

เอกสารอ้างอิง

1. ผศ. ดร. สรชัย พิศาลบุตร. "การวิเคราะห์การถดถอยและสหสัมพันธ์เบื้องต้น" การอบรมเกี่ยวกับการวิจัยหรือการค้นคว้าเพื่อทำวิทยานิพนธ์ สำหรับนิสิตบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ณ หอประชุมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วันที่ 2 มิถุนายน 2522.
2. F. WENGER, R.P. GARDNER and K. VERCHESE. "Molecular stopping cross sections of alpha particles in Butane, Propane, Ethane, Neon, Helium and Hydrogen". Health physics. 25(1973):67-71.
3. G.D. KERR, L.M. HAIRR., N. UNDERWOOD and A.W. WALTNER. "Molecular stopping cross section of air, N<sub>2</sub>, K<sub>r</sub>, CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> for alpha particles". Health physics. 121(1966):1475-1480.
4. GERHART FRIEDLANDER, JOSEPH W. KENNEDY and JULIAN MALCOLM MILLER. Nuclear Radiochemistry. Second Edition, John Wiley & Sons, Inc., NewYork. 1955.
5. IRVING KAPLAN. NUCLEAR PHYSICS. Second Edition, Addison Wesley Publishing Company, INC., London. 1964.
6. Ralph E. Lapp and Howard L. Andrews. Nuclear Radiation Physics. Prentice-Hall. INC., Englewood Cliffs, N.J. 1964.
7. Robert C. Weast in Handbook of Chemistry and Physics. 52ne Edition. The Chemical Rubber CO., Ohio, 1971-1972.
8. Robin P. Gardner and Ralph L. Ely, Jr. Radioisotope measurement applications in engineering. Reinhold Publishing Corp. NewYork. 1967.
9. Robley D. Evans, The atomic nucleus. Second Edition. McGraw-Hill, INC., NewYork. 1976.

## ภาคผนวก ก

ข้อควรระวัง เมื่อใช้หัววัดรังสีแบบ เซอเฟตแบร์เรีย (Surface Barrier Detector)

1. ไม่ควรให้หัววัดรังสีได้รับการกระทบกระเทือนอย่างแรง
2. ไม่ควรให้แผ่นทองบาง ๆ ซึ่งเป็นขั้วไฟฟ้าสัมผัสกับสิ่งต่าง ๆ เมื่อไม่ใช้หัววัดรังสีควรใช้ฝาครอบค้ำหน้าหัววัดรังสี เพื่อป้องกันฝุ่นละอองหรือสิ่งต่าง ๆ ที่จะไปทำให้แผ่นทองบาง ๆ นี้สกปรกได้ ถ้ามีฝุ่นละอองจับบนแผ่นทองนี้ ควรขจัดสิ่งสกปรกเหล่านี้โดยใช้กระบอกสูบลมอากาศที่บนแผ่นทองบาง ๆ นี้
3. ก่อนจะติดตั้งหัววัดรังสีควรจะสูบลมอากาศออกหลาย ๆ ครั้ง และถ้ามีสิ่งสกปรกที่ระเหยไปติดกับหัววัดรังสี ต้องสูบลมอากาศออกจากห้องเก็บแก๊สหลาย ๆ ครั้งก่อนที่จะป้อนแรงดันให้กับหัววัดรังสี
4. ตรวจสอบสัญญาณรบกวนจาก เคคโทม์ ขณะที่ป้อนแรงดัน โดยเฉพาะ 2-3 นาทีแรกขณะที่เริ่มทดลอง
5. อย่าให้แรงดันกับหัววัดรังสีมากเกินไป ต้องอยู่ในอัตราที่หัววัดรังสีทำงานได้ดีที่สุด
6. ห้ามวัดรังสีที่มีความแรงรังสีสูงโดยตรง เช่น ลำโปรตอน ที่ได้จากเครื่องเร่งอนุภาค
7. การทำความสะอาดหัววัดรังสีควรใช้กระดาษเช็ดเลนส์หรือผ้าฝ้ายนุ่ม ๆ มีความชื้นเล็กน้อย และควรให้หัววัดรังสีแห้งก่อนจะป้อนแรงดันให้กับหัววัดรังสี
8. ขณะที่หัววัดรังสีได้รับแรงดันไฟสูง ห้ามเปลี่ยนความดันแก๊สภายในห้องเก็บแก๊สทันทีทันใด ถ้าต้องการ เปลี่ยนความดันควรจะลดแรงดันที่ป้อนให้หัววัดรังสีจนไม่มีแรงดันไฟตกคร่อมหัววัดรังสี
9. ถ้า เก็บหัววัดรังสีในสุญญากาศควรจะป้อนแรงดันไฟต่ำให้กับหัววัดรังสี

การจ่ายแรงดันให้กับหัววัดรังสี

หลังจากหัววัดรังสีถูกเก็บไว้โดยไม่มีแรงดันไฟให้กับหัววัดรังสีหรือหลังจากการ เปลี่ยนแปลงความดันภายในห้องเก็บแก๊ส บางครั้งเราจำเป็นต้องให้แรงดันกับหัววัดรังสีอย่างช้า ๆ เพื่อป้องกันโคโอต เสียหาย มีหลักเกณฑ์ดังนี้

1. จ่ายแรงดันไฟ 10-20 V สัญญาณรบกวนควรจะลดลงหรืออาจปรับอัตรา  
การขยายสัญญาณ (Amplifier Gain) เพื่อลดสัญญาณรบกวน
2. ค่อย ๆ เพิ่มแรงดันไฟทีละน้อยอย่างต่อเนื่อง สังเกตสัญญาณรบกวนโดยสังเกต  
ที่ค่า เบอร์เซนส์ของเครื่อง
3. ถ้ามีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นควรเพิ่มแรงดันไฟอย่างช้า ๆ ถ้าสัญญาณรบกวนสูง  
ควรลดแรงดันลง 30 % จากเดิม ทิ้งไว้สักครู่ ถ้าสัญญาณรบกวนลดลงจึงเพิ่ม  
แรงดันไฟต่อไป
4. ถ้าสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นทันทีทันใด ให้หยุดจ่ายแรงดันให้กับหัววัดรังสีทันที
5. เมื่อจ่ายแรงดันให้กับหัววัดรังสีอยู่ในอัตราพอดีแล้ว ให้สังเกตระดับสัญญาณ  
รบกวนในช่วงเวลาสั้น ๆ เพื่อตรวจดูว่ามีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นอีกหรือไม่

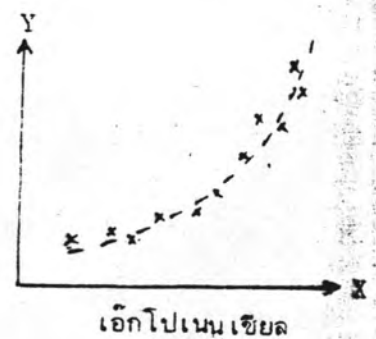
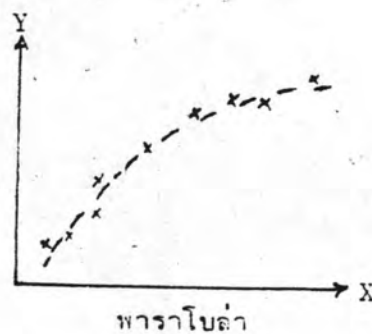
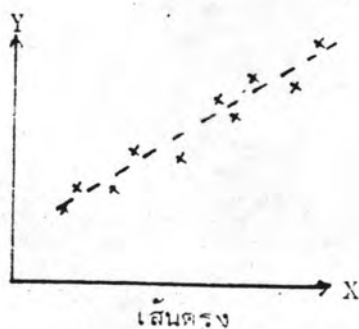
## ภาคผนวก ข

## การวิเคราะห์การถดถอยและสหสัมพันธ์

## การวิเคราะห์การถดถอยและสหสัมพันธ์ เบื้องต้น

การวิเคราะห์การถดถอยคือ การศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว โดยที่ตัวแปรตัวหนึ่งถูกกำหนดค่าไว้ล่วงหน้า ส่วนการวิเคราะห์สหสัมพันธ์เป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัวโดยที่ไม่มีตัวแปรตัวใดถูกกำหนดค่าไว้ล่วงหน้า แต่ในทางปฏิบัติทั่วไป หากไม่มีตัวแปรตัวใดตัวหนึ่งถูกกำหนดค่าไว้ล่วงหน้า มักจะอนุโลมให้ใช้การวิเคราะห์การถดถอยได้

ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัวสิ่งที่จะต้องทำในขั้นแรกก็คือ การนำเอาข้อมูลที่จะวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรสองตัว ซึ่งจะเรียกตัวแปรซึ่งถูกกำหนดค่าไว้ล่วงหน้าว่าเป็นตัวแปรอิสระ (independent variable) สมมติว่าเป็น Y และตัวแปรอีกตัวหนึ่งที่เหลือว่าเป็นตัวแปรตาม (dependent variable) สมมติว่าเป็น X มาพล็อตกราฟซึ่งจะได้แผนภูมิที่เรียกว่า แผนภาพการกระจาย (Scatter diagram) และจากแผนภาพนี้ ผู้วิเคราะห์จะต้องเป็นผู้พิจารณาว่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองที่ได้จากข้อมูลมีแนวโน้มที่จะแทนได้ด้วยรูปของสมการใด เช่น เส้นตรง พาราโบลา เอ็กโปเนนเชียลหรือรูปสมการอื่นที่สามารถเขียนแทนความสัมพันธ์ในทางคณิตศาสตร์ได้



หลังจากผู้วิเคราะห์ได้ตกลงใจที่จะใช้รูปสมการใดแทนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองแล้ว ก็จะต้องพยายามหาค่าตัวคงที่ ๆ ไม่ทราบค่าในสมการที่ใช้แทนความสัมพันธ์จากข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ (a, b, c, ..... ) วิธีการที่ใช้หา มีอยู่หลายวิธี แต่วิธีที่นิยมใช้กันมาก คือ วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Squares Method) กล่าวคือพยายามทำให้ผลรวมของส่วน เบี่ยงเบนระหว่างค่าจริงและค่าประมาณของข้อมูลที่นำมาสร้างความสัมพันธ์ยกกำลังสองมีค่าน้อยที่สุด นั่นคือถ้าให้ Y เป็นค่าจริง และ  $\hat{Y}$  เป็นค่าประมาณแล้ว  $\sum_{i=1}^n (Y - \hat{Y})^2$  จะมีค่าน้อยที่สุด เมื่อ n เป็นจำนวนตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ X และตัวแปรตาม Y ทั้งหมด โดยการใช้หลักเกณฑ์ของวิธีกำลังสองน้อยที่สุดและความรู้เกี่ยวกับแคลคูลัสเข้ามาช่วย จะทำให้สามารถสร้างสมการปกติ (Normal equation) ที่นำมาใช้ในการคำนวณหาค่าคงที่ ๆ ไม่ทราบค่าของความสัมพันธ์ที่คาดว่าจะใช้ซึ่งอยู่ในรูปสมการได้ดังนี้

1. สมการเส้นตรง ซึ่งมีรูปสมการทั่วไปเป็น  $Y = a + bX$  มีสมการปกติเป็น

$$\sum_{i=1}^n Y_i = a + b \sum_{i=1}^n X_i$$

$$\sum_{i=1}^n XY_i = a \sum_{i=1}^n X_i + b \sum_{i=1}^n X_i^2$$

2. สมการเส้นโค้ง

- 2.1 สมการพาราโบลา ซึ่งมีรูปสมการทั่วไปเป็น  $Y = a + bX + cX^2$  มีสมการปกติ เป็น

$$\sum_{i=1}^n Y_i = a + b \sum_{i=1}^n X_i + c \sum_{i=1}^n X_i^2$$

$$\sum_{i=1}^n X_i Y_i = a \sum_{i=1}^n X_i + b \sum_{i=1}^n X_i^2 + c \sum_{i=1}^n X_i^3$$

$$\sum_{i=1}^n X_i^2 Y_i = a \sum_{i=1}^n X_i^2 + b \sum_{i=1}^n X_i^3 + c \sum_{i=1}^n X_i^4$$

- 2.2 สมการเส้นโค้งที่สามารถเปลี่ยนให้อยู่ในรูปเส้นตรงได้

- 2.2.1 สมการไฮเพอร์โบลา ซึ่งมีรูปสมการทั่วไปเป็น  $Y = \frac{1}{a + bX}$

ซึ่งสามารถเปลี่ยนให้อยู่ในรูปเส้นตรง  $\frac{1}{Y} = a+bX$  หรือ  $Z = a+bX$  ได้ นั่นคือ ความสัมพันธ์ระหว่าง X และ Y อยู่ในรูปเส้นไฮเปอร์โบล่า แต่ความสัมพันธ์ระหว่าง X และ  $\frac{1}{Y}$  อยู่ในรูปเส้นตรง

สมการปกติของสมการเส้นตรงซึ่งได้แปลงมาจากสมการไฮเปอร์โบล่า  $Y = \frac{1}{a+bX}$

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{Y_i} = an + b \sum_{i=1}^n X_i$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{X_i}{Y_i} = a \sum_{i=1}^n X_i + b \sum_{i=1}^n X_i^2$$

2.2.2 สมการเอ็กโปเนนเชียล ซึ่งมีรูปสมการทั่วไปเป็น  $Y = ab^X$  ซึ่งสามารถเปลี่ยนให้อยู่ในรูปเส้นตรง  $\log Y = \log a + (\log b)X$  ซึ่งมีสมการปกติเป็น

$$\sum_{i=1}^n \log Y_i = (\log a)n + \log b \sum_{i=1}^n X_i$$

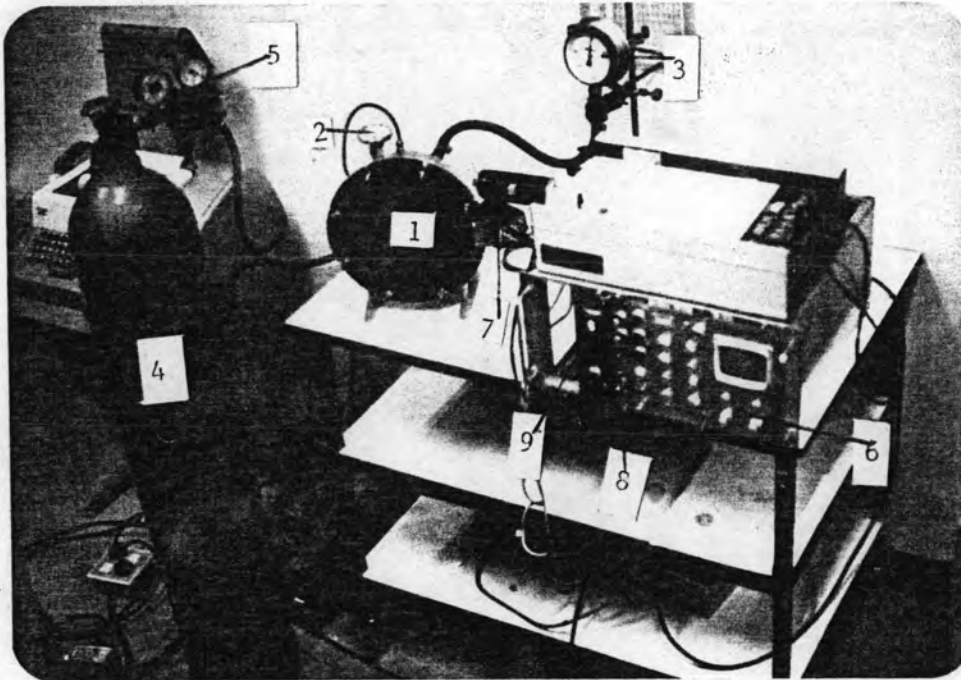
$$\sum_{i=1}^n X_i \log Y_i = (\log a) \sum_{i=1}^n X_i + \log b \sum_{i=1}^n X_i^2$$

สมการเส้นตรงและเส้นโค้งบางเส้นที่ยกมาเป็นตัวอย่างในการหาสมการปกตินี้ใช้กันมากในทางปฏิบัติทั่วไป ถ้าไม่ต้องการสร้างความสัมพันธ์ที่ละเอียดถูกต้องมากนัก ส่วนเส้นโค้งอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวในที่นี้ก็สามารถนำมาหาสมการปกติได้เช่นเดียวกัน



