รายการอ้างอิง

ภาษาอังกฤษ

Acker, C.E. Process of making stannic chlorid. U.S.Pat 810,454 , January 23, 1906.

Blunden, S.J., Cusack, P.A., and Hill, R. The industrial uses of tin chemicals. Whitstable, Kent: Whitstab;e Litho Ltd, 1958.

Brasted, R.C., and Klug, H.P. The elements and compounds of group IVA. Vol. 7: Comprehensive Inorganic Chemistry. Princeton: D.Van Nostrand Company, Inc., 1958.

Burgess, L. Method of making tin tetrachloride. U.S.Pat 1,999,179 , April 30, 1935.

Buttfileld, W.J. Manufacture of stannic chloride. U.S.Pat 1,897,360 , February 14, 1933.

De Forest, E.M., Kans, W., and Lewis, a. Process for preparation of stannic chloride. U.S.Pat 3,848,052 , November 12, 1974.

Doerflinger, W.F. Manufacture of stannic chloride. U.S.Pat 1,055,617 , March 11, 1914.

Donaldson, J.D. A review of the chemistry og tin(II) compounds. England: Tin Research Institute Publication, 1965.

Gitlitz, M.H., and Moran, M.K. Tin compounds. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology 23 (1983): 42-46.

International TIn Research Institute. Tin chemicals: The formular for success. London: John Swain & Son, 1983.

Laubusch, E.D. Chlorine: Its manufacture, properties and uses. New York: Reinhold Publishing Corporation, 1962.

Leddy, J.J., and others. Alkaline and chlorine production. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology 1 (1983): 833-848.

Lienhardt, W.S. Method of making stannic chloride. U.S.Pat 1,826,800 , October 13, 1931.

Macl, R.McK. Tin products and production. The New Encyclopaedia Britannica (Macropaedia) 18 (1981): 432-433.

Maykuth, D.J. Tin and tin alloys. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology 23 (1983): 18-34.

Mellor, J.W. A Comprehensive Treatise on Inorganic and Theoretical Chemistry (vol. 7) London: Longmans, Green and Co.Ltd., 1927.

Rochow, E.G., and Abel, E.W. The chemistry of germanium, tin and lesd. Oxford: Pergamon Press, 1973.

Sperry, E.A. Method of making stannic chloride. U.S.Pat 877,247 , January 21, 1908

Townsend, C.P. Method of producing stannic chloride. U.S.Pat 877,262 , January 21, 1908.

Tseng, Fan-Chieh. and Chiang, Li-Chin. Preparation of anhydrous tin tetrachloride. Hua Hsulh T'ung Pao 9 (1961): 50-53

Tyson, P.L. Process of making tin tetrachloride. U.S.Pat 2,061,816 , November 24, 1936.

Wolf, J.N. and Favre, G.A. Process for the catalytic production of anhydrous stannic chloride. U.S.Pat 1,937,419 , November 28, 1933.

Wolff, P. Process of producing tin tetrachloride. U.S.Pat 1,087,522 , February 17, 1914.

Wright, P.A. Extractive Metallurgy of Tin. 2nd ed. Netherland: Elsevier Scientific Publishing Company, 1982.

Zhang, Zengda and others. Manufacturing process for high-purity stannic chloride. CN.Pat 85,108,528 , May 27, 1987.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ข้อมูลการทดลอง

ตารางที่ ก.1 แสดงข้อมูลผลการทดลองการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิ

ข้อมูลการทดลองที่	อุณหภูมิ (° C)	อัตราการป้อนก๊าซคลอรีน (ลิตร/นาที)	อัตราการป้อนก๊าซไนโตรเจน (ลิตร/นาที)	อัตราการป้อนก๊าซรวม (ลิตร/นาที)	สัดส่วนของก๊าซคลอรีน	ปริมาณดีบุกที่ถูกฟาปฏิกิริยาไป (กรัม)	ปริมาณพัน(IV)คลอไรด์ที่ได้จากการทดลอง (กรัม)	% yieldเทียบกับดีบุก (%)	% yield.เทียบกับคลอรีน (%)
1	100	0.099	0.147	0.246	0.402	55.93	90.05	73.31	68.81
2	120	0.099	0.147	0.246	0.402	57.99	97.44	76.50	74.46
3	140	0.099	0.147	0.246	0.402	63.05	106.95	77.23	81.73
4	160	0.099	0.147	0.246	0.402	58.16	100.20	78.44	76.57
5	180	0.099	0.147	0.246	0.402	53.91	84.65	71.49	64.68
6	200	0.099	0.147	0.246	0.402	53.84	93.29	78.89	71.29
7	220	0.099	0.147	0.246	0.402	65.42	96.77	67.35	73.26
8	240	0.099	0.147	0.246	0.402	65.82	95.87	66.32	73.95

ตารางที่ ก.2 แสดงข้อมูลผลการทดลองการศึกษาอิทธิพลของอัตราการป้อนแก๊สคลอรีน

ชื่อชุดการทดลองที่	อุณหภูมิ (° C)	อัตราการป้อนก๊าซคลอรีน (ลิตร/นาที)	อัตราการป้อนก๊าซไนโตรเจน (ลิตร/นาที)	อัตราการป้อนก๊าซรวม (ลิตร/นาที)	สัดส่วนของก๊าซคลอรีน	ปริมาณดีบุกที่ถูกทำปฏิกิริยาไป (กรัม)	ปริมาณพิน(IV)คลอไรด์ที่ได้จากการทดลอง (กรัม)	% yield เทียบกับดีบุก (%)	% yield เทียบกับคลอรีน (%)
9	140	0.099	0.147	0.246	0.402	75.37	121.53	73.42	92.37
10	140	0.221	0.147	0.368	0.600	106.63	183.35	78.29	62.76
11	140	0.394	0.147	0.541	0.728	149.57	277.19	84.38	53.22
12	140	0.554	0.147	0.701	0.790	209.15	425.89	92.71	55.16
13	140	0.692	0.147	0.839	0.825	288.91	605.65	95.45	66.21
14	140	0.841	0.147	0.988	0.851	334.67	713.12	97.02	64.15
15	140	0.958	0.147	1.132	0.870	348.24	755.55	98.78	58.03

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.3 แสดงข้อมูลผลการทดลองการศึกษาอิทธิพลของสัดส่วนของแก๊สคลอรีนในขั้นแรก

ข้อมูลการทดลองที่	อุณหภูมิ (° C)	อัตราการป้อนก๊าซคลอรีน (ลิตร/นาที)	อัตราการป้อนก๊าซไนโตรเจน (ลิตร/นาที)	อัตราการป้อนก๊าซรวม (ลิตร/นาที)	สัดส่วนของก๊าซคลอรีน	ปริมาณดีบุกที่ถูกทำปฏิกิริยาไป (กรัม)	ปริมาณสัน(IV)คลอไรด์ที่ได้จากการทดลอง (กรัม)	% yield เทียบกับดีบุกตามการทดลอง (%)	% yield เทียบกับคลอรีนตามการทดลอง (%)	ปริมาณสัน(II)คลอไรด์ที่ได้จากการทดลอง (กรัม)	ปริมาณสัน(IV)คลอไรด์ที่ได้จากการคำนวณ (กรัม)	% yield เทียบกับดีบุกตามการคำนวณ (%)	% yield เทียบกับคลอรีนตามการคำนวณ (%)
16	140	0.15	0.15	0.30	0.5	89.34	145.01	73.90	73.13	20.60	167.91	85.57	84.68
17	140	0.18	0.12	0.30	0.6	95.94	175.49	83.28	73.76	14.38	190.95	90.62	80.25
18	140	0.21	0.09	0.30	0.7	106.02	190.46	81.79	68.61	19.82	205.61	88.30	74.07
19	140	0.24	0.06	0.30	0.8	116.10	220.59	86.51	69.53	14.22	235.45	92.34	74.22
20	140	0.27	0.03	0.30	0.9	123.46	244.59	90.20	68.53	11.34	255.57	94.25	71.61
21	140	0.30	0.00	0.30	1.0	130.18	258.19	90.30	65.11	16.06	263.84	92.28	66.53

