

เอกสารอ้างอิง

1. Siri Jirapongphan, Pailin Chuchottaworn and Supattanapong Punmeechaow, "General Article," J. Sci. Soc. Thailand, 11, 161-176, 1985.
2. ชัยฤทธิ์ สัตยาประเสริฐ, "การผลิตก๊าซสังเคราะห์จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์," รายงานโครงการวิจัย เลขที่ 98-GER-2528, สถาบันวิจัยและพัฒนาของ คณะวิศวกรรมศาสตร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, 2530.
3. กองเชื้อเพลิงธรรมชาติ กรมทรัพยากรธรณี, "การสำรวจปิโตรเลียมในประเทศไทย," เอกสารประกอบการสัมมนา เรื่อง บทบาทของวิศวกรรมปิโตรเคมีกับ อุตสาหกรรมก๊าซธรรมชาติ-ปิโตรเคมี, คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2525.
4. สุวรรณ แสงเพ็ชร, "จะคิดใช้ก๊าซธรรมชาติอย่างไรกันดี," วิศวกรรมก้าวหน้า, จดหมายข่าวของสถาบันวิจัยและพัฒนาของคณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2524.
5. Mark, H.F. et al., Encyclopedia of Chemical Technology, Vol. 4, pp. 534-540, John Wiley & Sons, New York, USA, 1978.
6. Bond, G.C., Heterogeneous Catalysis : Principles and Applications, 2nd ed., pp. 8-10, Clarendon Press Oxford, Great Britain, 1987.
7. Satterfield, C.N., Heterogeneous Catalysis in Practice, McGraw-Hill, USA, 1980.
8. Trim, D.L., Design of Industrial Catalyst, pp. 91-99, 155, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 1980.
9. Mukhlyonov, I.P., Catalyst Technology, pp. 69, Mir Publishers, Moscow, USSR, 1976.

10. Wolfe, Catalyst Handbook, pp. 38-43, Wolfe Scientific Books, London, Great Britain, 1970.
11. Fogler, H.S., Elements of Chemical Reaction Engineering, pp. 203-211, 237, Prentice-Hall International Inc., New Jersey, USA, 1986.
12. Weekamn, V., AIChE J., 1974, 20, 833.
13. Smith, J.M., Chemical Engineering Kinetics, 3rd ed., pp. 44, 522-545, McGraw-Hill, USA, 1985.
14. Levenspiel, O., Chemical Reaction Engineering, 2nd ed., pp. 27, 107-111, John Willey & Sons, USA, 1972.
15. Boudart, M., Kinetics of Chemical Processes, pp. 10-16, Prentice-Hall, New Jersey, USA, 1968.
16. Hougen, O.A. and Watson K.M., Chemical Process Principles: Part III Kinetics and Catalysis, pp. 942-958, John Wiley & Sons, USA, 1962.
17. Hill, C.G., Jr., An Introduction to Chemical Engineering Kinetics and Reactor Design, pp. 24-27, 40-44, 178-181, John Wiley & Sons, USA, 1977.
18. Kenji Hashimoto, Reaction Kinetics and Reactor Design of Gas Solid Reactions, pp. 7-17, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand, 1987.
19. Fulton, J.W., "Building the Mathematical Model of the Catalyst and Reactor", Chemical Engineering, Feb. 17, 118-124, 1986.
20. Rose, L.M., Chemical Reactor Design in Practice, pp. 251-252, Elsevier Scientific Publishing Company, USA, 1981.
21. Barlogh, A., Fekete, G., and Bathory, J., "Determining the Optimum Nickel Content of Natural Gas Decomposition Catalysts", Magy. Asvanyolaj Foldgaz Kiserl. Intez. Kozlem., 11, 75-81, 1970.



22. Murakami, Y., Progress Report of the Committee on Reference Catalyst, Catalysis Society of Japan, pp. 1-10, 1978.
23. Letitia, T., Ivona, M., and Eugenia, I., "Conversion of Methane with Carbon Dioxide", Rev. Chim. 29(9), 825-7, 1978.
24. Anisonyan, A.A., "Mechanism of the Noncatalytic Conversions of Methane with Carbon Dioxide and Water Vapor", Tr., Vses. Nauch-Issled. Inst. Priir. Gazov., No.40, 81-92, 1969.
25. Denis, B., "Partial Oxidation of Methane Using Iron Oxide as Donor", Ind. Eng. Chem., Process Des. Develop. 11(3), 415-20, 1972.
26. Rossini, C., "Kinetics of the Reaction between Methane and Carbon Dioxide", Gazz. Chom. Ital., 77, 222-37, 1947.
27. Sigov, S.A., and Abdullaeva, O.A., "Kinetics and Mechanism of the Conversion of Methane by Carbon Dioxide on a Nickel Catalyst", Uzbeksk. Khim. Zh., 9(5), 63-8, 1965.
28. Sigov, S.A., and Abdullaeva, U.A., "Reforming Natural Gas with Carbon Dioxide", Zh., Khim., 179-85, 1970.
29. Atrishchenko, V.M., Loboiko, A.Y., and Yurchenko, A.P., "Kinetics of the Catalytic Conversion of Methane by Carbon Dioxide Under Pressure", Kinet. Mater.-Vses. Knof. Kinet.Katel., Novosibirsk, USSR.
30. Grabehe, H.J., "Use of Isotope Exchange Reaction for the Study of Oxygen Transfer from Water and Carbon Dioxide to Metals and Oxides", Ann. N.Y. Acad. Sci., 213, 110-36, 1973.
31. Joseph, V.L., Christos, P., and Anthony, P.F., "Synthesis Gas Production", Eur. Pat. Appl. EP 84,273 , 27 Jul 1983.
32. Wicke, E., Chem.-Ing.-Tech., 29, 305, 1957.
33. Satterfield, C.N., and Yeung, R.S.C., Ind. Eng. Chem. Fundam., 2, 257, 1963.