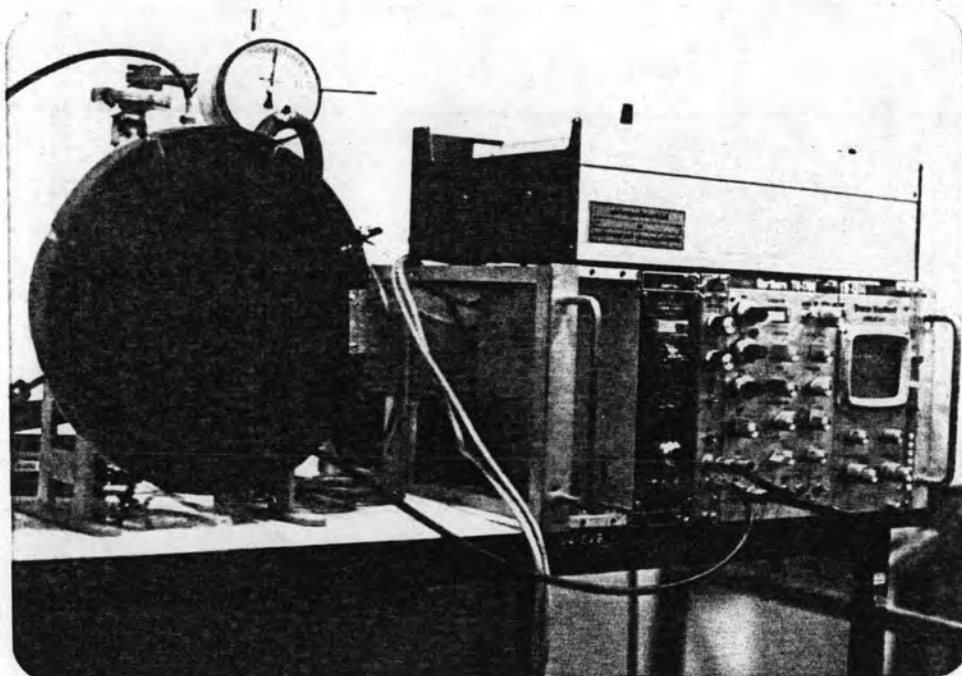
ภาคผนวก ค

แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ทำการวิจัย



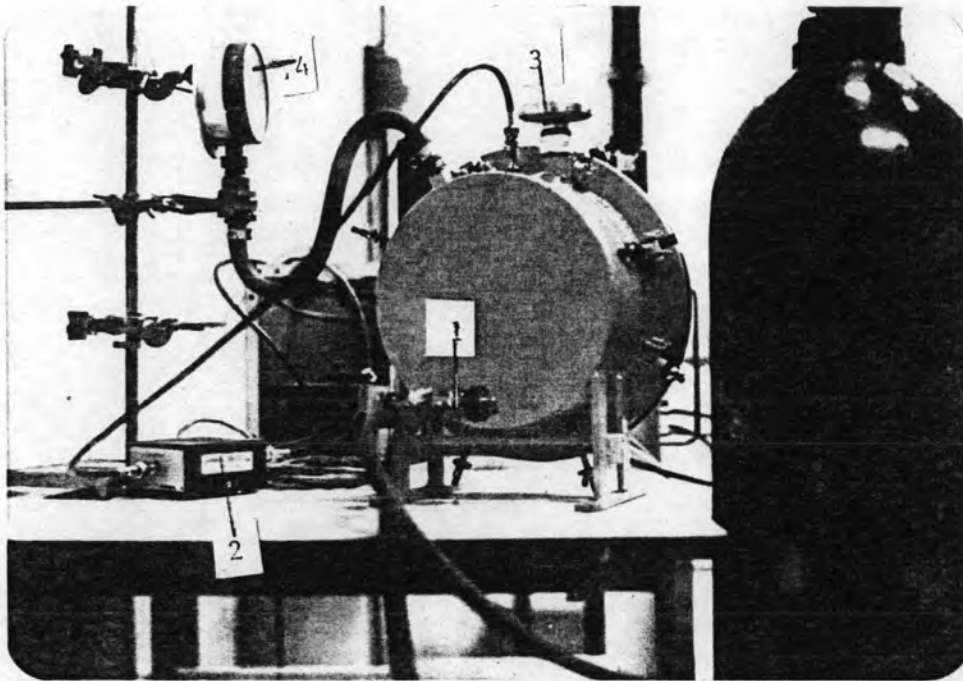
1. ห้อง เก็บ แกส
2. เครื่อง วัดอุณหภูมิต
3. เครื่อง วัดความดัน
4. ถังบรรจุแกสที่ใช้ทดลอง
5. เครื่องวัดความดันภายในถังแกสและนอกถังแกส
6. เครื่องวิเคราะห์พลังงาน
7. ขยายสัญญาณส่วนหน้า (Preamplifier)
8. ขยายสัญญาณ (Amplifier)
9. แหล่งจ่ายไฟแรงดันสูง (High Voltage)

รูปที่ ค.1 แสดงการจักระบบอุปกรณ์ที่ใช้ทำการวิจัย



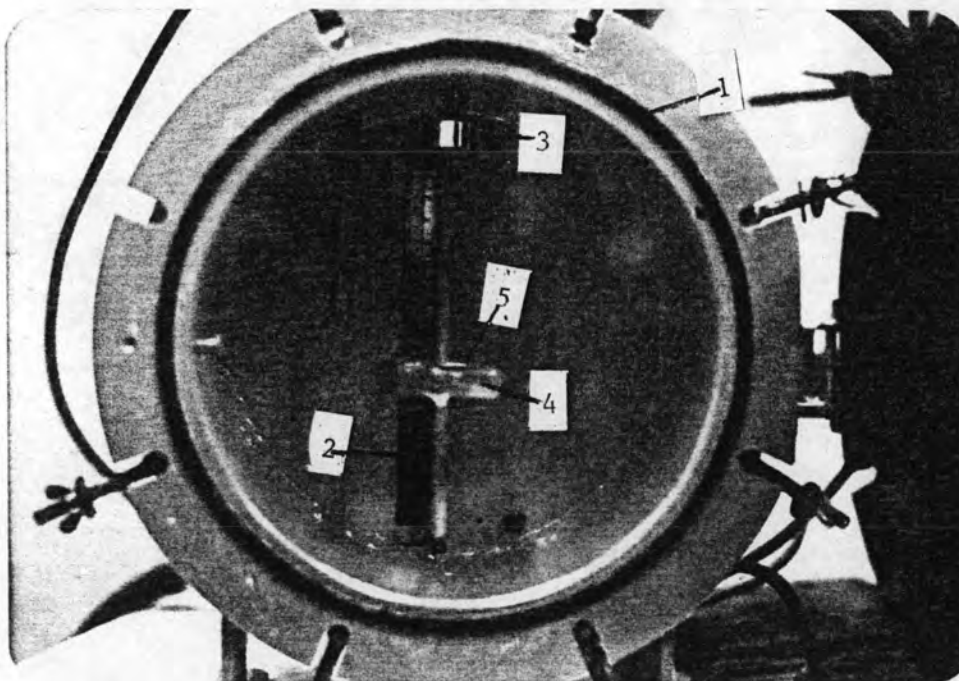
รูปที่ ค.2 แสดงส่วนหน้าของห้อง เก็บแกส ฝาปิดห้อง เก็บแกสทำด้วยพลาสติกทึบหนา  $11 \frac{1}{2}$  มม.

