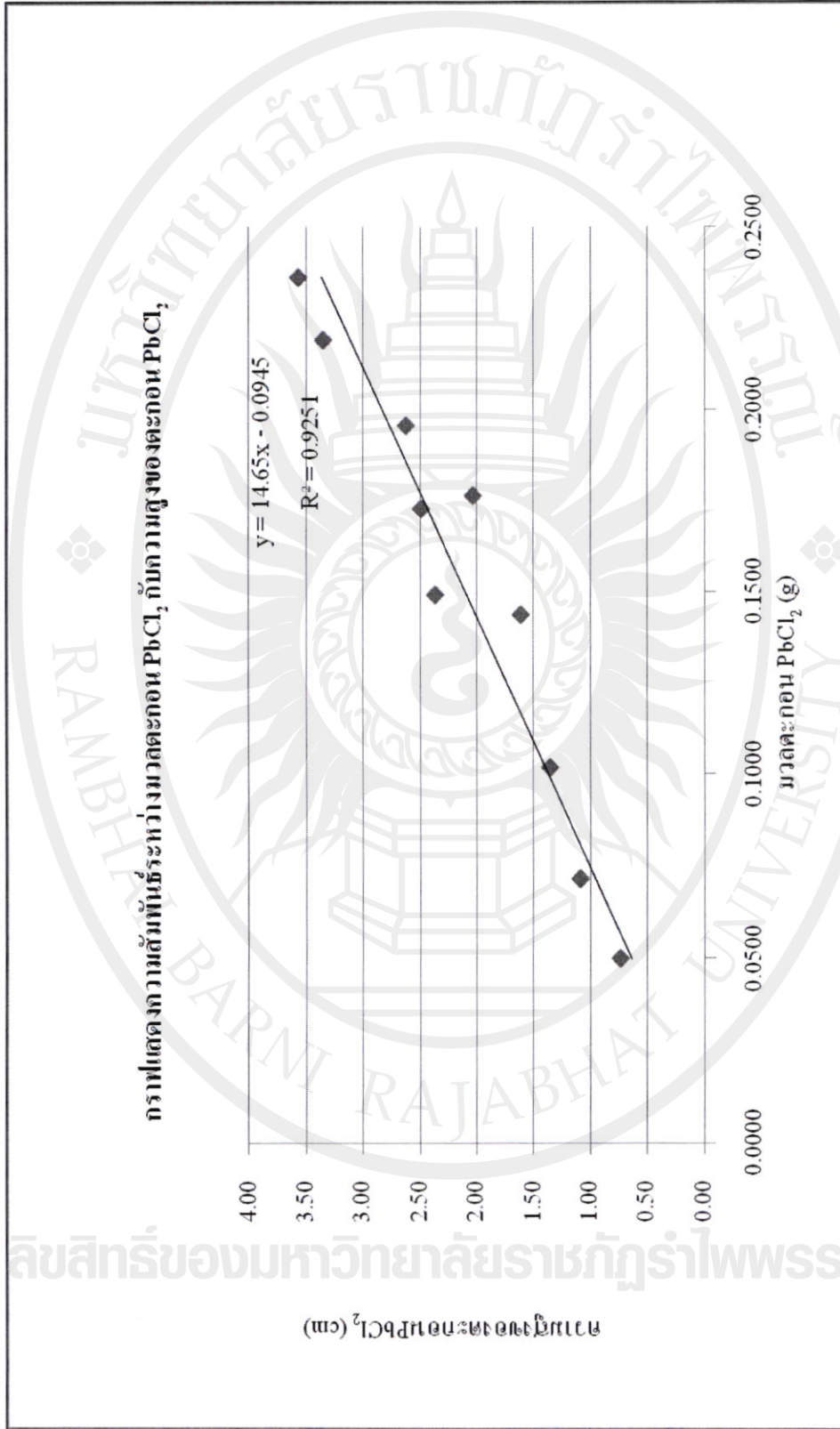
ภาพประกอบ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงเฉลี่ยและมวลเฉลี่ยของตะกอน CaSO_4

ตาราง 24 ความสูงและมวลของตะกอน PbCl₂ ณ ช่วงเวลา 5 นาที

เมื่อใช้สารละลาย CaCl₂ และ Pb(NO₃)₂ เข้มข้น 2 mol/dm³ ปริมาตร CaCl₂ 0.10 - 1.00 มิลลิลิตร และปริมาตร Pb(NO₃)₂ 0.10 - 1.00 มิลลิลิตร



ml	mol	มวล ครั้งที่ 1 (g)	มวล ครั้งที่ 2 (g)	มวล ครั้งที่ 3 (g)	มวล เฉลี่ย (g)	S.D. มวล เฉลี่ย	มวล ทฤษฎี (g)	ผลได้ ร้อยละ %	ความสูง ครั้งที่ 1 (cm)	ความสูง ครั้งที่ 2 (cm)	ความสูง ครั้งที่ 3 (cm)	ความสูง เฉลี่ย (cm)	S.D. สูง เฉลี่ย
0.10	1 X 10 ⁻⁴	0.0732	0.0385	0.0377	0.0498	0.0203	0.0695	71.64	0.75	0.70	0.77	0.74	0.0361
0.20	2 X 10 ⁻⁴	0.0792	0.0802	0.0550	0.0715	0.0143	0.1391	51.40	0.95	1.05	1.27	1.09	0.1637
0.30	3 X 10 ⁻⁴	0.1216	0.1076	0.0760	0.1018	0.0234	0.2086	48.79	1.34	1.32	1.42	1.36	0.0529
0.40	4 X 10 ⁻⁴	0.1565	0.1674	0.1065	0.1435	0.0324	0.2781	51.59	1.57	1.55	1.73	1.62	0.0987
0.50	5 X 10 ⁻⁴	0.2248	0.1216	0.1824	0.1763	0.0518	0.3476	50.71	2.01	2.08	2.02	2.04	0.0379
0.60	6 X 10 ⁻⁴	0.1340	0.1044	0.2084	0.1489	0.0536	0.4172	35.71	2.15	2.58	2.38	2.37	0.2152
0.70	7 X 10 ⁻⁴	0.1373	0.1464	0.2338	0.1725	0.0533	0.4867	35.44	2.37	2.55	2.57	2.50	0.1102
0.80	8 X 10 ⁻⁴	0.1591	0.1809	0.2469	0.1956	0.0457	0.5562	35.17	2.48	2.75	2.65	2.63	0.1365
0.90	9 X 10 ⁻⁴	0.1893	0.1785	0.2894	0.2190	0.0611	0.6257	35.00	3.38	3.53	3.13	3.35	0.2021
1.00	10 X 10 ⁻⁴	0.1806	0.2238	0.3041	0.2362	0.0627	0.6953	33.97	3.40	4.00	3.32	3.57	0.3717



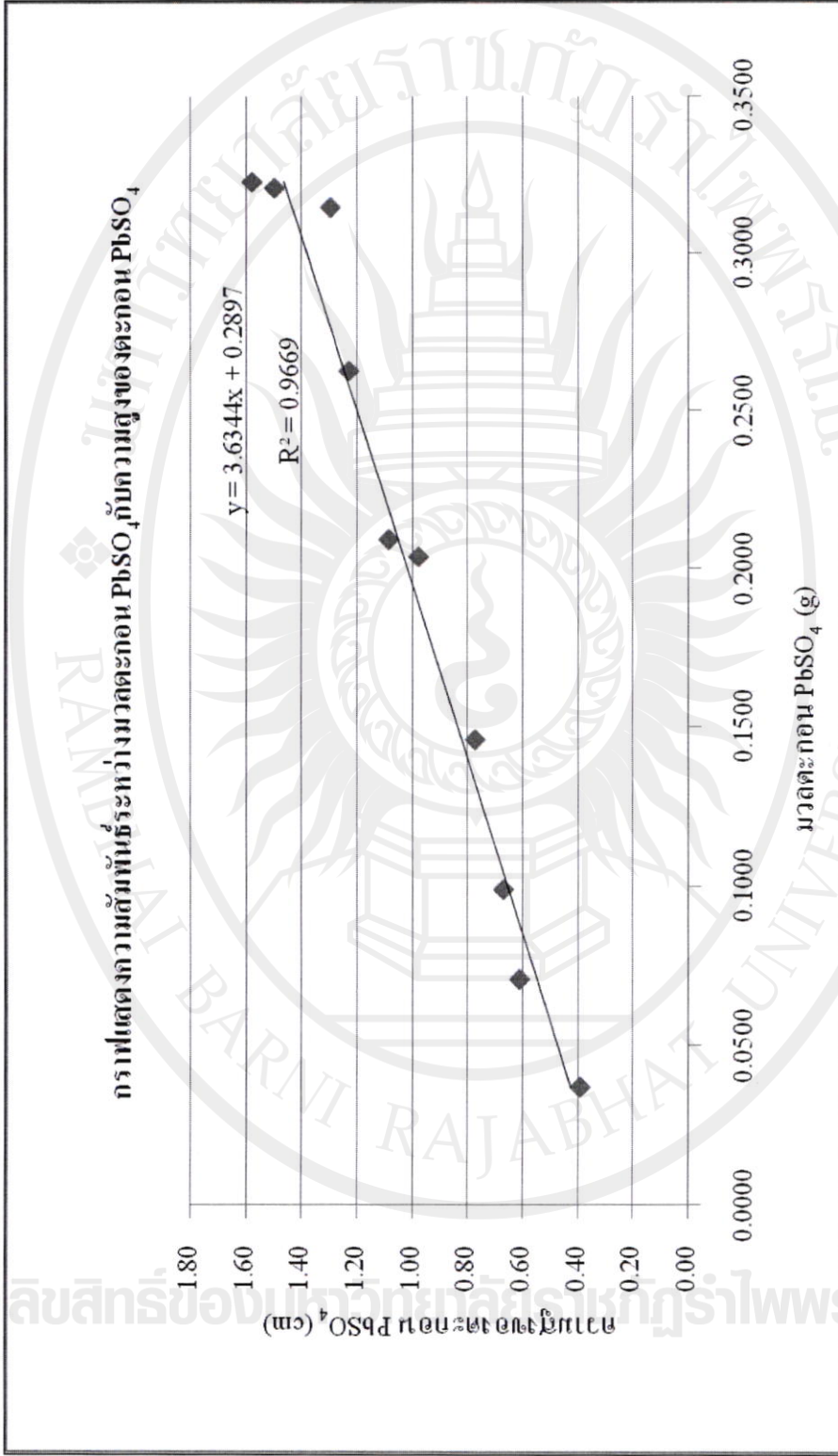
ภาพประกอบ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงเฉลี่ยและมวลเฉลี่ยของตะกอน PbCl₂

ตาราง 25 ความสูงและมวลของตะกอน PbSO₄ ณ ช่วงเวลา 5 นาที

เมื่อใช้สารละลาย Pb(NO₃)₂ และ Na₂SO₄ เข้มข้น 2 mol/dm³ ปริมาตร Pb(NO₃)₂ 0.10 - 1.00 มิลลิลิตร และปริมาตร Na₂SO₄ 0.10 - 1.00 มิลลิลิตร



ml	mol	มวล ครั้งที่ 1 (g)	มวล ครั้งที่ 2 (g)	มวล ครั้งที่ 3 (g)	มวล เฉลี่ย (g)	S.D. มวล	มวล ทฤษฎี (g)	ผลได้ ร้อยละ %	ความสูง ครั้งที่ 1 (cm)	ความสูง ครั้งที่ 2 (cm)	ความสูง ครั้งที่ 3 (cm)	ความสูง เฉลี่ย (cm)	S.D. สูง
0.10	1 X 10 ⁻⁴	0.0318	0.03467	0.0447	0.0371	0.0068	0.0758	48.87	0.43	0.39	0.35	0.39	0.0400
0.20	2 X 10 ⁻⁴	0.0619	0.06437	0.0848	0.0704	0.0126	0.1517	46.41	0.73	0.53	0.57	0.61	0.1058
0.30	3 X 10 ⁻⁴	0.0915	0.09297	0.1126	0.0990	0.0118	0.2275	43.53	0.71	0.62	0.67	0.67	0.0451
0.40	4 X 10 ⁻⁴	0.1236	0.16937	0.1448	0.1459	0.0229	0.3033	48.10	0.82	0.77	0.74	0.77	0.0404
0.50	5 X 10 ⁻⁴	0.1706	0.20177	0.2386	0.2036	0.0340	0.3791	53.71	1.03	0.91	0.99	0.98	0.0611
0.60	6 X 10 ⁻⁴	0.1902	0.18497	0.2521	0.2091	0.0373	0.4550	45.96	1.18	0.98	1.10	1.09	0.1007
0.70	7 X 10 ⁻⁴	0.2244	0.22577	0.3384	0.2629	0.0654	0.5308	49.52	1.25	1.18	1.25	1.23	0.0404
0.80	8 X 10 ⁻⁴	0.2577	0.25700	0.4290	0.3146	0.0991	0.6066	51.85	1.32	1.27	1.30	1.30	0.0252
0.90	9 X 10 ⁻⁴	0.2885	0.28943	0.3899	0.3226	0.0583	0.6824	47.27	1.82	1.42	1.50	1.58	0.2117
1.00	10 X 10 ⁻⁴	0.2963	0.31987	0.3458	0.3206	0.0247	0.7583	42.29	1.37	1.57	1.56	1.50	0.1127



ภาพประกอบ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงเฉลี่ยและมวลเฉลี่ยของตะกอน PbSO₄

ตาราง 26 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับมวลของตะกอนเพื่อสร้างตารางมวลมาตรฐานแคลเซียมซัลเฟต
เมื่อใช้สารละลาย CaCl_2 และ H_2SO_4 เข้มข้น 2 mol/dm^3 ปริมาตร CaCl_2 0.10 - 1.00 มิลลิลิตร และปริมาตร H_2SO_4 1.00 มิลลิลิตร