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.4 แสดงข้อมูลผลการทดลองการศึกษาอิทธิพลของสัดส่วนของแก๊สคลอรีนในขั้นสอง

ข้อมูลการทดลองที่	อุณหภูมิ (° C)	อัตราการป้อนก๊าซคลอรีน (ลิตร/นาที)	อัตราการป้อนก๊าซไนโตรเจน (ลิตร/นาที)	อัตราการป้อนก๊าซรวม (ลิตร/นาที)	สัดส่วนของก๊าซคลอรีน	ปริมาณดีบุกที่ถูกนำไปปฏิกิริยาไป (กรัม)	ปริมาณพิน(IV)คลอไรด์ที่ได้จากการทดลอง (กรัม)	% yield เทียบกับดีบุกตามการทดลอง (%)	% yield เทียบกับคลอรีนตามการทดลอง (%)	ปริมาณพิน(II)คลอไรด์ที่ได้จากการทดลอง (กรัม)	ปริมาณพิน(IV)คลอไรด์ที่ได้จากการคำนวณ (กรัม)	% yield เทียบกับดีบุกตามการคำนวณ (%)	% yield เทียบกับคลอรีนตามการคำนวณ (%)
22	140	0.25	0.25	0.50	0.5	122.92	233.17	86.87	70.56	8.11	257.26	95.85	77.84
23	140	0.30	0.20	0.50	0.6	132.56	258.71	88.86	65.24	11.62	275.17	94.51	69.39
24	140	0.35	0.15	0.50	0.7	154.70	308.38	90.76	66.65	11.62	323.80	95.30	69.99
25	140	0.40	0.10	0.50	0.8	179.05	360.50	91.67	68.18	14.43	373.42	94.56	70.62
26	140	0.45	0.05	0.50	0.9	192.83	398.50	94.09	66.99	13.81	404.53	95.52	68.00
27	140	0.50	0.00	0.50	1.0	201.30	423.84	95.87	64.13	12.57	424.84	96.09	64.28

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.5 แสดงข้อมูลผลการทดลองการศึกษาอิทธิพลของสัดส่วนของแก๊สคลอรีนในขั้นสาม

ข้อมูลการทดลองที่	อุณหภูมิ (° C)	อัตราการป้อนก๊าซคลอรีน (ลิตร/นาที)	อัตราการป้อนก๊าซไนโตรเจน (ลิตร/นาที)	อัตราการป้อนก๊าซรวม (ลิตร/นาที)	สัดส่วนของก๊าซคลอรีน	ปริมาณดีบุกที่ลูกฟาปฏิกิริยาไป (กรัม)	ปริมาณพัน(IV)คลอไรด์ที่ได้จากการทดลอง (กรัม)	% yield เทียบกับดีบุกตามการทดลอง (%)	% yield เทียบกับคลอรีนตามการทดลอง (%)	ปริมาณพัน(II)คลอไรด์ที่ได้จากการทดลอง (กรัม)	ปริมาณพัน(IV)คลอไรด์ที่ได้จากการคำนวณ (กรัม)	% yield เทียบกับดีบุกตามการคำนวณ (%)	% yield เทียบกับคลอรีนตามการคำนวณ (%)
28	140	0.35	0.35	0.70	0.5	158.01	306.45	88.30	66.24	12.90	329.31	94.89	71.18
29	140	0.42	0.28	0.70	0.6	184.82	367.38	90.51	66.17	13.28	387.67	95.50	69.83
30	140	0.49	0.21	0.70	0.7	207.79	425.36	93.20	65.67	11.21	440.96	96.62	68.08
31	140	0.56	0.14	0.70	0.8	234.12	487.62	94.83	65.87	9.27	501.46	97.52	67.74
32	140	0.63	0.07	0.70	0.9	261.20	550.92	96.03	66.15	13.03	555.76	96.88	66.74
33	140	0.70	0.00	0.70	1.0	261.08	561.93	97.99	60.73	8.35	561.93	97.99	60.73