ฝา ฝาจะเป็นร่องมียึดให้ฝานี้ติดกับห้อง เก็บแกสได้สนิทมาก



1. ช่องระบายอากาศ
- 2 ทาง
2. การขยายสัญญาณ  
ส่วนหน้า
3. เครื่องบันทึกอุณหภูมิ
4. เครื่องวัดความดัน

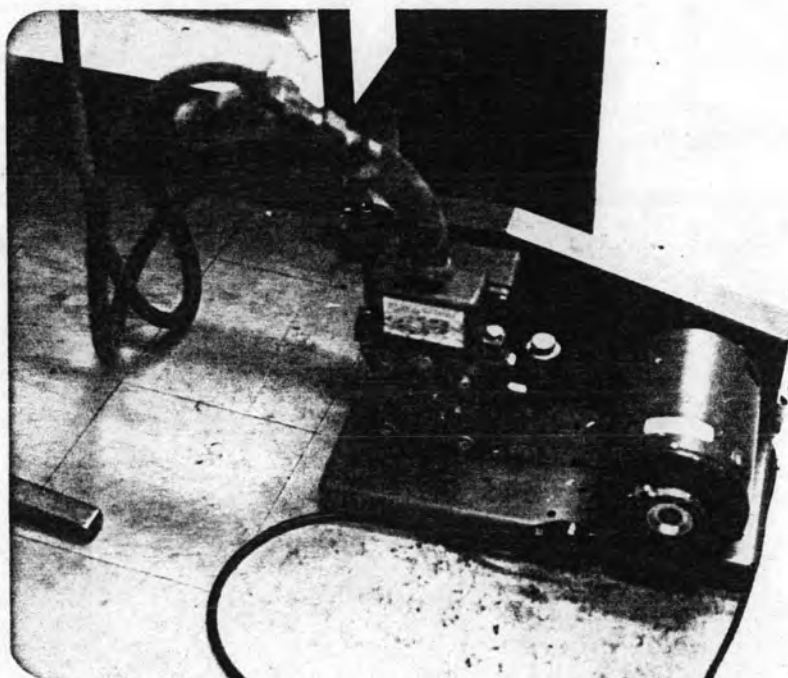
รูปที่ ค.3 แสดงด้านหลังห้อง เก็บแก๊สมีช่องระบายอากาศ 2 ทางต่อกับห้อง เก็บแก๊ส คำนบน  
เจาะ เป็นช่อง 3 ช่องต่อเข้ากับ เครื่องวัดอุณหภูมิ เครื่องวัดความดันและหัววัดรังสี



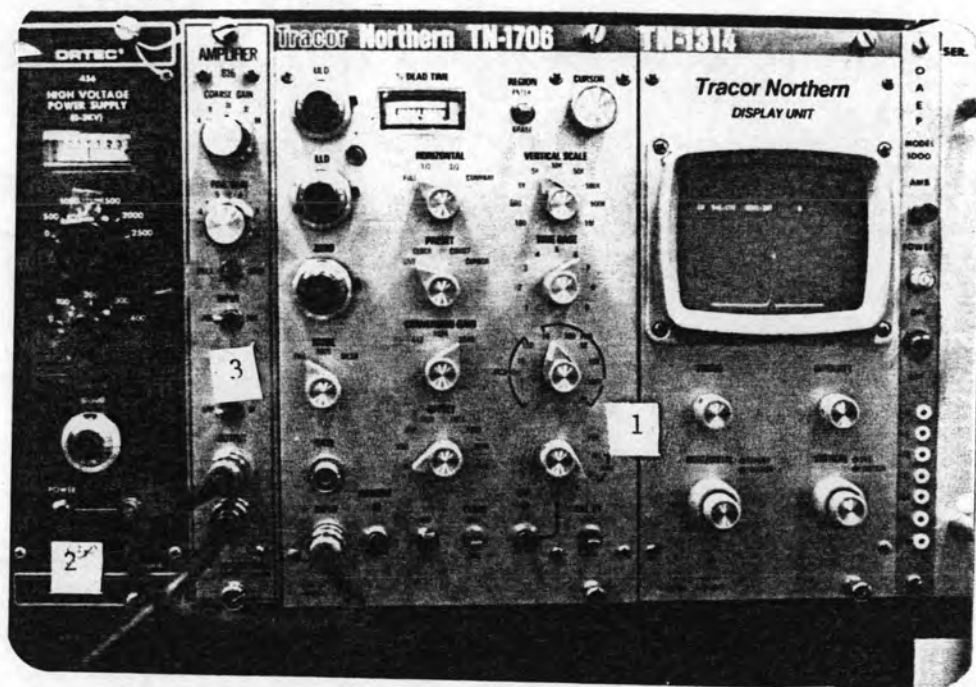
1. วงยาง
2. สเกลวัดความยาว
3. หัววัดรังสี
4. แท่นวางต้นกำเนิดรังสี
5. ต้นกำเนิดรังสี

รูปที่ ค.4 แสดงด้านหน้าภายในห้อง เก็บแก๊สบริเวณขอบของห้อง เก็บแก๊สเจาะ เป็นร่อง เพื่อวาง  
วงยางใหญ่ (Oring) ผนังด้านในติดสเกลวัดความยาว 15 ซม. และแท่นวางต้นกำเนิด  
รังสี คำนบนห้อง เก็บแก๊สติดหัววัดรังสี





รูปที่ ค.5 แสดง เครื่องสูบอากาศ (Vacuum Pump)



1. เครื่องวิเคราะห์พลังงาน
2. เครื่องจ่ายแรงดันไฟสูง
3. เครื่องขยายสัญญาณ

รูปที่ ค.6 แสดง เครื่องวิเคราะห์พลังงานและการวัดสเปกตรัมของอนุภาคอัลฟา

## ภาคผนวก ง

## การคำนวณหาปริมาณของแก๊สใด ๆ ในแก๊สผสม

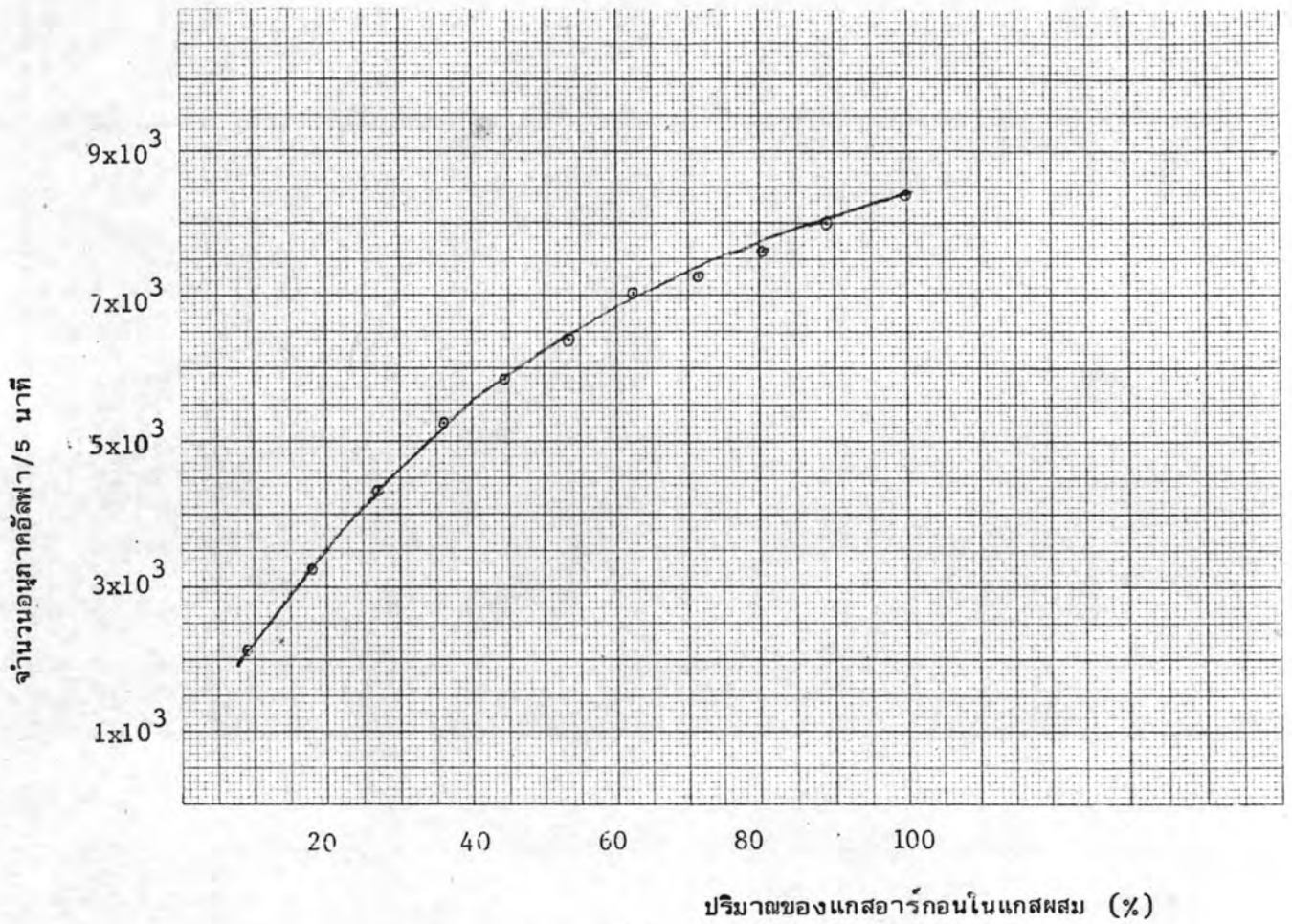
ในกรณีที่มิมีแก๊ส 2 แก๊สผสมกัน เราสามารถคำนวณหาปริมาณของแก๊สและแก๊สที่ผสมกันว่ามีปริมาณเท่าไร โดยใช้เครื่องวัดค่าสตอบึงโครส เซคชั่น เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ผสมกับแก๊สอาร์กอน ทำได้ดังนี้

