

การดำเนินการทดลอง



5.1 การเตรียมบรอต

การเตรียมบรอต แบ่งได้เป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1.1 การเตรียม UO_3
- 1.2 การเตรียม ADUN ที่มีอัตราส่วนโดยจำนวนโมลของ $NO_3^-/U = 1.5$
- 1.3 การเตรียมบรอต
- 1.1 การเตรียม UO_3

สารเคมี

- ก. สารละลายแอมโมเนียม ไฮดรอกไซด์เข้มข้น 25 เปอร์เซ็นต์
- ข. สารละลายยูเรนิล ไนเตรทเข้มข้น 150 กรัมยูเรเนียม/ลิตร เตรียมได้จากการละลายผลึกยูเรนิลไนเตรท 316 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วทำให้มีปริมาตร 1 ลิตร

วิธีทำ

1. ค่อย ๆ เติมสารละลาย 25 เปอร์เซ็นต์ แอมโมเนียม ไฮดรอกไซด์ ลงในสารละลายยูเรนิล ไนเตรท พร้อมกับคนแรง ๆ เพื่อให้ตะกอนสีเหลืองที่เกิดขึ้น (แอมโมเนียม ไดยูเรนิล $(NH_4)_2U_2O_7$) กระจายไม่จับเป็นก้อน เติมสารละลายแอมโมเนียมจนสังเกตเห็นว่าไม่มีตะกอนเกิดขึ้นอีกต่อไปแล้วจึงหยุด
2. กรองตะกอนสีเหลืองที่ได้
3. ล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นหลาย ๆ ครั้ง
4. นำตะกอนที่ได้มาอบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 300° เซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จะได้ UO_3 ซึ่งเป็นสีส้มแดง

1.2 การเตรียม ADUN

สารละลาย ADUN ที่มีความเข้มข้นของยูเรเนียม 3 โมลาร์ อัตราส่วนโดยจำนวนโมลของ $(\text{NO}_3^-/\text{U}) = 1.5$ สามารถเตรียมได้ดังนี้

<u>สารเคมี</u>	ก. ยูเรนิล ไนเตรท เฮกซะไฮเดรต	112.98 กรัม
	ข. ยูเรเนียม ไตรออกไซด์ (จากข้อ 1.1)	21.45 กรัม
	ค. น้ำกลั่น	

วิธีทำ

1. ละลายยูเรนิล ไนเตรท ลงในน้ำกลั่นประมาณ 300 มิลลิลิตร กวนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็ก พร้อมกับให้ความร้อนจนกระทั่งยูเรนิล ไนเตรทละลายหมด (อย่าให้อุณหภูมิเกิน 60° เซลเซียส)
2. ค่อย ๆ เติมยูเรเนียม ไตรออกไซด์ลงในสารละลายยูเรนิล ไนเตรททีละน้อย ๆ คนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็ก รักษาอุณหภูมิให้อยู่ที่ 60° เซลเซียส
3. นำสารละลายที่ได้ไประเหย โดยรักษาอุณหภูมิไม่ให้เกิน 60° เซลเซียส และคนอยู่ตลอดเวลา จนกระทั่งเหลือสารละลายเพียง 100 มิลลิลิตร
4. นำไปโคเคอเรท เพื่อหาความเข้มข้นของยูเรเนียมตามข้อ 5.6

1.3 การเตรียมบรอก

- สารเคมี
- ก. สารละลายเฮกซะเมทิลีนเททระมินผสมยูเรียมเข้มข้น 3 โมลาร์ เตรียมได้จากการละลาย เฮกซามีน 42.057 กรัม และยูเรียม 18.018 กรัม ในน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 100 มิลลิลิตร
 - ข. ADUN เข้มข้น 3 โมลาร์ ที่เตรียมได้จากข้อ 1.2

วิธีทำ

ดวง ADUN เข้มข้น 3 โมลาร์ 1 ส่วน 3 โมลาร์ของสารละลายผสมระหว่าง เฮกซามีนกับยูเรีย 1.4 ส่วน นำไปแช่ในเครื่องทำความเย็นอุณหภูมิต่ำ (deep freezer) จนมีอุณหภูมิต่ำ 0 ถึง -10° เซลเซียส จากนั้นนำมาผสมกันคนจนเนื้อสารสม่ำเสมอ โดยรักษา อุณหภูมิของสารผสม (บรอต) ให้อยู่ในช่วง 5 ถึง -10° เซลเซียส

5.2 การเตรียมไมโครสเฟียร์

ในขั้นตอนนี้จะ เป็นการศึกษาถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ในการทำให้เกิดสเฟียร์ที่มีผลต่อ ขนาดของสเฟียร์

สารเคมีและเครื่องมือ

- ก. ไตรคลอโรเอทิลีน (TCE)
- ข. สเปน 80 เอ (Span 80 A)
- ค. บรอตที่เตรียมได้จากข้อ 5.1
- ง. ดีสเพอร์ชันดีไวซ์ (รูป 5.1)
- จ. คอลัมน์ปลายปิด เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.7 เซนติเมตร ยาว 2 เมตร พันไว้ด้วย ลวดความร้อน (รูป 5.2)
- ฉ. เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (รูป 5.3)
- ช. อุปกรณ์ส่งสัญญาณไปยังเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (รูป 5.4)
- ซ. ภาชนะเก็บไมโครสเฟียร์ (รูป 5.5)

วิธีทำ

1. ผสมไตรคลอโรเอทิลีน กับสเปนเข้าด้วยกัน โดยให้มีสเปนอยู่ 0.02 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร
2. นำไตรคลอโรเอทิลีน ที่มีส่วนผสมของสเปน บรรจุลงในคอลัมน์ปลายปิดจนเต็ม
3. ให้ความร้อนจนไตรคลอโรเอทิลีน มีอุณหภูมิ 68° เซลเซียส รักษาอุณหภูมิให้คงที่

4. บรรจุนรพที่มีอุณหภูมิ -10 ถึง $+5^{\circ}$ เซลเซียส ลงในดิสเทอร์ชันดีไวซ์ ที่หล่อเย็นไว้ด้วยน้ำแข็งปนเกลือ
5. ปลอ่ยให้บรพทหยดลงในไตรคลอโรเอทิลีนร้อนจนหมด (รูป 5.6) โดยให้สภาวะในการหยดตามข้อ 4.2.1, 4.2.2 และ 4.2.3
6. จับเวลา ทาอัตราเร็วของการหยด
7. ปลอ่ยโมโครสเฟียร์ที่ได้ทั้งค้างคืนไว้ แล้วจึงนำออกไปวัดขนาดแล้วทำการล้างค่อไป (พยายามให้สเฟียร์แช่อยู่ใน TCE ตลอดเวลา จนกว่าจะถึงเวลาล้าง จึงค่อยนำออกมา)

5.2.1 เปลี่ยนแปลงขนาดของท่อรูตีบ

ให้บรพทหยดอย่างอิสระลงในไตรคลอโรเอทิลีน โดยให้ปลาย เข็มอยู่ในอากาศเหนือผิวหน้าของไตรคลอโรเอทิลีนประมาณ 1 ซม.

