

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

5.1 วัสดุอุปกรณ์ในการวิจัย

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยการเปลี่ยนแปลงของรอยอนุภาคแอลฟาจากก๊าซ เรดอนบนฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรท มีดังต่อไปนี้

5.1.1 ฟิล์มเซลลูโลสไนเตรท (cellulose nitrate,  $C_6H_8O_9N_2$ ) ชนิด CN85 และ LR115 Type 2 ฟิล์มชนิดนี้ออกแบบมาใช้งานในด้านการวัดรังสีด้วยวิธีแทรกเตอร์ โดยเฉพาะ ไม่มีปฏิกิริยากับอิเล็กทรอนิกส์หรือรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า เช่นรังสีแกมมา อุลตรา-ไวโอเล็ต หรืออินฟราเรด ฟิล์มเซลลูโลสไนเตรทสามารถนำมาใช้บันทึกรอยของอนุภาคโปรตอน พลังงานต่ำกว่า 100 keV อนุภาคแอลฟาพลังงานต่ำกว่า 4 MeV อนุภาคมีประจุชนิดหนัก (heavy ions) และฟิชชันแฟรกเมนต์ (fission fragments)

ฟิล์มเซลลูโลสไนเตรทประกอบด้วยเซลลูโลสไนเตรทเคลือบอยู่บนผิวของโพลีเอสเตอร์ (polyester) ชนิด LR115 Type 2 จะเคลือบด้วยเซลลูโลสไนเตรทหนา 10 ไมครอน (micron) บนโพลีเอสเตอร์หนา 0.1 มิลลิเมตร ส่วนชนิด CN85 เป็นเซลลูโลสไนเตรทใสไม่มีสีหนา 0.1 มิลลิเมตร

5.1.2 ต้นกำเนิดอนุภาคแอลฟา (alpha source) จากก๊าซเรดอนหรือโทรอน ในการวิจัยนี้ใช้ต้นกำเนิดรังสี 2 ชนิดคือ

- เรเดียม-226 ความแรงรังสี 0.01, 0.02 และ 0.10 mCi ตามลำดับ เรเดียม-226 จะสลายตัวให้ก๊าซเรดอน ( $^{222}_{86}\text{Rn}$ ) ก๊าซเรดอนนี้จะสลายตัวให้อนุภาคแอลฟาซึ่งจะวิ่งไปชนฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรทจนเกิดรอยอนุภาคแอลฟาบนฟิล์มขึ้น

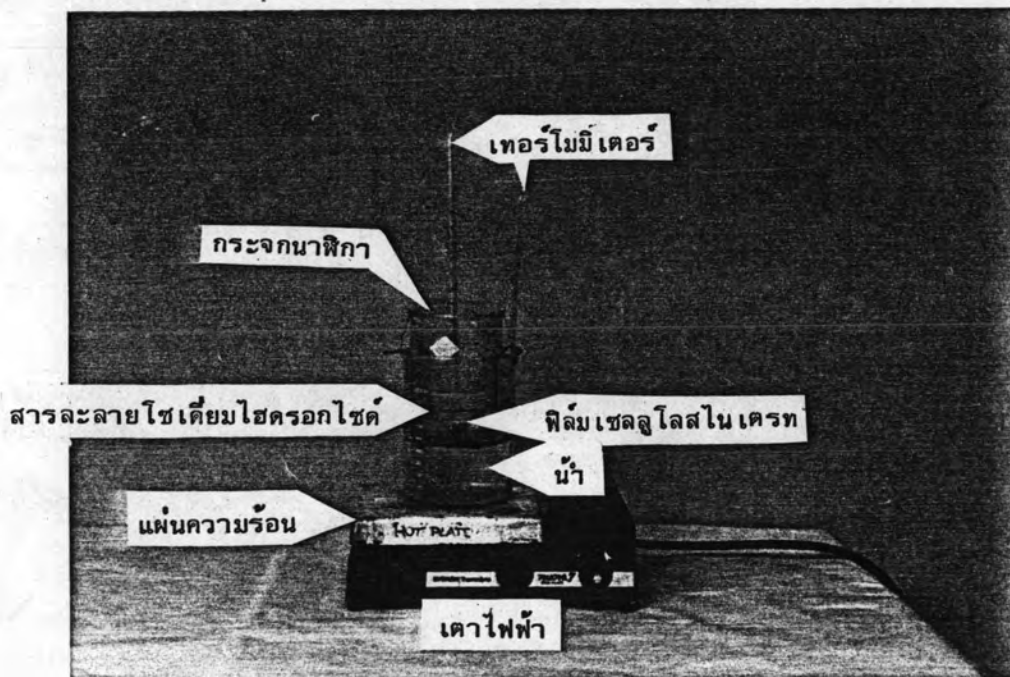
- ทอเรียมไดออกไซด์ ( $\text{ThO}_2$ ) 0.10 mCi ทอเรียม-232 สลายตัวเป็นอนุกรมไปจนถึงก๊าซโทรอน ( $^{222}_{86}\text{Rn}$ ) ก๊าซโทรอนนี้จะสลายตัวให้อนุภาคแอลฟาซึ่งจะวิ่งไปชนฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรทจนเกิดรอยอนุภาคแอลฟาบนฟิล์มขึ้น เช่นเดียวกับกรณีของก๊าซเรดอน

5.1.3 อุปกรณ์ในการกักรอยของอนุภาคแอลฟาบนฟิล์มเซลลูโลสไนเตรท ประกอบด้วย บีกเกอร์ 250 มิลลิลิตร ใส่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 % หรือ 2.5 นอร์มัล (normal)

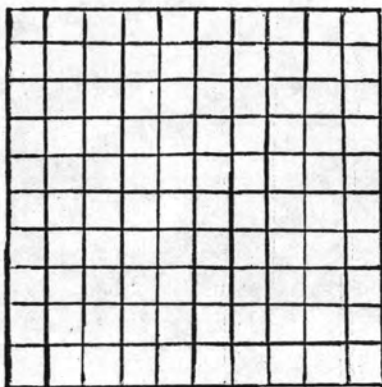
ประมาณ 100 มิลลิลิตร มีเทอร์โมมิเตอร์จุ่มอยู่ในสารละลาย เพื่อวัดอุณหภูมิและปิดปากบีกเกอร์ด้วยกระดาษฟิวส์ นำไปวางซ้อนในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตรที่ใส่น้ำ 250 มิลลิลิตรมีเทอร์โมมิเตอร์ควบคุมอุณหภูมิอีกทีหนึ่ง ตั้งอยู่บนเตาไฟฟ้า (hot plate) ที่ควบคุมอุณหภูมิได้ตามความต้องการดังแสดงในรูปที่ 5.1

