

## เอกสารอ้างอิง

1. Engelhard, Engelhard Catalysts, pp. 41-43., Engelhard Minerals & Chemical Corporation, 1977.
2. Levenspiel, O. Chemical Reaction Engineering, 2 nd ed., pp. 460-522, Wiley Eastern Limited, New Delhi, 1984.
3. Gentry, S.J., Firth, J.G. and Jones, A, " Catalytic Oxidation of Hydrogen over Platinum " J. Chem. Soc. Faraday Trans I, 70(3), (1974), 600-4.
4. Larson, A.T. and Smith, F.E. " The Synthesis of Water over Nickel and Copper Catalysts " J. of the American Chemical Society, 47, (1925), 347-355.
5. Benton, A.F. and Emmett, P.H. " The Catalytic Synthesis of Water Vapor in Contact with Mettalic Nickel " J. of the American Chemical Society, 48,(1926), 633-640.
6. Benton, A.F. and Elgin, F.C. " The Catalytic Synthesis of Water Vapor in Contact with Mettalic Gold " J. of the American Chemical Society, 49 (1927), 2426-2437
7. Satterfield, C.N., Heterogeneous Catalysis in Practice, McGraw-Hill, New York, 1980.
8. Maatman, R.W. and Prater, C.D. " Adsorption and Exclusion in Impregnation of Porous Catalytic Supports " Industrial and Engineering Chemistry 49(2), (1957) : pp. 253-257
9. Trim, D.L. in Design of Industrial Catalyst pp. 91-95, 155, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 1980.
10. Mark, H.F. et al. in Encyclopedia of Chemical Technology, Vol. 4, pp. 534-540, John Wiley & Sons, New York, 1978.

11. Somorjai, G.A. and Davis, S.M. " The Surface Science of Heterogeneous Catalysis Chem.Tech, 13(81), (1983) : pp. 502-511.
12. Barrow, G.M. in Physical Chemistry. 3<sup>rd</sup> ed. pp. 370-371, McGraw-Hill, Tokyo, 1973.
13. Everett, D.H. in Surface Area Determination, Butterworths, London, 1968.
14. Hill, C.G., Jr. Chemical Engineering Kinetics & Reactor Design, John Willeg & Sons, Inc., New York, 1997.
15. Satterfield, C.N. Mass Transfer in Heterogeneous Catalysis, M.I.T. press, Cambridge, 1970.
16. Mears, D.E. " Tests for Transport Limitations in Experimental Catalytic Reactors " Ind. Eng. Chem. Process. Des. Develop, 10(4), (1971), 541-547.
17. T. Inui, Y. Miyamoto and Y. Takegami " Low Temperature Oxidation of Hydrogen Enhanced by Spillover on Nickel-Based Composite Catalyst " Spillover of Adsorbed Species, pp. 181-190, Elsevier, Amsterdam, 1983.
18. Norton, P.R. " The Hydrogen - Oxygen Reaction on Metal Surfaces " Chem. Phys. Solid Surf. Heterog. Catal., 4 (1982), 27-72
19. Thomas, J.M. and Thomas, W.J. Introduction to the Principle of Heterogeneous Catalysis, Academic press, New York, 1967.
20. Baladin, A.A., Kazanski, B.A., Vasserberg, V.E., Isagulyants, G.V., and Levi, G.I., Scientific Selection of Catalysts, Academy of Sciences of the USSR, Jerusalem, 1968.

21. Wolfe. in Catalyst Handbook. pp. 64-96, Wolf Scientific Books, London, 1970.
22. Braunauner, B.B., Emmett, P.H. and Teller, E. " Adsorption of Gases in Multimolecular layers." J. American Chem. Soc., 60(2), (1938), pp. 309-319.
23. Folkins, H.O. and Miller, E. " Preparation and Properties of Catalysts " Industrial and Engineering Chemistry, 49(2), (1957).
24. Higginson, G.W. " Making Catalyst-An Overview " Chemical Engineering, 81 (1974), pp. 98-104.
25. Perry, R.H. et.al in Chemical Engineering's Handbook, 5<sup>th</sup> ed., pp. 3-241, McGraw-Hill, Tokyo, 1973.
25. Wulton, J.W. " Building the Mathematical Model of the Catalyst and Reactor " Chem. Eng., Feb 17, (1986), 118-124.
27. Bird, R.B., Stewart, W.E. and Lightfoot, E.N. Transport Phenomena, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1960.
28. Allen, T. Particle Size Measurement, pp. 467., Chapman and Hall, New York, 1981.
29. Lowell, S. Introduction To Powder Surface Area, A Wiley-Interscience Publication, John Weley & Sons, New York, 1979.
30. Hodgman, C.D., Weast, R.C., Selby, S.M. Handbook of Chemistry and Physics, Chemical Rubber Publishing Co., Ohio, U.S.A., 1958.

ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก.