- ก. ใช้เข็มฉีดยาเบอร์ 19 ขนาดท่อรูตีบ = 0.90 มิลลิเมตร
- ข. ใช้เข็มฉีดยาเบอร์ 20 ขนาดท่อรูตีบ = 0.80 มิลลิเมตร
- ค. ใช้เข็มฉีดยาเบอร์ 21 ขนาดท่อรูตีบ = 0.70 มิลลิเมตร
- ง. ใช้เข็มฉีดยาเบอร์ 22 ขนาดท่อรูตีบ = 0.60 มิลลิเมตร

5.2.2 เปลี่ยนแปลงน้ำหนักที่ใช้กด

ให้บรพทหยดผ่านท่อรูตีบ โดยใช้ตุ้มน้ำหนักมาตรฐานขนาดต่าง ๆ กดข้างบน

- ก. น้ำหนักขนาด 100 กรัม
- ข. น้ำหนักขนาด 200 กรัม
- ค. น้ำหนักขนาด 300 กรัม

ง. น้ำหนักขนาด 400 กรัม

จ. น้ำหนักขนาด 500 กรัม

5.2.3 ใช้ก๊าซคืน

ให้บรรพทศผ่านท่อรูตีบ โดยใช้ก๊าซไนโตรเจนความดันขนาดต่าง ๆ ช่วย

ดันลงมา

ก. อัตราการไหลของก๊าซ 0.2 ลิตร/นาที

ข. อัตราการไหลของก๊าซ 0.7 ลิตร/นาที

ค. อัตราการไหลของก๊าซ 0.9 ลิตร/นาที

5.3 การล้างไมโครสเฟียร์

นำไมโครสเฟียร์ที่ได้มาล้างสารอินทรีย์และก๊าซแอมโมเนียที่เหลืออยู่ออกโดยวิธีต่าง ๆ

ดังนี้

ก. ล้างด้วยคาร์บอน เททระคลอไรด์ แล้วตามด้วยสารละลายแอมโมเนียไฮดรอกไซด์

วิธีทำ

1. แยกสเฟียร์ออกจาก TCE
2. แช่ด้วย คาร์บอน เททระคลอไรด์ จนท่วมสเฟียร์ เป็นเวลา 15 นาที แกว่งภาชนะที่บรรจุอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้ผิวของสเฟียร์สัมผัสกับคาร์บอน เททระคลอไรด์ โดยทั่วกัน เท คาร์บอน เททระคลอไรด์
3. ทำซ้ำในข้อ 2 อีก 2 ครั้ง
4. ล้างสเฟียร์ต่อด้วยสารละลายแอมโมเนียไฮดรอกไซด์ โดยควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ที่ 40^o เซลเซียส pH 8.5

ข. ล้างด้วย แอมโมเนียม ไฮดรอกไซด์ + สเปน (Span) pH 9.5

1. แยกไมโครสเฟียร์ออกจาก TCE ด้วยสารละลายแอมโมเนียม ไฮดรอกไซด์ ที่มีสเปนปนอยู่ 0.02 เปอร์เซ็นต์ ทอท่วมสเฟียร์แก้วภาชนะเป็นเวลา 5 นาที เทสารละลายทิ้งแล้วเติมเข้าไปใหม่
2. ทำซ้ำในข้อ 1. จนสังเกตเห็นว่าไม่มีหยดน้ำมันของ TCE อยู่แล้ว (ประมาณ 3 ครั้ง)
3. นำไปล้างคั่วที่อุณหภูมิ 40° เซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
4. แยกเอาไมโครสเฟียร์ออก แล้วนำไปทำให้แห้ง



5.4 การทำให้แห้ง

นำไมโครสเฟียร์ที่ได้จากการล้างมาทำให้แห้งด้วยกระบวนการต่าง ๆ ดังนี้

- ก. จากอุณหภูมิห้องถึง 170° เซลเซียส ในหม้ออังน้ำมัน โดยมีสตริมผ่าน (รูป 5.7) โดยให้อัตราการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 10° เซลเซียส/ชั่วโมง จนถึง 170° เซลเซียส แล้วทิ้งค้างคืนไว้ จึงค่อย ๆ ลดอุณหภูมิลงจนถึงอุณหภูมิห้อง
- ข. ใส่พอสซิเลน ครุซีเบิล (Porcelain crucible) บิดผ้าหรือพอสซิเลน เบซิน (Porcelain basin) นำเข้าอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 80° เซลเซียส ทิ้งค้างคืนไว้

5.5 การเผาที่อุณหภูมิสูง และการเผาประสาน

นำไมโครสเฟียร์ที่แห้งแล้วมาเผาที่อุณหภูมิสูง (450° เซลเซียส) เพื่อไล่สารที่ระเหยได้ออกจากไมโครสเฟียร์ จากนั้นจึงรีดิวซ์และเผาประสานเพื่อให้มีความหนาแน่นสูง

วิธีทำ

1. ใส่ไมโครสเฟียร์ที่ล้างและทำให้แห้งแล้วลงในโบท (รูป 5.8) แล้วนำไปใส่ในท่อเผา (Furnace tube) ของเตาเผาแบบท่อ (Lindberg tube Furnace)

2. ให้ความร้อนที่ละน้อย ๆ อัตราการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 100° เซลเซียส/ชั่วโมง จนกระทั่งเตาเผามีอุณหภูมิ 500° เซลเซียส
3. เริ่มผ่านก๊าซผสมระหว่างก๊าซอาร์กอนผสมไฮโดรเจน 4 เปอร์เซ็นต์ โดยผ่านทางท่อนำก๊าซเข้าไป ให้อัตราการไหลของก๊าซเป็น 80 ฟองต่อนาที (80 bubbles/min)
4. เพิ่มอุณหภูมิขึ้นเรื่อย ๆ จนถึง 1200° เซลเซียส ทั้งค้างคืนไว้
5. ลดอุณหภูมิลงช้า ๆ (100° เซลเซียส/ชั่วโมง) จนถึง 500° เซลเซียส นำท่อ นำก๊าซ H_2 ออก แล้วลดอุณหภูมิต่อจนถึงอุณหภูมิต้อง
6. นำไมโครสเฟียร์ที่ได้ไปวัดขนาด ทาความหนาแน่นและวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนที่หลงเหลืออยู่