#### 5.1.4 อุปกรณ์ในการนับรอยอนุภาคแอลฟา ประกอบด้วย

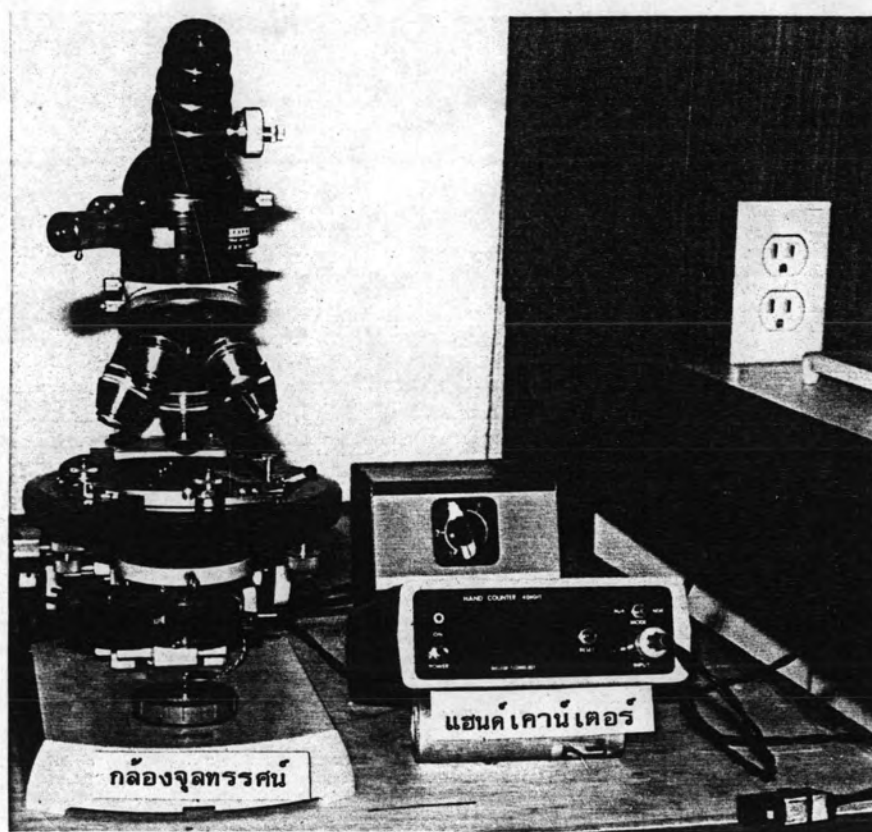
- กล้องจุลทรรศน์ Zeiss สำหรับอ่านรอยบนแผ่นฟิล์มที่ผ่านการกัดรอยแล้ว โดยใช้กำลังขยาย 400 เท่า มีตารางสี่เหลี่ยมภายในแบ่งออกเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสเล็ก ๆ 100 ช่อง
- แฮนด์เคาน์เตอร์ (hand counter) สำหรับช่วยในการนับรอยบนแผ่นฟิล์ม



รูปที่ 5.1 แสดงอุปกรณ์ในการกัดรอยอนุภาคบนฟิล์มเซลลูโลสไนเตรท

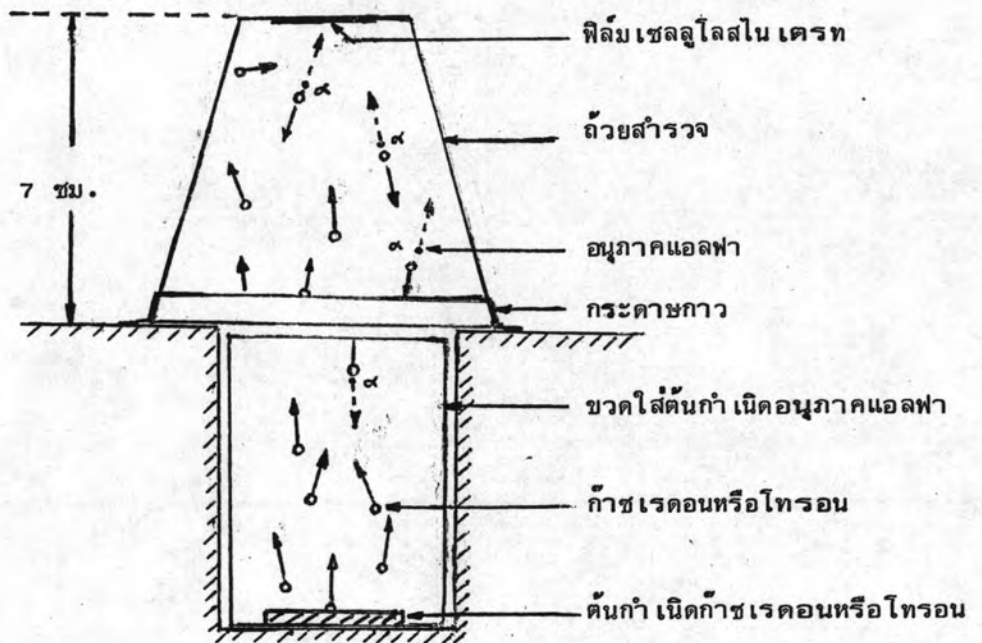


รูปที่ 5.2 แสดงลักษณะสเกลสี่เหลี่ยมเมื่อมองจากเลนส์ใกล้ตาของกล้องจุลทรรศน์



รูปที่ 5.3 แสดงอุปกรณ์การนับรอยอนุภาคแอลฟาซึ่งประกอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ Zeiss และแฮนด์ เคาน์เตอร์

5.1.5 อุปกรณ์ในการอารังสีประกอบด้วยถ้วยสำรวจเรเนี่ยมแบบแทรก-เอทซ์ ซึ่งติดฟิล์มเซลลูโลส ใน เทรทไว้ที่ก้นด้วยค้ำใน สำหรับวัดอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนที่เกิดจากการสลายตัวของเรเดียม-226 หรืออนุภาคแอลฟาจากก๊าซโทรอนที่สลายตัวจากเรเดียม-224 ซึ่งสลายตัวต่อเนื่องมาจากทอเรียม-232 โดยนำถ้วยไปวางคว่ำลงบนปากขวดซึ่งบรรจุ เรเดียม-226 หรือทอเรียมไดออกไซด์อยู่ ให้ปากถ้วยสำรวจเรเนี่ยมอยู่สูงพอดีกับปากขวดของ เรเดียม-226 ใช้กระดาษกาวปิดให้แน่นกันก๊าซเรดอนหรือก๊าซโทรอนรั่วออกภายนอกดังรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 แสดงแผนภาพการวัดอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนหรือโทรอน

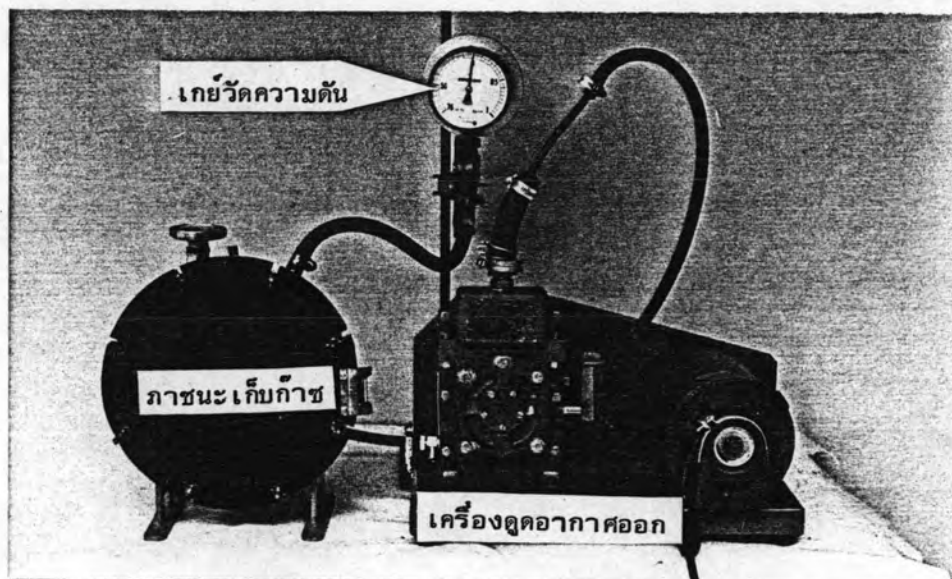
5.1.6 โซเดียมไฮดรอกไซด์ ชนิด analytical grade ใช้สำหรับเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 10 %