ภาคผนวก





ภาคผนวก ก

การคำนวณหาปริมาณนิกเกิลไนเตรทสำหรับเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา

สารเคมี	นิกเกิลไนเตรท $[\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$	น้ำหนักโมเลกุล	290.81
	นิกเกิล $[\text{Ni}]$	น้ำหนักโมเลกุล	58.70

ตัวรองรับ แกมมา-อลูมินา  $[\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3]$

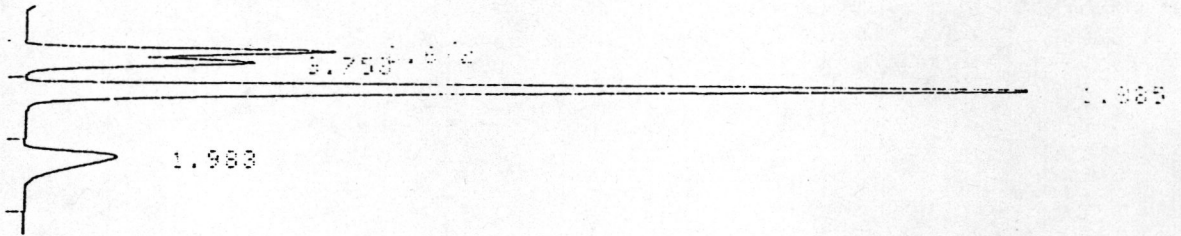
ปริมาตรภายในรูพรุน 0.66 ลูกบาศก์เซ็นติเมตรต่อกรัม

เตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา 10% Ni/ $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  น้ำหนัก 1 กรัม

น้ำหนักตัวรองรับ		=	1.0000	กรัม
ปริมาตรรูพรุน	=	$0.66 \times 1.0000$	=	$0.6600 \text{ cm}^3$
ซึ่ง $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	=	$1.000 \times \frac{10}{90} \times \frac{290.81}{58.70}$	=	$0.5506 \text{ กรัม}$
ละลายน้ำปริมาตร		=	0.66	$\text{cm}^3$

ภาคผนวก ข

รูปแสดงตัวอย่างโครมาโตแกรมที่ได้จากเครื่องบันทึกผล



PRONATOPAC C-R3A  
 SAMPLE NO 0  
 REPORT NO 76

FILE 5  
 METHOD 6622

NO	TIME	AREA	PK	IDNO	CONC	NAME
1	6.612	123446		1	2.3284	H2
2	6.758	97874	V	3	17.261	CO
3	1.985	501359	V	4	40.1413	CH4
4	1.983	82568	V	5	39.7693	CO2
TOTAL		805247			100	

ภาคผนวก ค

การคำนวณเพื่อหาอัตราการเกิดปฏิกิริยา

การคำนวณสมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซชนิดต่าง ๆ กับพื้นที่ผิ

ตารางที่ ค.1 แสดงสมบัติของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์

สารประกอบ	น้ำหนักโมเลกุล	ความหนาแน่น (กรัม/ลูกบาศก์เซ็นติเมตร)
CH <sub>4</sub>	16.03	$7.17 \times 10^{-4}$
CO <sub>2</sub>	44.00	$1.98 \times 10^{-3}$
H <sub>2</sub>	2.02	$8.98 \times 10^{-5}$
CO	28.00	$1.25 \times 10^{-3}$

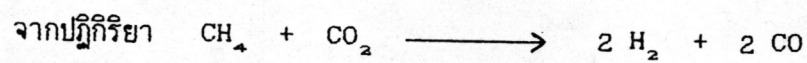
$$\text{ปริมาตรก๊าซที่อุณหภูมิ } 32 \text{ }^{\circ}\text{C (cm}^3\text{)} = \text{ความชื้น} \times \text{พื้นที่ผิ} + \text{จุดตัดแกนตั้ง}$$



ตารางที่ ค.2 แสดงผลการคำนวณเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซชนิดต่าง ๆ กับพื้นที่ผิวด ด้วยวิธีการ Linear Regression

ผลการคำนวณด้วยวิธีการ Linear Regression				
ชนิดของก๊าซ	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CO
ค่าความชื้น	4.52E-07	2.72E-06	1.29E-07	9.97E-07
ค่าความคลาดเคลื่อนของความชื้น	4.92E-09	3.56E-08	4.40E-09	2.89E-09
จุดตัดแกนตั้ง	0	0	0	0
ค่าความคลาดเคลื่อนจุดตัดแกนตั้ง	0.0054	0.0053	0.0228	0.0019
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.9977	0.9965	0.9777	0.9998
จำนวนข้อมูล	5	5	5	5