ขั้นตอนของกระบวนการผลิต UO_2 ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีรายละเอียดตามรูปที่ 1.1

5.6 การวิเคราะห์หาความเข้มข้นของยูเรเนียมใน ADUN (23)

- สารเคมี ก. กรดซัลฟามิก ความเข้มข้น 1.5 โมลาร์ เตรียมได้โดยการละลายกรดซัลฟามิก 150 กรัม ในน้ำเย็น 1 ลิตร
- ข. กรดออกโทฟอสฟอริกเข้มข้น ซึ่งมีความถ่วงจำเพาะ 1.75 และมีเนื้อสารร้อยละ 90
- ค. สารละลายเฟอร์รัส ซัลเฟต เตรียมได้โดยการเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 100 มิลลิลิตร ลงในน้ำ 750 มิลลิลิตร กวนเติมเฟอร์รัส ซัลเฟต ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) 280 กรัม ลงในสารละลายที่กำลังร้อน ทำให้เย็นแล้วทำให้สารละลายเจือจาง โดยเติมน้ำจนมีปริมาตร 1 ลิตร
- ง. สารละลายผสมระหว่างกรดไนตริก 4 โมลาร์และซัลฟามิก 0.1 โมลาร์ เตรียมโดย เจือจางกรดไนตริกเข้มข้น 250 มิลลิลิตร ให้มีปริมาตร 930 มิลลิลิตร เติมสารละลายซัลฟามิก 1.5 โมลาร์ลงไป 70 มิลลิลิตร แล้วกวน

- จ. สารละลายแอมโมเนียม โมลิบเดตเข้มข้นร้อยละ 1 เตรียมโดยการชั่งแอมโมเนียม โมลิบเดต 1 กรัม ทำให้เจือจางจนมีปริมาตร 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำ
- ฉ. กรดซัลฟูริก 9 โมลาร์ เตรียมโดยเจือจางกรดซัลฟูริกเข้มข้น 125 มิลลิลิตร ให้มีปริมาตร 500 มิลลิลิตร
- ช. สารละลายโพตัสเซียม ไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) เข้มข้น 0.050 นอร์มอล เตรียมโดยการนำเอาโพตัสเซียม ไดโครเมตที่อบแล้ว 1 ชั่วโมงมา 2.452 กรัม ทำให้เจือจางจนมีปริมาตร 1 ลิตร
- ซ. สารละลายวานาเดียม ซัลเฟต ($VOSO_4 \cdot 5H_2O$) เตรียมโดยชั่งวานาเดียม ซัลเฟต 4.2 กรัม หรือ 0.84 กรัม มาทำให้เจือจางจนมีปริมาตรเป็น 500 และ 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ
- ด. ละลายแมเรียม โคฟีนิลามีน ซัลฟาเนต 0.2 กรัม ในน้ำเดือด 200 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเติมน้ำจนมีปริมาตร 500 มิลลิลิตร

วิธีทดลอง

นำ ADUN 1 มิลลิลิตร มาเติมกรดไนตริกเข้มข้น 1 มิลลิลิตร เพื่อให้อยู่ในรูปของ ยูเรนิล ไนเตรท แล้วทำให้เจือจางด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 100 มิลลิลิตร

1. ตูตสารละลายยูเรนิล ไนเตรท 10 มิลลิลิตร มาเติมกรดไนตริกเข้มข้นอีก 1 มิลลิลิตร
2. เติมกรดซัลฟามิก 1.5 โมลาร์ ลงไป 5 มิลลิลิตร
เติมกรดฟอสฟอริกเข้มข้น 40 มิลลิลิตร
เติมสารละลายเฟอร์รัสซัลเฟต 5 มิลลิลิตร (ควรมีสีเขียว)
ผสมแล้วทิ้งไว้ 30 วินาที
3. เติมสารละลายผสมของกรดไนตริก 4 โมลาร์กับกรดซัลฟามิก 0.10 โมลาร์ 5 มิลลิลิตร

เติมสารละลายแอมโมเนียม โมลิบเดท ซึ่งมีเนื้อสารร้อยละ 1 ลงไป 2 มิลลิลิตร
เขย่าทุกครั้งที่ได้เติมสารละลายแต่ละตัว

4. ทิ้งไว้ให้น้ำตาลหายไป (ประมาณ 3 นาที) แล้วคั่งทิ้งไว้อีก 3 นาที
5. เติมกรดซัลฟูริก 9 โมลาร์ 25 มิลลิลิตร (เติมทีละครึ่ง) แล้วล้างด้วยน้ำเย็น
ปริมาตร 200 มิลลิลิตร
เติมอินดิเคเตอร์ (Indicator) แอมเรียม ไดเฟนิลามีน ซัลฟาเนต เข้มข้น
0.04 โมลาร์ ปริมาตร 3 มิลลิลิตร
6. โดเตรทด้วยโปตัสเซียม ไดโครเมตซึ่งมีความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ จะได้สาร
ละลายเป็นสีม่วง (ภายใน 1 นาที)
7. เติมวานาเดียม ซัลเฟต 10 มิลลิลิตร แล้วโดเตรทต่อทันที จนกระทั่งเกิดสีม่วง
อีกครั้ง

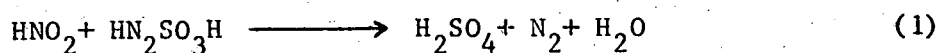
สามารถคำนวณหาปริมาณแอมเรียมได้จาก

$$U = \frac{C(A-B)}{V}$$

- เมื่อ
- U = ปริมาณแอมเรียม มิลลิกรัม/มิลลิลิตร
 - A = ปริมาตรของโปตัสเซียม ไดโครเมต
 - B = ปริมาตรของโปตัสเซียม ไดโครเมตของสารเปรียบเทียบ
 - C = ปริมาณแอมเรียมที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับ 1 มิลลิลิตรของ $K_2Cr_2O_7$
 - V = ปริมาตรของสารละลายแอมเรียมที่นำมาวิจัย