5.1.7 ซิลิกา เจล (silica gel) ใช้สำหรับดูดความชื้น ในการทดลองผลของความชื้นที่มีต่อการลบล้างของรอยอนุภาคแอลฟา

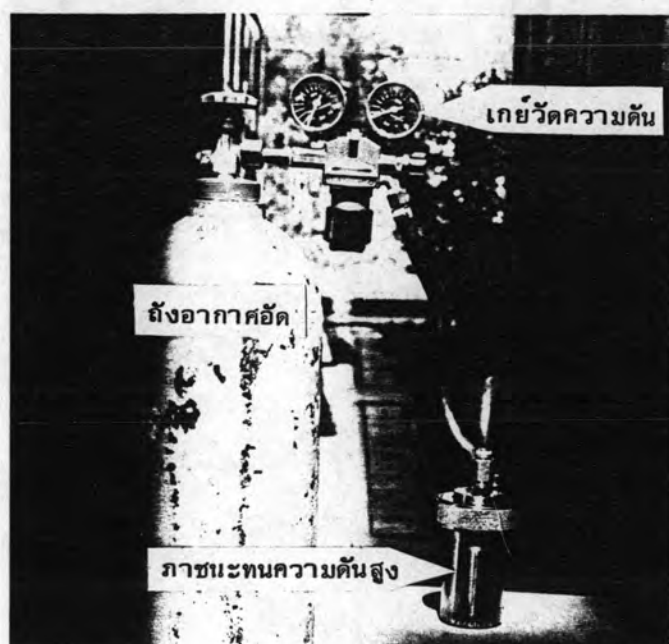
5.1.8 คุบที่ควบคุมอุณหภูมิได้ ใช้ในการทดลองผลของอุณหภูมิที่มีต่อการลบล้างของรอยอนุภาคแอลฟา

5.1.9 อากาศอัดพร้อมทั้ง เกยวัดความดัน ใช้ในการทดลองผลของความดันบรรยากาศ  
ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของรอยอนุภาคแอลฟา

5.1.10 ภาชนะเก็บฟิล์ม ใช้สำหรับทดลองผลของความชื้นและความดันบรรยากาศที่มี  
ต่อการเปลี่ยนแปลงของรอยอนุภาคแอลฟา

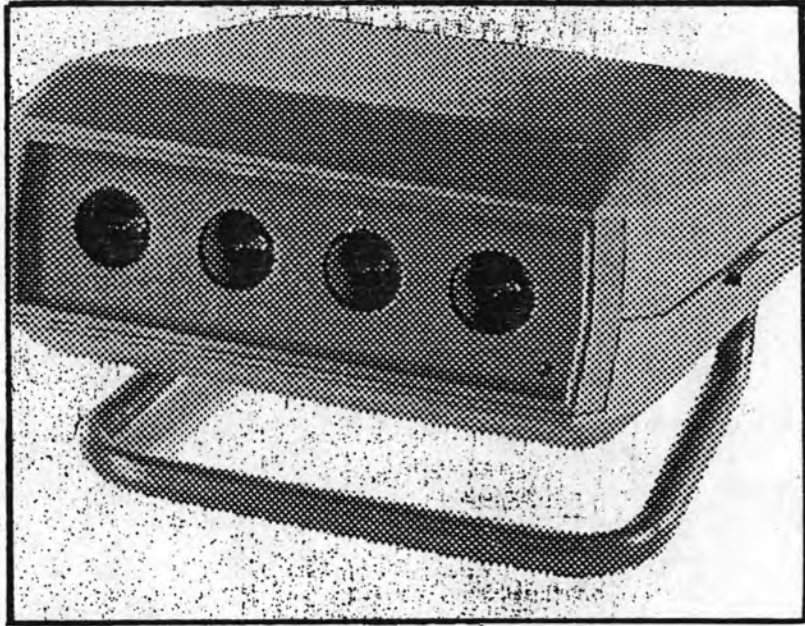


รูปที่ 5.5 ภาชนะเก็บก๊าซพร้อม เครื่องดูดอากาศออก เพื่อใช้ทดลองผลของความดันบรรยากาศ  
ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของรอยอนุภาคแอลฟา

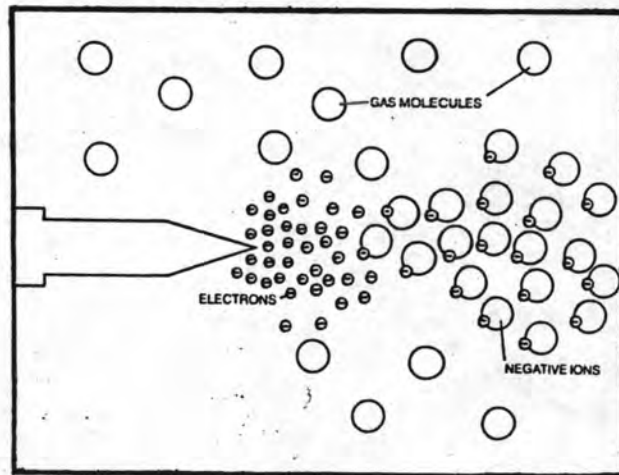


รูปที่ 5.6 ภาชนะทนความดันสูงพร้อมทั้ง เกยวัดความดันและถังอากาศอัด เพื่อทดลองผลของความ  
ดันบรรยากาศที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของรอยอนุภาคแอลฟา

5.1.11 เครื่องทำอากาศให้บริสุทธิ์ซึ่งผลิตไอออนลบ 630,000 ไอออน/ซม<sup>3</sup> วินาที  
ที่ระยะ 5 เมตร เพื่อทดลองผลของประจุไฟฟ้าที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของรอยอนุภาคแอลฟา



รูปที่ 5.7 เครื่องทำอากาศให้บริสุทธิ์ที่ใช้ในการทดลองผลของประจุไฟฟ้าที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของอนุภาคแอลฟานฟิล์ม เซลลูโลสโน เครท



รูปที่ 5.8 การผลิตไอออนลบจากการชนกันระหว่างอิเล็กตรอนที่ออกมาจากปลายเข็มกับโมเลกุลของก๊าซที่อยู่รอบ ๆ ปลายเข็ม

5.1.12 เครื่องวัดความชื้น ใช้สำหรับวัดความชื้นในการทดลองผลของความชื้น  
ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของรอยอนุภาคแอลฟา

## 5.2 วิธีการกัดรอยของอนุภาคแอลฟาบนฟิล์ม เซลลูโลสในเครื่อง

การกัดรอยบนฟิล์มเซลลูโลสในเครื่อง ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความ  
เข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์หรือ 2.5 นอร์มัล เนื่องจากมีคุณภาพดีในการกัดรอยของอนุภาค<sup>(19)</sup>  
วิธีการกัดรอยกระทำดังต่อไปนี้