การคำนวณหาสัดส่วนการเปลี่ยนรูปของมีเทน (Conversion of Methane)



$$\text{สัดส่วนสารตั้งต้น } \text{CH}_4 : \text{CO}_2 = 1 : m$$

$$\text{สัดส่วนการเปลี่ยนรูปของมีเทน} = x$$

ชนิดของก๊าซ	ปริมาณที่เหลือจากปฏิกิริยา	ความเข้มข้นสารที่เหลือจากปฏิกิริยา
CH <sub>4</sub>	1-x	1-x/(1+m+2x)
CO <sub>2</sub>	m-x	m-x/(1+m+2x)
H <sub>2</sub>	2x	2x/(1+m+2x)
CO	2x	2x/(1+m+2x)

ก๊าซตัวอย่างวิเคราะห์ปริมาตร

0.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร

จำนวนโมล  $\text{CH}_4$  ที่เหลือจากปฏิกิริยา  
จำนวนโมลก๊าซทั้งหมดในก๊าซตัวอย่าง

ปริมาตร  $\text{CH}_4$  ในก๊าซตัวอย่าง  
ปริมาตรก๊าซตัวอย่าง

$$\frac{1-x}{1+m+2x}$$

$$= \frac{\text{พื้นที่ผก} \text{CH}_4 \times 4.52 \times 10^{-7}}{0.5} = N$$

$$1-x$$

$$= N + mN + 2Nx$$

$$2Nx + x$$

$$= 1 - N - mN$$

$$x(2N + 1)$$

$$= 1 - N - mN$$

$$x$$

$$= \frac{1 - N - mN}{2N + 1}$$

$$= \frac{1/N - 1 - m}{[2 + 1/N]}$$

สัดส่วนการเปลี่ยนรูปของมีเทน (x)

$$= \frac{\left[ \frac{0.5}{\text{พื้นที่ผก} \text{CH}_4 \times 4.52 \times 10^{-7}} \right] - 1 - m}{2 + \left[ \frac{0.5}{\text{พื้นที่ผก} \text{CH}_4 \times 4.52 \times 10^{-7}} \right]}$$

การคำนวณหาค่าอัตราการเกิดปฏิกิริยา ( $-r_A$ )

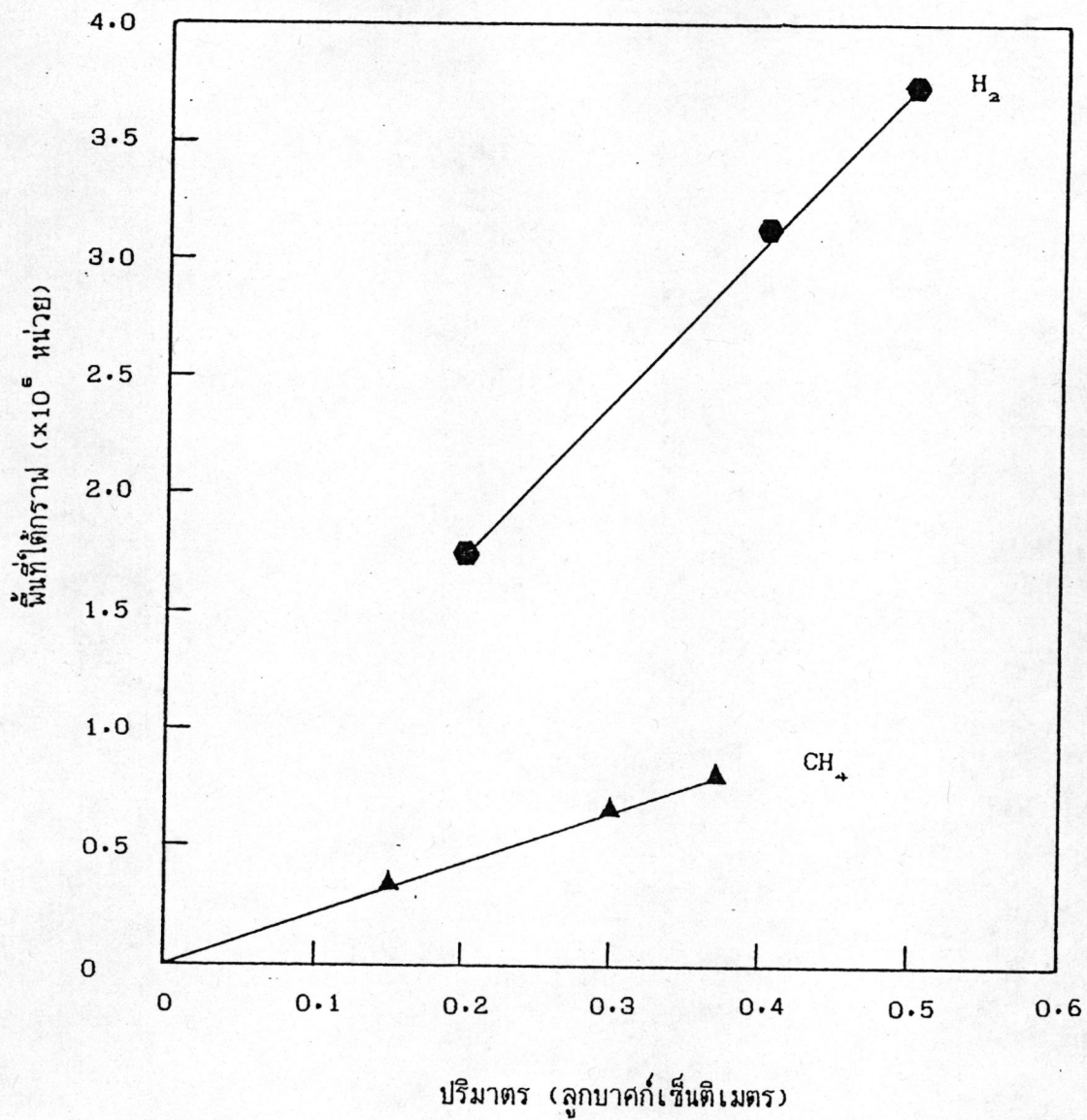
$$\text{อัตราการเกิดปฏิกิริยา } (-r_A) = \frac{\text{สัดส่วนการเปลี่ยนรูปมีเทน} \times \text{อัตราการไหลของมีเทน}}{\text{น้ำหนักรวบรวมปฏิกิริยา}}$$