สาร/ปริมาตรที่ทำ ปฏิกิริยา	ความสูงเฉลี่ย (cm)					มวลเฉลี่ย (กรัม)								
	ซ้ ที่ 1	ซ้ ที่ 2	ซ้ ที่ 3	ซ้ ที่ 4	ซ้ ที่ 5	S.D.	ซ้ ที่ 1	ซ้ ที่ 2	ซ้ ที่ 3	ซ้ ที่ 4	ซ้ ที่ 5	S.D.		
0.10	0.70	1.23	1.07	1.26	1.13	1.08	0.2267	0.0201	0.0197	0.0209	0.0160	0.0195	0.0192	0.0019
0.20	1.13	1.30	1.36	1.33	1.35	1.29	0.0954	0.0554	0.0454	0.0488	0.0504	0.0377	0.0475	0.0066
0.30	1.50	1.73	1.66	1.66	1.70	1.65	0.0901	0.0747	0.0708	0.0743	0.0703	0.0741	0.0728	0.0021
0.40	1.73	1.90	1.76	1.84	1.96	1.84	0.0954	0.1082	0.1204	0.0952	0.0964	0.0945	0.1029	0.0112
0.50	2.00	2.06	2.00	2.00	2.06	2.02	0.0365	0.1202	0.125	0.1216	0.1193	0.1268	0.1226	0.0032
0.60	2.10	2.20	2.23	2.13	2.26	2.18	0.0691	0.1613	0.1535	0.1484	0.1507	0.1413	0.1510	0.0073
0.70	2.30	2.30	2.33	2.33	2.30	2.31	0.0182	0.1718	0.1718	0.1775	0.1735	0.1831	0.1755	0.0048
0.80	2.33	2.40	2.46	2.40	2.50	2.42	0.0650	0.2030	0.2068	0.1976	0.1926	0.1991	0.1998	0.0054
0.90	2.50	2.50	2.50	2.53	2.50	2.50	0.0149	0.2138	0.2139	0.2162	0.208	0.2138	0.2131	0.0031
1.00	2.50	2.56	2.60	2.61	2.66	2.58	0.0614	0.2246	0.2277	0.2317	0.2207	0.2409	0.2291	0.0077

ตาราง 27 มวลที่ได้จากสมการโดยการใช้ปิเปตต์และหลอดจีดียา

เมื่อใช้สารละลาย CaCl_2 และ H_2SO_4 เข้มข้น 2 mol/dm^3 ปริมาตร CaCl_2 0.10 - 1.00 มิลลิลิตร และปริมาตร H_2SO_4 1.00 มิลลิลิตร อุปกรณ์ที่ใช้คือ ปิเปตกับคิวเวทท์และหลอดจีดียากับคิวเวทท์

ความสูงของตะกอน (cm) = แกน x	มวลจากสมการใช้ปิเปต กับคิวเวทท์ (กรัม) = แกน y	มวลจากสมการใช้หลอดจีดียา กับคิวเวทท์ (กรัม) = แกน y	t-test
0.1	0.01	0.01	0.4878
0.2	0.02	0.02	
0.3	0.03	0.03	
0.4	0.04	0.04	
0.5	0.05	0.05	
0.6	0.06	0.06	
0.7	0.07	0.07	
0.8	0.08	0.08	
0.9	0.09	0.09	
1.0	0.10	0.10	
1.1	0.11	0.11	
1.2	0.12	0.12	
1.3	0.13	0.13	
1.4	0.14	0.14	
1.5	0.15	0.15	
1.6	0.16	0.16	
1.7	0.17	0.17	
1.8	0.18	0.18	
1.9	0.19	0.19	
2.0	0.20	0.20	
2.1	0.21	0.21	
2.2	0.22	0.22	

ตาราง 27 (ต่อ)

ความสูงของตะกอน (cm) = แกน x	มวลจากสมการใช้ปีเปต กับคิเวทท์ (กรัม) = แกน y	มวลจากสมการใช้หลอดฉีดยา กับคิเวทท์ (กรัม) = แกน y	t-test
2.3	0.23	0.24	
2.4	0.24	0.25	
2.5	0.25	0.26	

วิธีการคำนวณค่า t-test

ขั้นที่ 1 ตั้งสมมติฐาน

$$\text{ตั้งสมมติฐานทางสถิติ } H_0 : \mu_{\text{post}} = \mu_{\text{pre}}$$

$$H_1 : \mu_{\text{post}} > \mu_{\text{pre}}$$

ขั้นที่ 2 กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = .05$

ขั้นที่ 3 เลือกสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{(N-1)}}} ; df = n - 1$$

ขั้นที่ 4 กำหนดขอบเขตวิกฤติ

กำหนด $\alpha = .05$ และเป็นการทดสอบแบบทางเดียว ($H_1 : \mu_{\text{post}} > \mu_{\text{pre}}$)

ค่าวิกฤติของ t ณ $df = 24$ และ $\alpha = .05$ จะได้ค่าวิกฤติของ t ($t_{\text{ตาราง}}$) = 2.0639

ขั้นที่ 5 คำนวณค่าสถิติตามสูตร

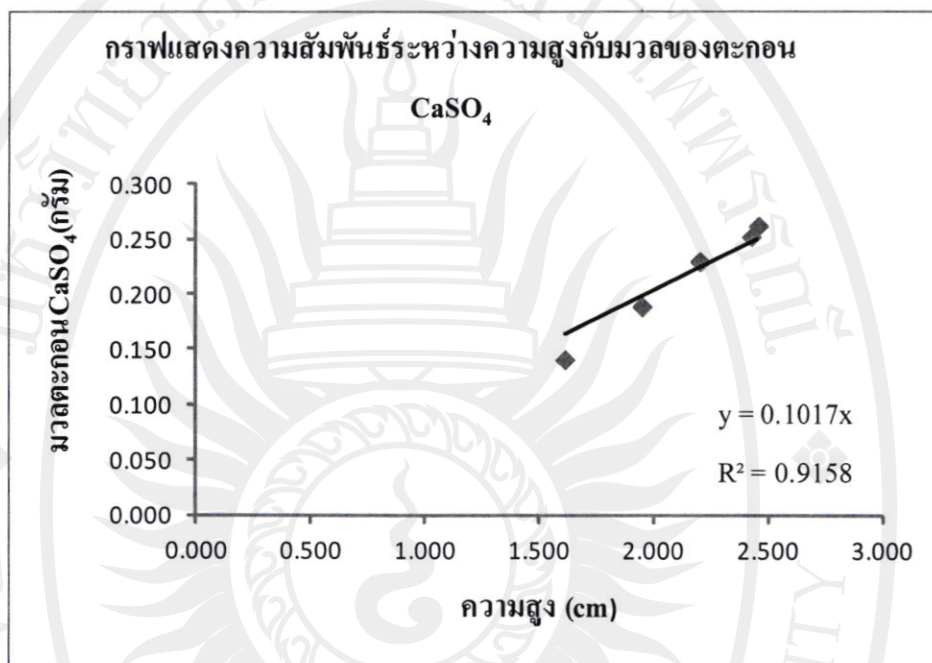
โดยใช้ โปรแกรม Microsoft Office Excel 2007 ในการวิเคราะห์ผล ได้ค่า
t-test = 0.4878

ขั้นที่ 6 สรุปตัดสินใจ

พิจารณา เมื่อ $t_{\text{คำนวณ}} > t_{\text{ตาราง}}$ จะปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1

เมื่อ $t_{\text{คำนวณ}} < t_{\text{ตาราง}}$ จะยอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1

เนื่องจาก $t_{\text{คำนวณ}} = 0.4878 < t_{\text{ตาราง}} = 2.0639$ ดังนั้น จึงปฏิเสธ H_1 ยอมรับ H_0 นั่นคือ การใช้ปิเปตในการทดลองกับการใช้หลอดฉีดยาในการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ .05



ภาพประกอบ 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงเฉลี่ยและมวลเฉลี่ยของตะกอน CaSO_4 เมื่อใช้อุปกรณ์คววาทท์กับปิเปต

ตาราง 28 มวลที่ได้จากสมการโดยการใช้หลอดทดลองและคีมเวทท์

เมื่อใช้สารละลาย CaCl_2 และ H_2SO_4 เข้มข้น 2 mol/dm^3 ปริมาตร CaCl_2 0.10 - 1.00 มิลลิลิตร และปริมาตร H_2SO_4 1.00 มิลลิลิตร อุปกรณ์ที่ใช้คือ หลอดทดลองกับปิเปตต์ และคีมเวทท์กับปิเปตต์

ความสูงของ ตะกอน (cm) = แกน x	มวลจากสมการใช้ หลอดทดลองกับปิเปตต์ (g) = แกน y	มวลจากสมการใช้ คีมเวทท์กับปิเปตต์ (g) = แกน y	t-test
0.1	0.01	0.01	0.0143
0.2	0.02	0.02	
0.3	0.02	0.03	
0.4	0.03	0.05	
0.5	0.04	0.06	
0.6	0.05	0.07	
0.7	0.06	0.08	
0.8	0.06	0.09	
0.9	0.07	0.10	
1.0	0.08	0.11	
1.1	0.09	0.13	
1.2	0.09	0.14	
1.3	0.10	0.15	
1.4	0.11	0.16	
1.5	0.12	0.17	
1.6	0.13	0.18	
1.7	0.13	0.19	
1.8	0.14	0.21	
1.9	0.15	0.22	
2.0	0.16	0.23	
2.1	0.17	0.24	
2.2	0.17	0.25	

ตาราง 28 (ต่อ)

ความสูงของ ตะกอน (cm) = แกน x	มวลจากสมการใช้ หลอดทดลองกับปิเปตต์ (g) = แกน y	มวลจากสมการใช้ ลิ้นแวงท์กับปิเปตต์ (g) = แกน y	t-test
2.3	0.18	0.26	
2.4	0.19	0.28	
2.5	0.20	0.29	

วิธีการคำนวณค่า t-test

ขั้นที่ 1 ตั้งสมมติฐาน

ตั้งสมมติฐานทางสถิติ $H_0 : \mu_{\text{post}} = \mu_{\text{pre}}$

$H_1 : \mu_{\text{post}} > \mu_{\text{pre}}$

ขั้นที่ 2 กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = .05$

ขั้นที่ 3 เลือกสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{(N-1)}}}$$

; df = n-1

ขั้นที่ 4 กำหนดขอบเขตวิกฤติ

กำหนด $\alpha = .05$ และเป็นการทดสอบแบบทางเดียว ($H_1 : \mu_{\text{post}} > \mu_{\text{pre}}$)

ค่าวิกฤติของ t ณ df = 24 และ $\alpha = .05$ จะได้ค่าวิกฤติของ t ($t_{\text{ตาราง}}$) = 2.0639

ขั้นที่ 5 คำนวณค่าสถิติตามสูตร

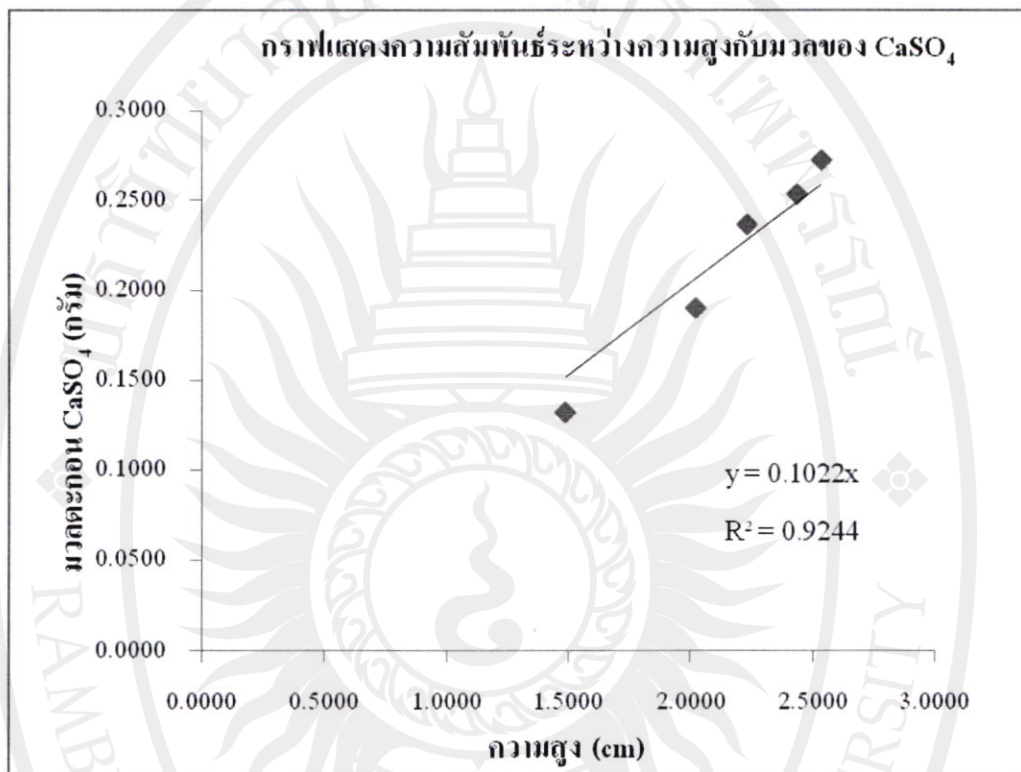
โดยใช้ โปรแกรม Microsoft office Excel 2007 ในการวิเคราะห์ผล ได้ค่า
t-test = 0.0143

ขั้นที่ 6 สรุปตัดสินใจ

พิจารณา เมื่อ $t_{\text{คำนวณ}} > t_{\text{ตาราง}}$ จะปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1

เมื่อ $t_{\text{คำนวณ}} < t_{\text{ตาราง}}$ จะยอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1

เนื่องจาก $t_{\text{คำนวณ}} = 0.0143 < t_{\text{ตาราง}} = 2.0639$ ดังนั้น จึงปฏิเสธ H_1 ยอมรับ H_0 นั่นคือ การใช้คิวเวทท์ในการทดลองกับการใช้หลอดทดลองขนาดเล็กในการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05