5.2.1 ใส่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 10 % ลงในบีกเกอร์ขนาด  
250 มิลลิลิตรประมาณ 100 มิลลิลิตร จุ่มเทอร์โมมิเตอร์ลงในสารละลายเพื่อใช้วัดอุณหภูมิ แล้ว  
ปิดด้วยกระจกนาฬิกา

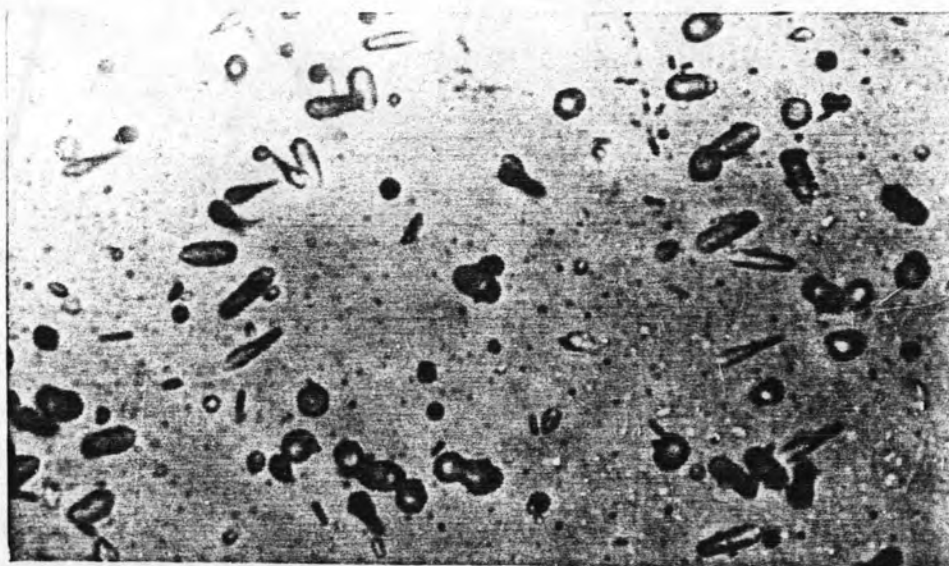
5.2.2 นำบีกเกอร์ในข้อ 5.2.1 ไปวางซ้อนในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร ซึ่ง  
ใส่น้ำไว้ประมาณ 250 มิลลิลิตร โดยมีตะแกรงลวดรองรับไว้และมีเทอร์โมมิเตอร์อีกอันหนึ่งจุ่ม  
ไว้ในน้ำ สำหรับวัดอุณหภูมิของน้ำ

5.2.3 นำบีกเกอร์ 500 มิลลิลิตร ซึ่งมีบีกเกอร์ 250 มิลลิลิตรวางซ้อนอยู่ไปตั้งบน  
เตาไฟฟ้าที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ ดังแสดงในรูปที่ 5.1,

5.2.4 เมื่ออุณหภูมิของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์สูงขึ้นจนถึง 60 องศาเซลเซียส  
ในระดับคงที่แล้ว ใส่ฟิล์มที่จะล้างลงไป พร้อมกับเริ่มจับเวลา ควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ 60 องศา  
เซลเซียสจนกว่าการล้างจะเสร็จสิ้นลง ในระหว่างล้างฟิล์มเขย่าบีกเกอร์ที่บรรจุโซเดียมไฮดรอกไซด์  
บ้างเป็นครั้งคราว

5.2.5 เมื่อครบเวลา 40 นาที นำฟิล์มขึ้นมาแล้วนำไปแช่น้ำ โดยให้น้ำไหลผ่านช้า ๆ  
เป็นเวลาประมาณ 30 นาที เพื่อล้างเอาโซเดียมไฮดรอกไซด์ออกให้หมดไปจากฟิล์ม

5.2.6 นำฟิล์มขึ้นจากน้ำ ผึ่งให้แห้ง แล้วนำไปใส่กรอบสไลด์เพื่อนำไปนับรอยด้วย  
กล้องจุลทรรศน์ต่อไป



รูปที่ 5.9 แสดงลักษณะของรอยอนุภาคแอลฟาบนฟิล์มเซลลูโลสไนเครทที่กัดรอยด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 10 % ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 40 นาที

### 5.3 การนับรอยด้วยกล้องจุลทรรศน์

ในการวิจัยนี้ใช้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายประมาณ 400 เท่า โดยนับรอยบนพื้นที่คงที่ภายในกรอบสี่เหลี่ยมดังแสดงในรูปที่ 5.10

5.3.1 การนับรอยบนสเกล เริ่มนับจากซ้ายไปทางขวามือที่ละช่วงจนครบแถวแรกของสเกล แล้วจึงเลื่อนลงมานับแถวที่สองของสเกลคือ ทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนครบ 10 แถวของสเกล

5.3.2 เมื่อนับรอยครบเต็มสเกลแล้ว เลื่อนแผ่นฟิล์มไปทางซ้ายมือ โดยให้พื้นที่เก่าที่นับรอยแล้วพ้นจากพื้นที่ที่นับรอยใหม่เล็กน้อย ทำการนับรอยบนสเกลจนครบ ทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนครบแถวแรกบนแผ่นฟิล์ม จากนั้นก็เลื่อนลงมานับแถวที่สองคือจนครบ แล้วเลื่อนไปนับแถวต่อ ๆ ไป จนตลอดทั่วทั้งแผ่นฟิล์ม ซึ่งการนับรอยแบบนี้จะเป็นการนับรอยแบบสุ่มคือ เนื่องจนทั่วทั้งแผ่นโดยไม่ซ้ำรอยเดิม ดังแสดงในรูปที่ 5.11

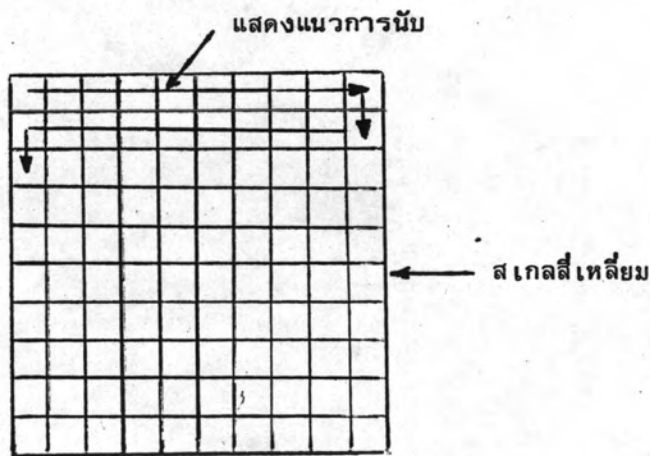


5.3.3 การหาค่าเฉลี่ยและส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐานของการนับรอย เมื่อได้ข้อมูลจากการนับรอยบนแผ่นฟิล์มแต่ละครั้ง บันทึกข้อมูลไว้ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยและส่วน เบี่ยงเบน ในการนับรอย ตัวอย่างเช่น นับรอยในแต่ละครั้งได้เท่ากับ  $X_i$  รอย โดยนับเป็นจำนวน  $N$  ครั้ง ก็จะสามารถหาค่าเฉลี่ยและส่วน เบี่ยงเบนในการนับรอยได้ จากสมการที่ 5.1 และ 5.2