## ตัวอย่างการคำนวณ

- ก. 1 การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลด้วยวิธีซัพ 8% Ni บนตัวรองรับอะลูมินา  
 ล้ำระเคมี นิกเกิลไนเตรต ( $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) (เกรดทางการวิเคราะห์, 98% Ni  
 $(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  ของ BDH Chemical Co, Ltd.)
- ตัวรองรับ ปริมาตรรุกรุ่นของอะลูมินา 1.03 ลบ.ซม./กรัม
- นน.โมเลกุล  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  290.81
- นน.โมเลกุล NiO 74.71
- นน.อะตอม Ni 58.71
- ความหนาแน่น NiO 6.67 กรัม/ลบ.ซม.
- เตรียม 8% Ni/ $\text{Al}_2\text{O}_3$  20 กรัม
- น้ำหนักของตัวรองรับอะลูมินา 20.0102 กรัม
- ปริมาตรของรุกรุ่น  $1.03 \times 20.0102 = 20.6105$  ลบ.ซม.
- ต้องชั่ง  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$   $\frac{8 \times 20.0102 \times 290.81}{92} \times \frac{100}{58.71 \times 98}$
- = 8.7948 กรัมในน้ำ 20.6105 ลบ.ซม.
- = 21.3356 กรัมในน้ำ 50 ลบ.ซม.
- นั่นคือ ชั่งนิกเกิลไนเตรต 21.3357 กรัม ทำให้เป็นล้าระละลายนิกเกิลไนเตรต  
 ในขวดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 50 ลบ.ซม.

## ก. 2 ตัวอย่างการคำนวณพื้นที่ผิวทั้งหมด

การหาพื้นที่ผิวทั้งหมดของนิกเกิล 3 เปอร์เซนต์ จากสมการ (3.20)

$$\frac{P}{V(P_0 - P)} = \frac{1}{V_m C} + \frac{C-1}{V_m C} \frac{P}{P_0}$$

หรือ

$$\frac{1}{V \left( \frac{P}{P_0} - 1 \right)} = \frac{1}{V_m C} + \frac{C-1}{V_m C} \frac{P}{P_0}$$

$$P_0 = \text{ความดันไออิ่มตัวของกาซิโนโตรเจน}$$

$P$  = ความดันไอที่สภาวะสมดุลของก๊าซไนโตรเจน

$V$  = จำนวนที่ถูกดูดซับที่สภาวะสมดุลที่ NTP ต่อกรัมของ  
ตัวอย่าง, ลบ. ซม.

$V_m$  = จำนวนที่ถูกดูดซับที่ปกคลุมผิวที่ NTP ต่อกรัมของ  
ตัวอย่าง, ลบ. ซม.

$$C = e^{E_1 - E_2/RT}$$

โดยที่  $E_1$  = ความร้อนเนื่องจากการดูดซับในขั้นแรก

$E_2$  = ความร้อนเนื่องจากการควบแน่นของก๊าซที่ถูกดูดซับ

สมมติให้  $C \rightarrow \alpha$  แล้วจะได้ว่า

$$\frac{P}{V\left(\frac{P}{P_0} - 1\right)} = \frac{1}{V_m} \frac{P}{P_0}$$

$$\text{ให้ } V_m = \frac{V'}{V}$$

$V'_m$  = จำนวนของไนโตรเจนที่ถูกดูดซับและสลับบนชั้นอย่าง  
สมบูรณ์

$V$  = จำนวนของไนโตรเจนที่ถูกดูดซับวัดโดยใช้ก๊าซ  
โครมาโตกราฟี

$$\text{จาก } \frac{P_b V}{273} = \frac{P_t V}{T}$$

โดยที่  $V$  = ปริมาตรคงที่

$P_b$  = ความดันที่  $0^\circ\text{C}$

$P_t$  = ความดันที่  $t^\circ\text{C}$

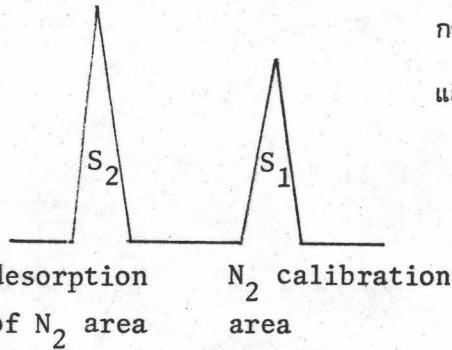
$T$  = อุณหภูมิเคลวิน

ความดันไอบางส่วน P วัดจาก

$$P = \frac{\text{อัตราการไหลของก๊าซฮีเลียมกับไนโตรเจน} - \text{อัตราการไหลของก๊าซฮีเลียม}}{\text{อัตราการไหลของก๊าซฮีเลียมกับไนโตรเจน}} \times P_b$$

จำนวนของก๊าซไนโตรเจนที่ถูกดูดซับ V วัดจากกาชโครมาโตกราฟที่ใช้ปริมาตรของ

ก๊าซไนโตรเจน 1 ลบ.ซม. ที่ความดันบรรยากาศ และอุณหภูมิห้อง



$$V = \frac{S_2}{S_1} \times \frac{1(\text{cm}^3)}{W(\text{gm})} \times \frac{273.15}{T} \quad \text{ลบ.ซม. ต่อกรัมของตัวเร่งปฏิกิริยา}$$

$$V'_m = V \frac{(1-P)}{P_0}$$

คำนวณหาพื้นที่ผิวเฉพาะของการเกิดปฏิกิริยาหรือพื้นที่ผิวทั้งหมดของตัวเร่งปฏิกิริยา,  $S_w$  โดย

$$S_w = \frac{N \sigma V'_m}{M_v} \quad \text{ตารางเมตรต่อกรัม (28)}$$

โดยที่  $N =$  ตัวเลขของอาโวกาโดร  $6.02 \times 10^{23}$

$\sigma =$  พื้นที่ที่ถูกดูดซับโดย 1 โมเลกุลของไนโตรเจน  
 $16.2 \times 10^{-20}$  ตารางเมตร

$M_v =$  ปริมาตรของ 1 กรัมโมเลกุล 22410 ลบ.ซม. ต่อโมล

$$S_w = \frac{(6.02 \times 10^{23})(16.2 \times 10^{-20})}{22410} V'_m \quad \text{ตารางเมตรต่อกรัม}$$