ภาพประกอบ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงเฉลี่ยและมวลเฉลี่ยของตะกอน PbSO_4 เมื่อใช้อุปกรณ์คิวเวทท์กับหลอดชนิดยา

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาคผนวก ค
ใบกิจกรรมและแบบสอบถาม

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ใบกิจกรรมการทดลองที่ 1 ใช้สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ 1
เรื่อง ชุดการทดลองสำเร็จรูปเรื่องสารกำหนดปริมาณโดยใช้วิธีการตกตะกอน

การทดลองเรื่อง สารกำหนดปริมาณ โดยใช้วิธีการตกตะกอนการทดลองนี้มีจุดมุ่งหมาย เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมวลตะกอนกับความสูงของตะกอน โดยเทียบกับตารางมาตรฐานที่กำหนด

จุดประสงค์การทดลอง

1. ทำการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกับความสูงของตะกอน
2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกับความสูงของตะกอน เมื่อเทียบกับตารางมาตรฐานที่กำหนดให้ได้ พร้อมทั้งเขียนสมการและอธิบายถึงสารกำหนดปริมาณสารเหลือที่ได้จากการทดลอง

เวลาที่ใช้

อภิปรายก่อนการทดลอง	10 นาที
ทดลอง	30 นาที
อภิปรายหลังทดลอง	10 นาที
รวม	50 นาที

สารเคมี และอุปกรณ์

รายการ ตุ๋นกลุ่ม

สารเคมี

- | | |
|--|------|
| 1. สารละลาย CaCl_2 เข้มข้น 2 mol/dm^3 | 8 ml |
| 2. สารละลาย H_2SO_4 เข้มข้น 2 mol/dm^3 | 8 ml |
| 3. น้ำกลั่น | 8 ml |

อุปกรณ์

- | | |
|------------------------|--------|
| 1. คิวเวทท์ (cuvette) | 5 หลอด |
| 2. หลอดนิตยา ขนาด 1 ml | 3 อัน |
| 3. ลวดคนสาร | 1 อัน |
| 4. บีกเกอร์ขนาด 50 ml | 3 ใบ |
| 5. กระดาษกราฟ | 1 แผ่น |

การเตรียมล่วงหน้า

1. เตรียมสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ เข้มข้น 2 mol/dm^3 ปริมาตร 100 ml โดยชั่งสาร $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 29.43 g ละลายในน้ำให้ได้ ปริมาตร 100 ml
2. เตรียมสารละลายกรดซัลฟิวริก เข้มข้น 2 mol/dm^3 ปริมาตร 100 ml ในขวดวัดปริมาตร 100 ml โดยใช้สารละลายกรด H_2SO_4 เข้มข้น (12 mol/dm^3) ปริมาตร 16.67 ml ละลายในน้ำให้ได้ปริมาตร 100 ml

อธิบายก่อนการทดลอง

1. การเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร CaCl_2 และความสูงของตะกอน CaSO_4 ให้แทนแกน X เป็นปริมาตร CaCl_2 (ml) และให้ความสูงของตะกอน CaSO_4 (cm) เป็นแกน Y
2. ตารางมาตรฐานที่กำหนดให้

ตารางมวลมาตรฐานแคลเซียมซัลเฟต ดังนี้

ความสูงของตะกอน (cm)	มวลของตะกอน (กรัม)	ความสูงของตะกอน (cm)	มวลของตะกอน (กรัม)
0.1	0.01	1.4	0.15
0.2	0.02	1.5	0.16
0.3	0.03	1.6	0.17
0.4	0.04	1.7	0.18
0.5	0.05	1.8	0.19
0.6	0.06	1.9	0.2
0.7	0.08	2.0	0.22
0.8	0.09	2.1	0.23
0.9	0.10	2.2	0.24
1.0	0.11	2.3	0.25
1.1	0.12	2.4	0.26
1.2	0.13	2.5	0.27
1.3	0.14		

วิธีการทดลอง

1. ดูดสารละลายสารละลายกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) เข้มข้น 2 mol/dm^3 จำนวน 1 ml ลงใน คิวเวทท์ (Cuvette) จำนวน 5 หลอด
2. ดูดสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) เข้มข้น 2 mol/dm^3 และน้ำกลั่นเติมลงใน คิวเวทท์ที่เตรียมไว้ ในข้อ 1 โดยใช้ปริมาตรของ CaCl_2 ดังนี้

คิวเวทท์	1	2	3	4	5
ปริมาตร CaCl_2 (ml)	1.2	1.0	0.8	0.6	0.4
ปริมาตร น้ำ (ml)	1	1	1	1	1

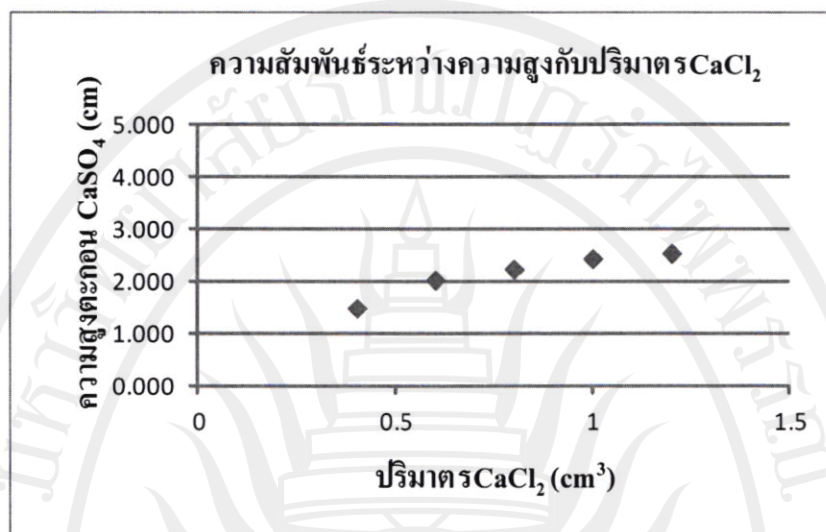
โดย เมื่อเติม CaCl_2 และน้ำกลั่นลงในคิวเวทท์ ให้คนตะกอนที่เกิดขึ้นทุกครั้ง

1. จับเวลาหลอดละ 5 นาทีหลังเติมน้ำกลั่น จากนั้นวัดความสูงของตะกอนที่เกิดขึ้น หน่วยเป็นเซนติเมตร ในคิวเวทท์ที่ 1 - 5 ตามลำดับ บันทึกผลการทดลอง
2. นำค่าความสูงของตะกอนที่ได้จากการทดลองไปเปรียบเทียบกับตารางที่กำหนดให้ เพื่อหามวลของตะกอน
3. สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของ CaCl_2 และความสูงของตะกอน ให้แทนแกน X เป็นปริมาตรของ CaCl_2 (ml) และ ให้ความสูงของตะกอน (cm) เป็นแกน Y
4. จากกราฟการทดลองเรื่องสารกำหนดปริมาณ โดยใช้วิธีการเกิดตะกอน จงบอกว่า สารใดคือสารกำหนดปริมาณ และสารใดคือสารเหลือ
5. จากการทดลองจงแสดงวิธีการคำนวณหามวลของตะกอนที่เกิดขึ้นและบอกด้วยว่ามีสารเหลือกี่กรัม

ตัวอย่างผลการทดลอง

H_2SO_4 ปริมาตร (ml)	CaCl_2 ปริมาตร (ml)	ความสูงของตะกอน CaSO_4 (cm)	มวลของตะกอน CaSO_4 (g)
1	0.4	1.4	0.14
1	0.6	1.9	0.19
1	0.8	2.2	0.24
1	1.0	2.4	0.26
1	1.2	2.4	0.26

ตัวอย่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของตะกอนกับปริมาตรของ CaCl_2 สำหรับผู้สอน



ตัวอย่าง การอภิปรายการทดลองสำหรับผู้สอน

แต่ละกลุ่มนำผลการทดลองมาร่วมกันอภิปราย เพื่อให้ได้ข้อสรุปดังนี้

1. สมการการเกิดตะกอน CaSO_4 เป็นดังนี้



2. ตะกอนมีสีขาว ผิวหน้าเรียบ ตะกอนแน่น

เมื่อวัดความสูงของตะกอน CaSO_4 ที่ได้จากการทดลองและนำไปเทียบกับตารางมาตรฐานที่กำหนดก็จะได้มวลของตะกอน CaSO_4 ส่วนความสูงตะกอนคงที่ไม่เพิ่มขึ้น เนื่องจาก H_2SO_4 ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยากับ CaCl_2 หมด ทำให้ตะกอนของ CaSO_4 ไม่เพิ่มขึ้น จึงเรียก H_2SO_4 ว่า สารกำหนดปริมาณ และเรียก CaCl_2 ว่า สารเหลือ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ใบกิจกรรมการทดลองที่ 2 ใช้สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ 2
การทดลองเรื่อง ชุดการทดลองสำเร็จรูปเรื่องสารกำหนดปริมาณโดยใช้วิธีการตกตะกอน

จุดประสงค์การทดลอง

1. ทำการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับความสูงของตะกอน
2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับความสูงของตะกอน เมื่อเทียบกับตารางมาตรฐานที่กำหนดให้ได้ พร้อมทั้งเขียนสมการและอธิบายถึงสารกำหนดปริมาณสารเหลือที่ได้จากการทดลอง

เวลาที่ใช้ ทดลอง 50 นาที

อธิบายก่อนการทดลอง

1. การเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร CaCl_2 และความสูงของตะกอน CaSO_4 ให้แทนแกน X เป็นปริมาตร CaCl_2 (ml) และให้ความสูงของตะกอน CaSO_4 (cm) เป็นแกน Y
2. จับเวลา เมื่อทำการทดลองขั้นตอนการปิด และดูคสาร ตั้งแต่ข้อที่ 1 - 5 เสร็จสิ้น จะใช้เวลากี่นาที ในการทดลองแต่ละตอน
3. ตารางมาตรฐานแคลเซียมซัลเฟต (CaSO_4) ที่กำหนดให้

ตารางแสดงตารางมวลมาตรฐาน CaSO_4 ดังนี้

ความสูงของตะกอน CaSO_4 (cm)	มวลของตะกอน CaSO_4 (กรัม)	ความสูงของตะกอน CaSO_4 (cm)	มวลของตะกอน CaSO_4 (กรัม)
0.1	0.01	1.4	0.15
0.2	0.02	1.5	0.16
0.3	0.03	1.6	0.17
0.4	0.04	1.7	0.18
0.5	0.05	1.8	0.19
0.6	0.06	1.9	0.2
0.7	0.08	2.0	0.22
0.8	0.09	2.1	0.23
0.9	0.1	2.2	0.24
1.0	0.11	2.3	0.25

ความสูงของตะกอน	มวลของตะกอน	ความสูงของตะกอน	มวลของตะกอน
CaSO ₄ (cm)	CaSO ₄ (กรัม)	CaSO ₄ (cm)	CaSO ₄ (กรัม)
1.1	0.12	2.4	0.26
1.2	0.13	2.5	0.27
1.3	0.14	2.6	0.28

ตอนที่ 1 วิธีการทดลองโดยใช้ปิเปตต์

1. ปิเปตต์สารละลายกรดซัลฟิวริก เข้มข้น 2 mol/dm³ จำนวน 1 ml ลงในคิวเวทท์ จำนวน 3 หลอด
2. ปิเปตต์สารละลาย แคลเซียมคลอไรด์ เข้มข้น 1 mol/dm³ เติมลงในหลอดทดลอง ในข้อ 1 หลอดละ 0.4 ml
3. ปิเปตต์น้ำกลั่น เติมลงในหลอดทดลองในข้อ 2 หลอดละ 1 ml คนสารละลายให้เข้ากัน
4. จับเวลา 5 นาที วัดความสูงของตะกอนด้วยไม้บรรทัด หน่วยเป็นเซนติเมตร บันทึกผล
5. ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 1 - 4 โดยใช้ปริมาตรของสารละลาย ตามตาราง

สารละลายกรด H ₂ SO ₄ (ml)	สารละลาย CaSO ₄ (ml)
1	0.6
1	0.8
1	1.0
1	1.2

6. นำค่าความสูงเฉลี่ยที่ได้จากการทดลองไปเปรียบเทียบกับตารางมวลมาตรฐาน CaSO₄ ที่กำหนดให้เพื่อหามวลของตะกอน
7. สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของ CaCl₂ และความสูงเฉลี่ยของตะกอน ให้แทนแกน X เป็นปริมาตรของ CaCl₂ (ml) และให้ความสูงเฉลี่ยของตะกอน (cm) เป็นแกน Y
8. จากกราฟการทดลองเรื่องสารกำหนดปริมาณ โดยใช้วิธีการเกิดตะกอน จงบอกว่ สารใดคือสารกำหนดปริมาณ และสารใดคือสารเหลือ

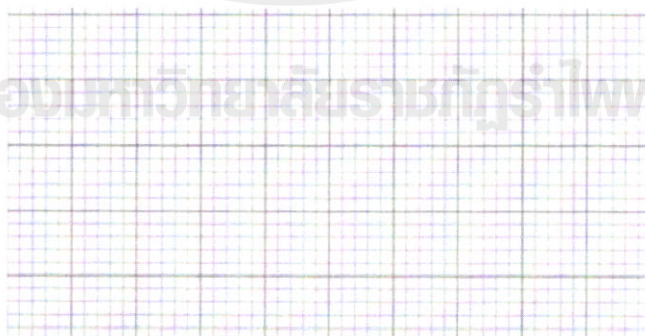
ตอนที่ 2 วิธีการทดลองโดยใช้หลอดนิตยา

หมายเหตุ เมื่อมีฟองอากาศในหลอดนิตยาต้องทำการไล่ทุกครั้งเมื่อดูดสาร

1. ดูดสารละลายกรดซัลฟิวริก เข้มข้น 2 mol/dm^3 จำนวน 1 ml ลงในคิวเวทท์ (Cuvette) จำนวน 3 หลอด
2. ดูดสารละลาย แคลเซียมคลอไรด์ เข้มข้น 2 mol/dm^3 เติมลงในหลอดทดลองในข้อ 1 หลอดละ 0.4 ml
3. ดูดน้ำกลั่น เติมลงในหลอดทดลองในข้อ 2 หลอดละ 1 ml คนสารละลายให้เข้ากัน
4. จับเวลา 5 นาที วัดความสูงของตะกอนด้วยไม้บรรทัด หน่วยเป็นเซนติเมตร บันทึกผล
5. ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 1 - 4 โดยใช้ปริมาตรของสารละลาย ตามตาราง