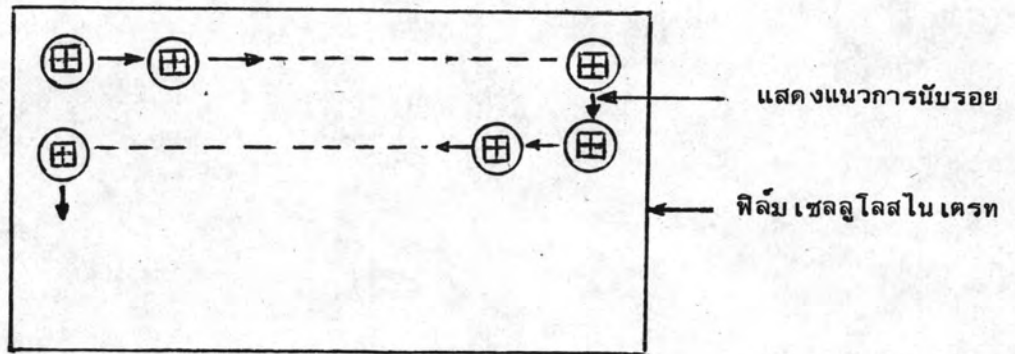
$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{N} \quad (5.1)$$

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2}}{N-1} \quad (5.2)$$

- เมื่อ  $\bar{X}$  = ค่าเฉลี่ยของจำนวนรอย  
 $X_i$  = จำนวนรอยที่นับได้ในแต่ละครั้ง  
 $N$  = จำนวนครั้งที่ในการนับรอย  
 $\sigma$  = ส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐาน



รูปที่ 5.10 แสดงการนับรอยบนสเกลสี่เหลี่ยมของกล้องจุลทรรศน์



รูปที่ 5.11 แสดงการนับรอยแต่ละหน้ากล้องบนฟิล์ม เซลลูโลสอะซิเตท

#### 5.4 ระยะเวลาในการฉายรังสี

ในการทดลองศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงของรอยอนุภาคแอลฟาบนฟิล์ม เซลลูโลสอะซิเตท จะนำเอาฟิล์ม เซลลูโลสอะซิเตทขนาด 2x3 เซนติเมตรไปติดไว้ที่ก้นถ้วยสำรวจด้านในตู้ไม่ฉายรังสี โดยใช้เวลาที่ให้จำนวนรอยอยู่ในระหว่างประมาณ 100 ถึง 150 รอยต่อหน้ากล้อง

- เรเดียม-226 0.01 mCi ใช้เวลาฉาย 15 ชั่วโมง
- เรเดียม-226 0.02 mCi ใช้เวลาฉาย 3 ชั่วโมง 40 นาที
- เรเดียม-226 0.10 mCi ใช้เวลาฉาย 3 ชั่วโมง 20 นาที
- ทอเรียมไดออกไซด์ 0.10 mCi ใช้เวลาฉาย 2 วัน

หลังจากฉายรังสีแล้วจะนำเอาฟิล์ม เซลลูโลสอะซิเตทไปทดลองหาผลของการเปลี่ยนแปลงของรอยอนุภาคแอลฟา โดยแบ่งฟิล์มออกเป็น 6 ส่วนเท่า ๆ กัน

## 5.5 การดำเนินการทดลองผลของการลบเลือนของรอยอนุภาคแอลฟาบนฟิล์ม เซลลูโลสในเครื่อง

5.5.1 การทดลองผลของเวลาที่มีต่อการลบเลือนของรอยอนุภาคแอลฟาบนฟิล์ม เซลลูโลสในเครื่อง

5.5.1.1 การทดลองผลของเวลาที่มีต่อการลบเลือนของรอยอนุภาคแอลฟาบนฟิล์ม เซลลูโลสในเครื่องที่อุณหภูมิ  $30 \pm 5$  องศาเซลเซียส โดยใช้ฟิล์ม 2 ชนิดดังต่อไปนี้

ก. ฟิล์ม เซลลูโลสในเครื่อง LR115 Type 2 นำฟิล์ม เซลลูโลสในเครื่อง LR115 Type แผ่นที่ 1 และ 2 ไปอบรังสีแอลฟาจากก๊าซเรดอนโดยใช้ต้นกำเนิดรังสีเรเดียม-226 0.10 มิลลิวรี เป็น 2 ชั่วโมง 30 นาที ส่วนแผ่นที่ 3 นำไปอบรังสีแอลฟาจากก๊าซเรดอนโดยใช้ต้นกำเนิดรังสีเรเดียม-226 0.01 มิลลิวรี เป็นเวลา 2 วัน ตามลำดับ หลังจากอบรังสีแล้ว นำฟิล์ม เซลลูโลสในเครื่อง LR115 Type 2 แต่ละแผ่นมาแบ่งออกเป็น 6 ส่วนขนาดเท่า ๆ กันนำฟิล์มแต่ละส่วนมาศึกษารอยภายหลังอบรังสีในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน โดยกำหนดให้

ฟิล์มส่วนที่ 1 นำมาศึกษารอยในทันที

ฟิล์มส่วนที่ 2 นำมาศึกษารอยหลังจากเวลาผ่านไปแล้ว 1 สัปดาห์

ฟิล์มส่วนที่ 3 นำมาศึกษารอยหลังจากเวลาผ่านไปแล้ว 2 สัปดาห์

ฟิล์มส่วนที่ 4 นำมาศึกษารอยหลังจากเวลาผ่านไปแล้ว 3 สัปดาห์

ฟิล์มส่วนที่ 5 นำมาศึกษารอยหลังจากเวลาผ่านไปแล้ว 4 สัปดาห์

ฟิล์มส่วนที่ 6 นำมาศึกษารอยหลังจากเวลาผ่านไปแล้ว 5 สัปดาห์

ดังนั้นจะหาการลบเลือนของรอยอนุภาคแอลฟาได้ เพราะทราบจากส่วนที่ 1 ของฟิล์มแล้วว่าแต่ละส่วนของฟิล์มมีจำนวนรอยอนุภาคแอลฟาเท่าใด เมื่อเวลาผ่านไปจำนวนรอยอนุภาคแอลฟาในฟิล์มส่วนหลัง ๆ จะบ่งบอกว่าการลบเลือนเกิดขึ้นหรือไม่

ในการนับรอยอนุภาคแอลฟานั้นใช้กล้องจุลทรรศน์ Zeiss ขนาดกำลังขยายประมาณ 400 เท่าตลอดการทดลอง

ข. फिल्मเซลลูโลสไนเตรท CN85 นำฟิล์มเซลลูโลสไนเตรท CN85 แผ่นที่ 1, 2 และ 3 ไปอบรังสีแอลฟาจากก๊าซเรดอนโดยใช้ต้นกำเนิดรังสีเรเดียม-226 ความแรง 0.01, 0.02 และ 0.10 มิลลิคูรี เป็นเวลา 15 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง 40 นาที และ 3 ชั่วโมง 20 นาที ตามลำดับ เมื่ออบรังสีแล้วนำฟิล์มแต่ละแผ่นมาแบ่งออกเป็น 6 ส่วนเท่า ๆ กัน แล้วไปเก็บไว้ที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน ก่อนนำมาสกัดรอยเช่นเดียวกับข้อ 5.5.1.1 ก. จากนั้นนำไปนับรอยเพื่อหาการเปลี่ยนแปลงของรอยอนุภาคแอลฟา