1. ตั้งระยะห่างระหว่างหัววัดรังสีกับต้นกำเนิดรังสีให้เท่ากับพิสัยของอนุภาคอัลฟาในแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ประมาณ 2.6 ซม.
2. ปรับให้ความแรงในการแผ่รังสีของต้นกำเนิดรังสี ทำให้เกิด เคทโทมไม่เกิน 5 %
3. ปลอ่ยแก๊สผสมเข้าไปในห้องเก็บแก๊ส ให้ความดันภายในห้องเก็บแก๊สเท่ากับ 560 mm.Hg.
4. แก๊สอาร์กอนความดันจะเพิ่มขึ้นครึ่งละ 50 mm.Hg. แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ความดันลดลงครึ่งละ 50 mm.Hg.
5. การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของแก๊สอาร์กอนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์แต่ละครั้งให้วัดจำนวนครั้งที่เครื่องนับได้ในเวลา 5 นาที บันทึกข้อมูล
6. หาปริมาณของแก๊สอาร์กอนในแก๊สผสม โดยสมการ  
ความดันย่อยของแก๊ส A = (เศษส่วนโมลของแก๊ส A)(ความดันของแก๊สผสม)
7. เขียนกราฟระหว่างปริมาณแก๊สอาร์กอนในแก๊สผสมกับอัตราการนับอนุภาคอัลฟา

ครั้งที่	แกสอาร์กอน (mm.Hg.)	แกสคาร์บอนได- ออกไซด์ (mm.Hg.)	จำนวนอนุภาค อัลฟา/5 นาที	เศษส่วนโมล ของแกสอาร์กอน	ปริมาณแกส อาร์กอน (%)	ปริมาณแกส คาร์บอนได- ออกไซด์ (%)
1	0	560	1528	0	0	100
2	50	510	2129	0.089	8.9	91.1
3	100	460	3255	0.179	17.9	82.1
4	150	410	4345	0.268	26.8	73.2
5	200	360	5240	0.357	35.7	64.3
6	250	310	5859	0.446	44.6	55.4
7	300	260	6416	0.536	53.6	46.4
8	350	210	7035	0.625	62.5	37.5
9	400	160	7266	0.714	71.4	28.6
10	450	110	7620	0.804	80.4	19.6
11	500	60	8027	0.893	89.3	10.7
12	560	0	8433	1	100	0

ตารางที่ ง.1 แสดงการหาปริมาณของแกสอาร์กอนในแกสผสมระหว่างแกสคาร์บอนไดออกไซด์กับแกสอาร์กอน ที่อุณหภูมิ 27°C ความดันแกสผสม 560 mm.Hg. ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสีเท่ากับ 2.6 ซม.

จากการวัดค่าแมคคราวน์ (Background) = 760 อนุภาค/5 นาที



รูปที่ ง.1] แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแกสอาร์กอนในแกสผสมกับอัตราการนับ

อนุภาคอัลฟา

## ภาคผนวก จ.

การคำนวณหาพิสัยของอนุภาคอัลฟาที่ตัวดูดกลืนต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ  $27 \pm 1^\circ\text{C}$  ความดัน 760 mm.Hg.

## 1. สำหรับแกสไฮโดรเจน

$$\text{เลขมวล} = 1$$

$$\rho_o = 0.089 \times 10^{-3} \text{ gm/cm}^3$$

$$\rho = \frac{T_o}{T} \frac{P}{P_o} \cdot \rho_o$$

$$\rho = \frac{273 \cdot (760)}{300 \cdot (760)} \cdot (0.089 \times 10^{-3})$$

$$\rho = 8.126 \times 10^{-5} \text{ gm/cm}^3$$

$$R = \frac{(3.09 \times 10^{-4}) \cdot \sqrt{A} \cdot R_{\text{air}}}{\rho}$$

$$R = \frac{(3.09 \times 10^{-4}) \cdot \sqrt{1} \cdot (3.95)}{8.126 \times 10^{-5}}$$

$$R = 15.02 \text{ cm.}$$

2. สำหรับแกสไนโตรเจน, เลขมวล 14,  $\rho_o = 1.251 \times 10^{-3} \text{ gm/cm}^3$ 

$$\rho = \frac{T_o}{T} \frac{P}{P_o} \cdot \rho_o$$

$$= \frac{273 \cdot (760)}{300 \cdot (760)} \cdot (1.251 \times 10^{-3})$$

$$\rho = 1.138 \times 10^{-3} \text{ gm/cm}^3$$



$$R = \frac{(3.09 \times 10^{-4}) \sqrt{A} \cdot R_{\text{air}}}{\rho}$$

$$= \frac{(3.09 \times 10^{-4}) \sqrt{14} \cdot (3.95)}{1.138 \times 10^{-3}}$$

$$R = 4.01 \text{ cm.}$$

3. สำหรับแก๊สออกซิเจน, เลขมวล 16,  $\rho_0 = 1.429 \times 10^{-3} \text{ gm/cm}^3$

$$\rho = \frac{T_0}{T} \cdot \frac{P}{P_0} \cdot \rho_0$$

$$= \frac{273}{300} \cdot \frac{(760)}{(760)} \cdot (1.429 \times 10^{-3})$$

$$= 1.3 \times 10^{-3} \text{ gm/cm}^3$$



$$R = \frac{(3.09 \times 10^{-4}) \cdot \sqrt{A} \cdot R_{\text{air}}}{\rho}$$

$$= \frac{(3.09 \times 10^{-4}) \cdot \sqrt{16} \cdot (3.95)}{1.3 \times 10^{-3}}$$

$$R = 3.76 \text{ cm.}$$

4. สำหรับแก๊สอาร์กอน, เลขมวล 40,  $\rho_0 = 1.784 \times 10^{-3} \text{ gm/cm}^3$

$$\rho = \frac{T_0}{T} \cdot \frac{P}{P_0} \cdot \rho_0$$

$$= \frac{373}{300} \cdot \frac{(760)}{(760)} \cdot (1.784 \times 10^{-3})$$

$$\rho = 1.62 \times 10^{-3} \text{ gm/cm}^3$$

$$R = \frac{(3.09 \times 10^{-4}) \sqrt{A} \cdot R_{\text{air}}}{\rho}$$

$$R = \frac{(3.09 \times 10^{-4}) \cdot \sqrt{40} \cdot (3.95)}{1.62 \times 10^{-3}}$$

$$R = 4.77 \text{ cm.}$$

5. แกสคาร์บอนไดออกไซด์,  $\rho_o = 1.977 \times 10^{-3} \text{ gm/cm}^3$

$$\sqrt{A}_{\text{eff}} = \frac{\eta_1 A_1 + \eta_2 A_2}{\eta_1 \sqrt{A_1} + \eta_2 \sqrt{A_2}}$$