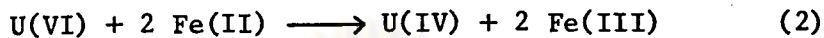
สมการที่เกี่ยวข้อง

1. กรดไนตริกในสารละลายจะถูกทำลายโดยกรดซัลฟามิก ดังสมการ



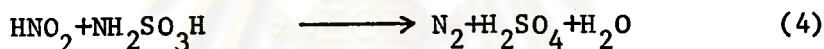
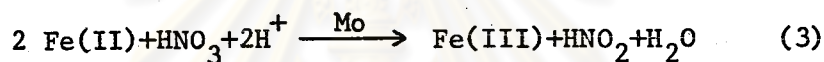
การที่โลไนตรัสออก เป็นการบ่งชี้การออกซิเดชันของ เหล็ก (+2) และ ยูเรเนียม (+4)

2. ยูเรเนียม (+6) จะถูกรีดิวซ์ไปเป็นยูเรเนียม (+4) ด้วยเหล็ก (+2) ที่ มากเกินพอดีดังปฏิกิริยา



ซึ่งปฏิกิริยานี้จะดำเนินได้ดีในสภาวะที่มีความเข้มข้นของกรดฟอสฟอริกสูง

3. เหล็ก (+2) ที่มากเกินพอจะถูกออกซิเดชันโดยกรดไนตริกซึ่งมีโมลิบดีนัม เป็น ตัวเร่งปฏิกิริยา ดังปฏิกิริยา

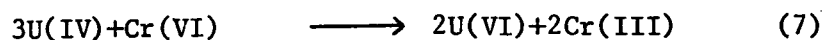
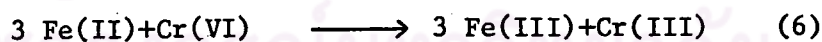


4. สมการที่ (2) จะดำเนินกลับ เมื่อกรดฟอสฟอริกถูกทำให้เจือจางโดยน้ำกลั่น



5. เหล็ก (+2) และยูเรเนียม (+4) จะถูกออกซิไดซ์โดยโครเมียม (+6)

ดังสมการ



ตัวอย่างการวิเคราะห์ความเข้มข้นของยูเรเนียมใน ADUN

จากการทดลองได้ผลดังนี้

A = ปริมาตรของไปดัสเซียม ไดโครเมท 12.05 มิลลิลิตร

B = ปริมาตรของโปรคัสเซียม ไดโครเมทของสาร เปรียบเทียบ
0.05 มิลลิลิตร

C = 5.951

V = 10 มิลลิลิตร

จาก
$$U = \frac{C(A-B)}{V}$$

$$= \frac{5.951(12.02-0.05)}{10}$$

$$= 7.14 \text{ มิลลิกรัม/มิลลิลิตร}$$



สารละลายยูเรนิล ในแคท 100 มิลลิลิตร มี U = 7.14x100 มิลลิกรัม
= 714 มิลลิกรัม
1 มิลลิลิตร มี = 714 มิลลิกรัม
ดังนั้น 1000 มิลลิลิตร มี = 714 กรัม
ความเข้มข้นของ U = $\frac{714}{238.029}$ = 3 โมลาร์

5.7 การคำนวณหาความหนาแน่นของยูเรเนียมไดออกไซด์ไมโครสเฟียร์

อุปกรณ์

ขวดพิกโนมิเตอร์(Pygnometer) ขนาด 25 มิลลิลิตร

วิธีทดลอง

1. ใส่น้ำกลั่นลงในพิกโนมิเตอร์ จนเต็ม นำไปแช่ในน้ำเย็นจัดจนอุณหภูมิของน้ำในพิกโนมิเตอร์เป็น 20⁰ เซลเซียส จึงนำออกมาเช็ดข้างขวดให้แห้ง รีบชั่งน้ำหนักทันที
2. ชั่งน้ำหนักของไมโครสเฟียร์

3. ใส่ไมโครสเฟียร์ลงในฟิสิกโนมิเตอร์และเติมน้ำลงไป จากนั้นนำไปต้มเพื่อไล่ฟองอากาศออก แล้วนำไปแช่ในน้ำเย็นจัด จนมีอุณหภูมิ 20° เซลเซียส นำออกมาเช็ดข้างขวดให้แห้ง แล้วรีบชั่งน้ำหนัก
4. เทน้ำออกแล้วนำไมโครสเฟียร์ไปอบค้างคืนไว้ที่อุณหภูมิ 110° เซลเซียส
5. นำมาทำซ้ำจากข้อ 1 ถึงข้อ 4 อีก 2 ครั้ง

สามารถคำนวณหาความหนาแน่นของไมโครสเฟียร์ได้จาก

$$D = \frac{Z}{Y-(X-Z)} \times D_1$$

เมื่อ D = ความหนาแน่นของไมโครสเฟียร์ (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)

D_1 = ความหนาแน่นของน้ำ 1 (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)

Z = น้ำหนักของไมโครสเฟียร์ (กรัม)

Y = น้ำหนักของฟิสิกโนมิเตอร์และน้ำที่ 20° เซลเซียส

X = น้ำหนักของฟิสิกโนมิเตอร์ + น้ำ + สเฟียร์ที่ 20° เซลเซียส

ตัวอย่างการคำนวณ

$$Z = \text{น้ำหนักไมโครสเฟียร์} = 1.11397 \text{ กรัม}$$

$$Y = \text{น้ำหนักฟิสิกโนมิเตอร์+น้ำ} = 69.35067 \text{ กรัม}$$

$$X = \text{น้ำหนักฟิสิกโนมิเตอร์+น้ำ+สเฟียร์} = 70.35260 \text{ กรัม}$$

$$D_1 = \text{ความหนาแน่นของน้ำ 1 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร}$$

$$D = \frac{1.11397 \times 1}{69.35067 - (70.35260 - 1.11397)}$$

$$= 9.94 \text{ กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร}$$

$$\text{ความหนาแน่นตามทฤษฎี} = 10.96 \text{ กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร}$$

$$\text{ความหนาแน่นของไมโครสเฟียร์} = \frac{9.94 \times 100}{10.96}$$

$$= 90.72 \text{ ของค่าทางทฤษฎี}$$

5.8 การคำนวณหาเส้นผ่าศูนย์กลางโดยเฉลี่ยของหอยคบรอต(๘)

การหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหอยคบรอต ได้อาศัยความสัมพันธ์ตามวิธีของ R.G. Wymer 1965 ซึ่งทำไว้สำหรับหาความเร็วของการไหลของสารอินทรีย์ที่ไหลสวนทางกับหอยคบรอตเมื่อใช้ฟลูอิด นอชชิล การคำนวณนี้ได้ใช้เส้นผ่าศูนย์กลาง UO_2 เมื่อเผาที่อุณหภูมิสูงแล้วมาเป็นค่าที่ใช้คำนวณ