$= 4.35 V'_m$  สำหรับอุณหภูมิที่ไนโตรเจนเหลว

ในการทดลองนี้ใช้ เครื่องมือที่สำนักงานพลังงานปรมาณู เพื่อสันติ ได้ทำการวัด ปริมาณไนโตรเจนเป็นน้ำหนักไนโตรเจนที่ถูกดูดซับ สมการที่ใช้เป็น

$$\frac{1}{W \left( \frac{P_0}{P} - 1 \right)} = \frac{1}{W_m C} + \frac{C-1}{W_m C} \frac{P}{P_0} \quad (29)$$

เมื่อ  $C \rightarrow \infty$

$$\frac{1}{W \left( \frac{P_0}{P} - 1 \right)} = \frac{1}{W_m} \frac{P}{P_0}$$

หาค่า  $W_m$  โดยหาความชันจากกราฟในรูปที่ 6.2

$$\text{ความชัน} = \frac{300 - 200}{0.236 - 0.155} = 1234.57$$

$$W_m = \frac{1}{1234.57} = 8.1 \times 10^{-4} \text{ กรัม}$$

ความหนาแน่นของก๊าซ  $N_2 = 0.00125$  กรัมต่อ ลบ.ซม. (30)

$$V_m = \frac{8.1 \times 10^{-4}}{0.00125} = 0.6480 \text{ ลบ.ซม.}$$

น้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยา = 0.03331 กรัม

$$V_m = \frac{0.6480}{0.03331} \text{ ลบ.ซม. ต่อกรัมของตัวเร่งปฏิกิริยา}$$

$$= 19.454 \text{ ลบ.ซม. ต่อกรัมของตัวเร่งปฏิกิริยา}$$

พื้นที่ผิวของตัวเร่งปฏิกิริยา =  $4.35 \times 19.454$

$$= 84.62 \text{ ตารางเมตรต่อกรัม}$$

ก.3 ตัวอย่างการหาพื้นที่ผิวของโลหะแบบการดูดซับทางเคมีของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ของตัวเร่งปฏิกิริยา 5% Ni บนตัวรองรับอะลูมินา โดยใช้ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 0.1 มิลลิลิตร

วัดพื้นที่ใต้พีคที่ไม่ถูกดูดซับเฉลี่ย 0.78 หน่วย

วัดพื้นที่ใต้พีคของพีคที่ถูกดูดซับ 0.28 หน่วย

ดังนั้นปริมาณของก๊าซที่ถูกดูดซับ  $\frac{(0.78 - 0.28) \times 0.1}{0.78}$



$$= 0.0641 \quad \text{มิลลิลิตร}$$

$$= 6.41 \times 10^{-5} \quad \text{ลบ. ตม.}$$

$$\text{จำนวนโมลของก๊าซที่ถูกดูดซับ} = \frac{6.41 \times 10^{-5}}{24.86} = 2.58 \times 10^{-6} \quad \text{โมล}$$

(ปริมาตรของก๊าซ 1 โมลที่ 30°C = 24.85 ลบ. ตม.)

$$\text{พื้นที่ผิวของโลหะทั้งหมดต่อน้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา} = \frac{m N_S N_s}{W}$$

โดยที่

$$m = \text{จำนวนโมลของ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ถูกดูด} = 2.58 \times 10^{-6} \quad \text{โมล}$$

$$N = \text{ตัวเลขอาโวกาโดร เท่ากับ} = 6.02 \times 10^{23}$$

$$S = \text{พื้นที่อะตอมของ โลหะที่พื้นผิว สำหรับนิกเกิลเท่ากับ} 4.85 \times 10^{-20} \quad \text{ตารางเมตร}$$

$$N_s = \text{จำนวนอะตอมของ โลหะที่พื้นผิวซึ่งจำเป็นในการดูดซับ 1 โมเลกุลของ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ มีค่าเท่ากับ 1 สำหรับ Ni กับ CO}$$

$$W = \text{น้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยา} = 0.2644 \quad \text{กรัม}$$

$$\text{พื้นที่ผิวโลหะทั้งหมดต่อน้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา} = \frac{2.58 \times 10^{-6} \times 6.02 \times 10^{23} \times 4.85 \times 10^{-20} \times 1}{0.2644}$$

$$= 0.28 \quad \text{ตารางเมตรต่อกรัม}$$

ก. 4 ตัวอย่างการคำนวณขนาดเฉลี่ยของเม็ดโลหะ 5% Ni บนอะลูมินา จากสมการที่ (3.24)

$$\text{และความหนาแน่นของ โลหะ} = 8.9 \quad \text{กรัม/ลบ.ซม.}$$

$$\begin{aligned} \text{ขนาดเฉลี่ยของเม็ดโลหะ, } d &= \frac{6W}{\rho m N_S N_s \times 10^{-20}} \\ &= \frac{6 \times 0.2644}{2.58 \times 10^{-6} \times 6.02 \times 10^{23} \times 4.85 \times 10^{-20} \times 8.9} \times 10^{-6} \quad \text{เมตร} \\ &= 2.4 \times 10^{-5} \quad \text{เมตร} \\ &= 2.4 \times 10^{-3} \quad \text{เซนติเมตร} \end{aligned}$$

$$\text{สำหรับ 3% น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา} = 0.1893 \quad \text{กรัม}$$

$$\text{ขนาดเฉลี่ยของเม็ดโลหะ} = 4.0 \times 10^{-3} \quad \text{เซนติเมตร}$$

$$8\% \text{ น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา} = 0.2995 \quad \text{กรัม}$$

$$\text{ขนาดเฉลี่ยของเม็ดโลหะ} = 1.8 \times 10^{-3} \quad \text{เซนติเมตร}$$

$$12\% \text{ น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา} = 0.3212 \quad \text{กรัม}$$