$$\eta_1 = \frac{1}{3} = 0.33, \quad \eta_2 = \frac{2}{3} = 0.67$$

$$\sqrt{A}_{\text{eff}} = \frac{(0.33)(12) + (0.67)(16)}{(0.33)\sqrt{12} + (0.67)\sqrt{16}}$$

$$\sqrt{A}_{\text{eff}} = 3.84$$

$$\rho = \frac{T_o}{T} \cdot \frac{P}{P_o} \cdot \rho_o$$

$$= \left(\frac{273}{300}\right) \cdot \left(\frac{760}{760}\right) \cdot (1.977 \times 10^{-3})$$

$$\rho = 1.79 \times 10^{-3} \text{ gm/cm}^3$$

$$R = \frac{(3.09 \times 10^{-4}) \sqrt{A} \cdot R_{\text{air}}}{\rho}$$

$$R = \frac{(3.09 \times 10^{-4})(3.84)(3.95)}{(1.79 \times 10^{-3})}$$

$$R = 2.62 \text{ cm.}$$

6. แก๊สอะเซทิลีน,  $\rho_o = 1.173 \times 10^{-3} \text{ gm/cm}^3$

$$\sqrt{A}_{\text{eff}} = \frac{\eta_1 A_1 + \eta_2 A_2}{\eta_1 \sqrt{A_1} + \eta_2 \sqrt{A_2}}$$

$$\eta_1 = \frac{2}{4} = 0.5, \quad \eta_2 = \frac{2}{4} = 0.5$$

$$\sqrt{A}_{\text{eff}} = \frac{(0.5)(12) + (0.5)(1)}{(0.5)(\sqrt{12}) + (0.5)(\sqrt{1})}$$

$$\sqrt{A}_{\text{eff}} = 2.912$$

$$\rho = \frac{T_o}{T} \cdot \frac{P}{P_o} \cdot \rho_o$$

$$= \frac{273}{300} \cdot \frac{760}{760} \cdot (1.173 \times 10^{-3})$$

$$\rho = 1.07 \times 10^{-3} \text{ gm/cm}^3$$

$$R = \frac{(3.09 \times 10^{-4}) \sqrt{A}_{\text{air}}}{\rho}$$

$$= \frac{(3.09 \times 10^{-4})(2.912)(3.95)}{(1.07 \times 10^{-3})}$$

$$R = 3.32 \text{ cm.}$$

## 7. การคำนวณหาปริมาณของแก๊สหุงต้ม

$$\text{normal-butane (n-C}_4\text{H}_{10}) = 42.33 \% \text{ โดยปริมาตร}$$

$$\text{Iso-butane (Iso-C}_4\text{H}_{10}) = 28.91 \% \text{ โดยปริมาตร}$$

$$\text{Propane (C}_3\text{H}_8) = 28.41 \% \text{ โดยปริมาตร}$$

$$\text{Etane (C}_2\text{H}_6) = 0.35 \% \text{ โดยปริมาตร}$$

แก๊สใด ๆ 1 โมล หรือ 1 กรัมโมล จะมี  $6.02 \times 10^{23}$  อะตอม มีปริมาตร 22.4 ลิตรที่ อุณหภูมิและความดันปกติ

สมมติให้แก๊สหุงต้มที่ใช้ทดลองมีปริมาตร	x	ลิตร
แก๊สหุงต้ม 100 ลิตร มีแก๊สออร์มัลปิวิเทน	42.33	ลิตร
แก๊สหุงต้ม x ลิตร มีแก๊สออร์มัลปิวิเทน	$\frac{42.33x}{100}$	ลิตร
แก๊สออร์มัลปิวิเทน 22.4 ลิตร มี	$6.02 \times 10^{23}$	โมเลกุล
แก๊สออร์มัลปิวิเทน $\frac{42.33x}{100}$ ลิตร มี	$(\frac{42.33x}{100}) (\frac{6.02 \times 10^{23}}{22.4})$	โมเลกุล

แก๊สออร์มัลปิวิเทน 1 โมเลกุล ประกอบด้วย คาร์บอน 4 อะตอม ไฮโดรเจน 10 อะตอม

$$\text{คาร์บอน มี } 4 \left( \frac{42.33x}{100} \right) \left( \frac{6.02 \times 10^{23}}{22.4} \right) \text{ อะตอม}$$

$$\text{ไฮโดรเจน มี } 10 \left( \frac{42.33x}{100} \right) \left( \frac{6.02 \times 10^{23}}{22.4} \right) \text{ อะตอม}$$

ทำนองเดียวกัน, สำหรับแกสไอโซมิวเรน 1 โมเลกุล มีคาร์บอน 4 อะตอม ไฮโดรเจน 10 อะตอม

$$\text{คาร์บอน} = 4 \left( \frac{28.91x}{100} \right) \left( \frac{6.02 \times 10^{23}}{22.4} \right) \quad \text{อะตอม}$$

$$\text{ไฮโดรเจน} = 10 \left( \frac{28.91x}{100} \right) \left( \frac{6.02 \times 10^{23}}{22.4} \right) \quad \text{อะตอม}$$

สำหรับแกสโปรเปน 1 โมเลกุลมีคาร์บอน 3 อะตอม ไฮโดรเจน 8 อะตอม

$$\text{คาร์บอน} = 3 \left( \frac{28.41x}{100} \right) \left( \frac{6.02 \times 10^{23}}{22.4} \right) \quad \text{อะตอม}$$

$$\text{ไฮโดรเจน} = 8 \left( \frac{28.41x}{100} \right) \left( \frac{6.02 \times 10^{23}}{22.4} \right) \quad \text{อะตอม}$$

สำหรับแกสอีเทน 1 โมเลกุล ประกอบด้วย คาร์บอน 2 อะตอม ไฮโดรเจน 6 อะตอม

$$\text{คาร์บอน มี} = 2 \left( \frac{0.35x}{100} \right) \left( \frac{6.02 \times 10^{23}}{22.4} \right) \quad \text{อะตอม}$$

$$\text{ไฮโดรเจน มี} = 6 \left( \frac{0.35x}{100} \right) \left( \frac{6.02 \times 10^{23}}{22.4} \right) \quad \text{อะตอม}$$

$$\text{คาร์บอนรวม} = \frac{x}{(100)} \left( \frac{6.02 \times 10^{23}}{(22.4)} \right) [4x42.33 + 4x28.91 + 3x28.41 + 2x0.35]$$

$$= \left| \frac{x(6.02 \times 10^{23})}{(100)(22.4)} \right| (370.89) \quad \text{อะตอม}$$

$$\text{ไฮโดรเจนรวม} = \frac{x(6.02 \times 10^{23})}{(100)(22.4)} [10x42.33 + 10x28.91 + 8x28.41 + 6x0.35]$$

$$= \left| \frac{x(6.02 \times 10^{23})}{(100)(22.4)} \right| (941.78) \quad \text{อะตอม}$$

$$\text{ผลรวมของจำนวนอะตอมของคาร์บอนและไฮโดรเจน} = (370.89 + 941.78) \left[ \frac{x(6.02 \times 10^{23})}{100 \times 22.4} \right]$$



$$= (1312.67) \left[ \frac{\times (6.02 \times 10^{23})}{(100 \times 22.4)} \right]$$

$$\text{อะตอมมิกแฟรคชั่นของคาร์บอน} = \frac{370.89}{1312.67} = 0.283$$

$$\text{อะตอมมิกแฟรคชั่นของไฮโดรเจน} = \frac{941.78}{1312.67} = 0.717$$

$$\sqrt{A}_{\text{eff}} = \frac{\eta_1 A_1 + \eta_2 A_2}{\eta_1 \sqrt{A_1} + \eta_2 \sqrt{A_2}}$$