นิยามสัดส่วนของสารผลิตภัณฑ์

สำหรับการทดลองนี้กำหนดสัดส่วนของสารผลิตภัณฑ์เป็นสัดส่วนระหว่างปริมาณของไฮโดรเจนต่อปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เกิดขึ้น ดังสมการ

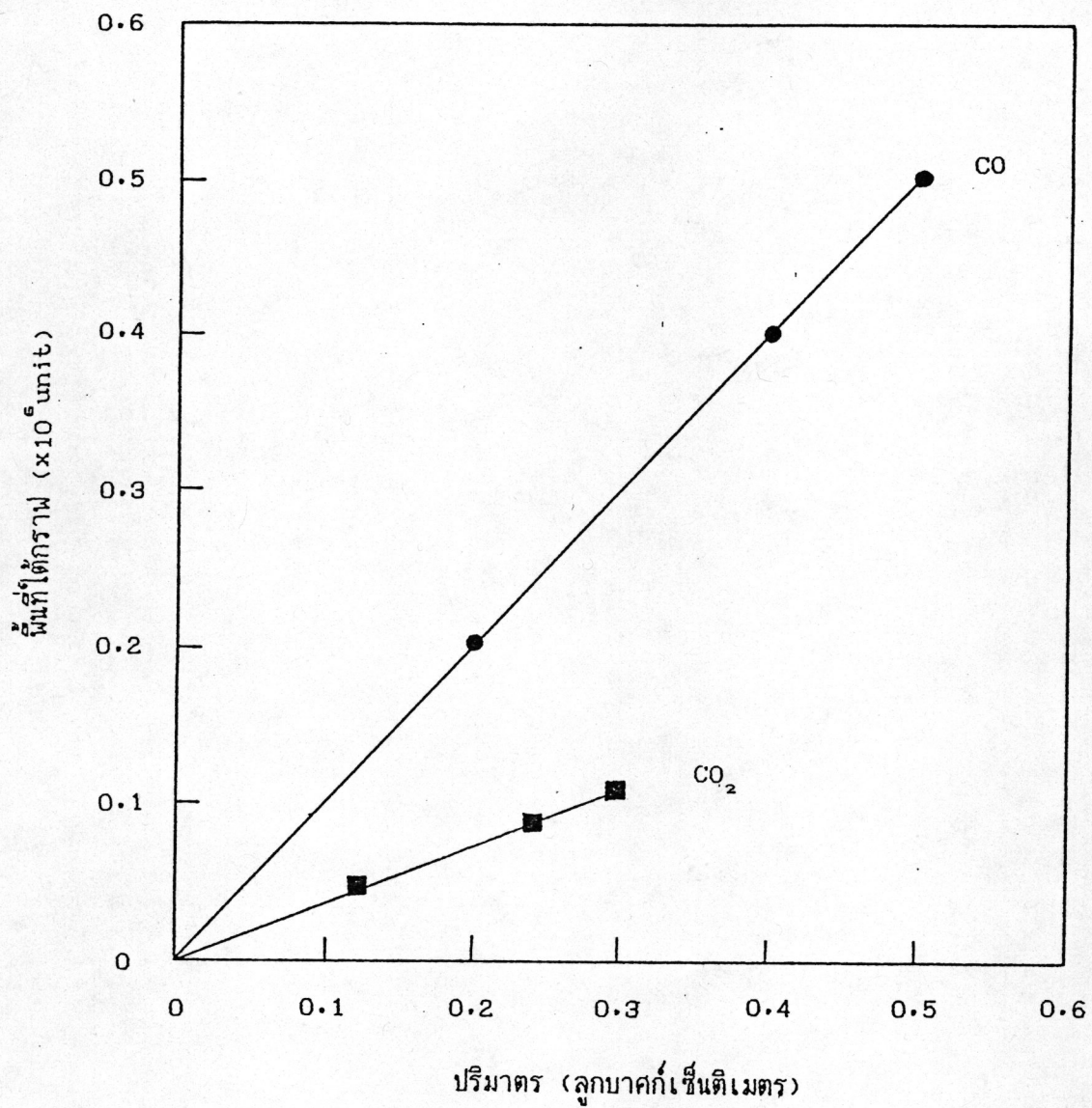
$$\text{สัดส่วนของสารผลิตภัณฑ์} = \frac{\text{ปริมาณไฮโดรเจน}}{\text{ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์}}$$