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.6 แสดงข้อมูลผลการทดลองการศึกษาอิทธิพลของอัตราการป้อนแก๊สรวม

ข้อมูลการทดลองที่	อุณหภูมิ (° C)	อัตราการป้อนก๊าซคลอรีน (ลิตร/นาที)	อัตราการป้อนก๊าซไนโตรเจน (ลิตร/นาที)	อัตราการป้อนก๊าซรวม (ลิตร/นาที)	สัดส่วนของก๊าซคลอรีน	ปริมาณดีบุกที่ถูกทำปฏิกิริยาไป (กรัม)	ปริมาณพีน(IV)คลอไรด์ที่ได้จากการทดลอง (กรัม)	% yield เทียบกับดีบุก (%)	% yield เทียบกับคลอรีน (%)
34	140	0.15	0.15	0.30	0.5	89.34	145.01	73.90	73.13
35	140	0.25	0.25	0.50	0.5	122.21	233.17	86.87	70.56
36	140	0.35	0.35	0.70	0.5	158.01	306.45	88.30	66.24
37	140	0.45	0.45	0.90	0.5	181.36	332.79	83.55	55.95

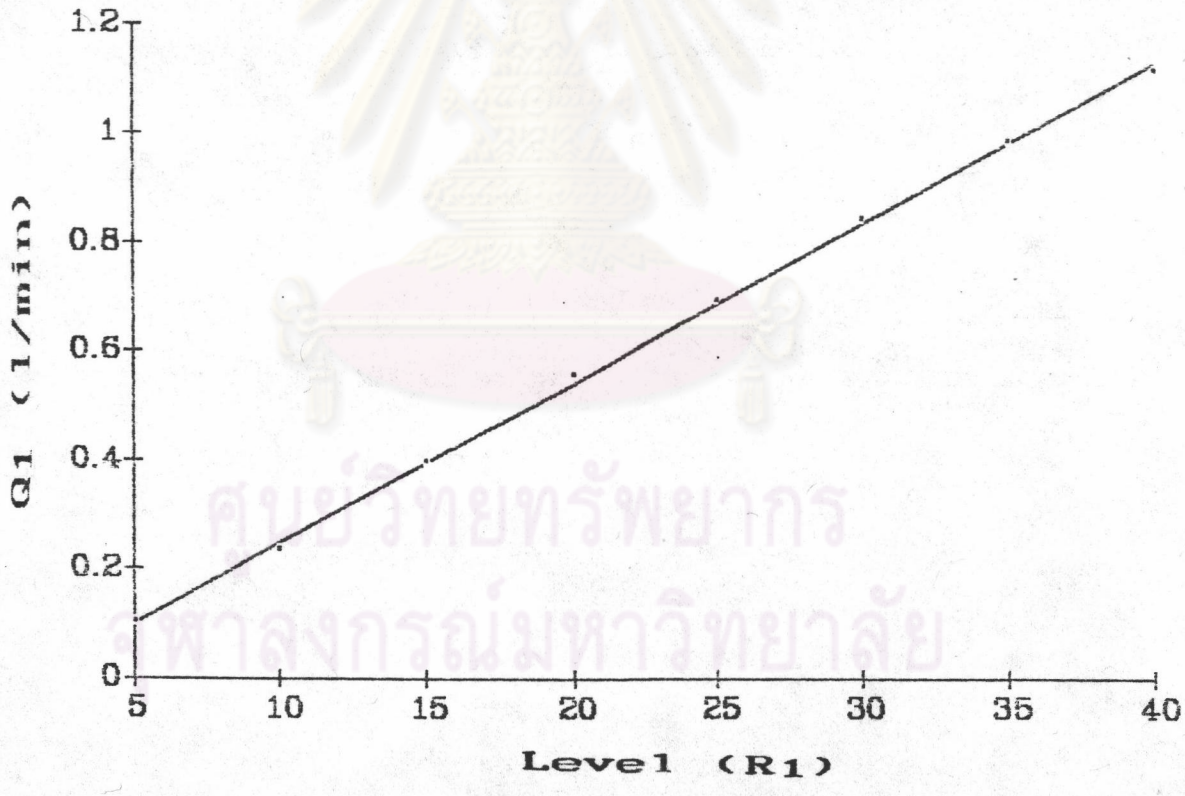
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.