$$= \frac{(0.283)(12) + (0.717)(1)}{(0.283)\sqrt{12} + (0.717)\sqrt{1}}$$

$$= \frac{4.113}{1.697}$$

$$= 2.424$$

หาพิสัยเฉลี่ยของแกสหุงต้ม

$$R = \frac{(3.091 \times 10^{-4})(2.424)(3.95)}{2.41 \times 10^{-3}}$$

$$R = 1.23 \text{ cm.}$$

สรุป - จากการคำนวณหาพิสัยเฉลี่ยของอนุภาคอัลฟาในแกสต่าง ๆ

$$\text{พิสัยเฉลี่ยของแกสไฮโดรเจน} = 15.02 \text{ cm.}$$

$$\text{พิสัยเฉลี่ยของแกสไนโตรเจน} = 4.01 \text{ cm.}$$

$$\text{พิสัยเฉลี่ยของแกสออกซิเจน} = 3.76 \text{ cm.}$$

$$\text{พิสัยเฉลี่ยของแกสอาร์กอน} = 4.77 \text{ cm.}$$

$$\text{พิสัยเฉลี่ยของแกสคาร์บอนไดออกไซด์} = 2.62 \text{ cm.}$$

$$\text{พิสัยเฉลี่ยของแกสอะเซติลีน} = 3.32 \text{ cm.}$$

$$\text{พิสัยเฉลี่ยของแกสหุงต้ม} = 1.23 \text{ cm.}$$

$$\text{พิสัยเฉลี่ยของแกสอากาศ} = 3.95 \text{ cm.}$$

แก๊ส	สูตรโมเลกุล	ความหนาแน่นที่ 0°C 760 mm.Hg. (gm/cm <sup>3</sup> )	น้ำหนักโมเลกุล	ความบริสุทธิ์ (%)
อะเซทิลีน	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	1.173x10 <sup>-3</sup>	26.04	99.9
อากาศ	-	1.293x10 <sup>-3</sup>	28.97	100
อาร์กอน	Ar	1.784x10 <sup>-3</sup>	39.95	99.9
หุงต้ม	-	2.41x10 <sup>-3</sup>	53.93	100
คาร์บอนไดออกไซด์	CO <sub>2</sub>	1.977x10 <sup>-3</sup>	44.01	99.5
ไฮโดรเจน	H <sub>2</sub>	0.089x10 <sup>-3</sup>	2.016	99.9
ไนโตรเจน	N <sub>2</sub>	1.251x10 <sup>-3</sup>	28.01	99.9
ออกซิเจน	O <sub>2</sub>	1.429x10 <sup>-3</sup>	31.99	99.9

ตารางที่ จ.1 แสดงค่าต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณ

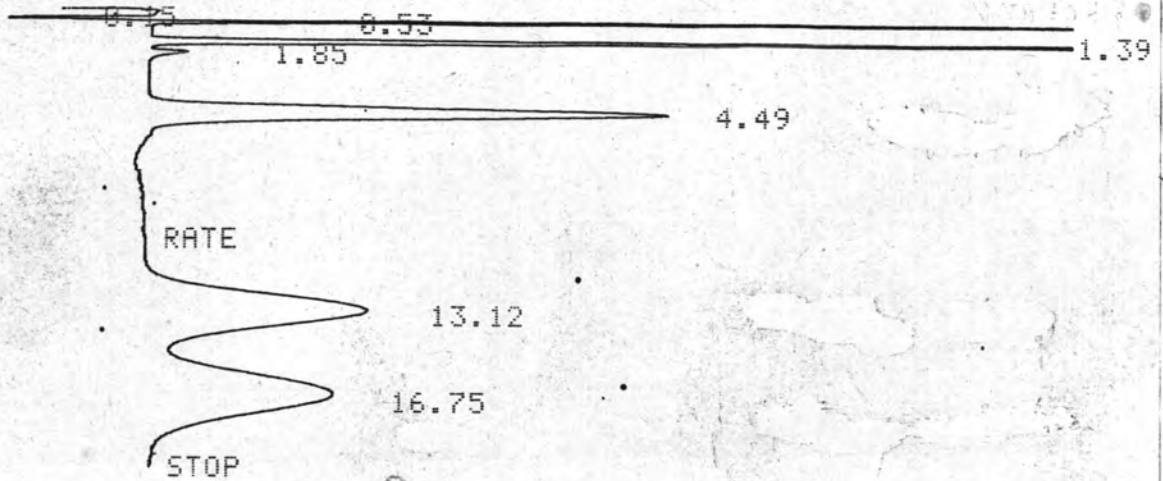
## ภาคผนวก ฉ

การวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ของแก๊สต่าง ๆ ที่ผสมอยู่ในแก๊สหุงต้ม

แก๊สหุงต้มประกอบด้วยแก๊สต่าง ๆ ผสมอยู่ เช่น แก๊สมีเทน อีเทน โพรเพน บิวเทน นอร์มัลบิวเทน ไอโซบิวเทน ต้องการหาเปอร์เซ็นต์ของแก๊สบิวเทนที่อยู่ในแก๊สหุงต้ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ที่ใช้ในการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ของแก๊สนี้ใช้เครื่องมือเรียกว่า แก๊สโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography) การวิเคราะห์ครั้งแรกเราจะนำเอาแก๊สมาตรฐานปริมาตร 1 ml. ซึ่งประกอบด้วยแก๊ส มีเทน อีเทน โพรเพน ไอโซบิวเทนและนอร์มัลบิวเทน บ่อยเข้าไปในเครื่องวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ของแก๊สแล้ว แล้วสังเกตผลที่เกิดขึ้น ปรากฏว่า

1. เมื่อเวลาผ่านไป 0.53 นาที มีพิกัดเกิดขึ้น แก๊สที่ทำให้เกิดพิกัดนี้มีความเข้มข้น 9.24 P.P.M. พื้นที่ภายใต้พิกัดเท่ากับ 7855 พิกัดนี้เป็นพิกัดแสดงเปอร์เซ็นต์ของแก๊สมีเทน ดูกราฟรูปที่ 1 ภาคผนวก ฉ.
2. เมื่อเวลาผ่านไป 1.39 นาที มีพิกัดเกิดขึ้น แก๊สที่ทำให้เกิดพิกัดนี้มีความเข้มข้น 14.2674 P.P.M. พื้นที่ภายใต้พิกัดเท่ากับ 12129 พิกัดนี้เป็นพิกัดแสดงเปอร์เซ็นต์ของแก๊สอีเทน ดูกราฟรูปที่ 1
3. เมื่อเวลาผ่านไป 4.49 นาที มีพิกัดเกิดขึ้น แก๊สที่ทำให้เกิดพิกัดนี้มีความเข้มข้น 20.7293 P.P.M. พื้นที่ภายใต้พิกัดเท่ากับ 17622 พิกัดนี้แสดงเปอร์เซ็นต์ของแก๊สโพรเพน ดูกราฟรูปที่ 1
4. เมื่อเวลาผ่านไป 13.12 นาที มีพิกัดเกิดขึ้น แก๊สที่ทำให้เกิดพิกัดนี้มีความเข้มข้น 26.2115 P.P.M. พื้นที่ภายใต้พิกัดเท่ากับ 22282 พิกัดนี้แสดงเปอร์เซ็นต์ของแก๊สไอโซบิวเทน ดูกราฟรูปที่ 1
5. เมื่อเวลาผ่านไป 16.75 นาที มีพิกัดเกิดขึ้น แก๊สที่ทำให้เกิดนี้มีความเข้มข้น 27.5291 P.P.M. พื้นที่ภายใต้พิกัดเท่ากับ 23403 พิกัดนี้แสดงเปอร์เซ็นต์ของแก๊สนอร์มัลบิวเทน ดูกราฟรูปที่ 1

SPEED 3  
 S TEST 50  
 SLOPE 115.2  
 MIN AR 1000  
 ATTEN 0  
 METHOD 41  
 START 06.24.14.17.