สารละลาย H_2SO_4 (ml)	สารละลาย CaSO_4 (ml)
1	0.6
1	0.8
1	1.0
1	1.2
1	1.4

6. นำค่าความสูงเฉลี่ยที่ได้จากการทดลองไปเปรียบเทียบกับตารางมวลมาตรฐาน CaSO_4 ที่กำหนดให้เพื่อหามวลของตะกอน
7. สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของ CaCl_2 และความสูงเฉลี่ยของตะกอน ให้แทนแกน X เป็นปริมาตรของ CaCl_2 (ml) และให้ความสูงเฉลี่ยของตะกอน (cm) เป็นแกน Y
8. จากกราฟการทดลองเรื่องสารกำหนดปริมาณ โดยใช้วิธีการเกิดตะกอน จงบอกว่า สารใดคือสารกำหนดปริมาณ และสารใดคือสารเหลือ

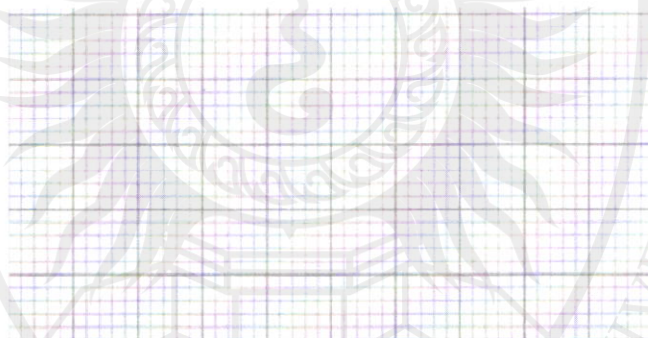


ลิขสิทธิ์ของภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป

ผลการทดลอง ตอนที่ 1 วิธีการทดลองโดยใช้ปิเปตต์

H ₂ SO ₄ ปริมาตร (ml)	CaCl ₂ ปริมาตร (ml)	ความสูงของตะกอน CaSO ₄ (cm)									มวลของตะกอน CaSO ₄ (กรัม)	
		คิวเวทท์ที่ 1			คิวเวทท์ที่ 2			คิวเวทท์ที่ 3				เฉลี่ย
		1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	0.4											
1	0.6											
1	0.8											
1	1.0											
1	1.2											
1	1.4											

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงเฉลี่ยของตะกอนกับปริมาตรของ CaCl₂



อภิปรายผลการทดลอง

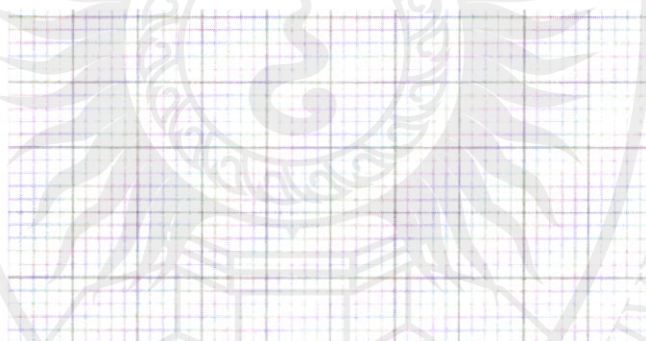
1. เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติการทดลองขั้นตอนการปิเปต ตั้งแต่ข้อที่ 1 - 5 เสร็จสิ้นใช้
เวลา.....นาที
2. สารกำหนดปริมาณคือ.....
3. สารเหลือ คือ.....
4. อื่น ๆ.....

สสสที่รับของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ผลการทดลอง ตอนที่ 2 วิธีการทดลองโดยใช้หลอดจีดยา

H ₂ SO ₄ ปริมาตร (ml)	CaCl ₂ ปริมาตร (ml)	ความสูงของตะกอน CaSO ₄ (cm)									มวลของตะกอน CaSO ₄ (กรัม)	
		คิ่วเขตพื้นที่ 1			คิ่วเขตพื้นที่ 2			คิ่วเขตพื้นที่ 3				เฉลี่ย
		1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	0.4											
1	0.6											
1	0.8											
1	1.0											
1	1.2											
1	1.4											

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงเฉลี่ยของตะกอนกับปริมาตรของ CaCl₂



อภิปรายผลการทดลอง

1. เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติการทดลองขั้นตอนการดูดสาร ตั้งแต่ข้อที่ 1 - 5 เสร็จสิ้นใช้
เวลา.....นาที
2. สารกำหนดปริมาณคือ.....
3. สารเหลือ คือ.....
4. อื่น ๆ
สืบสิริชัยของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ใบกิจกรรมการทดลองที่ 3 ใช้สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ 3
การทดลองเรื่อง ชุดการทดลองสำเร็จรูปเรื่องสารกำหนดปริมาณโดยใช้วิธีการเกิดตะกอน

จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารละลาย CaCl_2 กับความสูงของตะกอน CaSO_4
2. สามารถหาค่ามวลของ CaSO_4 จากการเทียบกับตารางมาตรฐานที่กำหนดให้ได้
3. สามารถระบุถึงสารกำหนดปริมาณสารเหลือที่ได้จากการทดลอง
4. สามารถสร้างกราฟที่บ่งบอกถึงสารกำหนดปริมาณได้

วิธีการทดลอง

หมายเหตุ เมื่อมีฟองอากาศในหลอดฉีดยาต้องทำการไล่ทุกครั้งเมื่อดูดสาร และจับเวลาเมื่อทำการทดลองในขั้นตอน ที่ 1 เสร็จสิ้นจะใช้เวลากี่นาที

1. ดูดสารละลายกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) เข้มข้น 2 mol/dm^3 ปริมาตร 1 ml ลงในคิวเวทท์ (Cuvette) จำนวน 6 หลอด จากนั้นดูดสารละลาย แคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) เข้มข้น 2 mol/dm^3 เดิมลงในคิวเวทท์แต่ละหลอด ปริมาตรตามตารางตั้งแต่ 0.4 - 1.4 ml จากนั้นเติมน้ำกลั่น 1 ml ลงในคิวเวทท์ทุกหลอด

คิวเวทท์ที่	สารละลาย H_2SO_4 (ml)	สารละลาย CaCl_2 (ml)
1	1	0.4
2	1	0.6
3	1	0.8
4	1	1.0
5	1	1.2
6	1	1.4

ลขสกร์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

2. คนสารละลายให้เข้ากันด้วยหลอดคนสารจับเวลา 5 นาที วัดความสูงของตะกอนด้วยไม้บรรทัด หน่วยเป็นเซนติเมตร บันทึกผลในตารางบันทึกผล

3. ทำการทดลองซ้ำข้อ 1 และ 2 อีก 2 ซ้ำ แล้วบันทึกผลในตารางบันทึกผล

4. หาความสูงของตะกอนเฉลี่ยแล้วนำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของ CaCl_2 และความสูงเฉลี่ยของตะกอน ให้แทนแกน X เป็นปริมาตรของ CaCl_2 (ml) และความสูงเฉลี่ยของตะกอน (cm) เป็นแกน Y

5. นำค่าความสูงเฉลี่ยที่ได้จากการทดลองไปเปรียบเทียบกับตารางมวลมาตรฐาน CaSO_4 ที่กำหนดให้เพื่อหามวลของตะกอนโดยตารางมวลมาตรฐาน CaSO_4 เป็นดังนี้

ความสูงของตะกอน CaSO_4 (cm)	มวลของตะกอน CaSO_4 (กรัม)	ความสูงของตะกอน CaSO_4 (cm)	มวลของตะกอน CaSO_4 (กรัม)
0.1	0.01	1.4	0.15
0.2	0.02	1.5	0.16
0.3	0.03	1.6	0.17
0.4	0.04	1.7	0.18
0.5	0.05	1.8	0.19
0.6	0.06	1.9	0.2
0.7	0.08	2.0	0.22
0.8	0.09	2.1	0.23
0.9	0.1	2.2	0.24
1.0	0.11	2.3	0.25
1.1	0.12	2.4	0.26
1.2	0.13	2.5	0.27
1.3	0.14	2.6	0.28

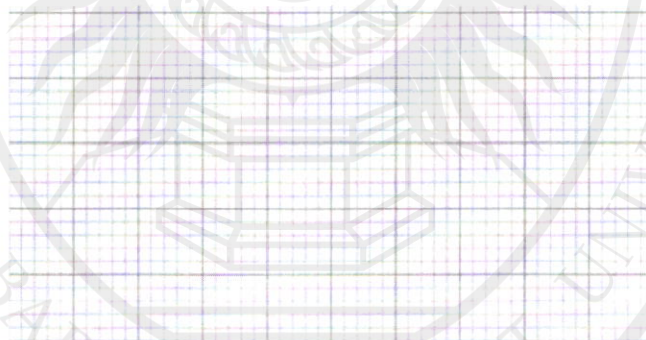
6. จากผลการทดลองให้ตอบคำถามที่เกี่ยวข้องกับการทดลองที่กำหนดให้

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ผลการทดลอง ตารางความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและมวลของตะกอน CaSO_4 กับปริมาตร CaCl_2 ที่ใช้ในปฏิกิริยา

H ₂ SO ₄ ปริมาตร (ml)	CaCl ₂ ปริมาตร (ml) (X)	ความสูงของตะกอน CaSO_4 (cm) ในคิวเวทท์				มวลของตะกอน CaSO_4 (กรัม) จากตารางมาตรฐาน
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย (Y)	
1	0.4					
1	0.6					
1	0.8					
1	1.0					
1	1.2					
1	1.4					

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงเฉลี่ยของตะกอนกับปริมาตรของ CaCl_2



คำถามท้ายการทดลอง

1. เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติการทดลอง ในขั้นตอนที่ 1 เสร็จสิ้นใช้เวลา..... นาที
2. มวล CaSO_4 คงที่เมื่อใช้ CaCl_2 ปริมาตรเท่าใด.....
3. มวลของ CaSO_4 ที่สามารถเกิดได้ มากที่สุดควรเท่าใด.....
4. สารกำหนดปริมาณคือ.....
5. สารเหลือ คือ.....

ข้อเสนอแนะจากการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....



ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แบบสอบถามความพึงพอใจที่ 1 ใช้สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ 1

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามนี้ต้องการสอบถามความคิดเห็นของผู้ทดลองที่มีต่อชุดการทดลองสำเร็จรูป เพื่อนำข้อมูลไปปรับปรุงและพัฒนาการออกแบบชุดการทดลองสำเร็จรูปเรื่องสารกำหนดปริมาณ โดยใช้วิธีการเกิดตะกอน

2. อ่านข้อความแบบสอบถาม แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความรู้สึกของผู้ทดลองมากที่สุด

3. ระดับความพึงพอใจ มี 5 ระดับดังนี้

5 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด 4 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก

3 หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง 2 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย

1 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

ข้อ ที่	ข้อตอบ	ระดับ ความพึงพอใจ				
		5	4	3	2	1
1.	รูปแบบของชุดทดลองเหมาะสมและสอดคล้องกับเนื้อหา					
2.	ขั้นตอนของวิธีการทดลองที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมการทดลองเข้าใจง่าย					
3.	ระยะเวลาที่ใช้ในการทำการทดลองเหมาะสม					
4.	ผู้ทดลองมีส่วนร่วมในการทดลอง					
5.	ผู้ทดลองเกิดการเรียนรู้ในเนื้อหาด้วยตัวเอง					
6.	ชุดทดลองส่งเสริมให้เกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์					
7.	ผู้ทดลองเกิดความสนุกสนานในการเรียน					
8.	อุปกรณ์ในชุดทดลองมีความเหมาะสม คงทน สวยงาม ใช้สะดวก					
9.	ความเหมาะสมของแบบฝึกหัดในชุดทดลอง					
10.	ผู้ทดลองมีความพึงพอใจในชุดการทดลองสำเร็จรูปนี้					
คะแนนรวม						

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

การสรุปและการแปลความหมายแบบสอบถามความพึงพอใจที่ 1 ใช้สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ 1

ของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อชุดการทดลองสำเร็จรูป เรื่องสารกำหนดปริมาณ โดยใช้วิธีการ
ตกตะกอน

1. นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ระดับปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์ ไม่จำกัด
แขนงวิชา จำนวน 10 คน

2. ระดับความพึงพอใจ มี 5 ระดับดังนี้

4.51 - 5.00	ความพึงพอใจมากที่สุด	3.51 - 4.50	ความพึงพอใจมาก
2.51 - 3.50	ความพึงพอใจปานกลาง	1.51 - 2.50	ความพึงพอใจน้อย
1.00 - 1.50	ความพึงพอใจน้อยที่สุด		