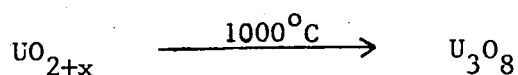
ตัวอย่างการคำนวณ

$$\begin{aligned}
 \text{เส้นผ่าศูนย์กลาง } UO_2 \text{ ที่เผาแล้ว} &= 850 \text{ ไมโครเมตร} \\
 \text{ความเข้มข้นของบรอต} &= \frac{3 \text{ โมล}}{2.4 \text{ ลิตร}} = 1.25 \text{ โมล/ลิตร} \\
 \text{ความหนาแน่นของ } UO_2 \text{ ที่เผาแล้ว} &= 8.69 \text{ กรัม/ลูกบาศก์เซนติ เมตร} \\
 \text{ความเข้มข้นของ } UO_2 \text{ ที่เผาแล้ว} &= \frac{(8.69)(1000)}{270} = 32.1852 \text{ โมล/ลิตร} \\
 \text{การหาค่าของบรอตเมื่อเผาเป็น } UO_2 &= \sqrt[3]{\frac{32.1852}{1.25}} = \sqrt[3]{25.7482} \\
 &= 2.9529 \\
 \text{ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางของหอยคบรอต} &= (850)(2.9529) = 2510 \\
 &\approx 2510 \text{ ไมโครเมตร}
 \end{aligned}$$

5.9 การวิเคราะห์อัตราส่วนของ O/U (24-25)

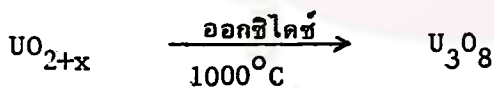
วิธีทำ

- ซึ่งสารที่ต้องการวิเคราะห์ O/U. ลงในหลอดควอทซ์ (ประมาณ 1 กรัม) นำไปเผาในอากาศที่อุณหภูมิคงที่ เพื่อออกซิไดซ์ให้เป็นออกไซด์ที่เสถียร



รายละเอียด

- ก. ซึ่งหลอดควอทซ์เปล่า ๆ
- ข. ซึ่งหลอดควอทซ์+สารตัวอย่าง
- ค. น้ำหนักสารเริ่มต้น ข-ก
(จัดอุณหภูมิที่เผาไว้)
2. หลังจากออกซิไดซ์แล้ว 2-3 วัน นำสารตัวอย่างออกมาซึ่งโดยหยิบออกจากเตา แล้วทิ้งให้เย็นในอากาศประมาณ 1/2-1 ชั่วโมง (ควรใช้เวลาในการปล่อยให้เย็นคงที่เสมอ) แล้วชั่งน้ำหนัก
3. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักทั้งหมด (เป็นแกน Y) และเวลาที่เผาเป็นวัน (เป็นแกน X) เขียนกราฟไปเรื่อย ๆ จนได้น้ำหนักคงที่แล้ว ดูว่าใช้เวลากี่วัน จึงกำหนดเอาเวลานั้นเป็นเวลาที่ใช้ในการเผา
4. นำสารตัวอย่างมาเผาตามสภาวะที่ทำได้ในข้อ 3 แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณของ O/U

ตัวอย่างการคำนวณ

น้ำหนักของ UO_{2+x} y มิลลิกรัม

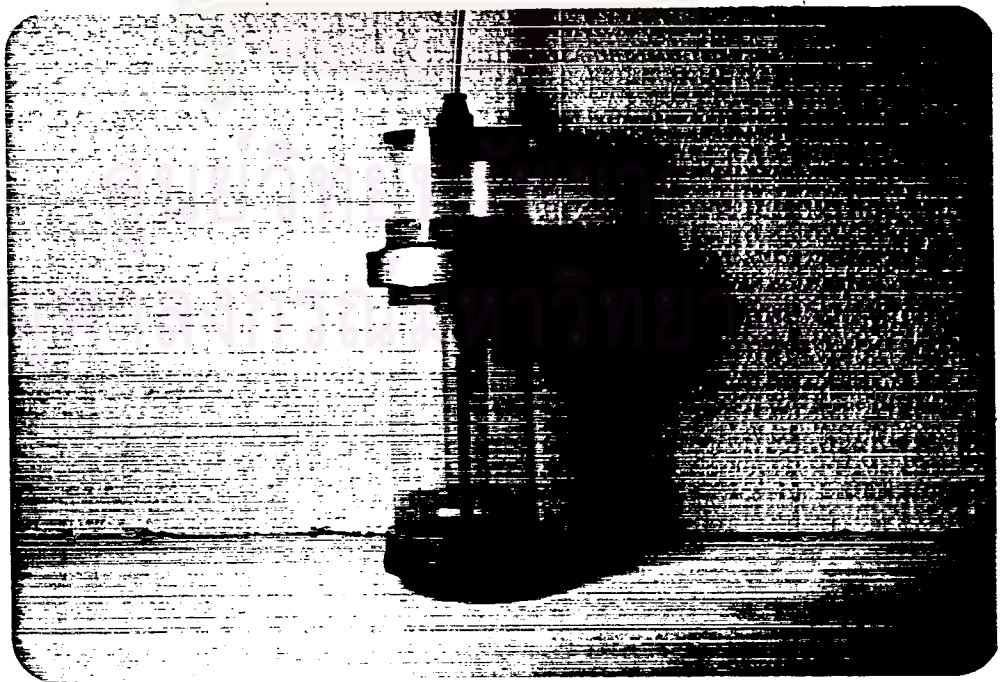
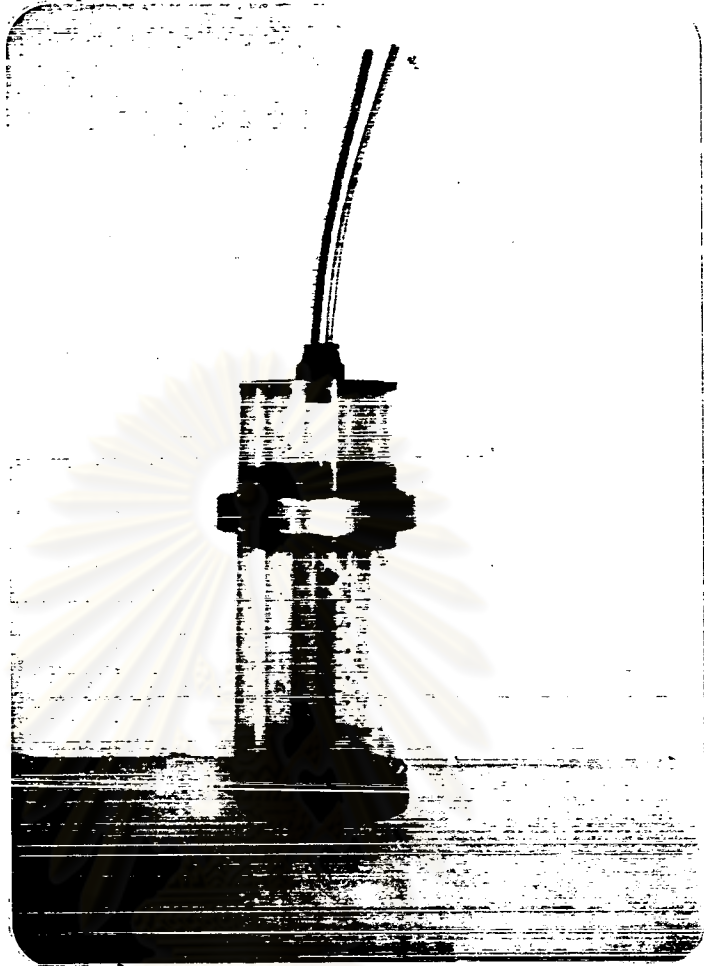
U_3O_8 z มิลลิกรัม