ภาคผนวก ง(1)

กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซชนิดต่าง ๆ กับค่าพื้นที่ใต้กราฟจากเครื่องบันทึกผล



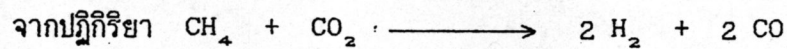
ภาคผนวก ง(2)

กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซชนิดต่าง ๆ กับค่าพื้นที่ได้กราฟจากเครื่องบันทึกผล



ภาคผนวก จ

การคำนวณหาสมการอัตราการเกิดปฏิกิริยา



จากสมการอัตราการเกิดปฏิกิริยา

$$\begin{aligned} -r_A &= k C_{\text{CH}_4}^\alpha C_{\text{CO}_2}^\beta \\ \ln(-r_A) &= \ln(k) + \alpha \ln(C_{\text{CH}_4}) + \beta \ln(C_{\text{CO}_2}) \end{aligned}$$

การหาเลขยกกำลังความเข้มข้นมีเทน ( $\alpha$ )

ความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับความเข้มข้นมีเทน

ดังนั้น  $\ln(k) + \beta \ln(C_{\text{CO}_2}) = \text{ค่าคงที่}$

$$\ln(-r_A) = \alpha \ln(C_{\text{CH}_4}) + \text{ค่าคงที่}$$

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดปฏิกิริยากับความเข้มข้นมีเทนเป็นสมการเส้นตรง  
ที่มีค่าความชันเป็นเลขยกกำลังความเข้มข้นมีเทน ( $\alpha$ )

การหาเลขยกกำลังความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\beta$ )

กำหนด ตัวแปร  $P = \ln(-r_A) - \alpha \ln(C_{\text{CH}_4})$

$$P = \beta \ln(C_{\text{CO}_2}) + \ln(k)$$

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร  $P$  กับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสมการเส้นตรง  
ที่มีค่าความชันเป็นเลขยกกำลังความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\beta$ )



การหาแฟกเตอร์แห่งความถี่ ( $k_0$ ) และพลังงานกระตุ้น ( $E$ ) จากสมการอาร์เรเนียส

จากสมการอาร์เรเนียส

$$k = k_0 e^{-E/RT}$$
$$\ln(k) = \ln(k_0) - \frac{E}{RT}$$

กำหนด ตัวแปร  $Q = \ln(-r_A) - \alpha \ln(C_{CH_4}) - \beta \ln(C_{CO_2})$

$$Q = \ln(k)$$
$$Q = \frac{-E}{RT} + \ln(k_0)$$

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร  $Q$  กับค่าส่วนกลับของอุณหภูมิเป็นสมการเส้นตรงที่มีค่าความชันเป็นผลลบของสัดส่วนของพลังงานกระตุ้นกับค่าคงที่ของก๊าซ และมีจุดตัดแกนตั้งเป็นค่าลอการิทึมของแฟกเตอร์แห่งความถี่ในสมการอาร์เรเนียส

ภาคผนวก ฉ

ข้อมูลดิบที่ได้จากการทดลองในขั้นตอนต่าง ๆ

ตารางที่ ฉ.1 แสดงผลการทดลองเพื่อหาอัตราการไหลของสารตั้งต้นในสภาวะที่ขจัดผลของความต้านทานการถ่ายเทมวลและความร้อนระหว่างบรรยากาศของไหลกับผิวด้านนอกของตัวเร่งปฏิกิริยาโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาหนัก 0.0990 กรัม และก๊าซตัวอย่างวิเคราะห์ปริมาตร 0.5 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร

ตัวเร่งปฏิกิริยาขนาด 40/60 เมช น้ำหนัก 0.0990 กรัม ปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส อัตราส่วนของสารตั้งต้น $CH_4:CO_2$ 1:1 โดยปริมาตร				
อัตราการไหล ของสารตั้งต้น ที่ 32'ซ [ml/min.]	พื้นที่เผา [unit]			
	$CH_4$	$CO_2$	$H_2$	CO
65.99	32678	16418	2385827	222255
101.81	58621	11468	2306712	229726
115.58	71783	15015	2215025	238704
139.93	85710	15690	2021638	247552
178.22	113475	17521	1852490	243155
232.48	139363	27812	1524036	242753
270.86	165923	28239	1485568	236446
306.51	188610	30373	1388466	233452
339.51	210512	32021	1330675	231550
364.56	227107	29751	1348746	224713