ข้อ ที่	ข้อตอบ	ระดับ					ระดับความ พึงพอใจ	แปล ความหมาย
		ความพึงพอใจ						
		5	4	3	2	1		
1.	รูปแบบของชุดทดลองเหมาะสม และสอดคล้องกับเนื้อหา						ความ พึงพอใจ มากที่สุด	
		6	4				4.60	
2.	ขั้นตอนของวิธีการทดลองที่ใช้ในการ ปฏิบัติกิจกรรมการทดลองเข้าใจง่าย						ความ พึงพอใจ มากที่สุด	
		2	8				4.60	
3.	ระยะเวลาที่ใช้ในการทำการทดลอง เหมาะสม						ความ พึงพอใจ มาก	
		4	6				4.40	
4.	ผู้ทดลองมีความส่วนร่วมในการทดลอง						ความ พึงพอใจ มาก	
		4	6				4.40	
5.	ผู้ทดลองเกิดการเรียนรู้ในเนื้อหา ด้วยตัวเอง						ความ พึงพอใจ มาก	
		4	5	1			4.30	

ข้อ ที่	ข้อตอบ	ระดับ					ระดับความ พึงพอใจ	แปลความ หมาย
		ความพึงพอใจ						
		5	4	3	2	1		
6.	ชุดทดลองส่งเสริมให้เกิดความคิดริเริ่ม สร้างสรรค์	4	5	1			4.30	ความ พึงพอใจ มาก
7.	ผู้ทดลองเกิดความสนุกสนาน ในการเรียน	3	5	2			4.10	ความ พึงพอใจ มาก
8.	อุปกรณ์ในชุดทดลองมีความเหมาะสม คงทน สวยงาม ใช้งานสะดวก	5	5				4.50	ความ พึงพอใจ มาก
9.	ความเหมาะสมของแบบฝึกหัด ในชุดทดลอง	3	7				4.30	ความ พึงพอใจ มาก
10.	ผู้ทดลองมีความพึงพอใจ ในชุดการทดลองสำเร็จรูปนี้	4	6				4.40	ความ พึงพอใจ มาก
ระดับความพึงพอใจเฉลี่ย							4.39	ความ พึงพอใจ มาก

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แบบสอบถามความพึงพอใจที่ 2 ใช้สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ 2

คำชี้แจง

- แบบสอบถามนี้ต้องการสอบถามความคิดเห็นของผู้ทดลองที่มีต่อชุดการทดลองสำเร็จรูป เพื่อนำข้อมูลไปปรับปรุงและพัฒนาการออกแบบชุดการทดลองสำเร็จรูปเรื่องสารกำหนดปริมาณโดยใช้วิธีการตกตะกอน
- อ่านข้อความแบบสอบถาม แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความรู้สึกของผู้ทดลองมากที่สุด
- ระดับความพึงพอใจ มี 5 ระดับดังนี้

5 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด	4 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก
3 หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง	2 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย
1 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด	

ข้อ ที่	ข้อตอบ	ระดับ ความพึงพอใจ				
		5	4	3	2	1
1.	รูปแบบของชุดทดลองเหมาะสมและสอดคล้องกับเนื้อหา					
2.	ขั้นตอนของวิธีการทดลองที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมการทดลองเข้าใจง่าย					
3.	ระยะเวลาที่ใช้ในการทำการทดลองเหมาะสม					
4.	ผู้ทดลองมีส่วนร่วมในการทดลอง					
5.	ผู้ทดลองเกิดการเรียนรู้ในเนื้อหาด้วยตัวเอง					
6.	ชุดทดลองส่งเสริมให้เกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์					
7.	ผู้ทดลองเกิดความสนุกสนานในการเรียน					
8.	อุปกรณ์ในชุดทดลองมีความเหมาะสม คงทน สวยงาม ใช้สะดวก					
9.	หลอดนิตยาใช้สะดวกกว่าปิเปตต์					
10.	ผู้ทดลองมีความพึงพอใจในชุดการทดลองสำเร็จรูปนี้					
คะแนนรวม						

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

การสรุปและการแปลความหมายแบบสอบถามความพึงพอใจที่ 2 ใช้สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ 2

ของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อชุดการทดลองสำเร็จรูป เรื่องสารกำหนดปริมาณ โดยใช้วิธีการ
ตกตะกอน

1. นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ระดับปริญญาตรี คณะครุศาสตร์ สาขา
วิทยาศาสตร์ แขนงวิชาเคมี จำนวน 10 คน

2. ระดับความพึงพอใจ มี 5 ระดับดังนี้

4.51 - 5.00	ความพึงพอใจมากที่สุด	3.51 - 4.50	ความพึงพอใจมาก
2.51 - 3.50	ความพึงพอใจปานกลาง	1.51 - 2.50	ความพึงพอใจน้อย
1.00 - 1.50	ความพึงพอใจน้อยที่สุด		

ข้อ ที่	ข้อตอบ	ระดับ					ระดับ ความ พึงพอใจ	แปล ความหมาย
		ความพึงพอใจ						
		5	4	3	2	1		
1.	รูปแบบของชุดทดลองเหมาะสม และสอดคล้องกับเนื้อหา	7	3				4.70	ความ พึงพอใจ มากที่สุด
2.	ขั้นตอนของวิธีการทดลองที่ใช้ในการ ปฏิบัติกิจกรรมการทดลองเข้าใจง่าย	8	2				4.80	ความ พึงพอใจ มากที่สุด
3.	ระยะเวลาที่ใช้ในการทำการทดลอง เหมาะสม	7	3				4.70	ความ พึงพอใจ มากที่สุด
4.	ผู้ทดลองมีความส่วนร่วมในการทดลอง	7	3				4.70	ความ พึงพอใจ มากที่สุด
5.	ผู้ทดลองเกิดการเรียนรู้ในเนื้อหา ด้วยตัวเอง	6	4				4.60	ความ พึงพอใจ มากที่สุด

ข้อ ที่	ข้อตอบ	ระดับ ความพึงพอใจ					ระดับ ความ พึงพอใจ	แปล ความหมาย
		5	4	3	2	1		
6.	ชุดทดลองส่งเสริมให้เกิดความคิดริเริ่ม สร้างสรรค์	7	2	1			4.60	ความ พึงพอใจ มากที่สุด
7.	ผู้ทดลองเกิดความสุขสนาน ในการเรียน	5	4	1			4.40	ความ พึงพอใจ มาก
8.	อุปกรณ์ในชุดทดลองมีความเหมาะสม คงทน สวยงาม ใช้สะดวก	6	3	1			4.50	ความ พึงพอใจ มาก
9.	หลอดคิดยาใช้สะดวกกว่าปีเปดต์	9	1				4.90	ความ พึงพอใจ มากที่สุด
10.	ผู้ทดลองมีความพึงพอใจในชุดการ ทดลองสำเร็จรูปนี้	7	3				4.70	ความ พึงพอใจ มากที่สุด
	ระดับความพึงพอใจเฉลี่ย						4.66	ความ พึงพอใจ มากที่สุด

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แบบสอบถามความพึงพอใจที่ 3 ใช้สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ 3
เรื่อง สารกำหนดปริมาณโดยใช้วิธีการตกตะกอน

คำชี้แจง

แบบสอบถามนี้ต้องการสอบถามความคิดเห็นของผู้ทดลองที่มีต่อชุดการทดลองสำเร็จรูป เพื่อนำข้อมูลไปปรับปรุงและพัฒนาการออกแบบชุดการทดลองสำเร็จรูปเรื่อง สารกำหนดปริมาณโดยใช้วิธีการตกตะกอน

ผู้ตอบแบบสอบถามกรุณาอ่านข้อความในแบบสอบถาม แล้วตอบคำถามในช่องว่างที่กำหนดให้หรือทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. ห้อง..... 2. เพศ..... 3. เกรดเคมี ม. 4 ภาคเรียนที่ 2
4. ก่อนการใช้ชุดการทดลองสำเร็จรูปเรื่องสารกำหนดปริมาณโดยใช้วิธีการตกตะกอน ท่านมีความรู้เรื่องสารกำหนด มากน้อยเพียงใด
- น้อยที่สุด น้อย ปานกลาง มาก มากที่สุด

ตอนที่ 2 ระดับความพึงพอใจ

- 5 หมายถึง มากที่สุด 4 หมายถึง มาก 3 หมายถึง ปานกลาง
2 หมายถึง น้อย 1 หมายถึง น้อยที่สุด

ข้อ ที่	ข้อตอบ	ระดับ ความพึงพอใจ				
		5	4	3	2	1
1	หลังใช้ชุดทดลองสำเร็จรูปผู้เรียนมีความเข้าใจเรื่องสารกำหนดปริมาณในระดับใด					
2	รูปแบบของชุดทดลองเหมาะสมและสอดคล้องกับเนื้อหา					
3	ขั้นตอนของวิธีการทดลองที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมการทดลองเข้าใจง่าย					
4	ระยะเวลาที่ใช้ในการทำการทดลองเหมาะสม					
5	ผู้ทดลองมีส่วนร่วมในการทดลอง					

ข้อ ที่	คำตอบ	ระดับ ความพึงพอใจ				
		5	4	3	2	1
6.	ผู้ทดลองเกิดการเรียนรู้ในเนื้อหาด้วยตัวเอง					
7.	ชุดทดลองนี้สามารถทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเรื่องสารกำหนดปริมาณมากขึ้น					
8.	อุปกรณ์ในชุดทดลองมีความเหมาะสม คงทน สวยงาม ใช้งานสะดวก					
9.	ผลการทดลองช่วยในการตอบคำถามหลังการทดลองได้ง่าย					
10.	ผู้ทดลองมีความพึงพอใจในชุดการทดลองสำเร็จรูปนี้					
คะแนนรวม						

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

การสรุปและการแปลความหมายแบบสอบถามความพึงพอใจที่ 3 ใช้สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ 3
เรื่อง สารกำหนดปริมาณโดยใช้วิธีการตกตะกอน

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. นักเรียนโรงเรียนบ้านจางกาญจนกุลวิทยา ห้อง ม. 5/1 จำนวน 25 คน
2. เพศชาย 11 คน และเพศหญิง จำนวน 14 คน
3. เกรดเคมี ม. 4 ภาคเรียนที่ 2

เกรด	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
จำนวน (คน)	0	1	8	5	5	5	1

4. ก่อนการใช้ชุดทดลองสำเร็จรูปเรื่องสารกำหนดปริมาณโดยใช้วิธีการตกตะกอน ท่านมีความรู้เรื่องสารกำหนด มากน้อยเพียงใด

ระดับความรู้	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
จำนวน (คน)	1	2	15	6	1

ตอนที่ 2 ระดับความพึงพอใจ มี 5 ระดับดังนี้

4.51 - 5.00	ความพึงพอใจมากที่สุด	3.51 - 4.50	ความพึงพอใจมาก
2.51 - 3.50	ความพึงพอใจปานกลาง	1.51 - 2.50	ความพึงพอใจน้อย
1.00 - 1.50	ความพึงพอใจน้อยที่สุด		

ข้อ ที่	ข้อตอบ	ระดับ ความพึงพอใจ					ระดับ ความ พึงพอใจ	แปล ความหมาย
		5	4	3	2	1		
1.	หลังใช้ชุดทดลองสำเร็จรูปผู้เรียนมีความ เข้าใจเรื่องสารกำหนดปริมาณในระดับใด	7	17	1			4.24	ความ พึงพอใจ มาก
2.	รูปแบบของชุดทดลองเหมาะสมและ สอดคล้องกับเนื้อหา	9	15	1			4.32	ความ พึงพอใจ มาก

ข้อ ที่	ข้อความ	ระดับ					ระดับ ความ พึงพอใจ	แปล ความหมาย
		ความพึงพอใจ						
		5	4	3	2	1		
3.	ขั้นตอนของวิธีการทดลองที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมการทดลองเข้าใจง่าย	17	6	2			4.60	ความ พึงพอใจ มากที่สุด
4.	ระยะเวลาที่ใช้ในการทำการทดลองเหมาะสม	7	9	8	1		3.88	ความ พึงพอใจ มาก
5.	ผู้ทดลองมีความส่วนร่วมในการทดลอง	15	9	1			4.56	ความ พึงพอใจ มากที่สุด
6.	ผู้ทดลองเกิดการเรียนรู้ในเนื้อหาด้วยตัวเอง	11	12	2			4.36	ความ พึง พอใจมาก
7.	ชุดทดลองนี้สามารถทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเรื่องสารกำหนดปริมาณมากขึ้น	9	13	3			4.24	ความ พึงพอใจ มาก
8.	อุปกรณ์ในชุดทดลองมีความเหมาะสม คงทน สวยงาม ใช้สะดวก	7	13	5			4.08	ความ พึงพอใจ มาก
9.	ผลการทดลองช่วยในการตอบคำถาม หลังการทดลองได้ง่าย	7	17	1			4.24	ความ พึงพอใจ มาก
10.	ผู้ทดลองมีความพึงพอใจในชุด การทดลองสำเร็จรูปนี้	9	12	4			4.2	ความ พึงพอใจ มาก
	คะแนนรวม	98	123	28	1			

สรุปและแปลผลจากแบบสอบถามความพึงพอใจ

สรุปและแปลผลจากแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ทดลองที่มีต่อชุดการทดลองสำเร็จรูปเรื่องสารกำหนดปริมาณ โดยใช้วิธีการเกิดตะกอน

1. แบบสอบถามนี้ต้องการสอบถามความคิดเห็นของผู้ทดลองที่มีต่อชุดการทดลองสำเร็จรูป เพื่อนำข้อมูลไปปรับปรุงและพัฒนาการออกแบบชุดการทดลองสำเร็จรูปเรื่องสารกำหนดปริมาณโดยใช้วิธีการเกิดตะกอน

2. ระดับความพึงพอใจ มี 5 ระดับดังนี้

4.51 - 5.00	ความพึงพอใจมากที่สุด	3.51 - 4.50	ความพึงพอใจมาก
2.51 - 3.50	ความพึงพอใจปานกลาง	1.51 - 2.50	ความพึงพอใจน้อย
1.00 - 1.50	ความพึงพอใจน้อยที่สุด		