ใน U_3O_8 มี U หนัก = $\frac{z \times (238 \times 3)}{842} = a$ มิลลิกรัม

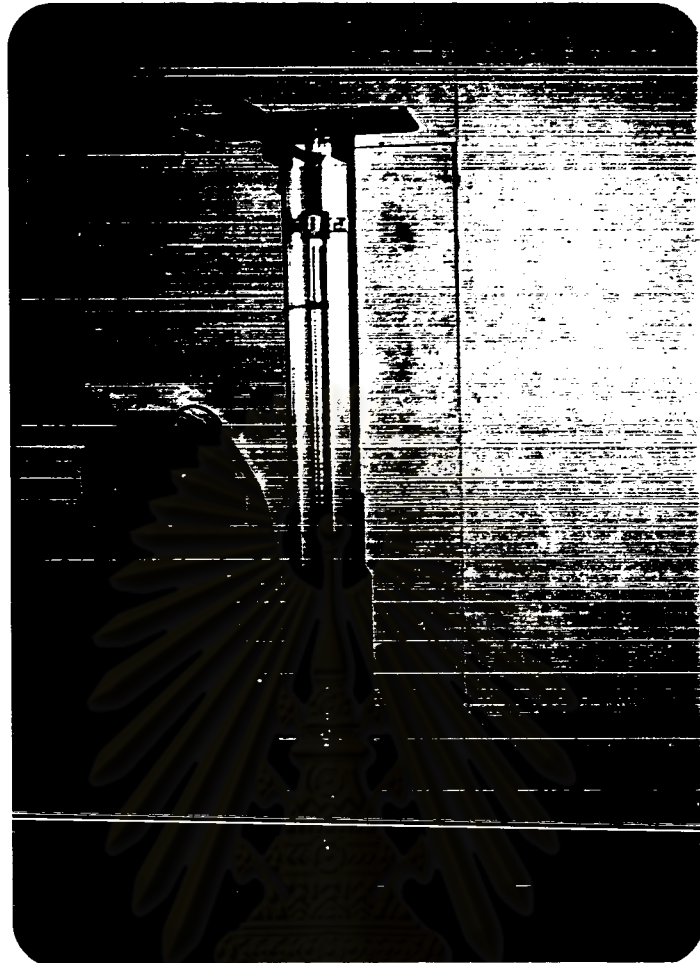
ใน UO_{2+x} มี O หนัก = $y - a = b$ มิลลิกรัม

อัตราส่วนของ O/U = $\frac{b}{16} / \frac{a}{238}$ มิลลิกรัม

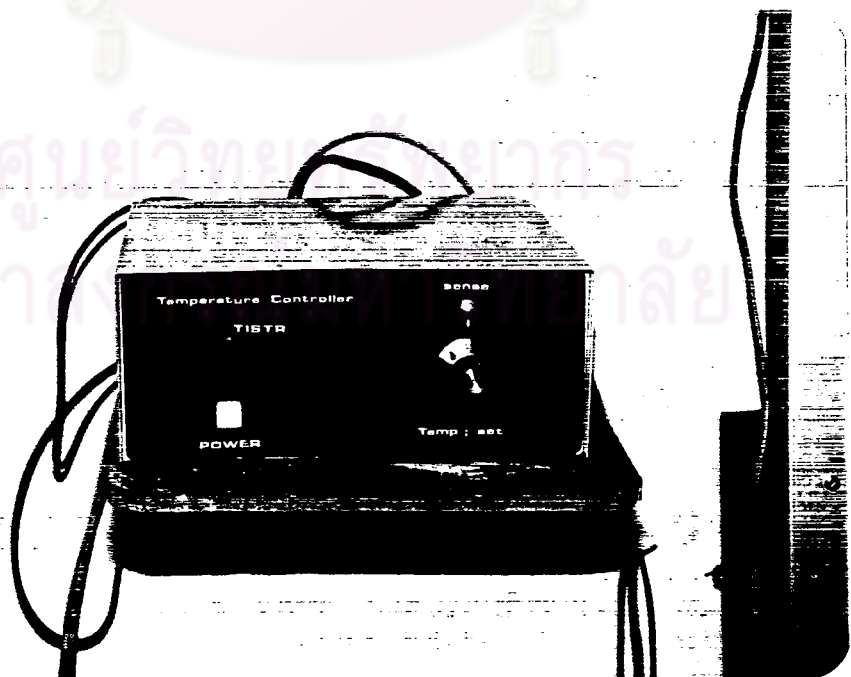
= $\frac{b}{16} \times \frac{238}{a}$ มิลลิกรัม