ตารางที่ ฉ.2 แสดงผลการทดลองเพื่อหาอัตราการไหลของสารตั้งต้นในสภาวะที่ขจัดผล  
ของความต้านทานการถ่ายเทมวลและความร้อนระหว่างบรรยากาศของไหล  
กับผิวด้านนอกของตัวเร่งปฏิกิริยาโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาหนัก 0.2084 กรัม  
และก๊าซตัวอย่างวิเคราะห์ปริมาตร 0.5 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร

ตัวเร่งปฏิกิริยาขนาด 40/60 เมช น้ำหนัก 0.2084 กรัม				
ปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส				
อัตราส่วนของสารตั้งต้น $\text{CH}_4:\text{CO}_2$ 1:1 โดยปริมาตร				
อัตราการไหล ของสารตั้งต้น ที่ 32'ซ [ml/min.]	พื้นที่ผิว [unit]			
	$\text{CH}_4$	$\text{CO}_2$	$\text{H}_2$	CO
218.10	54204	8969	2424126	197586
252.16	65106	9027	2463850	195987
285.15	77516	8536	2283117	205992
320.89	95891	7999	2145830	214302
365.71	108590	8912	1998888	228346
424.03	124695	11563	1862812	234081
470.17	133213	13465	1799213	225170
532.64	152700	17413	1659685	230478
601.11	173545	19569	1546790	225038
646.20	186948	21473	1475730	227334



ตารางที่ ๓.๓ แสดงผลการทดลองเพื่อหาขนาดของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดสภาวะ  
 จัดผลของความต้านทานการถ่ายเทมวลและความร้อนจากสารตั้งต้นและ  
 ผลิตผลผ่านรูพรุนตัวเร่งปฏิกิริยาโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาขนาดต่าง ๆ และ  
 ก๊าซตัวอย่างวิเคราะห์ปริมาตร 0.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส				
อัตราส่วนของสารตั้งต้น $\text{CH}_4:\text{CO}_2$ 1:1 โดยปริมาตร				
ขนาดตัวเร่งปฏิกิริยา [mesh]	พื้นที่ผิวด [unit]			
	$\text{CH}_4$	$\text{CO}_2$	$\text{H}_2$	CO
60/80	45450	12731	2298471	209962
40/60	76230	15688	2022559	227645
25/40	69601	11708	2170758	227443
20/25	239791	33558	1431969	248459

ตารางที่ ๘.4 แสดงผลการทดลองการเกิดปฏิกิริยาโดยไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา  
โดยใช้ก๊าซตัวอย่างวิเคราะห์ปริมาตร 0.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร

อัตราส่วนของสารตั้งต้น $\text{CH}_4:\text{CO}_2$ 1:1 โดยปริมาตร				
อัตราการไหลของสารตั้งต้น 150.26 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที				
อุณหภูมิ [°C]	พื้นที่พีด [unit]			
	$\text{CH}_4$	$\text{CO}_2$	$\text{H}_2$	CO
650	493986	83267	19201	34099
700	492048	77137	55206	53963
750	446620	65529	239201	94142
800	404127	54942	410237	149126
850	344276	42093	585462	170150

ตารางที่ ๘.๕ แสดงผลการทดลองโดยเก็บก๊าซตัวอย่างในเวลาต่าง ๆ  
โดยใช้ก๊าซตัวอย่างวิเคราะห์ปริมาตร 0.5 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร

ตัวเร่งปฏิกิริยาขนาด 40/60 เมช น้ำหนัก 0.0990 กรัม ปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส อัตราส่วนของสารตั้งต้น $\text{CH}_4:\text{CO}_2$ 1:1 โดยปริมาตร อัตราการไหลของสารตั้งต้น 150.26 ลูกบาศก์เซ็นติเมตรต่อนาที				
เวลาทำปฏิกิริยา [hr.:min.]	ปริมาณ [unit]			
	$\text{CH}_4$	$\text{CO}_2$	$\text{H}_2$	CO
0:00	50162	15351	2391433	200680
3:15	58920	16765	2409478	183059
3:30	60959	17488	2381488	182549
3:47	64075	18346	2377991	183412
4:00	63014	17862	2355751	185816
4:18	65098	18102	2390785	165023
4:30	64798	18288	2353011	179252
4:45	64497	18473	2315236	193481
5:00	65857	18496	2304812	193337
5:15	67216	18520	2294387	193193
5:30	67692	18924	2305882	183892
5:45	68229	20010	2256449	196321
6:00	64997	18515	2265141	181798



ตารางที่ ๑.6 แสดงผลการทดลองการหาอันดับของปฏิกิริยาเมื่อคิดเทียบกับความเข้มข้นมีเทน  
ที่อุณหภูมิ 650 °ซ โดยใช้ก๊าซตัวอย่างวิเคราะห์ปริมาตร 0.5 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร

ตัวเร่งปฏิกิริยาขนาด 40/60 เมช                      น้ำหนัก    0.0998 กรัม ปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ                      650 องศาเซลเซียส				
สัดส่วนของมีเทน ในสารตั้งต้น	พื้นที่ผิ [unit]			
	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CO
[%]				
1.47	3822	166350	40594	57367
3.39	9278	152680	81914	94881
5.31	11782	149116	116898	101377
7.22	15557	134580	184976	139496
10.15	21937	124678	310720	151358

ตารางที่ ๗.7 แสดงผลการทดลองการหาอันดับของปฏิกิริยาเมื่อคิดเทียบกับความเข้มข้นมีเทน  
ที่อุณหภูมิ 700°ซ โดยใช้ก๊าซตัวอย่างวิเคราะห์ปริมาตร 0.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ตัวเร่งปฏิกิริยาขนาด 40/60 เมช น้ำหนัก 0.0998 กรัม				
ปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส				
สัดส่วนของมีเทน ในสารตั้งต้น	พื้นที่ผิวด			
	[unit]			
[%]	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CO
1.36	2924	162104	33460	74770
3.61	7528	152204	70110	101501
5.20	11085	139709	121578	137856
7.22	16337	138590	197774	128857
10.15	19117	130795	254118	147769

ตารางที่ ๘.๘ แสดงผลการทดลองการหาอันดับของปฏิกิริยาเมื่อคิดเทียบกับความเข้มข้นมีเทน  
ที่อุณหภูมิ 750°ซ โดยใช้ก๊าซตัวอย่างวิเคราะห์ปริมาตร 0.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ตัวเร่งปฏิกิริยาขนาด 40/60 เมช      น้ำหนัก 0.0998 กรัม ปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส				
สัดส่วนของมีเทน ในสารตั้งต้น [%]	พื้นที่ผิ [unit]			
	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CO
1.47	2724	154139	47923	103571
3.39	6003	147484	73452	123681
5.20	10685	142627	154718	120685
7.71	13200	129853	210710	159474
10.35	15890	124654	267049	171108



ตารางที่ ๑.๑ แสดงผลการทดลองการหาอันดับของปฏิกิริยาเมื่อคิดเทียบกับความเข้มข้นมีเทน  
ที่อุณหภูมิ 800°ซ โดยใช้ก๊าซตัวอย่างวิเคราะห์ปริมาตร 0.5 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร

ตัวเร่งปฏิกิริยาขนาด 40/60 เมช      น้ำหนัก 0.0998 กรัม				
ปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส				
สัดส่วนของมีเทน ในสารตั้งต้น	พื้นที่เผา			
	[unit]			
[%]	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CO
1.58	2821	146151	37417	122578
3.61	5869	145936	67470	117613
5.31	9760	133751	148076	149423
7.33	11812	130863	201302	153659
10.35	13704	120057	259784	180100

ตารางที่ ๑.10 แสดงผลการทดลองการหาอันดับของปฏิกิริยาเมื่อคิดเทียบกับความเข้มข้นมีเทน  
ที่อุณหภูมิ 850°ซ โดยใช้ก๊าซตัวอย่างวิเคราะห์ปริมาตร 0.5 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร

ตัวเร่งปฏิกิริยาขนาด 40/60 เมช                      น้ำหนัก    0.0998 กรัม				
ปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ                      850 องศาเซลเซียส				
สัดส่วนของมีเทน ในสารตั้งต้น	พื้นที่ผิ			
	[unit]			
[X]	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CO
1.47	3619	146217	25419	66121
3.61	5932	131557	81421	108757
5.41	8238	123220	133507	132784
7.22	10795	117779	194243	141054
9.75	11857	107616	245680	168583



ตารางที่ ๑.๑๑ แสดงผลการทดลองการหาอันดับของปฏิกิริยาเมื่อคิดเทียบกับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ ที่อุณหภูมิ 650 °ซ โดยใช้ก๊าซตัวอย่างวิเคราะห์ ปริมาตร 0.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ตัวเร่งปฏิกิริยาขนาด 40/60 เมช      น้ำหนัก 0.1009 กรัม				
ปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส				
สัดส่วนของมีเทน ในสารตั้งต้น	พื้นที่ผิ			
	[unit]			
[%]	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CO
49.99	134775	18426	1796990	174753
45.25	108488	24080	1715191	197819
40.92	81235	31120	1603225	204247
35.23	66569	39118	1492112	208339
30.71	44720	51047	1310453	211801



ตารางที่ ฉ.12 แสดงผลการทดลองการหาอันดับของปฏิกิริยาเมื่อคิดเทียบกับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ ที่อุณหภูมิ 700°ซ โดยใช้ก๊าซตัวอย่างวิเคราะห์ ปริมาตร 0.5 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร

ตัวเร่งปฏิกิริยาขนาด 40/60 เมช น้ำหนัก 0.1009 กรัม				
ปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส				
สัดส่วนของมีเทน ในสารตั้งต้น	พื้นที่ผิ			
	[unit]			
[%]	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CO
49.83	93882	14151	1984627	202578
44.74	72809	18853	1887851	202440
40.41	55482	26589	1727294	208824
34.81	42298	36132	1554090	218100
30.36	34460	45529	1391316	215052