ข้อ ที่	ข้อตอบ	ระดับ ความพึงพอใจ	แปลความหมาย
1	หลังใช้ชุดทดลองสำเร็จรูปผู้เรียนมีความเข้าใจเรื่องสารกำหนดปริมาณในระดับใด	4.24	ความพึงพอใจมาก
2	รูปแบบของชุดทดลองเหมาะสมและสอดคล้องกับเนื้อหา	4.32	ความพึงพอใจมาก
3	ขั้นตอนของวิธีการทดลองที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมการทดลองเข้าใจง่าย	4.60	ความพึงพอใจมากที่สุด
4	ระยะเวลาที่ใช้ในการทำการทดลองเหมาะสม	3.88	ความพึงพอใจมาก
5	ผู้ทดลองมีส่วนร่วมในการทดลอง	4.56	ความพึงพอใจมากที่สุด
6	ผู้ทดลองเกิดการเรียนรู้ในเนื้อหาด้วยตัวเอง	4.36	ความพึงพอใจมาก
7	ชุดทดลองนี้สามารถทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเรื่องสารกำหนดปริมาณมากขึ้น	4.24	ความพึงพอใจมาก
8	อุปกรณ์ในชุดทดลองมีความเหมาะสม คงทน สวยงาม ใช้สะดวก	4.08	ความพึงพอใจมาก
9	ผลการทดลองช่วยในการตอบคำถาม หลังการทดลองได้ง่าย	4.24	ความพึงพอใจมาก

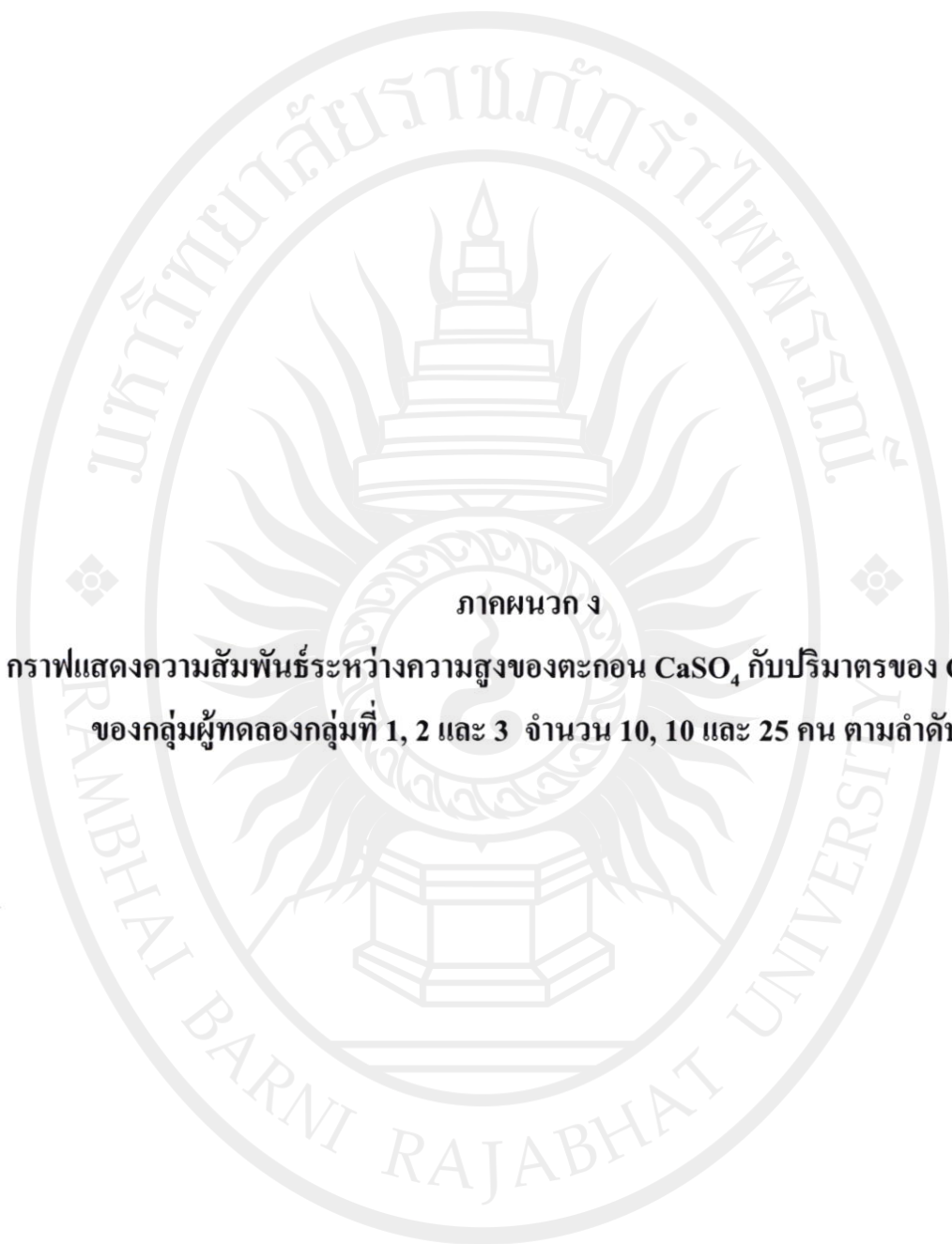
ข้อ ที่	ข้อตอบ	ระดับ ความพึงพอใจ	แปลความหมาย
10.	ผู้ทดลองมีความพึงพอใจในชุดการทดลองสำเร็จรูปนี้	4.20	ความพึงพอใจมาก
	ระดับความพึงพอใจเฉลี่ย	4.27	พึงพอใจมาก

ค่าใช้จ่ายต้นทุนและราคาขายต่อ 1 ชุดของชุดการทดลองสำเร็จรูปเรื่องสารกำหนดปริมาณ โดยใช้วิธีการตกตะกอน

1. ราคาต้นทุน

รายการ	จำนวนหน่วย	ราคาต่อหน่วย (บาท)	จำนวนเงิน (บาท)
กล่องพลาสติก	1 กล่อง	20	20
ขวดพลาสติกใสสารเคมี	3 ใบ	2	6
ถุงพลาสติก	6 ใบ	0.50	3
กระปุกพลาสติกใสสารเคมี	3 ใบ	2	6
คิวเวทท์	18 หลอด	6	108
หลอดชนิดยา	3 อัน	5	15
ไม้บรรทัด	1 อัน	6	6
ฐานสำหรับใส่คิวเวทท์	1 แผ่น	1	4
ลวด	10 เซนติเมตร	1	1
ลูกบิด	1 เม็ด	1	1
น้ำกลั่น	75 ลูกบาศก์เซนติเมตร	0.24	18
สารละลายกรดซัลฟิวริก	75 ลูกบาศก์เซนติเมตร	0.60	45
สารละลายแคลเซียมซัลเฟต	75 ลูกบาศก์เซนติเมตร	0.36	27
รวมเป็นเงิน			260

2. ราคาขายกล่องละ 300 บาท



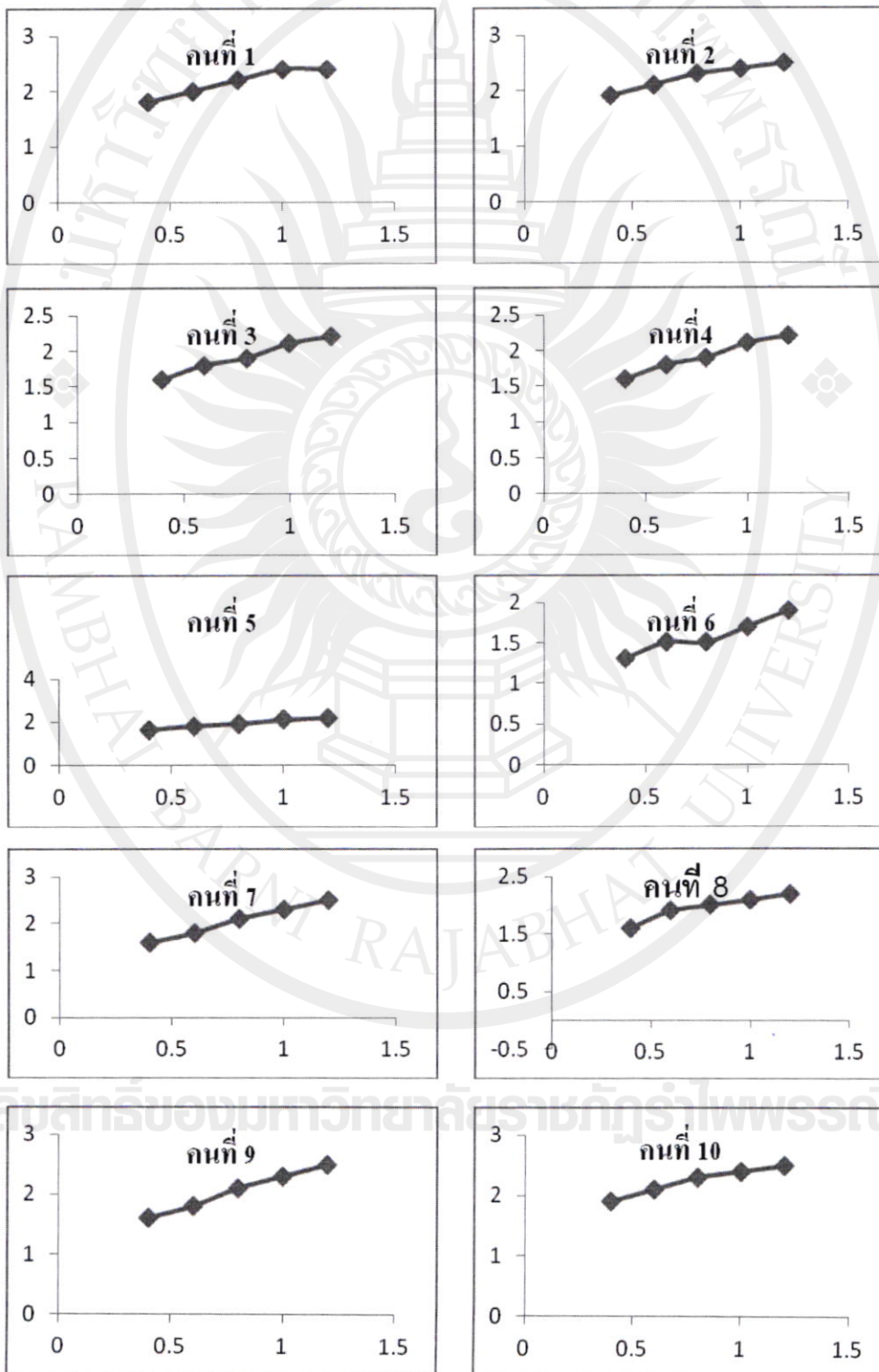
ภาคผนวก ง

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของตะกอน CaSO_4 กับปริมาตรของ CaCl_2 ของกลุ่มผู้ทดลองกลุ่มที่ 1, 2 และ 3 จำนวน 10, 10 และ 25 คน ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

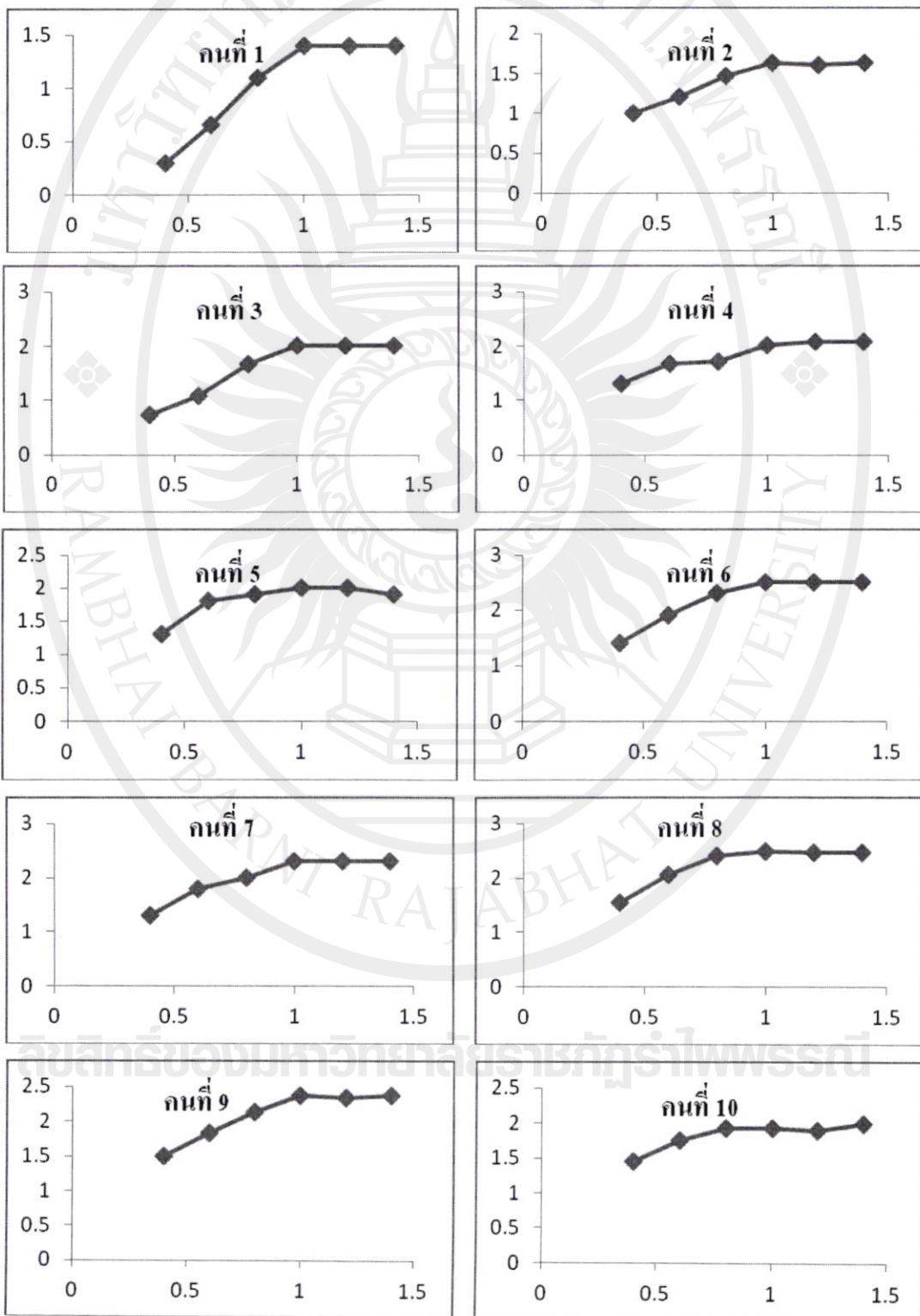
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของตะกอน CaSO_4 กับปริมาตรของ CaCl_2
 ของกลุ่มผู้ทดลองกลุ่มที่ 1 จำนวน 10 คน