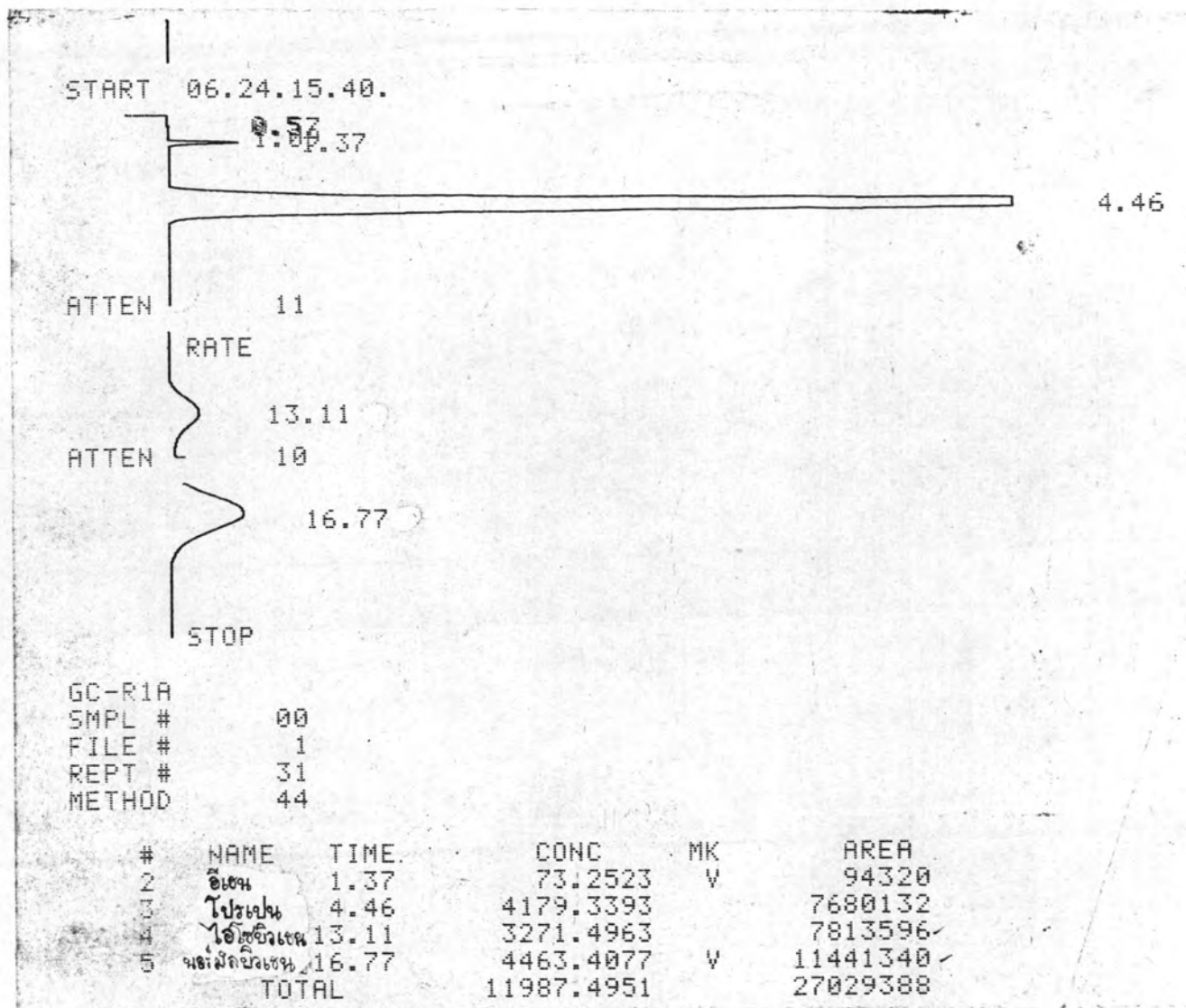


GC-R1A  
 SMPL # 00  
 FILE # 1  
 REPT # 28  
 METHOD 41

#	NAME	TIME	CONC	MK	AREA
0		0.15	2.0224		1719
0	แคลเซียม	0.53	9.24		7855
0	อีเทน	1.39	14.2674		12129
0	โปรเพน	4.49	20.7293		17622
0	ไอโซบิวเทน	13.12	26.2115		22282
0	นอร์มัลบิวเทน	16.75	27.5291		23403
	TOTAL		99.9999		85012

รูปที่ ๑: แสดงพีคที่เกิดจากแก๊สมาตรฐานปริมาตร 1 ml. ประกอบด้วยแคลเซียม อีเทน โปรเพน ไอโซบิวเทน นอร์มัลบิวเทน

โดยวิธีการทำนองเดียวกันเราจะปล่อยแก๊สดั่วอย่างจากถังเซลล์แก๊สปริมาตร 10  $\mu$ l  
เข้าไปในเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี แล้วสังเกตผลที่เกิดขึ้นตามข้อมูลข้างล่างนี้



เมื่อนำเอาผลนักทดลองที่ได้ตามข้อมูลข้างบนนี้ไปเทียบกับพีคของแก๊สมาตรฐาน  
จะพบว่าพีคที่เกิดขึ้นที่เวลา 1.37, 4.46, 13.11, 16.77 นาที จะแสดงเปอร์เซ็นต์ของ  
แก๊สอีเทน โพรเพน ไอโซบิวเทน นอร์มัลบิวเทน ตามลำดับ และที่เวลา 0.57 นาที  
พีคที่เกิดขึ้นต่ำมาก แสดงว่าเปอร์เซ็นต์ของแก๊สมีเทนมีน้อยมาก



การวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ของแก๊สต่าง ๆ ในแก๊สผสมปริมาตร 10  $\mu\text{l}$  ทำได้ดังนี้

1. สำหรับแก๊สอีเทน ( $\text{C}_2\text{H}_6$ )

$$\begin{aligned} \text{แก๊สผสมมีพื้นที่พีคทั้งหมด } 27029388 & \quad \text{ประกอบด้วยแก๊สอีเทนมีพื้นที่พีค} = 94320 \\ \text{แก๊สผสมมีพื้นที่พีคทั้งหมด } 100 & \quad \text{ประกอบด้วยแก๊สอีเทนมีพื้นที่พีค} = \frac{94320 \times 100}{27029388} \\ & = 0.35 \end{aligned}$$

$$\text{แก๊สอีเทน} = 0.35 \%$$

2. สำหรับแก๊สโพรเพน ( $\text{C}_3\text{H}_8$ )

$$\begin{aligned} \text{แก๊สผสมมีพื้นที่พีคทั้งหมด } 27029388 & \quad \text{ประกอบด้วยแก๊สโพรเพนมีพื้นที่พีค} = 7680132 \\ \text{แก๊สผสมมีพื้นที่พีคทั้งหมด } 100 & \quad \text{ประกอบด้วยแก๊สโพรเพนมีพื้นที่พีค} = \frac{7680132 \times 100}{27029388} \\ & = 28.41 \end{aligned}$$

$$\text{แก๊สโพรเพน} = 28.41 \%$$

3. สำหรับแก๊สไอโซบิวเทน ( $\text{ISO-C}_4\text{H}_{10}$ )

$$\begin{aligned} \text{แก๊สผสมมีพื้นที่พีคทั้งหมด } 27029388 & \quad \text{ประกอบด้วยแก๊สไอโซบิวเทนมีพื้นที่พีค} = 7813596 \\ \text{แก๊สผสมมีพื้นที่พีคทั้งหมด } 100 & \quad \text{ประกอบด้วยแก๊สไอโซบิวเทนมีพื้นที่พีค} = \frac{7813596 \times 100}{27029388} \\ & = 28.91 \end{aligned}$$

$$\text{แก๊สไอโซบิวเทน} = 28.91 \%$$

4. สำหรับแก๊สโนร์มัลบิวเทน ( $\text{n-C}_4\text{H}_{10}$ )

$$\begin{aligned} \text{แก๊สผสมมีพื้นที่พีคทั้งหมด } 27029388 & \quad \text{ประกอบด้วยแก๊สโนร์มัลบิวเทน} = 11441340 \\ \text{แก๊สผสมมีพื้นที่พีคทั้งหมด } 100 & \quad \text{ประกอบด้วยแก๊สโนร์มัลบิวเทน} = \frac{11441340 \times 100}{27029388} \\ & = 42.33 \end{aligned}$$

$$\text{แก๊สโนร์มัลบิวเทน} = 42.33 \%$$

## ประวัติผู้เขียน

นายสฤกษ์ ห. เพียรเจริญ เกิดวันที่ 4 พฤศจิกายน 2500 ที่จังหวัดชัยนาท  
ได้รับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาฟิสิกส์ จากมหาวิทยาลัยรามคำแหง เมื่อปี พ.ศ. 2521  
และได้เข้าศึกษาต่อใน คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2523 ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำคณะโปลีเทคนิค วิทยาลัยศรีปทุม