ในการทดลองผลของการเปลี่ยนแปลงของรอยอนุภาคแอลฟาบนฟิล์มเซลลูโลสไนเตรท LR115 Type 2 จะทำในข้อ 5.5.1.1 ก. เท่านั้น เนื่องจากมิได้มีจุดประสงค์ในการทดลองการเปลี่ยนแปลงของฟิล์มรุ่นนี้และยังมีฟิล์มชนิดนี้เหลืออยู่น้อยไม่เพียงพอต่อการทดลอง

5.5.1.2 การทดลองผลของเวลาที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของรอยอนุภาคแอลฟาบนฟิล์มเซลลูโลสไนเตรท CN85 ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นำฟิล์มเซลลูโลสไนเตรท CN85 3 แผ่นมาอบรังสีแอลฟาจากก๊าซเรดอน โดยใช้ต้นกำเนิดเรเดียม-226 ความแรงรังสีในการอบรังสีเช่นเดียวกับข้อ 5.5.1.1 ข. เมื่ออบรังสีแล้วนำฟิล์มแต่ละแผ่นมาตัดแบ่งออกเป็น 6 ส่วนเท่า ๆ กัน นำไปใส่ในตู้อบตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 50 องศาเซลเซียสโดยใช้ระยะเวลาต่าง ๆ กัน ก่อนที่จะนำไปสกัดรอยโดยกำหนดให้

ฟิล์มส่วนที่ 1 นำมาสกัดรอยทันที

ฟิล์มส่วนที่ 2 ใช้เวลา 1 ชั่วโมง จึงนำไปสกัดรอย

ฟิล์มส่วนที่ 3 ใช้เวลา 2 ชั่วโมง จึงนำไปสกัดรอย

ฟิล์มส่วนที่ 4 ใช้เวลา 3 ชั่วโมง จึงนำไปสกัดรอย

ฟิล์มส่วนที่ 5 ใช้เวลา 4 ชั่วโมง จึงนำไปสกัดรอย

ฟิล์มส่วนที่ 6 ใช้เวลา 5 ชั่วโมง จึงนำไปสกัดรอย

นำฟิล์มที่ผ่านการสกัดรอยแล้วมานับจำนวนรอยอนุภาคแอลฟาเพื่อหาการเปลี่ยนแปลงของรอยอนุภาคแอลฟาฟิล์มเซลลูโลสไนเตรท CN85

5.5.1.3 การทดลองผลของเวลาที่มีต่อการลน เลื่อนของรอยอนุภาคแอลฟา บนฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรท CN85 ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ทำการทดลอง เช่นเดียวกับข้อ 5.5.1.2 เพียงแต่เปลี่ยนอุณหภูมิห้องเป็น 70 องศาเซลเซียส และ เวลาที่ใส่ฟิล์มส่วนที่ 2-6 ไว้ ในห้องก่อนนำมาถักรอยเป็น 15, 30, 45 60 และ 75 นาทีตามลำดับ

5.5.1.4 การทดลองผลของเวลาที่มีต่อการลน เลื่อนของรอยอนุภาคแอลฟา บนฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรท CN85 ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ทำการทดลอง เช่นเดียวกับข้อ 5.5.1.3 เพียงแต่เปลี่ยนอุณหภูมิห้องเป็น 90 องศาเซลเซียส

5.5.2 การทดลองผลของอุณหภูมิที่มีต่อการลน เลื่อนของรอยอนุภาคแอลฟาบนฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรท CN85

5.5.2.1 การทดลองผลของอุณหภูมิที่มีต่อการลน เลื่อนของรอยอนุภาคแอลฟา บนฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรท CN85 โดยกำหนดระยะเวลาในการเก็บฟิล์มไว้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ คงที่ นำ ฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรท CN85 มาอบรังสีแอลฟาจากก๊าซเรดอนโดยใช้ต้นกำเนิดรังสีเรเดียม-226 ความแรงและเวลาในการอบรังสี เช่นเดียวกับข้อ 5.5.1.1 ข. นำฟิล์มที่อบรังสีมาแบ่งออกเป็น 6 ส่วนเท่า ๆ กัน นำไปใส่ไว้ในห้องเป็น เวลา 1 ชั่วโมงที่อุณหภูมิต่าง ๆ ดังนี้

ฟิล์มส่วนที่ 1 ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็น เวลา 1 ชั่วโมง จึงนำไปถักรอย  
 ฟิล์มส่วนที่ 2 ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็น เวลา 1 ชั่วโมง จึงนำไปถักรอย  
 ฟิล์มส่วนที่ 3 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็น เวลา 1 ชั่วโมง จึงนำไปถักรอย  
 ฟิล์มส่วนที่ 4 ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็น เวลา 1 ชั่วโมง จึงนำไปถักรอย  
 ฟิล์มส่วนที่ 5 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็น เวลา 1 ชั่วโมง จึงนำไปถักรอย  
 ฟิล์มส่วนที่ 6 ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็น เวลา 1 ชั่วโมง จึงนำไปถักรอย

นำฟิล์มที่ผ่านการถักรอยแล้วไปนับรอย เพื่อทำการลน เลื่อนของรอยอนุภาคแอลฟา บนฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรท CN85

5.5.2.2 การทดลองผลของอุณหภูมิที่มีต่อการลน เลื่อนของรอยอนุภาคแอลฟา บนฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรท CN85 โดยการเก็บฟิล์มแต่ละส่วนไว้ที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ คงที่ 30±5, 50, 70 และ 90 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาต่าง ๆ กัน นำฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรท CN85 ไปอบรังสีแอลฟา

โดยใช้เงื่อนไขการอบรังสีตามข้อที่ 5.5.1.1 ข. จำนวน 4 ชุด แบ่งฟิล์มแต่ละแผ่นที่อบรังสีแล้วออกเป็น 6 ส่วนเท่า ๆ กัน นำไปใส่ไว้ในตู้อบที่ระดับอุณหภูมิคงที่หนึ่ง ๆ แล้วจึงนำไปกักรอยเมื่อเวลาผ่านไป 15, 30, 45, 60 และ 75 นาที ตามลำดับเช่นเดียวกันกับการทดลองในข้อ 5.5.1 นำฟิล์มที่กักรอยแล้วไปนับรอยเพื่อหาการเปลี่ยนแปลงของรอยอนุภาคแอลฟาบนฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรท CN85

5.5.3 การทดลองผลของระดับพลังงานของอนุภาคแอลฟาที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของรอยอนุภาคแอลฟาบนฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรท CN85

5.5.3.1 การทดลองผลของระดับพลังงานของอนุภาคแอลฟาที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของรอยอนุภาคแอลฟาบนฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรท CN85 โดยกำหนดระยะเวลาในการเก็บฟิล์มไว้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ คงที่ นำฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรท CN85 มาอบรังสีแอลฟาจากก๊าซเรดอนและโทรอน โดยใช้ต้นกำเนิดรังสีเรเดียม-226 และทอเรียมไดออกไซด์ตามลำดับดังต่อไปนี้

- แผ่นที่ 1 อบรังสีแอลฟาจากก๊าซเรดอนโดยใช้ต้นกำเนิดรังสีเรเดียม-226 ความแรง 0.01 มิลลิคูรี เป็นเวลา 15 ชั่วโมง
- แผ่นที่ 2 อบรังสีแอลฟาจากก๊าซเรดอนโดยใช้ต้นกำเนิดรังสีเรเดียม-226 ความแรงรังสี 0.10 มิลลิคูรี เป็นเวลา 3 ชั่วโมง 20 นาที
- แผ่นที่ 3 & 4 อบรังสีแอลฟาจากก๊าซโทรอนโดยใช้ต้นกำเนิดรังสีทอเรียมไดออกไซด์ ความแรงรังสี 0.10 มิลลิคูรี เป็นเวลา 2 วัน