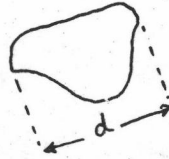
$$\text{ขนาดเฉลี่ยของเม็ดโลหะ} = 2.1 \times 10^{-3} \quad \text{เซนติเมตร}$$

- ก. 5 ตัวอย่างการคำนวณหาขนาดของตัวเร่งปฏิกิริยาจากลัคนางอิงอีเล็กตรอนไมโคร-  
โคป จากรูปที่ 6.9 เป็นรูปถ่ายของตัวเร่งปฏิกิริยา 8% Ni บนอะลูมินา  
วัดขนาดของตัวเร่งปฏิกิริยาแต่ละอนุภาคที่มีขนาดยาวที่สุด เช่น อนุภาคมีลักษณะดังนี้

$d$  = ขนาดอนุภาคที่ต้องการ

สำหรับขนาดการวัดอนุภาคของ 8% Ni ได้ผลดังตารางที่

ก.5.1



ตารางที่ ก.5.1 ผลของการวัดขนาดอนุภาคของ 8% Ni จากลัคนางอิงอีเลคตรอน  
ไมโครสโคป

จำนวนอนุภาค (n)	ขนาดของอนุภาคที่วัดได้ d. (ซม.)
1	0.8
4	1.3
4	1.5
1	1.6
3	1.8
1	1.9
2	2.2

$$\begin{aligned}
 \text{ขนาดอนุภาคเฉลี่ยจากจำนวน, } \bar{d}_n &= \frac{\sum n_i d_i}{\sum n_i} \\
 &= \frac{1 \times 0.8 + 4 \times 1.3 + 4 \times 1.5 + 1 \times 1.6 + 3 \times 1.8 + 1 \times 1.9 + 2 \times 2.2}{16} \\
 &= 1.58125 \text{ ซม.}
 \end{aligned}$$

จากกำลังขยาย 1 ซม. = 0.1 มม.

$$\bar{d}_n = 0.158$$

ก.5.1 ผลการทดลองจากการหาขนาดอนุภาคของตัวเร่งปฏิกิริยาของตัวเร่งปฏิกิริยา  
ต่าง ๆ ดังแสดงที่ ก.5.2, ก.5.3 และ ก.5.4

ตารางที่ ก.5.2 แสดงผลการหาขนาดอนุภาคเฉลี่ยของ 3% นิเกิลบนอะลูมินา

จำนวนอนุภาค (n)	ขนาดอนุภาค d (ซม.)
5	0.4
2	0.6
10	0.7
12	0.8
10	0.9
4	1.0
9	1.1
3	1.2
1	1.4
1	1.55
1	1.6
1	1.7



ตารางที่ ก.5.3 ผลการวัดขนาดอนุภาคของ 5% นิเกิล บนอะลูมินา

จำนวนอนุภาค (n)	ขนาดอนุภาค d (ขม.)
3	0.5
5	0.7
5	0.8
7	0.9
6	1.0
6	1.1
1	1.25
4	1.3
4	1.4
1	1.5

ตารางที่ ก.5.4 ผลการวัดขนาดอนุภาค 12% นิเกิลบนอะลูมินา

จำนวนอนุภาค (n)	ขนาดของอนุภาค d (ขม.)
1	0.75
7	0.85
9	1.1
1	1.2
5	1.35
1	1.4
2	1.55
2	1.6

ก.6 ตัวอย่างการคำนวณหาสภาพการทดลองที่ถือว่าการไหลของก๊าซเป็นแบบปลัก  
จากสมการ (4.12)

$$\frac{L}{d_p} > \frac{20n}{Pe_a} \ln \frac{C_i}{C_f} \quad (4.12)$$

เมื่อ  $L$  = ความสูงของเบดตัวเร่งปฏิกิริยา

$d_p$  = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของตัวเร่งปฏิกิริยามีขนาด 180-200 เมช  
= (0.074-0.100 มม.)

$n$  = ลำดับของปฏิกิริยา

$Pe$  = ตัวเลขเพคเลต (Peclet number) =  $d_p \bar{V} / D_a$

$C_i$  = ความเข้มข้นของก๊าซขาเข้าของก๊าซที่สนใจ

$C_f$  = ความเข้มข้นของก๊าซขาออกของก๊าซที่สนใจ

$\bar{V}$  = ความเร็ววอลุ่มเปอร์เซ็นต์

$D_a$  = การแพร่ของก๊าซที่สนใจในแนวทางเตาปฏิกรณ์

$d_p$  เฉลี่ย = 0.00895 เซนติเมตร

ให้  $n = 1.7$

จากรายงานของ Mears (16) และ Satterfield (7) กล่าวว่าค่า  $Pe_a$   
มีค่าประมาณเท่ากับ 2 เมื่อค่าตัวเลขเรย์โนลด์มีค่ามากกว่า 2 โดยที่ตัวเลขเรย์โนลด์มีค่า

$$Re = \frac{\rho d_p \bar{V}}{\mu}$$

เนื่องจากค่า  $D_a$  หาได้ยาก ดังนั้นเราใช้ค่า  $Pe_a = 2$  แล้วคำนวณหาค่า  $Re$  ว่าสภาพจะ  
ใดที่ทำให้ค่า  $Re > 2$