ตารางที่ ฉ.13 แสดงผลการทดลองการหาอันดับของปฏิกิริยาเมื่อคิดเทียบกับความเข้มข้น  
ของคาร์บอนไดออกไซด์ ที่อุณหภูมิ 750 °ซ โดยใช้ก๊าซตัวอย่างวิเคราะห์  
ปริมาตร 0.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ตัวเร่งปฏิกิริยาขนาด 40/60 เมช น้ำหนัก 0.1009 กรัม				
ปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส				
สัดส่วนของมีเทน ในสารตั้งต้น	พื้นที่ผิวด			
	[unit]			
[%]	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CO
49.01	66940	11753	2104436	194494
45.10	49980	14752	2032320	195845
40.27	38318	24532	1794555	207828
35.34	33131	33673	1591162	228492
29.71	28245	43112	1426120	224008



ตารางที่ ๑.14 แสดงผลการทดลองการหาอันดับของปฏิกิริยาเมื่อคิดเทียบกับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ ที่อุณหภูมิ 800°ซ โดยใช้ก๊าซตัวอย่างวิเคราะห์ ปริมาตร 0.5 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร

ตัวเร่งปฏิกิริยาขนาด 40/60 เมช น้ำหนัก 0.1009 กรัม				
ปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส				
สัดส่วนของมีเทน ในสารตั้งต้น	พื้นที่ผิ [unit]			
	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CO
[%]				
49.34	40797	6529	2175597	189909
45.60	32096	11327	2079992	205503
39.50	31456	19408	1880834	219522
34.81	27057	30036	1632056	231176
29.25	21322	43911	1387102	226195



ตารางที่ ฉ.15 แสดงผลการทดลองการหาอันดับของปฏิกิริยาเมื่อคิดเทียบกับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ ที่อุณหภูมิ 850 °ซ โดยใช้ก๊าซตัวอย่างวิเคราะห์ ปริมาตร 0.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ตัวเร่งปฏิกิริยาขนาด 40/60 เมช      น้ำหนัก 0.1009 กรัม ปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส				
สัดส่วนของมีเทน ในสารตั้งต้น  [%]	พื้นที่เผด [unit]			
	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CO
49.18	13930	3465	2362246	226425
44.95	15675	7267	2196564	236397
39.63	20693	16374	1948503	247250
34.92	20450	25823	1592948	232976
30.06	18441	39047	1366189	230133

ภาคผนวก ข

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ภาษาเบสิกสำหรับการคำนวณด้วยวิธีการ Linear Regression

```
100 Rem Linear Regression (BASIC Version)
110 Rem
120 Rem *****
130 Rem *      Definition of Variables      *
140 Rem *
150 Rem *      N  =  Number of Data Points  *
160 Rem *      X() = Independent Variable   *
170 Rem *      Y() = Dependent Variable     *
180 Rem *****
190 Rem
200 dim X(100), Y(100)
210 Rem
220 Rem ***** Main Program *****
230 Rem
240 gosub 300 'input data
250 gosub 400 'perform regression
260 gosub 700 'output results
270 end
```

```
300 Rem ***** Subroutine Input *****
310 cls
320 input "Number of Data Points ? ",N
330 print
340 for I = 1 to N
350     INPUT "X,Y = ";X(I),Y(I)
360 next I
370 return

400 Rem ***** Subroutine Regression *****
410 Rem
420 sumX = 0 : sumXY = 0 : ST = 0
430 sumY = 0 : sumX2 = 0 : SR = 0
440 for I = 1 to N
450     sumX = sumX + X(I)
460     sumY = sumY + Y(I)
470     sumXY = sumXY + X(I)*Y(I)
480     sumX2 = sumX2 + X(I)*X(I)
490 next I
500 Xmean = sumX/N
510 Ymean = sumY/N
520 A1 = (N*sumXY-sumX*sumY)/(N*sumX2-sumX*sumX)
530 A0 = Ymean - A1*Xmean
540 for I = 1 to N
550     ST = ST + (Y(I)-Ymean)^2
560     SR = SR + (Y(I)-A1*X(I)-A0)^2
570 next I
580 SYX = sqr(SR/(N-2))
590 R2 = (ST-SR)/ST
600 R = sqr(R2)
610 return
```



```
700 Rem ***** Subroutine Output *****
710 Rem
720 cls
730 print:print
740 print "Slope                = ";A1
750 print "Intercept           = ";A0
760 print "Standard ERR        = ";SYX
770 print "Correlation Coefficient(R) = ";R
780 print "Coefficient Determination(R2) = ";
790 print R2
800 return
```



ประวัติผู้เขียน

นายเกรียงศักดิ์ ตั้งเจริญเวช เกิดวันที่ 20 พฤศจิกายน พ.ศ. 2504 จังหวัด กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมีอุตสาหกรรม จากคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าวิทยาเขต เจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร เมื่อปีการศึกษา 2528 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ในสาขาวิชาเทคโนโลยีปิโตรเคมี สหสาขาวิชาปิโตรเคมี-โพลีเมอร์ ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2529