นำแผ่นฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรทที่อบรังสีแล้วข้างต้นมาแบ่งออกเป็น 6 ส่วนเท่า ๆ กัน นำไปใส่ในตู้อบที่ควบคุมอุณหภูมิได้เป็นเวลา 1 ชั่วโมงที่อุณหภูมิต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- ส่วนที่ 1 ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จึงนำไปกักรอย
- ส่วนที่ 2 ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จึงนำไปกักรอย
- ส่วนที่ 3 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จึงนำไปกักรอย
- ส่วนที่ 4 ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จึงนำไปกักรอย
- ส่วนที่ 5 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จึงนำไปกักรอย
- ส่วนที่ 6 ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จึงนำไปกักรอย

นำฟิล์มที่ผ่านการกัดรอยแล้วไปนับรอยเพื่อทำการลบ เลื่อนของรอยอนุภาค แอลฟาที่เกิดจากอนุภาคแอลฟาในระดับพลังงานต่างกันบนฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรท CN85 โดย เปรียบ เทียบกันระหว่างแผ่นที่ 1 และ 2 กับแผ่นที่ 3 และ 4

5.5.3.2 การทดลองผลของระดับพลังงานของอนุภาคแอลฟาที่มีต่อการ ลบ เลื่อนของรอยอนุภาคแอลฟาบนฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรท CN85 ที่อุณหภูมิ  $30 \pm 5$  องศาเซลเซียส นำฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรท CN85 3 แผ่นไปอบรังสีแอลฟาพลังงานต่างกันโดยใช้เงื่อนไข เช่นเดียวกัน กับข้อ 5.5.3.1 นำฟิล์มที่อบรังสีแล้วมาแบ่งออกเป็น 6 ส่วนทิ้งไว้ที่ระยะเวลาต่าง ดังนี้

ส่วนที่ 1 นำมากัดรอยทันที

ส่วนที่ 2 นำมากัดรอยหลังจากเวลาผ่านไปแล้ว 1 สัปดาห์

ส่วนที่ 3 นำมากัดรอยหลังจากเวลาผ่านไปแล้ว 2 สัปดาห์

ส่วนที่ 4 นำมากัดรอยหลังจากเวลาผ่านไปแล้ว 3 สัปดาห์

ส่วนที่ 5 นำมากัดรอยหลังจากเวลาผ่านไปแล้ว 4 สัปดาห์

ส่วนที่ 6 นำมากัดรอยหลังจากเวลาผ่านไปแล้ว 5 สัปดาห์

นำฟิล์มที่ผ่านการกัดรอยแล้วไปนับจำนวนรอยเพื่อทำการลบ เลื่อนของรอยอนุภาค แอลฟาที่เกิดจากอนุภาคแอลฟาพลังงานต่างกันบนฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรท CN85

5.5.3.3 การทดลองผลของระดับพลังงานของอนุภาคแอลฟาที่มีต่อการลบ เลื่อนของรอยอนุภาคแอลฟาบนฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรท CN85 ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นำฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรทมาอบรังสีแอลฟาโดยใช้เงื่อนไข เช่นเดียวกันกับข้อ 5.5.3.1

แล้วมาแบ่งออกเป็น 6 ส่วนเท่า ๆ กัน นำไปใส่ในตู้อบที่ควบคุมอุณหภูมิได้โดยตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 50 องศาเซลเซียส โดยแผ่นที่ 1 นำไปล้างทันที แผ่นที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 นำไปใส่ไว้ในตู้อบ เป็นเวลา 1, 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมงตามลำดับ จึงนำไปกัดรอย นำฟิล์มที่ผ่านการกัดรอย แล้วมานับรอยเพื่อทำการลบ เลื่อนของรอยอนุภาคแอลฟาที่เกิดจากอนุภาคแอลฟาพลังงานต่างกันบน ฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรท CN85

5.5.3.4 การทดลองผลของระดับพลังงานของอนุภาคแอลฟาที่มีต่อการลบ เลื่อน ของรอยอนุภาคแอลฟาบนฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรท CN85 ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ทำการทดลอง

เช่นเดียวกับข้อ 5.5.3.3 เพียงแต่เปลี่ยนอุณหภูมิห้องเป็น 70 องศาเซลเซียสและ เปลี่ยนระยะเวลาที่ใส่ฟิล์มไว้ในห้องเป็น 15, 30, 45, 60 และ 75 นาทีตามลำดับ จึงนำไปกัดรอยแล้ว ับรอยเพื่อหาการลบ เลือนของรอยอนุภาคแอลฟาที่เกิดจากอนุภาคแอลฟาพลังงานต่างกันบนฟิล์ม เซลลูโลสใน เทรท

5.5.3.5 การทดลองผลของระดับพลังงานของอนุภาคแอลฟาที่มีต่อการลบ เลือนของรอยอนุภาคแอลฟาบนฟิล์ม เซลลูโลสใน เทรท CN85 ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ทำ การทดลอง เช่นเดียวกับข้อ 5.5.3.4 แต่ เปลี่ยนอุณหภูมิของห้องเป็น 90°C นำเอาฟิล์มที่กัด รอยแล้วไป ับรอยเพื่อหาการลบ เลือนของรอยอนุภาคแอลฟาที่เกิดจากอนุภาคแอลฟาพลังงานต่างกัน บนฟิล์ม เซลลูโลสใน เทรท

5.5.4 การทดลองผลของความชื้นที่มีต่อการลบ เลือนของรอยอนุภาคแอลฟาบนฟิล์ม เซลลูโลสใน เทรท CN85 ที่อุณหภูมิ  $30 \pm 5$  องศาเซลเซียส

นำฟิล์ม เซลลูโลสใน เทรท CN85 ไปอบรังสีแอลฟาจากก๊าซเรดอน โดยใช้ ต้นกำเนิดรังสีเรเดียม-226 ความแรงรังสีและเวลาในการอบ เช่นเดียวกันกับข้อ 5.5.1.2 ข. จำนวน 3 ชุด รวม 9 แผ่น แบ่งฟิล์มแต่ละแผ่นที่อบรังสีแล้วออกเป็น 6 ส่วนเท่า ๆ กัน

ชุดที่ 1 นำไปใส่ไว้ในภาชนะที่มีซิลิกา เจล ไว้ดูดความชื้นโดยทิ้งไว้เป็นระยะ เวลาต่าง ๆ กันก่อนที่จะนำมากัดรอย ดังนี้

- ฟิล์มส่วนที่ 1 นำมากัดรอยทันที
- ฟิล์มส่วนที่ 2 ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ จึงนำมากัดรอย
- ฟิล์มส่วนที่ 3 ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ จึงนำมากัดรอย
- ฟิล์มส่วนที่ 4 ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ จึงนำมากัดรอย
- ฟิล์มส่วนที่ 5 ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ จึงนำมากัดรอย
- ฟิล์มส่วนที่ 6 ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ จึงนำมากัดรอย

ชุดที่ 2 นำไปใส่ไว้ในภาชนะ เก็บก๊าซ โดยทิ้งไว้เป็นระยะ เวลาต่าง ๆ กัน ก่อนนำไปกัดรอย เช่นเดียวกับชุดที่ 1