ความสัมพันธ์ระหว่างระดับขีดลูกลอยของโรตามิเตอร์กับอัตราการไหลของแก๊ส

โรตามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองมีอยู่ 3 ตัวคือ

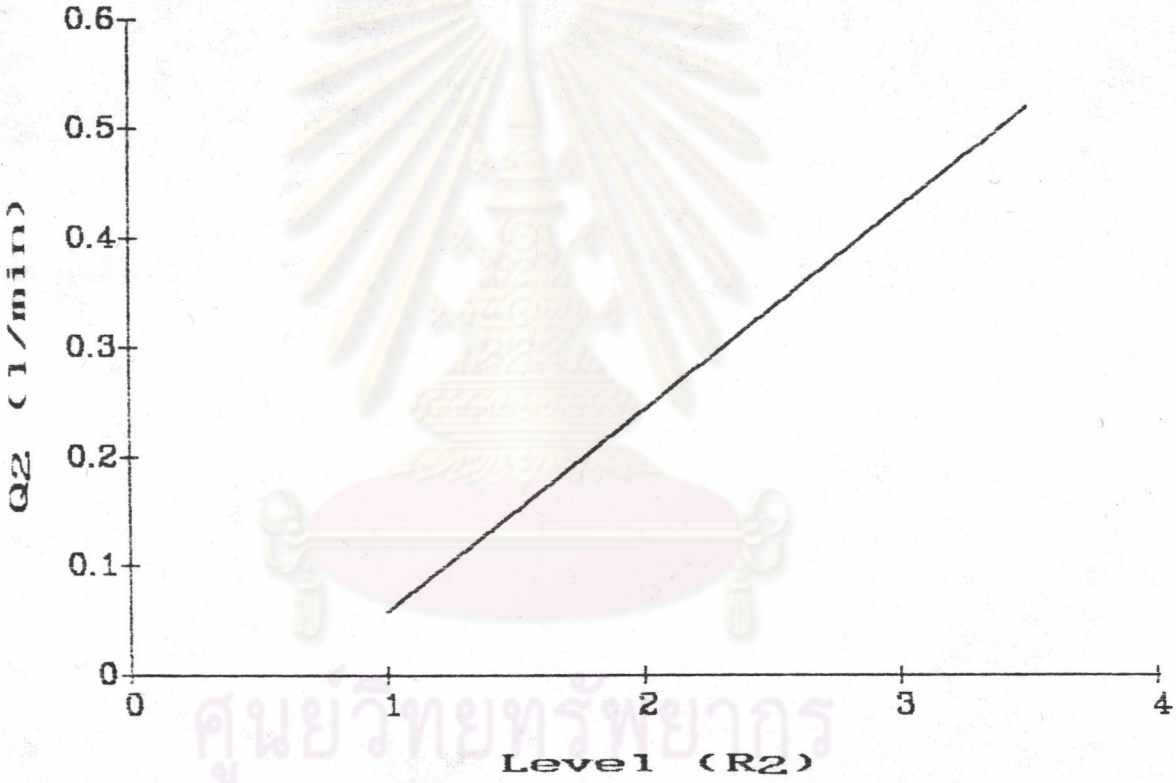
1. โรตามิเตอร์ตัวที่ 1 ใช้สำหรับวัดอัตราการไหลของแก๊สคลอรีน ระดับขีดของโรตามิเตอร์ (R_1) มีความสัมพันธ์กับอัตราการไหลของแก๊ส (Q_1) ดังรูปที่ ข.1



รูปที่ ข.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับขีดของโรตามิเตอร์ตัวที่ 1(R_1) กับอัตราการไหลของแก๊ส(Q_1)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