คำนวณหาค่าความหนาแน่นของก๊าซ ( $\rho$ ) และค่าความหนืดของก๊าซผสม ( $\mu$ )

โดยที่ จากสมการของก๊าซอุดมคติ

$$\begin{aligned} PV &= nRT \\ &= \frac{n(M)}{V} = \frac{P(M)}{RT} \end{aligned}$$

เมื่อ  $M$  = น้ำหนักโมเลกุลของกาซผสม

$R$  = ค่าคงที่ของกาซ  $82.057 \frac{\text{บรรยากาศ} \cdot \text{ลูกบาศก์เซนติเมตร}}{\text{กรัมโมล} \cdot \text{องศาเคลวิน}}$

$T$  = อุณหภูมิของกาซผสมในหน่วยเคลวิน ( $273 + 30 = 303 \text{ k}$ )

$P$  = ความดันกาซรวม = 1 บรรยากาศ

จากการทดลองสภาวะกาซเข้า มีกาซออกซิเจน กาซไนโตรเจน

กาซไนโตรเจน 3.6, 60.2, 36.2% โดยปริมาตรตามลำดับ

$$\begin{aligned} M &= (0.036 \times 32) + (0.602 \times 2) + (0.362 \times 28) \\ &= 12.492 \end{aligned}$$

ดังนั้น  $\rho = 5.0243 \times 10^{-4}$  กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

คำนวณหาความหนืดของกาซผสม (27)

$$\mu_{\text{รวม}} = \sum_i \frac{y_i \mu_i}{\sum_i y_i \phi_{ij}}$$

เมื่อ  $y_i$  = เศษส่วนเชิงโมลของกาซ  $i$  ในกาซผสม

$\mu_i$  = ค่าความหนืดของกาซ  $i$

$$\phi_{ij} = \frac{1 + (\mu_i / \mu_j)^{1/2} (M_j \cdot M_i)^{1/4}}{8 + (1 + M_i / M_j)^{1/2}}$$

$$\text{และ } \phi_{ji} = (\mu_i / \mu_j) (M_i / M_j) \phi_{ij}$$

$$\text{ในที่นี้ } \mu_{O_2} = 2026 \times 10^{-7} \text{ กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตรวินาที}$$

$$\mu_{N_2} = 1766 \times 10^{-7} \text{ กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตรวินาที}$$

$$\mu_{H_2} = 880 \times 10^{-7} \text{ กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตรวินาที}$$

จากการแทนค่าได้ว่า

$$\mu_{\text{รวม}} = 8.655 \times 10^{-5} \text{ กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตรวินาที}$$

ตัวเลขเรย์โนลด์ มีค่ามากกว่า 2 แสดงว่า

$$\frac{(5.0243 \times 10^{-4})(0.00895)\bar{V}}{8.655 \times 10^{-5}} > 2$$

ดังนั้น  $\bar{V} > 38.49$  เซนติเมตร / วินาที

หรือ  $Q > 38.49 \times A$  ลูกบาศก์เซนติเมตร / วินาที

เมื่อ  $Q =$  อัตราการไหลของก๊าซเชิงปริมาตร

$$A = \text{พื้นที่หน้าตัดของท่อปฏิกรณ์เคมี} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$D =$  เส้นผ่าศูนย์กลางท่อปฏิกรณ์เคมี = 5.25 มม.

$Q > 8.33$  ลูกบาศก์เซนติเมตร - วินาที

หรือ  $Q > 500$  ลูกบาศก์เซนติเมตร / นาที

ดังนั้นจากสมการ (4.12) หาความสัมพันธ์ระหว่าง  $L$  กับ  $\frac{C_i}{C_f}$  ได้คือ

$$\frac{L}{0.00895} > \frac{20(1.7)}{2} \ln \frac{C_i}{C_f} \quad \text{ก.5.1}$$

เมื่ออัตราการไหลของก๊าซรวมมากกว่า 500 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาทีแล้ว

การไหลของก๊าซจะเป็นแบบปลุก ถ้าความสัมพันธ์ของ  $L$  กับ  $\frac{C_i}{C_f}$  เป็นไปตามสมการ