รูปที่ 5.1 ดิสเพอร์ชันดีไวซ์



รูปที่ 5.2 คอลัมน์ปลายมีคัพที่ช่วยลดความร้อน



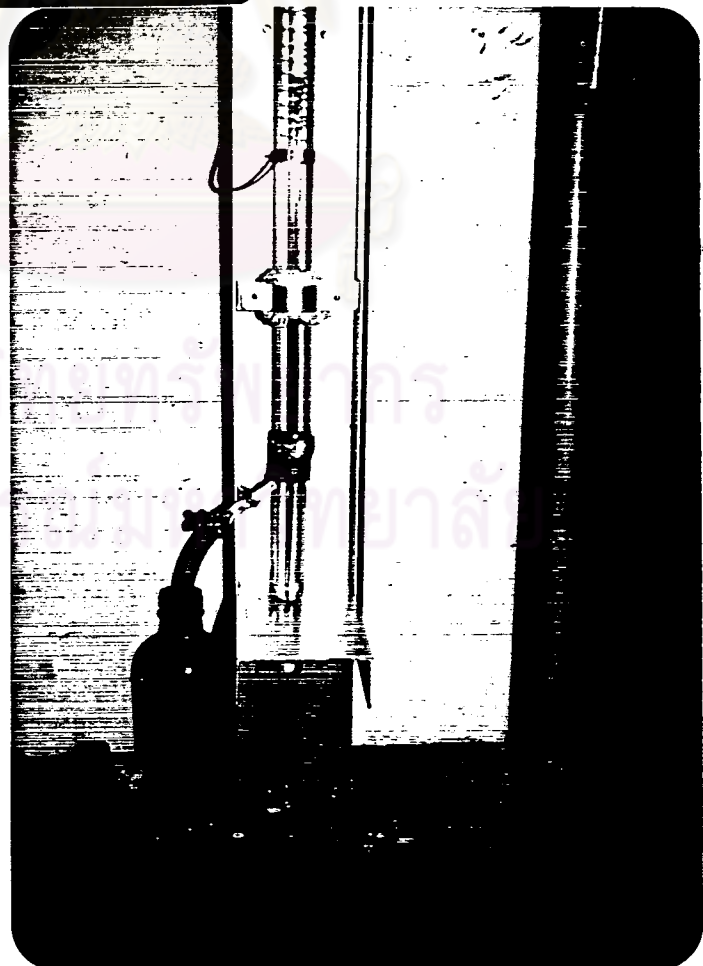
รูปที่ 5.3 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ

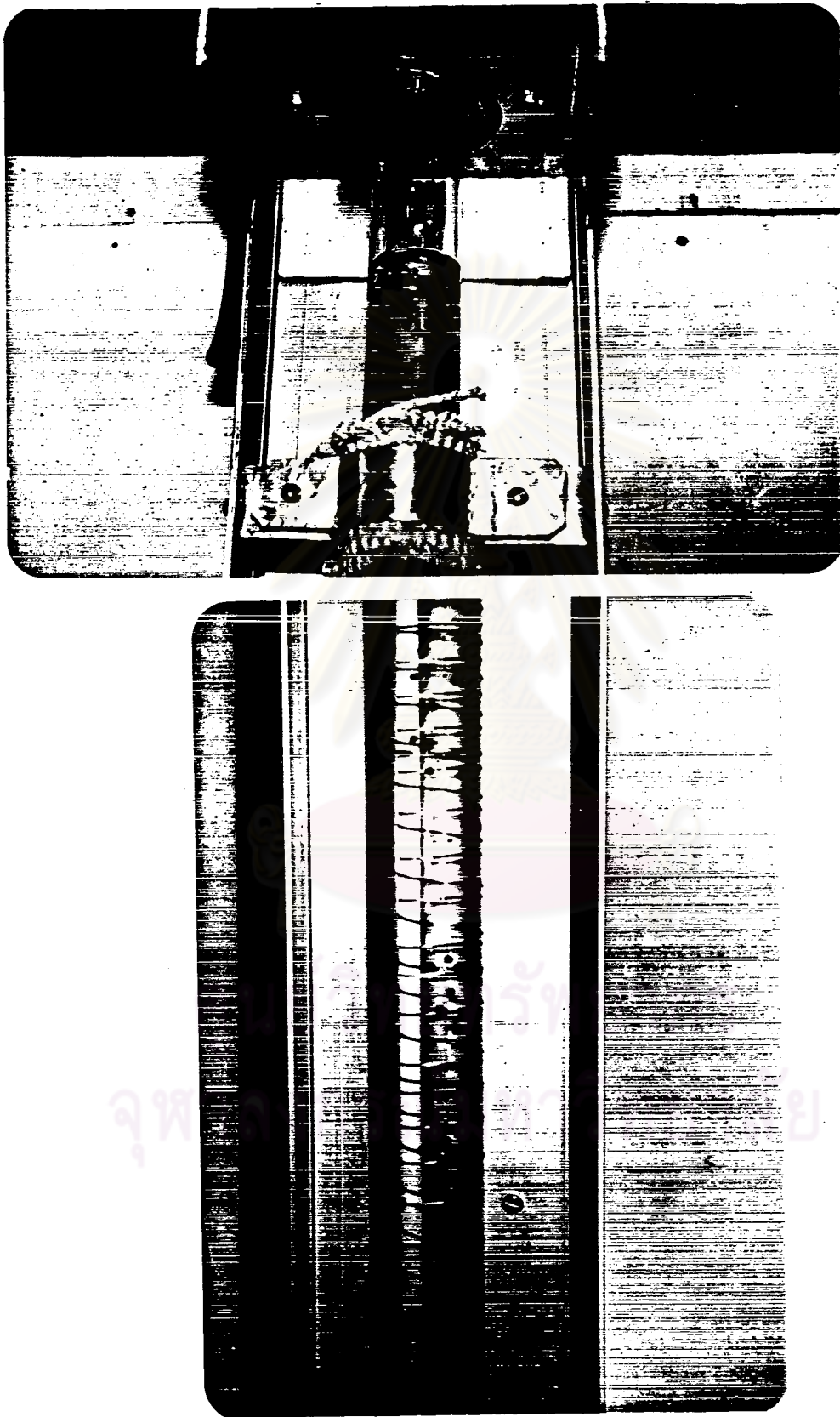


รูปที่ 5.4 อุปกรณ์ส่งสัญญาณไปยัง
เครื่องควบคุมอุณหภูมิ

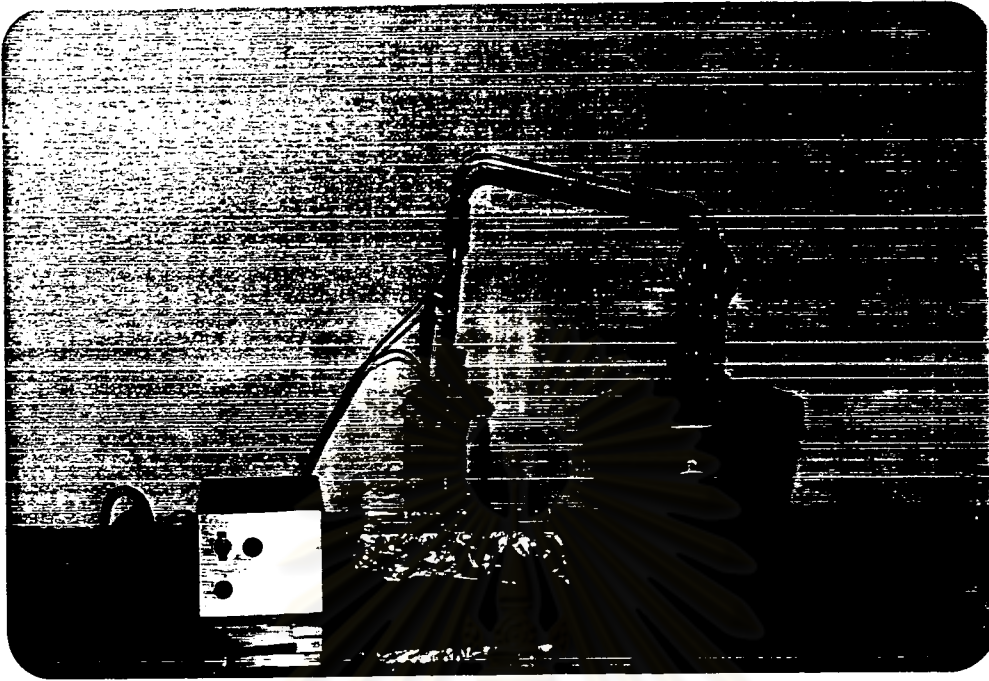


รูปที่ 5.5 ภาชนะสำหรับเก็บ
ไมโครสเฟียร์

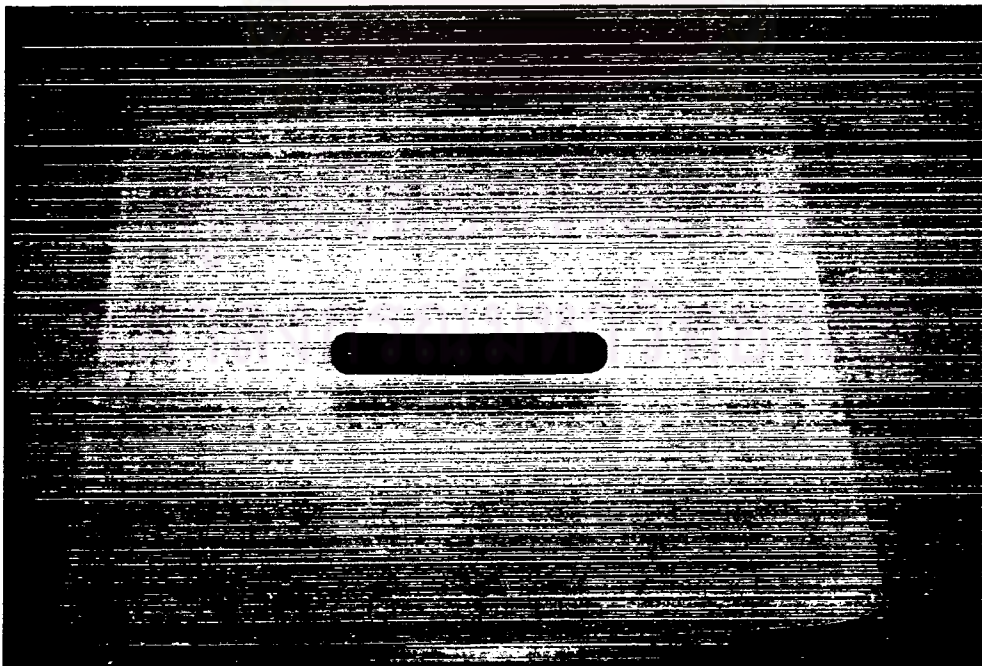




รูปที่ 5.6 การเกิดหยดบรอนไดเจลสเฟียร์ในคอลลิมนที่บรรจุด้วยไตรคลอโร เอธิลีน



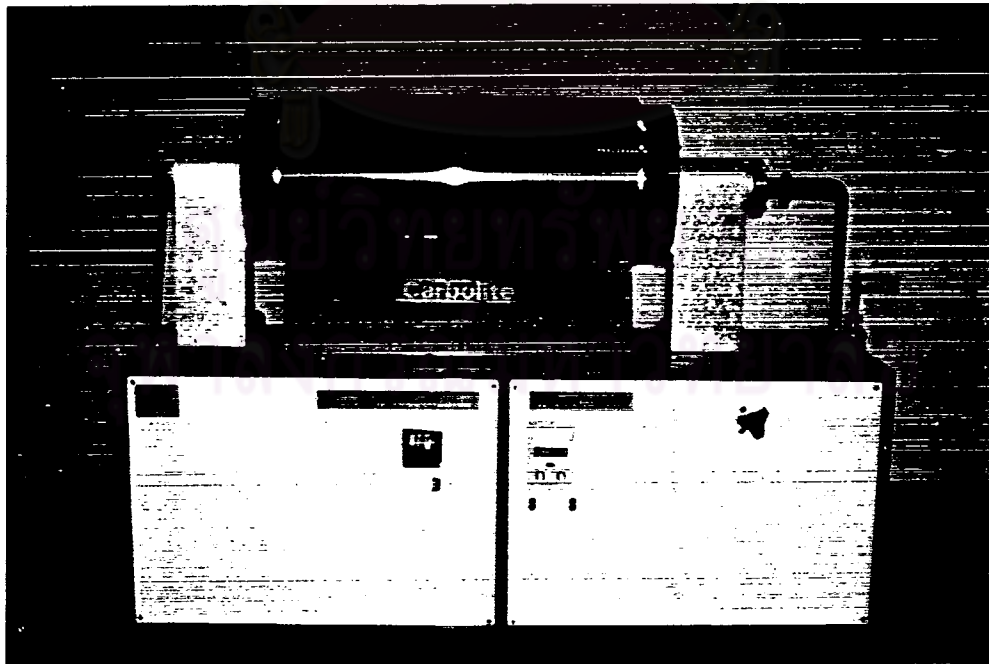
รูปที่ 5.7 เครื่องมือทำให้แห้ง โดยให้อิอน้ำผ่าน



รูปที่ 5.8 ภาชนะใส่ไมโครสเฟียร์ที่จะนำไปเผาและเผาประสาน



รูปที่ 5.9 เครื่องมือเผาสารตัวอย่างในบรรยากาศของ Ar-4 \% H_2



รูปที่ 5.10 เตาเผาประสาน UO_2 เพื่อเพิ่มความหนาแน่น