กำหนดให้แกน X = ปริมาตรของ CaCl_2 (ml) และแกน Y = ความสูงเฉลี่ยของตะกอน CaSO_4 (cm)



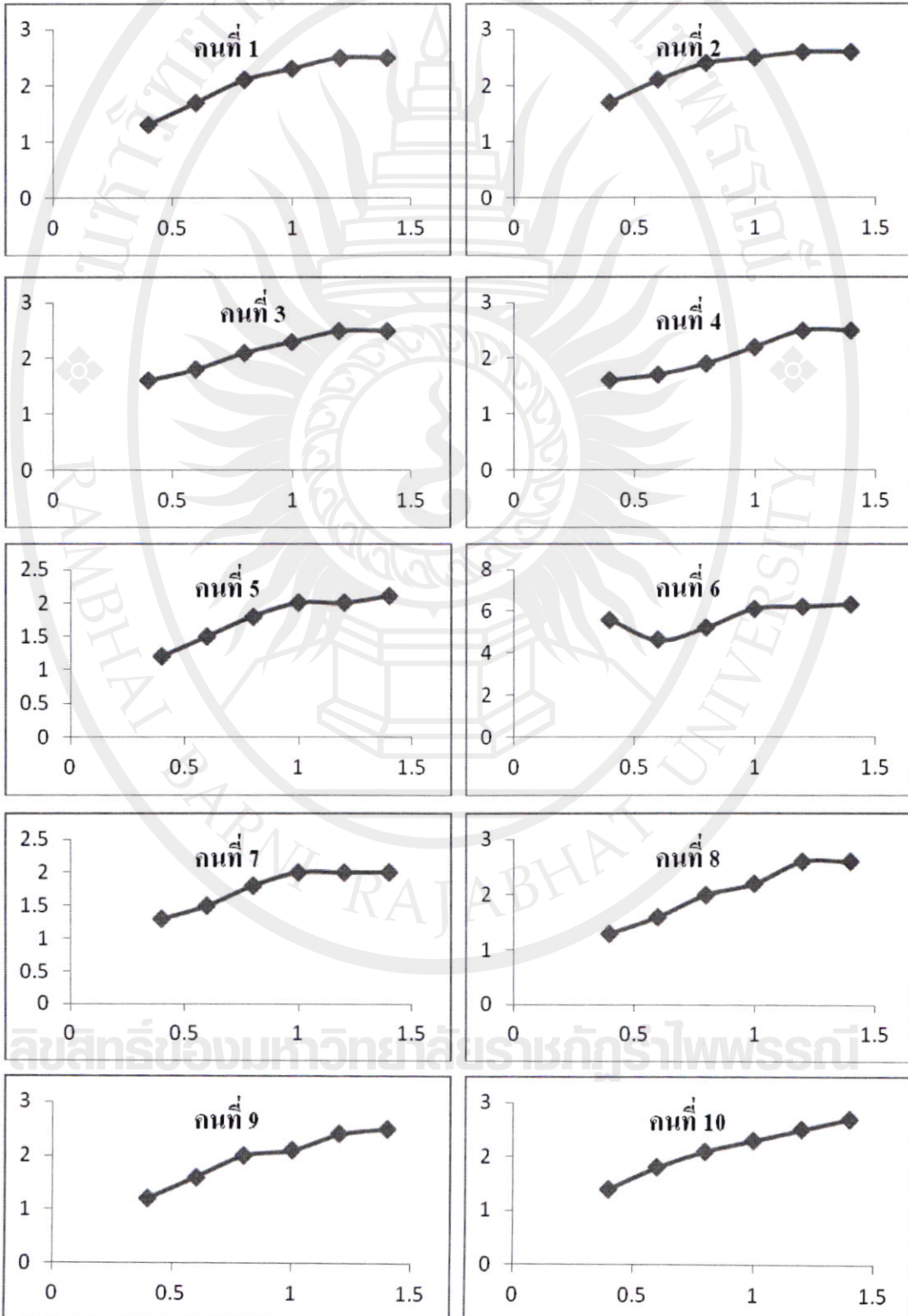
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของตะกอน CaSO_4 กับปริมาตรของ CaCl_2 ของกลุ่มผู้ทดลองกลุ่มที่ 2 จำนวน 10 คน

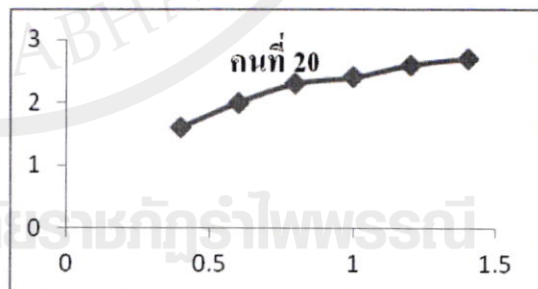
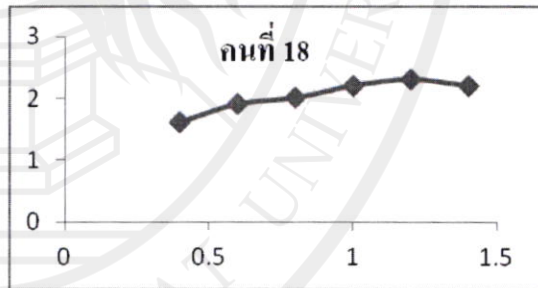
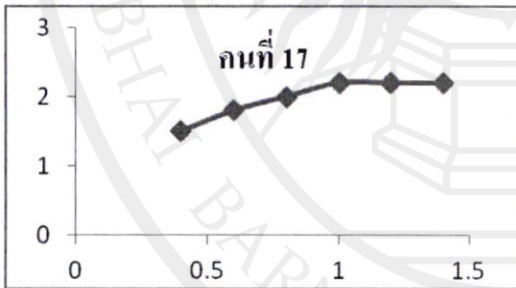
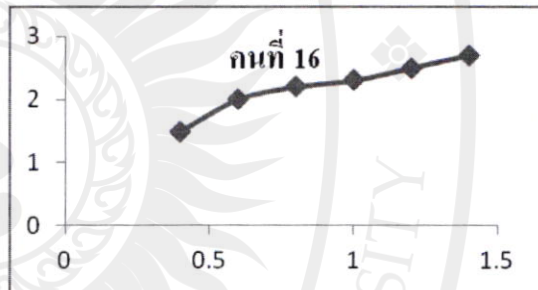
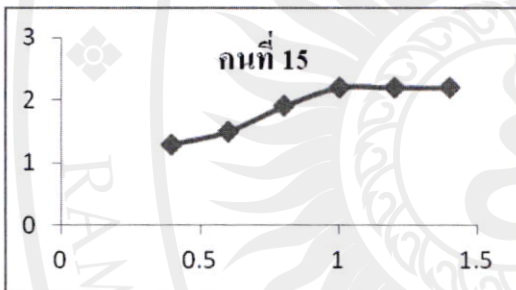
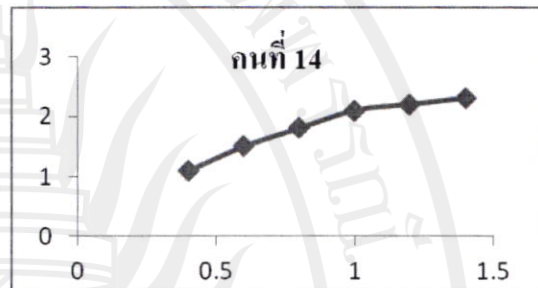
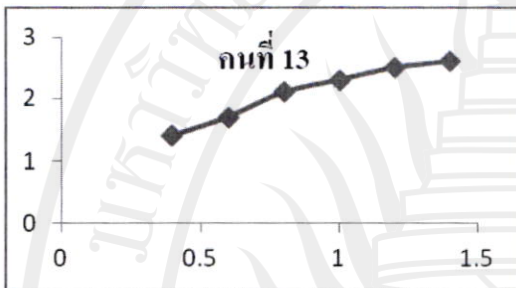
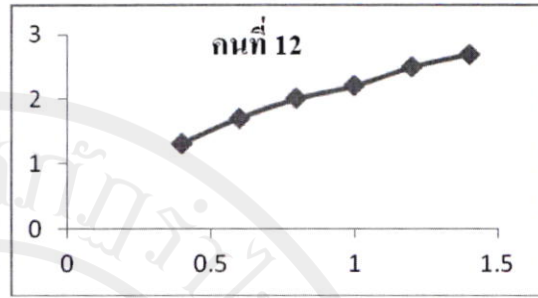
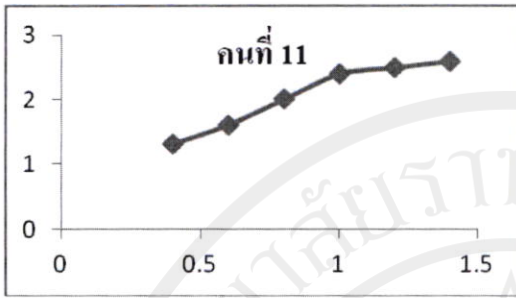
กำหนดให้แกน X = ปริมาตรของ CaCl_2 (ml) และแกน Y = ความสูงเฉลี่ยของตะกอน CaSO_4 (cm)



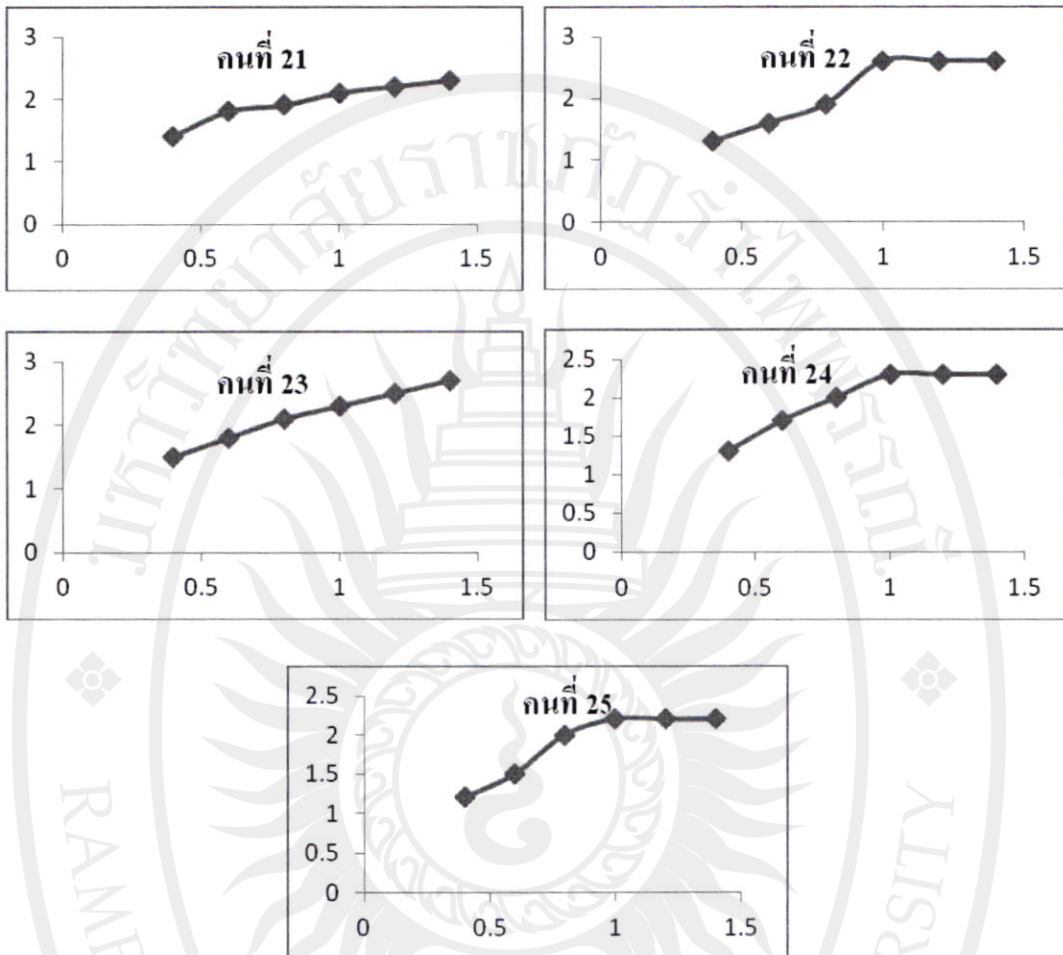
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของตะกอน CaSO_4 กับปริมาตรของ CaCl_2
 ของกลุ่มผู้ทดลองกลุ่มที่ 3 จำนวน 25 คน

กำหนดให้แกน X = ปริมาตรของ CaCl_2 (ml) และแกน Y = ความสูงเฉลี่ยของตะกอน CaSO_4 (cm)





ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



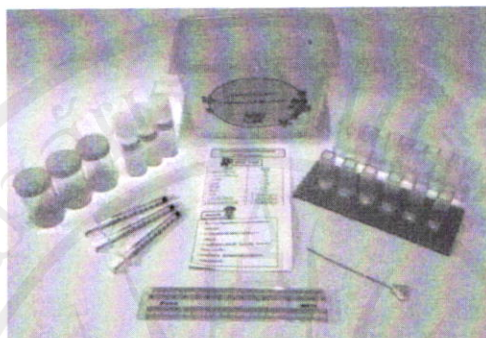
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



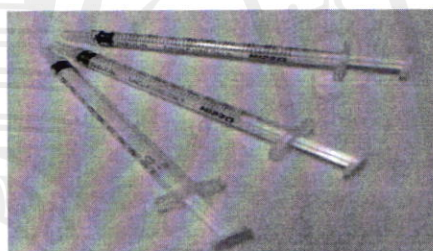
ภาคผนวก จ
ภาพชุดการทดลองสำเร็จรูปและผู้ทำกิจกรรม
เรื่องสารกำหนดปริมาณโดยใช้วิธีการตกตะกอน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

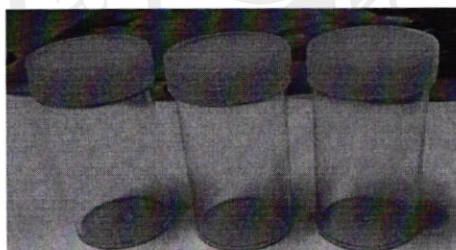
ภาพชุดการทดลองสำเร็จรูปเรื่อง สารกำหนดปริมาณโดยใช้วิธีการตกตะกอน



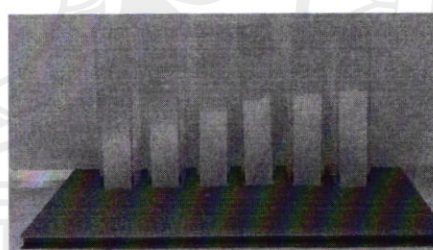
(a)



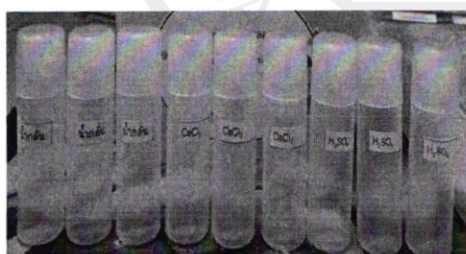
(b)



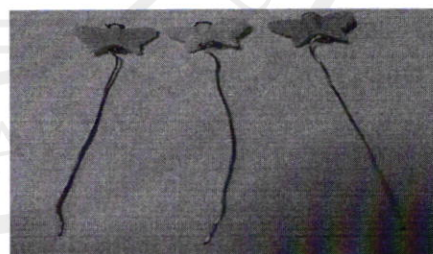
(c)



(d), (e)



(f)

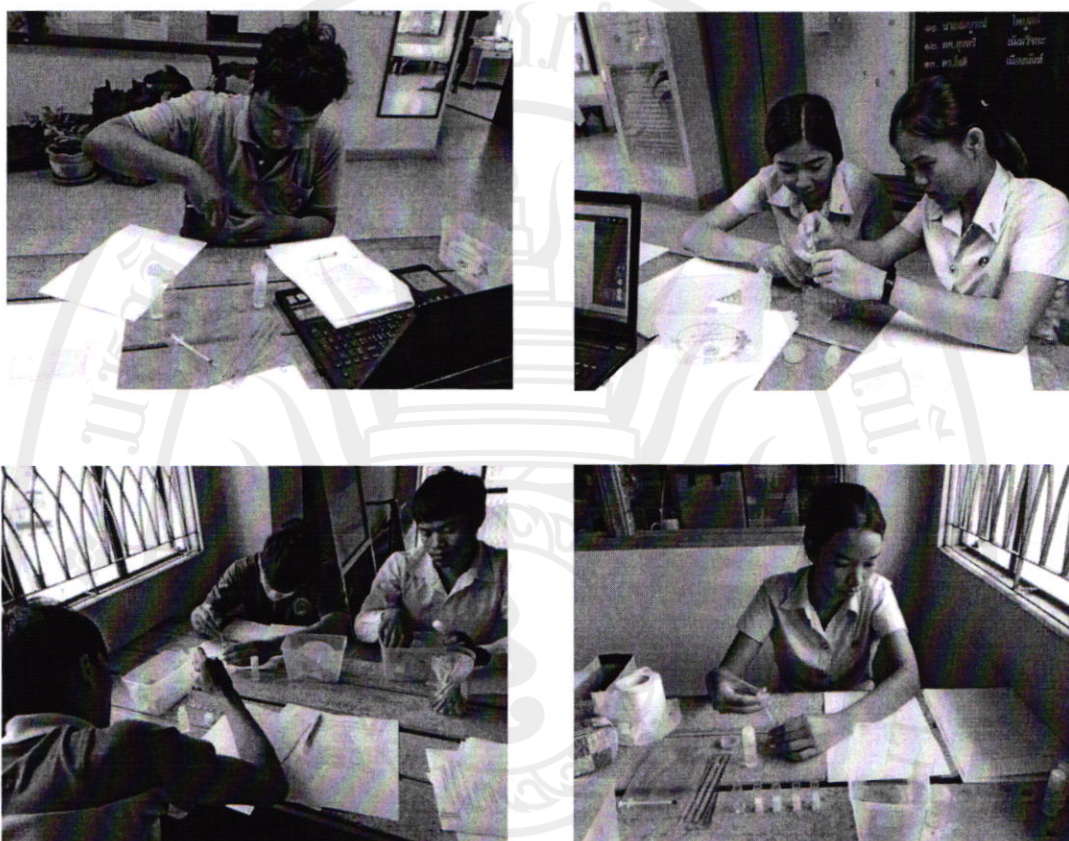


(g)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
ภาพประกอบ 11 ส่วนประกอบชุดการทดลองสำเร็จรูป เรื่องสารกำหนดปริมาณ โดยใช้วิธีการ
ตกตะกอน

- (a) ไม้บรรทัด (b) หลอดฉีดยา (c) กระป๋องใส่สารเคมี
(d), (e) คิวเวทท์และที่วางคิวเวทท์ (f) ขวดใส่สารเคมี (g) ลวดคนสาร

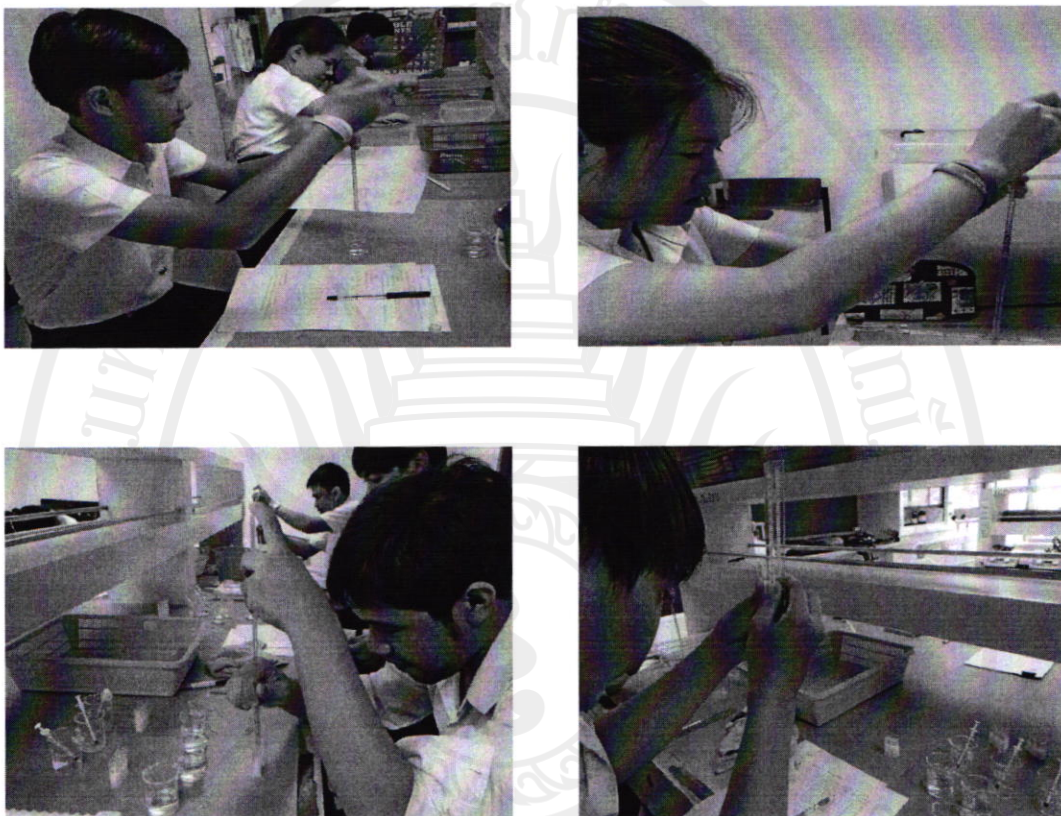
ผู้ทำการทดลองชุดการทดลองสำเร็จรูปเรื่อง สารกำหนดปริมาณโดยใช้วิธีการเกิดตะกอน
 กลุ่มที่ 1



ภาพประกอบ 12 กลุ่มตัวอย่างชุดที่ 1 เป็นนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ระดับปริญญาตรี คณะครุศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ ไม่จำกัดแขนงวิชา

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

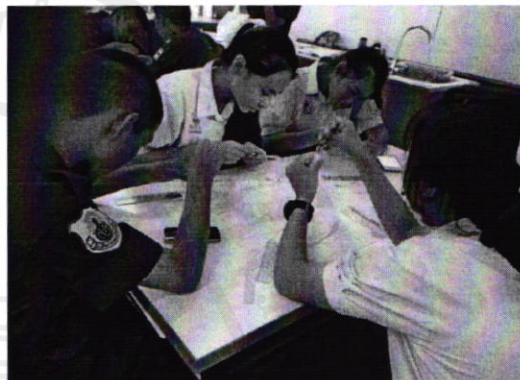
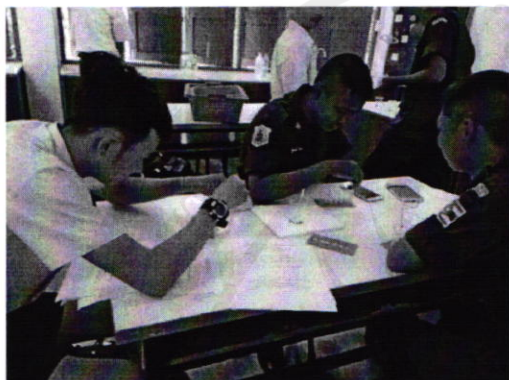
ผู้ทำการทดลองชุดการทดลองสำเร็จรูปเรื่อง สารกำหนดปริมาณโดยใช้วิธีการเกิดตะกอน
กลุ่มที่ 2



ภาพประกอบ 13 กลุ่มตัวอย่างชุดที่ 2 เป็นนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ระดับ
ปริญญาตรี คณะครุศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ แขนงวิชาเคมี

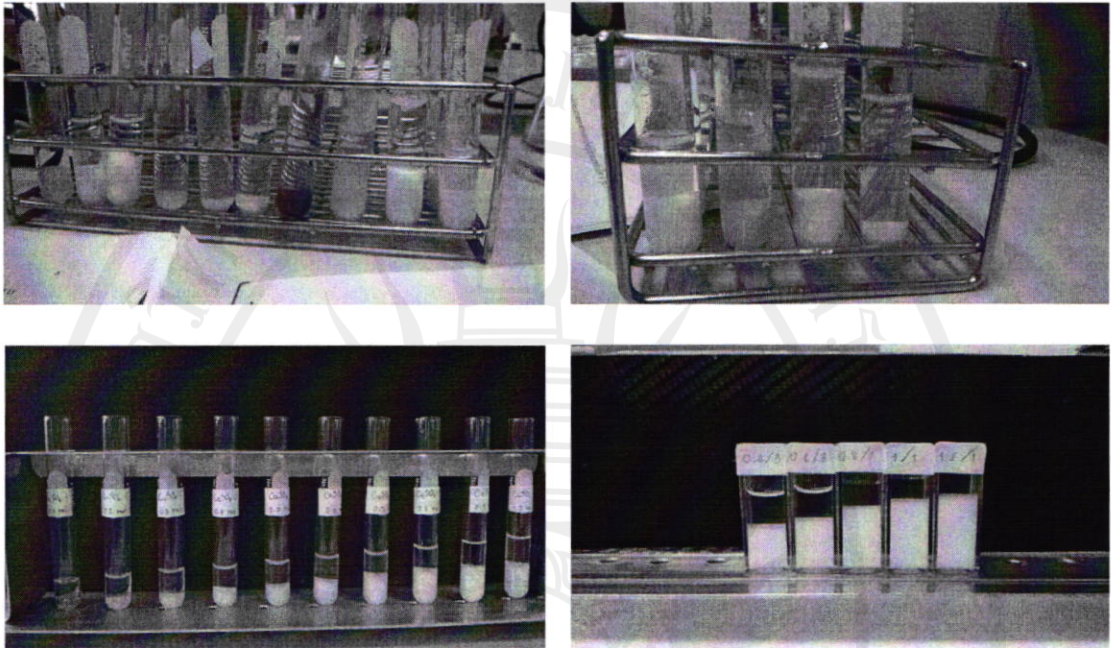
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ผู้ทำการทดลองชุดการทดลองสำเร็จรูปเรื่อง สารกำหนดปริมาณโดยใช้วิธีการเกิดตะกอน
กลุ่มที่ 3



ภาพประกอบ 14 กลุ่มตัวอย่างชุดที่ 3 เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านฉาง
กาญจนกุลวิทยา จังหวัดระยอง

ภาพการตกตะกอนของสารต่าง ๆ



ภาพประกอบ 15 ตะกอนที่เกิดจากการทำการทดลองเพื่อสร้างชุดทดลองสำเร็จรูป