ชุดที่ 3 นำโมใส่ไว้ในภาชนะเก็บก๊าซที่ใส่น้ำ โดยทิ้งไว้เป็นระยะเวลาต่าง ๆ กันก่อนนำไปกักตรอย เช่น เดียวกันกับชุดที่ 1 และ 2

ทำการวัดความชื้นในภาชนะทั้ง 3 ไร่และนำฟิล์มทั้งสามชุดที่ผ่านการกักตรอยแล้วไปนับรอยเพื่อหาการเปลี่ยนแปลงของรอยอนุภาคแอลฟาบนฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรท CN85 เนื่องจากความชื้นโดยเปรียบเทียบจากจำนวนรอยบนฟิล์มทั้ง 3 ชุดนั้น

5.5.5 การทดลองผลของความดันบรรยากาศที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของรอยอนุภาคแอลฟาบนฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรท CN85 ที่อุณหภูมิ  $30 \pm 5$  องศาเซลเซียส

นำฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรท CN85 จำนวน 3 แผ่นไปอาบรังสีแอลฟาจากก๊าซเรดอน โดยใช้ต้นกำเนิดรังสีเรเดียม-226 โดยใช้ความแรงรังสีและเวลาการอาบรังสีเช่นเดียวกันกับข้อ 5.5.1.1 ข. เมื่ออาบรังสีแล้วแบ่งฟิล์มแต่ละแผ่นออกเป็น 6 ส่วนเท่า ๆ กัน นำแต่ละส่วนไปเก็บไว้ในภาชนะเก็บก๊าซและภาชนะทนแรงดันสูงที่สามารถควบคุมความดันได้ตามที่ต้องการเป็นเวลา 2 วันก่อนที่จะนำไปกักตรอย โดยกำหนดให้

ฟิล์มส่วนที่ 1 เก็บไว้ในภาชนะเก็บก๊าซ ความดันบรรยากาศ 0.04 บรรยากาศ  
เป็นเวลา 2 วัน

ฟิล์มส่วนที่ 2 เก็บไว้ในภาชนะเก็บก๊าซ ความดันบรรยากาศ 1 บรรยากาศ  
เป็นเวลา 2 วัน

ฟิล์มส่วนที่ 3 เก็บไว้ในภาชนะทนแรงดันสูง ความดันบรรยากาศ 3 บรรยากาศ  
เป็นเวลา 2 วัน

ฟิล์มส่วนที่ 4 เก็บไว้ในภาชนะทนแรงดันสูง ความดันบรรยากาศ 5 บรรยากาศ  
เป็นเวลา 2 วัน

ฟิล์มส่วนที่ 5 เก็บไว้ในภาชนะทนแรงดันสูง ความดันบรรยากาศ 7 บรรยากาศ  
เป็นเวลา 2 วัน

ฟิล์มส่วนที่ 6 เก็บไว้ในภาชนะทนแรงดันสูง ความดันบรรยากาศ 10, บรรยากาศ  
เป็นเวลา 2 วัน

เมื่อครบกำหนด 2 วันก็นำฟิล์มแต่ละส่วนมาถักรอยแล้วนำไปนักรอยเพื่อหาการลบเลือนของรอยอนุภาคแอลฟาบนฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรท CN85 อันเนื่องมาจากความดันบรรยากาศ

5.5.6 การทดลองผลของน้ำที่มีต่อการลบเลือนของรอยอนุภาคแอลฟาบนฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรท CN85

นำฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรท CN85 จำนวน 3 แผ่นไปอาบรังสีแอลฟาจากก๊าซเรดอนโดยใช้ต้นกำเนิดรังสี เรเดียม-226 ความแรงและเวลาการอาบรังสีเช่นเดียวกับข้อ 5.5.1.1 ข. นำเอาฟิล์มแต่ละแผ่นที่อาบรังสีแล้วมาแบ่งออกเป็น 6 ส่วนเท่า ๆ กัน นำฟิล์มแต่ละส่วนไปเก็บไว้ในน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยกำหนดให้

ฟิล์มส่วนที่ 1 นำมาถักรอยทันทีไม่ต้องแช่น้ำ

ฟิล์มส่วนที่ 2 เก็บไว้ในน้ำที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ฟิล์มส่วนที่ 3 เก็บไว้ในน้ำที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ฟิล์มส่วนที่ 4 เก็บไว้ในน้ำที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ฟิล์มส่วนที่ 5 เก็บไว้ในน้ำที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ฟิล์มส่วนที่ 6 เก็บไว้ในน้ำที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

เมื่อครบเวลา 1 ชั่วโมง นำฟิล์มแต่ละส่วนมาถักรอย แล้วนักรอยเพื่อหาการลบเลือนของรอยอนุภาคแอลฟาบนฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรท CN85 อันเนื่องมาจากน้ำ

5.5.7 การทดลองผลของของประจุไฟฟ้าที่มีต่อการลบเลือนของรอยอนุภาคแอลฟาบนฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรท CN85 ที่อุณหภูมิ  $30 \pm 5$  องศาเซลเซียส

นำฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรท CN85 จำนวน 3 แผ่นไปอาบรังสีแอลฟาจากก๊าซเรดอนโดยใช้ต้นกำเนิดรังสีเรเดียม-226 ความแรงและเวลาการอาบรังสีเช่นเดียวกับข้อ 5.5.1.1 ข. นำเอาฟิล์มแต่ละแผ่นที่อาบรังสีแล้วไปแบ่งออกเป็น 6 ส่วนเท่า ๆ กัน โดยนำฟิล์มแต่ละส่วนไปติดไว้ที่ตำแหน่งห่างจากปลายเข็มของเครื่องทำอากาศให้บริสุทธิ์ประมาณ 4 เซนติเมตร เพื่อรับไอออนลบที่เกิดขึ้นเป็นระยะเวลาต่าง ๆ กัน แล้วจึงนำไปถักรอยโดยกำหนดให้

ฟิล์มส่วนที่ 1 นำไปกัดรอยทันที

ฟิล์มส่วนที่ 2 รับไอออนลบเป็นเวลา 1 วัน จึงจะนำไปกัดรอย

ฟิล์มส่วนที่ 3 รับไอออนลบเป็นเวลา 2 วัน จึงจะนำไปกัดรอย

ฟิล์มส่วนที่ 4 รับไอออนลบเป็นเวลา 3 วัน จึงจะนำไปกัดรอย

ฟิล์มส่วนที่ 5 รับไอออนลบเป็นเวลา 4 วัน จึงจะนำไปกัดรอย

ฟิล์มส่วนที่ 6 รับไอออนลบเป็นเวลา 6 วัน จึงจะนำไปกัดรอย

นำเอาฟิล์มที่กัดรอยแล้วไปนับรอยเพื่อทำการลบ เลื่อนของรอยอนุภาคแอลฟา บนฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรท CN85 อันเนื่องมาจากประจุไฟฟ้า

5.6 อุปสรรคและเงื่อนไขของเครื่องมือในการทดลอง เนื่องจากไม่สามารถใช้เครื่องมือติดต่อกันเป็นเวลานานได้ ดังนั้นในบางกรณีจึงทำให้ไม่สามารถใช้ระยะเวลาการทดลองมากเท่าที่ควรจะเป็น