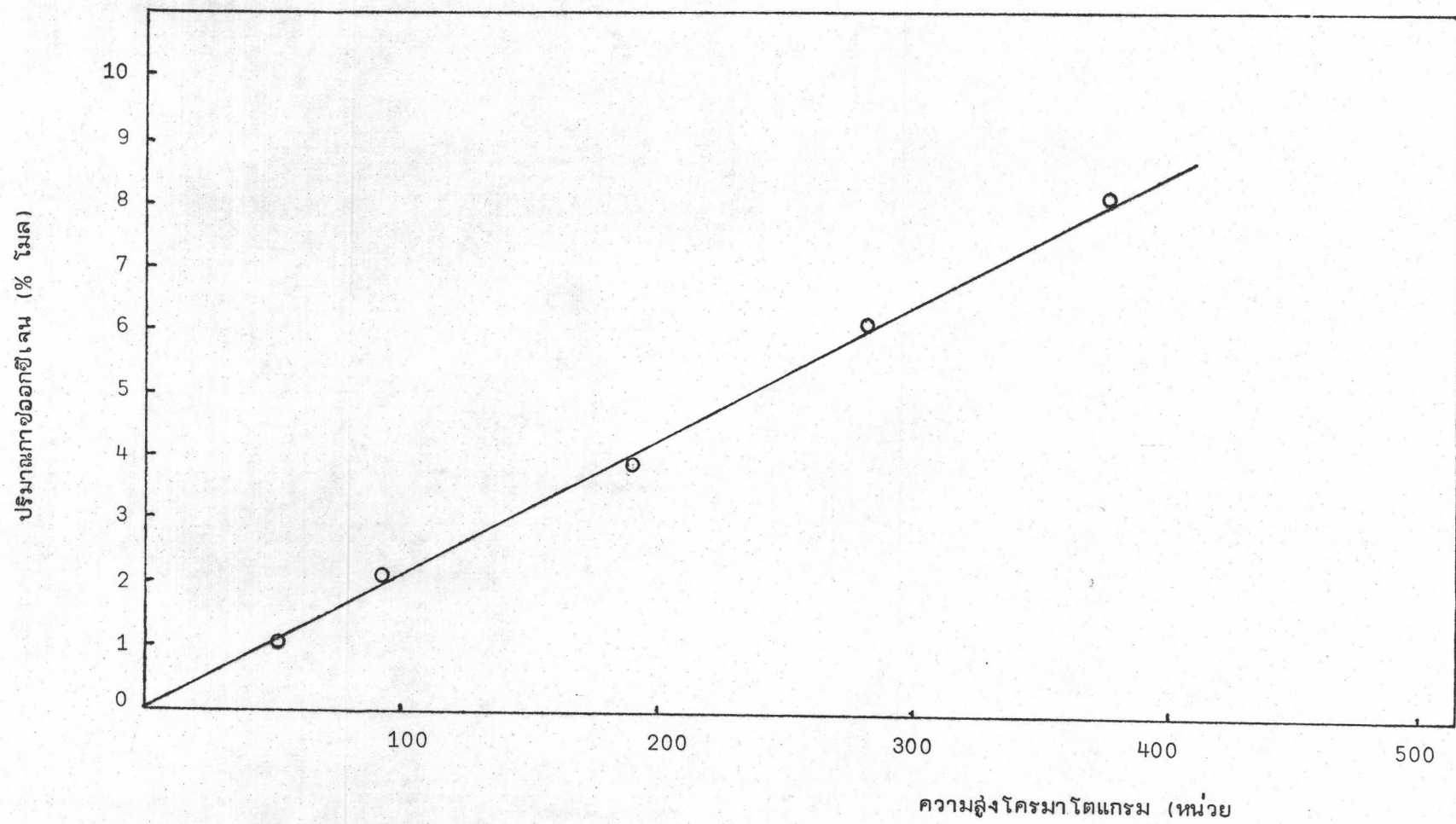
ก.5.1

ภาคผนวก ข.

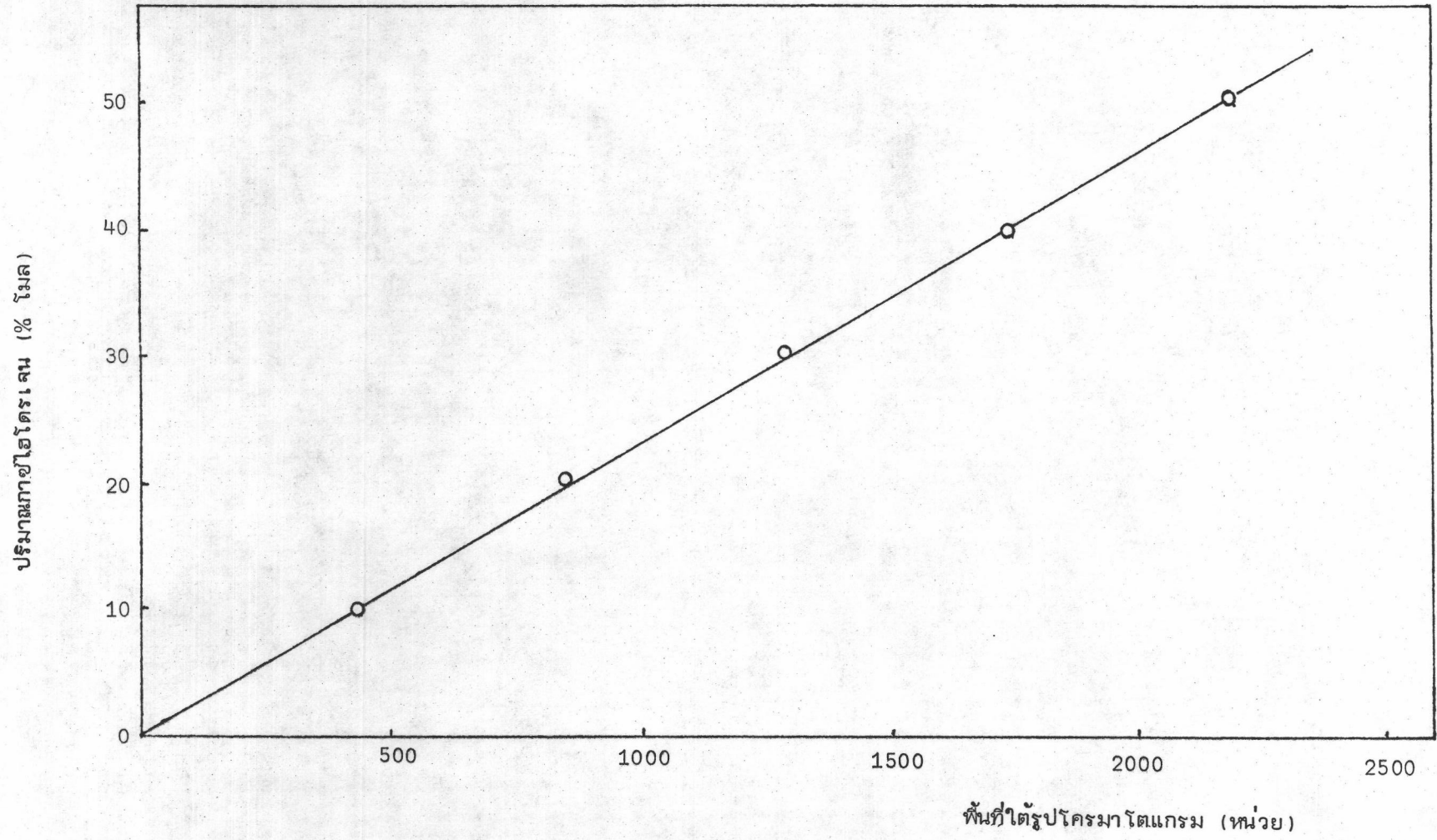
การวิเคราะห์ปริมาณก๊าซตัวอย่าง  
ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟฟี

ในการวิเคราะห์ปริมาณของก๊าซตัวอย่างทำโดยฉีดสารตัวอย่างที่ทราบความเข้มข้น  
แน่นอนในเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟฟีที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน เปรียบเทียบกับความสูงของ  
พีคหรือพื้นที่ใต้พีคที่ เกิดขึ้นบนโครมาโตแกรม

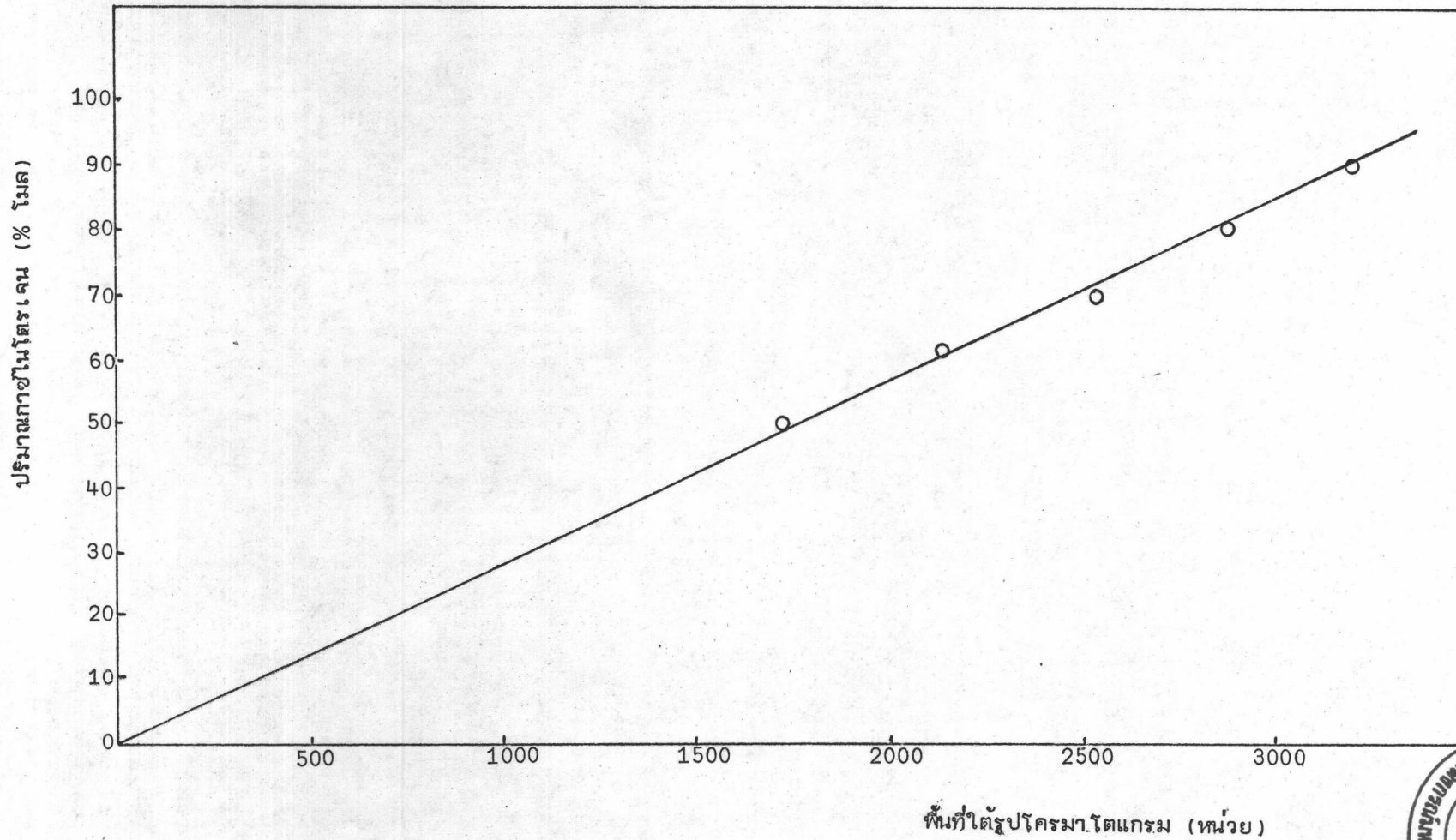




รูปที่ 1.1 กราฟมาตรฐาน สำหรับวัดหาปริมาณแก๊สออกซิเจน ด้วยเครื่องโครมาโตกราฟฟี



รูปที่ 1.2 กราฟมาตรฐานสำหรับวัดหาปริมาณก๊าซไฮโดรเจน ด้วยเครื่องโครมาโตกราฟ



รูปที่ 1.3 กราฟมาตรฐานสำหรับวัดหาปริมาณ ก๊าซ ไนโตรเจน ด้วยเครื่องโครมาโตกราฟฟี



## ศัพท์ทางวิชาการ

## การกระจายของโลหะ (Metal Dispersion)

- อัตราส่วนของจำนวนอะตอมที่ผิวของผลึกโลหะต่อจำนวนอะตอมทั้งหมดในผลึกโลหะนั้น

## การซึบ (Impregnation)

- การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาแบบหนึ่ง โดยให้เกิดการดูดซึบของสารละลายในรูพรุนของตัวรองรับ

## การตกตะกอน (Precipitation)

- การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาแบบหนึ่ง โดยใช้สารตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปทำปฏิกิริยากัน เกิดเป็นสารใหม่ตกลงมา

## การเปลี่ยนรูปของกาซออกซิเจน (Conversion of Oxygen)

- อัตราส่วนของจำนวนโมลของออกซิเจนที่ทำปฏิกิริยา ไปต่อจำนวนโมลของออกซิเจนที่ป้อนเข้าไป

## การเผาที่อุณหภูมิสูง (Calcination)

- เป็นขั้นตอนหนึ่งในการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา โดยการให้ความร้อนแก่เกลือโลหะ เพื่อเปลี่ยนรูปของเกลือโลหะให้เป็นโลหะออกไซด์

## การรวมตัวเนื่องจากความร้อน (Sintering)

- การที่ผลึกของตัวเร่งปฏิกิริยา เมื่อได้รับความร้อนมากขึ้นจะเกิดการรวมตัวกันของผลึกซึ่งจะส่งผลทำให้การกระจายของโลหะลดลง

## ตัวประกอบเวลา (Time factor)

- อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยาต่ออัตราการไหลของสารเข้าทำปฏิกิริยา

## ตัวรองรับ (Support)

- เป็นสารชนิดหนึ่งที่ใช้ประกอบร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยา เพื่อเพิ่มคุณสมบัติตัวเร่งปฏิกิริยาให้ดีขึ้น

### ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst)

- เป็นสารเคมีที่เติมเข้าไปในปฏิกิริยาในปริมาณที่น้อยแต่ทำให้อัตราเร็วของปฏิกิริยาเร็วขึ้น โดยที่ตัวเองไม่เปลี่ยนแปลง