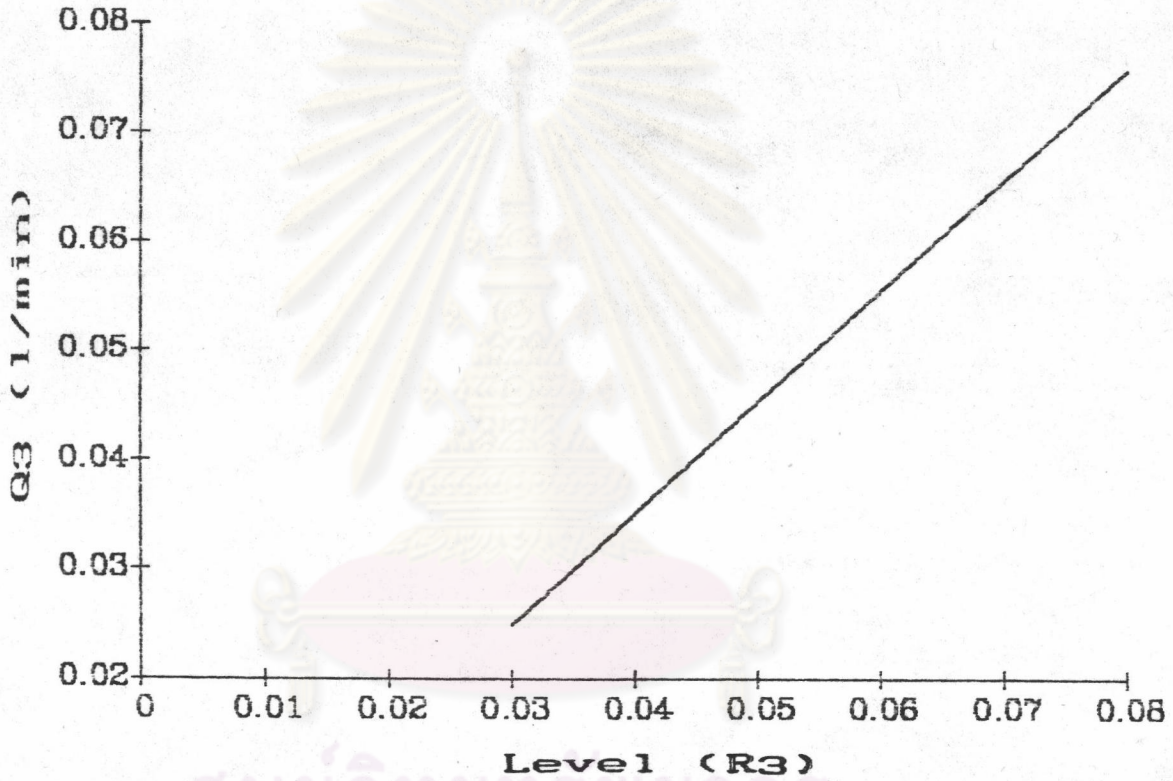
2. โรตามิเตอร์ตัวที่ 2 ใช้สำหรับวัดอัตราการไหลของแก๊สไนโตรเจนที่มีอัตราการไหลสูงกว่า ๐.๐๘ ลิตรต่อนาที ระดับขีดของโรตามิเตอร์ (R2) มีความสัมพันธ์กับอัตราการไหลของแก๊ส (Q2) ดังรูปที่ ข.2



รูปที่ ข.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับขีดของโรตามิเตอร์ตัวที่ 2(R2) กับอัตราการไหลของแก๊ส(Q2)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. โรตามิเตอร์ตัวที่ 3 ใช้สำหรับวัดอัตราการไหลของแก๊สไนโตรเจนที่มีอัตราการไหลต่ำกว่า ø.ø8 ลิตรต่อนาที ระดับชีดของโรตามิเตอร์ (R3) มีความสัมพันธ์กับอัตราการไหลของแก๊ส (Q3) ดังรูปที่ ข.3