### เตาปฏิกรณ์เคมีแบบเบตนิ่ง (Fixed Bed Reactor)

- เตาปฏิกรณ์เคมีชนิดหนึ่งที่ทำให้ชั้นของตัวเร่งปฏิกิริยาอยู่กับที่แล้วให้สารเข้าทำปฏิกิริยาผ่านเข้ามาทางด้านบน ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นลงมาทางด้านล่าง

### ปริมาตรของรูพรุน (Pore volume)

- ปริมาตรของช่องว่างหรือรูพรุนภายในตัวเร่งปฏิกิริยาหรือตัวรองรับต่อน้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยาหรือตัวรองรับ

### พื้นที่ผิวทั้งหมดตัวเร่งปฏิกิริยา (Total Surface Area of Catalyst)

- พื้นที่ผิวทั้งหมดที่มีอยู่ในตัวเร่งปฏิกิริยาต่อหน่วยน้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา

### พื้นที่ผิวของโลหะ หรือพื้นที่ผิวที่เป็นตำแหน่งเกิดปฏิกิริยา (Activated Surface Area of Catalyst)

- พื้นที่ผิวภายในตัวเร่งปฏิกิริยา เฉพาะตำแหน่งที่สามารถเกิดปฏิกิริยาได้ต่อหน่วยน้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา

### โพรโมเตอร์ (Promotor)

- สารที่เติมลงในตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยปริมาณที่ค่อนข้างน้อยแต่ทว่าช่วยเพิ่มความไวในเชิงปฏิกิริยา ทางเลือกของปฏิกิริยาและความคงตัวของตัวเร่งปฏิกิริยา

### อุณหภูมิแทมแมน (Tammann Temperature)

- อุณหภูมิที่โครงสร้างเริ่มเกิดการเคลื่อนที่

### อุณหภูมิฮัททิก (Huttig temperature)

- อุณหภูมิที่อะตอมของโครงสร้างเริ่มเคลื่อนที่

### ไอโซเอร์มการดูดซับ (Adsorption Isotherm)

- ปรัชการณการดูดซับที่สภาวะอุณหภูมิคงที่

### ฮิสเทอริซิส (Hysteresis)

- ปรัชการณที่เส้นโค้งการดูดซับไม่ทับเส้นโค้งการคายตัว โดยเส้นโค้งการคายตัวอยู่สูงกว่าเส้นโค้งการดูดซับเมื่อกำหนดความดันสัมพัทธ์ให้

ประวัติ

นางสาว วราภรณ์ เอกพันธ์ เกิดวันที่ 8 มกราคม พ.ศ. 2501 จังหวัด  
ฉะเชิงเทรา สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี ศึกษาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมี จากคณะวิทยา  
ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ เมื่อปีการศึกษา 2522 ปัจจุบัน  
รับราชการ กองฟิสิกส์ และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์  
เทคโนโลยีและการพลังงาน