รูปที่ ข.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับชีดของโรตามิเตอร์ตัวที่ 3(R3) กับอัตราการไหลของแก๊ส(Q3)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

การคำนวณ

1. การคำนวณหาเปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณดีบุกที่ใช้ไป

จากข้อมูลการทดลองที่ 16

ปริมาณดีบุกที่ถูกทำปฏิกิริยา	89.34	กรัม
มวลอะตอมของดีบุก	118.7	
มวลโมเลกุลของทิน(IV)คลอไรด์	260.7	

ดังนั้น ปริมาณทิน(IV)คลอไรด์ที่ควรผลิตได้คิดจากปริมาณดีบุกที่ถูกทำปฏิกิริยา

= (260.7)(89.34)/(118.7)

= 196.22 กรัม

ปริมาณทิน(IV)คลอไรด์ที่ได้จากการทดลอง 145.00 กรัม

ดังนั้น เปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณดีบุกที่ใช้ไป

= (145.00)(100)/(196.22)

= 73.90 %

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. การคำนวณหาเปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณคลอรีนที่ใช้ไป

จากข้อมูลการทดลองที่ 16

อัตราการป้อนแก๊สคลอรีน 0.15 ลิตร/นาที

ดังนั้น ปริมาณแก๊สคลอรีนที่ใช้ไปทั้งหมด = (0.15)(60)(4)

= 36 ลิตร

จากรูปที่ 2.2 แสดงความหนาแน่นของแก๊สคลอรีน

ที่ 30 องศาเซลเซียส แก๊สคลอรีนมีความหนาแน่น 3 กรัม/ลิตร

ดังนั้น ปริมาณแก๊สคลอรีนที่ใช้ไปทั้งหมด = (36)(3)

= 108 กรัม

มวลอะตอมของคลอรีน 35.5

มวลโมเลกุลของทิน(IV)คลอไรด์ 260.7

สูตรทางเคมีของทิน(IV)คลอไรด์ $SnCl_4$

ดังนั้น ปริมาณทิน(IV)คลอไรด์ที่ควรผลิตได้คิดจากปริมาณแก๊สคลอรีนที่ใช้ไป

= (260.7)(108)/(35.5)(4)

= 198.28 กรัม

ปริมาณทิน(IV)คลอไรด์ที่ได้จากการทดลอง 145.00 กรัม

ดังนั้น เปอร์เซนต์ yield ที่คิดจากปริมาณแก๊สคลอรีนที่ใช้ไป

= (145.00)(100)/(198.28)

= 73.13 %

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. การคำนวณหาปริมาณทิน(IV)คลอไรด์ที่ได้จากจากการคำนวณ

จากข้อมูลการทดลองที่ 16

มวลอะตอมของดีบุก 118.7

มวลโมเลกุลของทิน(II)คลอไรด์ 189.7

ปริมาณทิน(II)คลอไรด์ที่ผลิตขึ้น 20.6 กรัม

ดังนั้น ปริมาณดีบุกที่ถูกทำปฏิกิริยาไปเป็นทิน(II)คลอไรด์

= (20.6)(118.7)/(189.7)

= 12.89 กรัม

ปริมาณดีบุกที่ถูกทำปฏิกิริยาไปทั้งหมด 89.34 กรัม

ดังนั้น ปริมาณดีบุกที่ถูกทำปฏิกิริยาไปเป็นทิน(IV)คลอไรด์

= 89.34 - 12.89

= 76.45 กรัม

มวลอะตอมของดีบุก 118.7

มวลโมเลกุลของทิน(IV)คลอไรด์ 260.7

ดังนั้น ปริมาณทิน(IV)คลอไรด์ที่ได้จากการคำนวณ

= (260.7)(76.45)/(118.7)

= 167.91 กรัม

ประวัติผู้เขียน

นางสาวเมธพร มารีอนุเคราะห์ เกิดวันที่ 17 พฤศจิกายน 2512 ที่อำเภอบางรัก กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต ในสาขาเคมีวิศวกรรม ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2531

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย