



## บทที่ 6

### วิธีดำเนินการวิจัยและผลการวิจัย

#### 6.1 วิธีสุและอุปกรณ์ประกอบการทดลอง

ในการวิจัยได้ใช้วัสดุขั้นที่กรอยอนุภาคแอลฟา และอุปกรณ์ในการตรวจนับกรอยอนุภาคแอลฟา กับเครื่องมือในการวัดนิวตรอนฟลักซ์ ดังนี้

6.1.1 ฟิล์มเซลล์ูโลซีนเทรทชนิดที่เคลือบผิวหน้าทั้งสองด้านด้วย สารลิเทียมเตตระโบเรต โดยตัวฟิล์มประกอบด้วย เซลล์ูโลซีนเทรท ลิเทียมอะลูมิเนียม ความหนาประมาณ  $100 \mu\text{m}$  เคลือบผิวหน้าทั้งสองด้วย ลิเทียมเตตระโบเรตความหนา ระหว่าง  $40 - 50 \mu\text{m}$  เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวให้อนุภาคแอลฟาจากปฏิกิริยา  $(n, \alpha)$  ของนิวตรอนกระทบฟิล์ม สามารถใช้ขั้นที่กรอยอนุภาคแอลฟาที่มีพลังงานต่ำกว่า  $4 \text{ MeV}$  ไม่ไวต่อรังสี รังสีแกมมา และรังสีเอกซ์ ลิเทียมเตตระโบเรตที่เคลือบไว้สามารถล้างออกได้โดยง่ายด้วยน้ำ

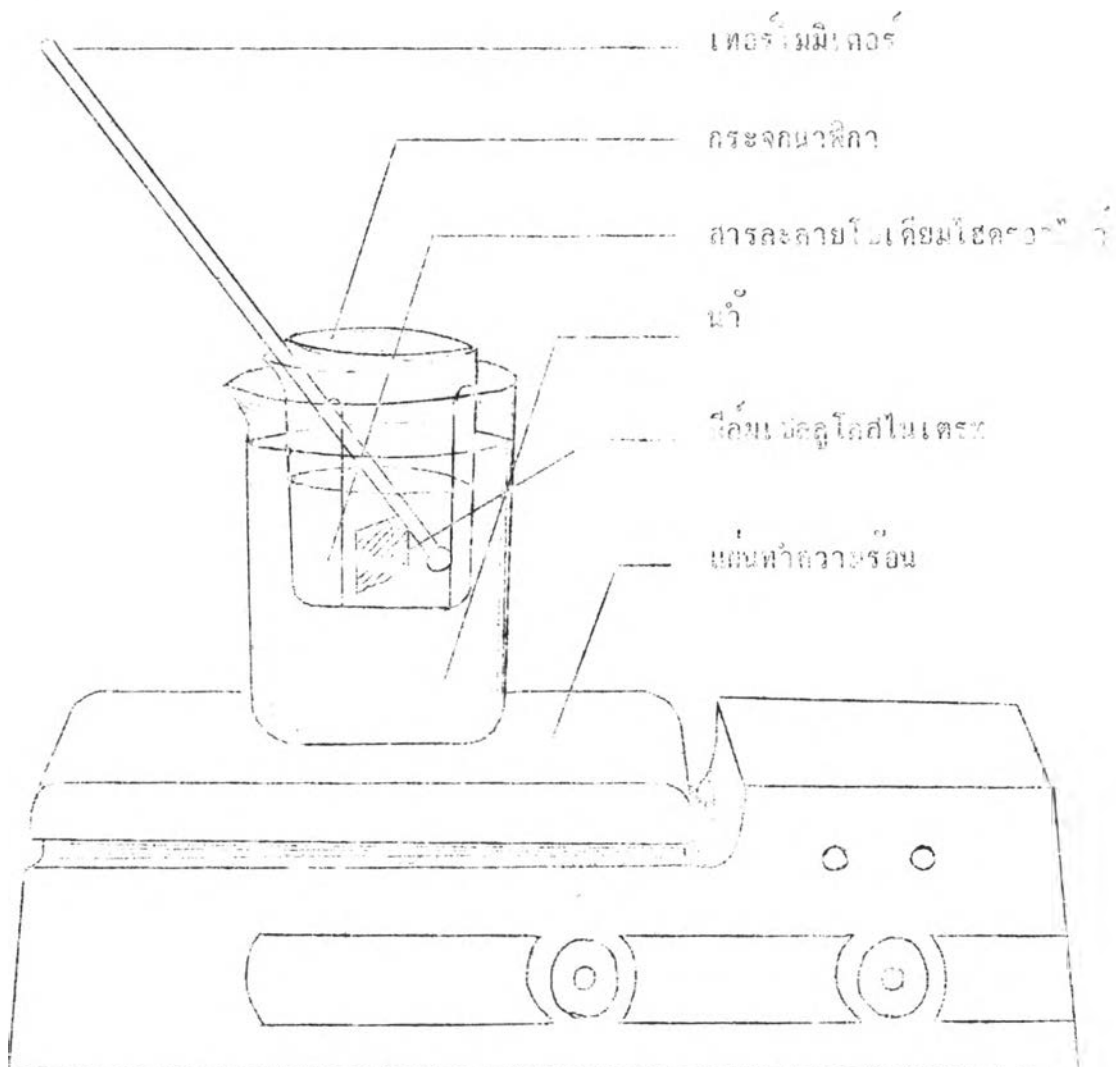
6.1.2 แผ่นฟอยของธาตุที่ใช้สำหรับการแยกตัว เพื่อหานิวตรอนฟลักซ์ ดังนี้  
แผ่นอินเดียม ความหนาต่างๆกันขนาดพื้นที่ประมาณ  $1 \text{ cm}^2$  จำนวน 10 แผ่น

แผ่นทอง ความหนาต่างๆกันขนาดพื้นที่ประมาณ  $1 \text{ cm}^2$  จำนวน 6 แผ่น  
แผ่นโรเดียม ความหนาต่างๆกัน จำนวน 10 แผ่น

6.1.3 แผ่นแกละเชื่อมความหนาประมาณ 1 มม. ใช้สำหรับหุ้มแผ่นฟิล์มและฟอย เพื่อกันเทอร์มาลนิวตรอนไว้ไม่ให้เข้าไปทำปฏิกิริยาได้ คงให้ผ่านแคเอพิเตอร์มาลนิวตรอน และ นิวตรอนเร็ว

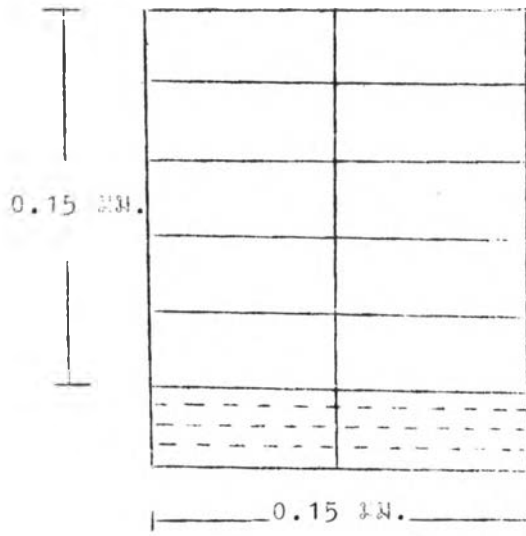
6.1.4 อุปกรณ์ในการกักกรอยอนุภาคแอลฟาบนฟิล์ม ซึ่งประกอบด้วย บีกเกอร์ 250 มิลลิลิตร วางบนไนลิกเกอร์ 500 มิลลิลิตร ในลักษณะที่ทำเป็นวอเตอร์เบต ตั้งบนเตาไฟฟ้า (hot plate) ที่สามารถควบคุมและปรับอุณหภูมิได้ตามต้องการ ในบีกเกอร์ 250 มิลลิลิตร ใส่สารละลาย โมเดียมไฮดรอกไซด์

10 % ประมาณ 100 ซม. ใช้เทอร์โมมิเตอร์จุ่มในสารละลายนั้น เพื่อวัดอุณหภูมิ และควบคุมให้พอเหมาะตามความต้องการ ปิดปากบีกเกอร์ด้วยกระดาษฟิวส์ ดังแสดงในรูป



รูปที่ 6.1 แสดงการจัดอุปกรณ์ในการสกัดอินทรีย์

6.1.5 กล้องจุลทรรศน์ สำหรับการขยายรอยของอนุภาคแอลฟา ที่ผ่านการกัดรอยมาแล้ว เพื่อการตรวจนับรอย โดยเลือกใช้กำลังขยายขนาด 600 เท่า ที่เส้นสเกลดำมีตาราง บอกละเอียดเมื่อเทียบกับขนาดวัตถุแล้วจะเป็น  $0.15 \text{ มม.} \times 0.15 \text{ มม.}$  เป็น กรอบสี่เหลี่ยมในเชิงออกเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าเล็กๆจำนวน 10 ช่อง ดังแสดงในรูป



รูปที่ 6.2 แสดงลักษณะกรอบสี่เหลี่ยมจัตุรัสจากเซลล์เมื่อนองผ่านเส้นสเกลดำ ของกล้องจุลทรรศน์ที่ใช้ขยายรอยของอนุภาคแอลฟาเพื่อการตรวจนับ

6.1.6 ต้นกำเนิดนิวตรอนชนิด พลูโตเนียม-เบอริลเสริมขนาด 5 กูรี มีล่อนิวตรอน ออกมาประมาณ  $1.11 \times 10^7$  นิวตรอน/วินาที และมีพลังงานเฉลี่ย  $4.2 \text{ MeV}$  ต้นกำเนิดนิวตรอนนี้เชื่อมอยู่ในน้ำที่บรรจุในถังเหล็กรูปทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง ถึงประมาณ 1 เมตรความสูงประมาณ 1 เมตร

6.1.7 ชุดเครื่องวิเคราะห์แบบหลายช่อง (multichannel analyzer) ซึ่งให้ผล การวัดสเปกตรัมปรากฏบนจอ oscilloscope จำนวน 1024 ช่อง กับหัววัดรังสี แบบ solid type NaI (Tl) ขนาด 3 X3 นิ้วชนิดทรงกระบอก

6.1.8 ชุดเครื่องวัด Geiger Muller Counter

## 6.2 วิธีกัศรอยบนฟิล์มเซลลูโลสไนเตรท

การกัศรอยเพื่อให้มีขนาดโตขึ้นจนสามารถมองเห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบธรรมดาที่ใช้ในการทดลองเลือกใช้สารละลาย โนเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 10 % หรือ 2.5 นอร์มัล (normal) เนื่องจากให้คุณภาพในการกัศรอดีที่สุด และมีขั้นตอนในการกัศรอยดังนี้

6.2.1 ใส่สารละลายโนเดียมไฮดรอกไซด์ประมาณ 100 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร จุ่มเทอร์โมมิเตอร์ลงในสารละลาย และปิดด้วยกระดาษฟิว

6.2.2 นำบีกเกอร์ 250 มิลลิลิตร ในข้อ 6.2.1 ใส่ลงในบีกเกอร์ 500 มิลลิลิตรที่ใส่น้ำไว้ประมาณ 250 มิลลิลิตร แล้วนำไปตั้งบนเตาไฟฟ้าที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ตามความต้องการ ปรับอุณหภูมิให้เป็นไปตามต้องการ

6.2.3 ฟิล์มที่ใช้ในการทดลองได้เคลือบผิวหน้าทั้งสองไว้ด้วยลิเธียมเตตระโบรไมด์ จะต้องล้างออกเสียก่อนด้วยน้ำ โดยการนำฟิล์มใส่ลงในภาชนะแล้วเปิดน้ำให้ค่อยๆ ไหลรินลงไปเรื่อยๆ น้ำจะชะเอาลิเธียมเตตระโบรไมด์ที่เคลือบเอาไว้ออกจนหมดแล้วนำขึ้นผึ่งไว้จนแห้ง

6.2.4 เมื่ออุณหภูมิของสารละลายโนเดียมไฮดรอกไซด์ ตรงตามความต้องการแล้ว นำฟิล์มที่ได้จากข้อ 6.2.3 ลงล้างกัศรอยโดยจุ่มเวลาไว้ตั้งแต่เริ่มล้าง

6.2.5 เมื่อครบเวลานำฟิล์มขึ้นทันทีและจุ่มลงในสารละลายกรดอะซิติก ความเข้มข้น 2 % เพื่อทำให้เป็นกลาง แล้วนำลงแช่ในน้ำไหลทันที ให้น้ำไหลผ่านช้าๆ ประมาณ 30 นาที เพื่อล้างสารละลายออกให้หมด

6.2.6 นำฟิล์มขึ้นจากน้ำ ผึ่งให้แห้งในที่ปราศจากฝุ่นละออง แล้วจึงนำไปใส่ครอบฟิล์มเพื่อการนี้รอยด้วยกล้องจุลทรรศน์ต่อไป

## 6.3 วิธีนับรอยอนุภาคแอลฟาด้วยกล้องจุลทรรศน์

ในการวิจัยใช้กล้องจุลทรรศน์ยี่ห้อ Zeiss โดยเลือกใช้กำลังขยาย 600 เท่า ในการนับรอยแต่ละครั้งในพื้นที่ขนาด  $0.0225 \text{ มม}^2$  โดยในขั้นตอนนี้แบ่งออกเป็น

สี่เหลี่ยมผืนผ้าเล็กๆ เพื่อการสะดวกและไม่สับสนในการนับรอยจำนวนมากๆ

ในการนับรอยของอนุภาคแอลฟาที่กักค้างแล้วนี้ต้องนับหลายๆจุดโดยการเปลี่ยนตำแหน่งไปเรื่อยๆทั้งนี้เมื่อนำค่าที่ได้จากการอ่านมาเฉลี่ยกันก็จะโตค่าที่มีความถูกต้องมากขึ้นกว่าการอ่านเพียงจุดเดียวซึ่งย่อมมีความคลาดเคลื่อนมาก ในการทดลอง คำนับรอยบนฟิล์มหนึ่งๆจำนวน 100 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) จากสูตรต่อไปนี้

$$\begin{aligned} \text{ค่าเฉลี่ย } (\bar{X}) &= \frac{\sum X_i}{N} \\ \text{ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน } \sigma &= \sqrt{\frac{(X_i - \bar{X})^2}{N - 1}} \end{aligned}$$

โดย  $X$  = ค่าเฉลี่ยของจำนวนรอย  
 $X_i$  = จำนวนรอยที่นับได้ในแต่ละครั้ง  
 $N$  = จำนวนครั้งที่นับ  
 $\sigma$  = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

6.4 การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการกักรอยอนุภาคแอลฟาบนฟิล์มเช่น ลูโลสไนเตรท เนื่องจากความเข้มข้นและอุณหภูมิมีความสัมพันธ์กับความเร็วในการกักรอยบนฟิล์มดังนั้นจึงต้องหาเงื่อนไขที่เหมาะสมว่าจะต้องใช้เวลาในการกักรอยนานเท่าใดจึงจะพอเหมาะ โดยได้ความหนาแน่นรอยสูงสุด ทั้งนี้เพื่อให้ฟิล์มมีความไวในการบันทึกรอยได้ดีที่สุด แต่เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของสารละลายไม่สะดวกในการทดลองจึงได้กำหนดเอาสารละลายความเข้มข้น 10 % มาใช้ในการทดลองโดยเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและเวลาไป ดังนี้

6.4.1 นำฟิล์มเซลลูโลสไนเตรทที่เคลือบผิวหน้าทั้งสองด้วย ลิเทียมเตตราโบเรต ไปอบนิวตรอนจากต้นกำเนิด พลูโตเนียม-เบอริลเลียม ที่อยู่ในน้ำ ระยะห่างจากต้นกำเนิดประมาณ 78 มม. เป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง เมื่อนิวตรอนชนิดเทอร์มาลและเอพิเทอร์มาลชนฟิล์มจะเกิดปฏิกิริยา  $(n, \alpha)$  และอนุภาคแอลฟาที่เกิดขึ้นเมื่อ

วิ่งผ่านฟิล์มจะเกิดรอยขึ้น แล้วนำฟิล์มที่ได้มาแบ่งออกเป็นสองส่วน นำไปกัดรอยตามวิธีตามข้อที่ 6.2 โดยใช้อุณหภูมิของสารละลาย 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำมาบ่มรอยด้วยกล้องจุลทรรศน์ 100 ครั้ง บันทึกผลแล้วนำไปกัดรอยต่ออีกครึ่งชั่วโมง ทำเป็นนี้ตลอดไปจนครบเวลา 4 ชั่วโมง แล้วนำผลที่บันทึกไว้มาพิจารณาหาเงื่อนไขที่เหมาะสมต่อไป

6.4.2 ทำการทดลองตามข้อ 6.4.1 แต่เปลี่ยนอุณหภูมิสารละลายเป็น 50 องศาเซลเซียส และใช้เวลาครั้งแรก 10 นาที และช่วงต่อมาช่วงละ 10 นาที

6.4.3 ทำการทดลองตามข้อ 6.4.1 แต่เปลี่ยนอุณหภูมิสารละลายเป็น 60 องศาเซลเซียส และใช้เวลาครั้งแรก 8 นาที และช่วงต่อมาช่วงละ 4 นาที

6.4.4 ทำการทดลองตามข้อ 6.4.1 แต่เปลี่ยนอุณหภูมิสารละลายเป็น 70 องศาเซลเซียส และใช้เวลาครั้งแรก 5 นาที และช่วงต่อมาช่วงละ 1 นาที

จากผลที่บันทึกไว้ตามข้อที่กล่าวมาแล้ว จะนำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรอยกับเวลาที่ใช้ในการกัดรอย เพื่อดูเวลาที่ให้ความหนาแน่นรอยสูงสุดที่อุณหภูมิต่างๆ แล้วเลือกเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดต่อไป



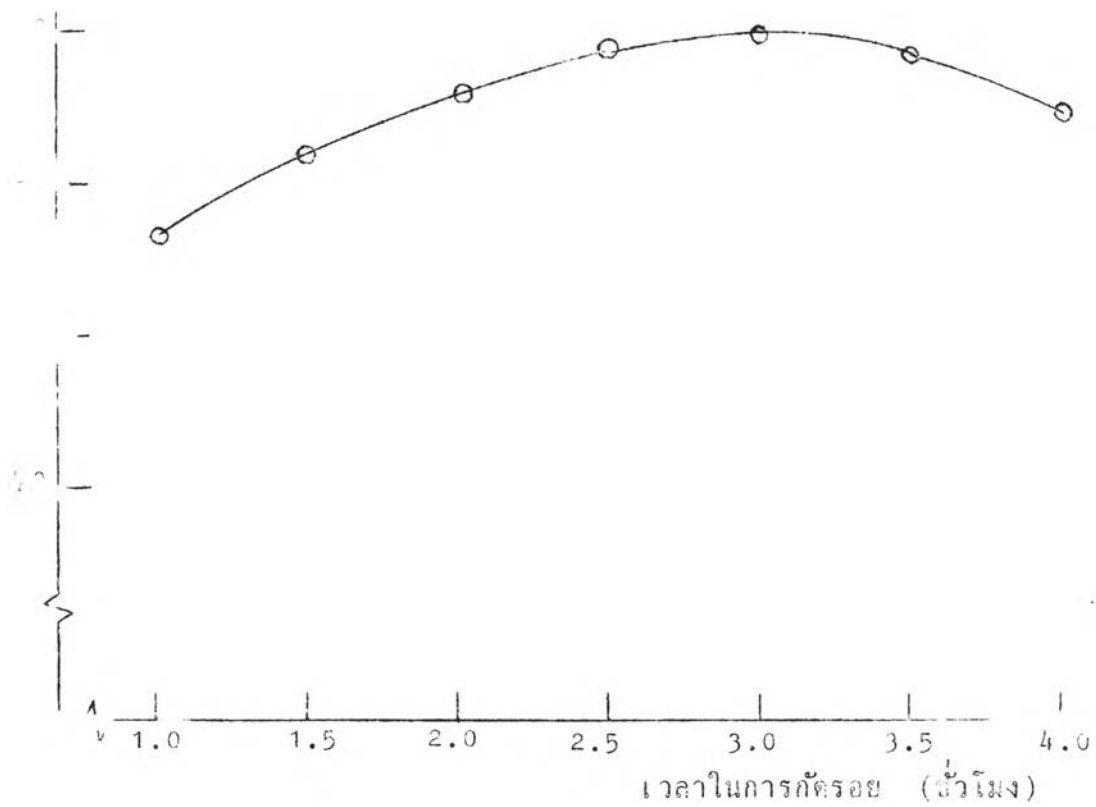
## ตารางที่ 6.1

ผลการนับรอยของอนุภาคแอลฟาเมื่อใช้ถอยด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์  
10% อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาต่างๆกัน

| etching time<br>(hr.) | tracks/0.0225 mm <sup>2</sup> |       | relative tracks density * |       |         |
|-----------------------|-------------------------------|-------|---------------------------|-------|---------|
|                       | No. 1                         | No. 2 | No. 1                     | No. 2 | average |
| 1.0                   | 64.9                          | 66.3  | 87.7                      | 85.9  | 86.8    |
| 1.5                   | 69.5                          | 69.8  | 93.9                      | 90.4  | 92.2    |
| 2.0                   | 70.9                          | 73.9  | 95.8                      | 95.7  | 95.8    |
| 2.5                   | 73.7                          | 76.5  | 99.6                      | 99.1  | 99.4    |
| 3.0                   | 74.0                          | 77.2  | 100.0                     | 100.0 | 100.0   |
| 3.5                   | 73.5                          | 75.5  | 99.3                      | 97.8  | 98.6    |
| 4.0                   | 71.2                          | 73.0  | 96.2                      | 94.5  | 95.4    |

\* เทียบกับความหนาแน่นรอยเมื่อใช้ถอยเป็นเวลา 3 ชั่วโมง

ความหนาแน่นรอยสัมผัส



รูปที่ 6.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรอยของอนุภาค  
 แอซฟัลต์ที่เกิดจากปฏิกิริยา ( $n, \alpha$ ) กับเวลาในการกั้ตรอย เมื่อใช้สารละลาย  
 ปรอทคลอไรด์ 10 % ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

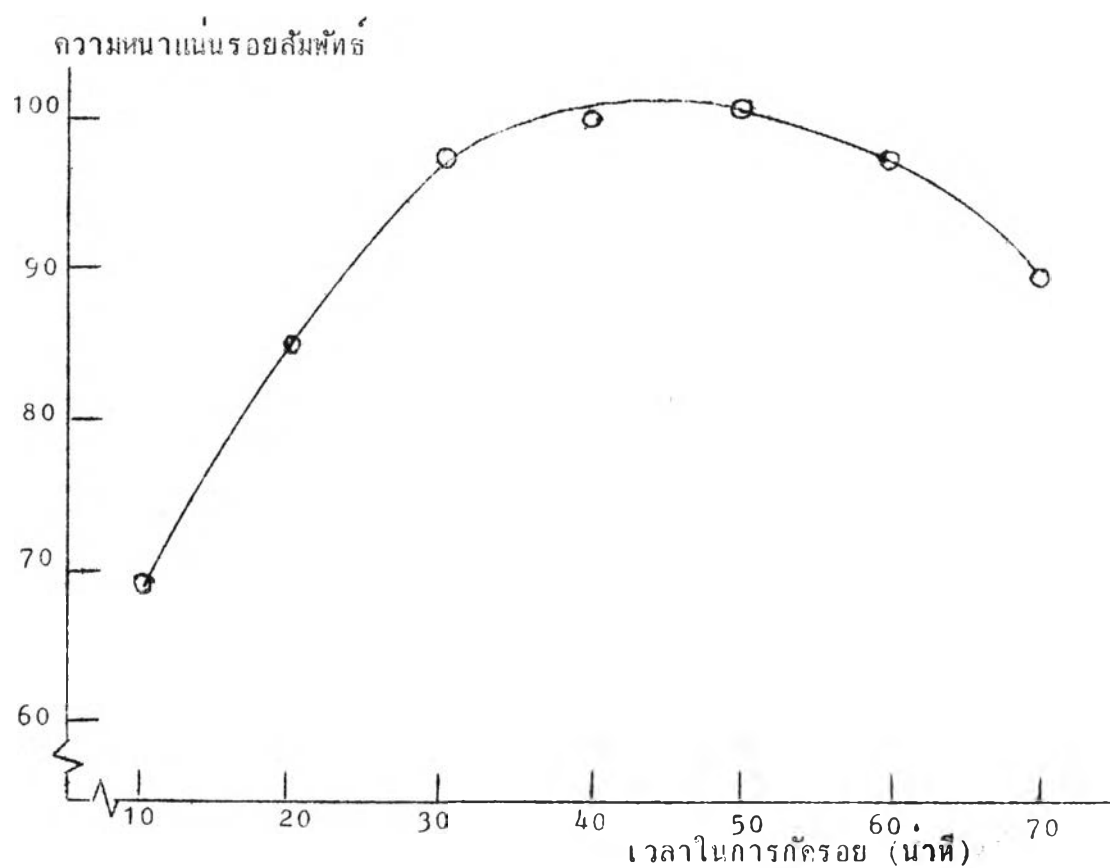


## ตารางที่ 6.2

ผลการนับรอยของอนุภาคแอลฟาเมื่อใช้ถอยด้วยสารละลายไฮโดรอกไซด์  
10 % อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน

| etching time<br>(min.) | tracks/0.0225 mm. <sup>2</sup> |       | relative tracks density * |       |         |
|------------------------|--------------------------------|-------|---------------------------|-------|---------|
|                        | No. 1                          | No. 2 | No. 1                     | No. 2 | Average |
| 10                     | 51.2                           | 51.9  | 69.0                      | 68.3  | 68.7    |
| 20                     | 62.9                           | 64.3  | 84.8                      | 84.6  | 84.7    |
| 30                     | 72.0                           | 74.1  | 97.0                      | 97.5  | 97.3    |
| 40                     | 73.3                           | 75.7  | 98.8                      | 99.6  | 99.2    |
| 50                     | 74.2                           | 76.0  | 100.0                     | 100.0 | 100.0   |
| 60                     | 72.1                           | 73.7  | 97.2                      | 96.9  | 97.1    |
| 70                     | 66.0                           | 68.2  | 88.9                      | 89.7  | 89.3    |

\* เทียบกับความหนาแน่นรอยเมื่อถอยเป็นเวลา 50 นาที



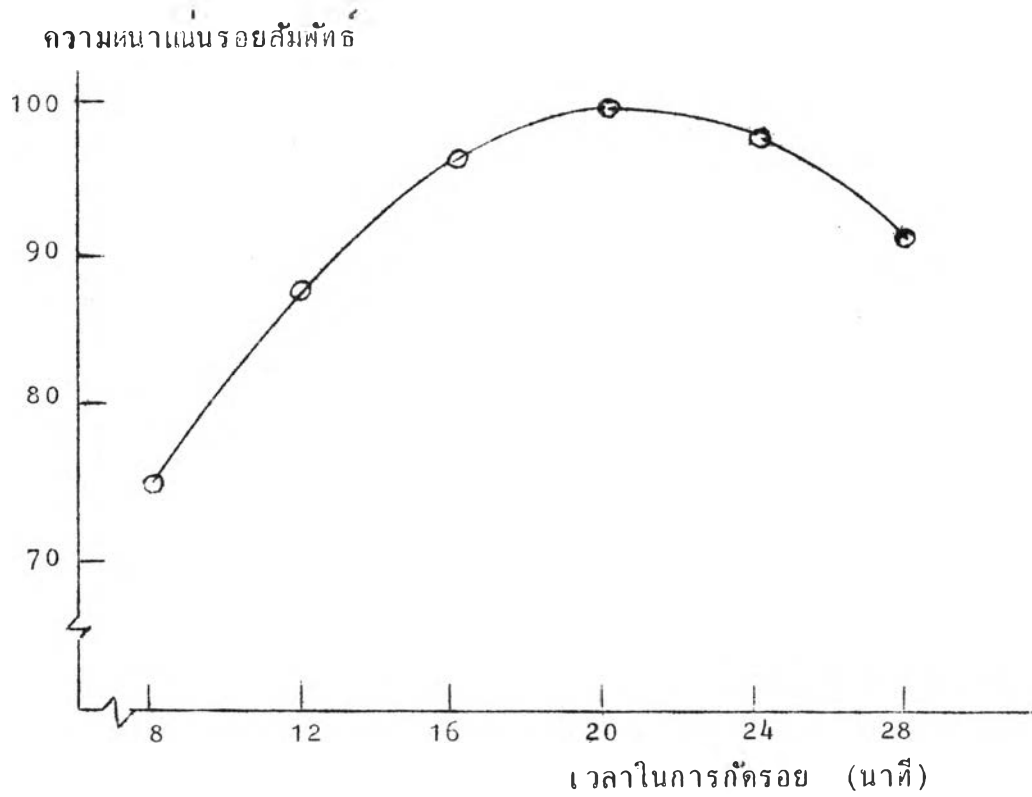
รูปที่ 6.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรอยของอนุภาคแอลฟาที่เกิดจากปฏิกิริยา  $(n, \alpha)$  กับเวลาในการกั้ตรอย เมื่อใช้สารละลาย โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 10 % ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 6.3

ผลการนับรอยของอนุภาคแอลฟาเมื่อกักรอยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์  
10 % อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน

| etching time<br>(min.) | tracks/0.0225 mm. <sup>2</sup> |       | relative tracks density * |       |         |
|------------------------|--------------------------------|-------|---------------------------|-------|---------|
|                        | No. 1                          | No. 2 | No. 1                     | No. 2 | Average |
| 8                      | 55.9                           | 55.4  | 74.3                      | 75.5  | 74.9    |
| 12                     | 64.8                           | 65.2  | 86.1                      | 88.8  | 87.5    |
| 16                     | 72.0                           | 70.8  | 95.8                      | 96.5  | 96.2    |
| 20                     | 75.2                           | 73.4  | 100.0                     | 100.0 | 100.0   |
| 24                     | 73.0                           | 71.3  | 97.2                      | 98.0  | 97.6    |
| 28                     | 69.2                           | 66.6  | 92.1                      | 90.7  | 91.4    |

\* เทียบกับความหนาแน่นรอยเมื่อกักรอยเป็นเวลา 20 นาที



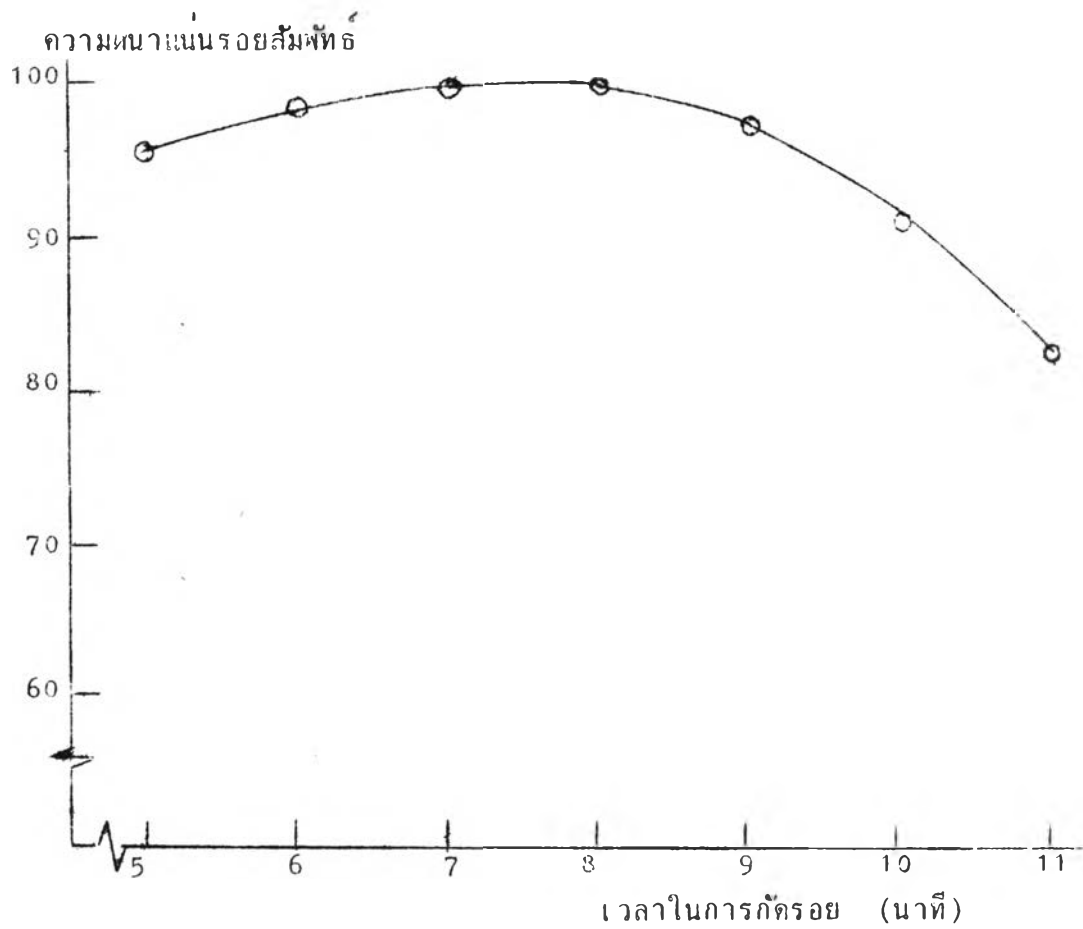
รูปที่ 6.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรอยของอนุภาคแอลฟาที่เกิดจากปฏิกิริยา ( $\alpha$ ) กับเวลาในการกัดรอย เมื่อใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 % ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

## ตารางที่ 6.4

ผลการนับรอยของอนุภาคแอลฟาเมื่อถักรอยด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์  
10 % อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน

| etching time<br>(min.) | tracks/0.0225 mm. <sup>2</sup> |       | relative tracks density * |       |         |
|------------------------|--------------------------------|-------|---------------------------|-------|---------|
|                        | No. 1                          | No. 2 | No. 1                     | No. 2 | Average |
| 5                      | 73.2                           | 72.4  | 97.0                      | 94.5  | 95.8    |
| 6                      | 74.5                           | 74.9  | 98.8                      | 97.9  | 98.4    |
| 7                      | 74.9                           | 75.6  | 99.4                      | 98.7  | 99.1    |
| 8                      | 75.4                           | 76.6  | 100.0                     | 100.0 | 100.0   |
| 9                      | 73.4                           | 73.9  | 97.4                      | 96.5  | 97.0    |
| 10                     | 68.8                           | 69.2  | 91.2                      | 90.4  | 90.8    |
| 11                     | 62.1                           | 63.3  | 82.4                      | 82.6  | 82.5    |

\* เทียบกับความหนาแน่นรอยเมื่อถักรอยเป็นเวลา 8 นาที

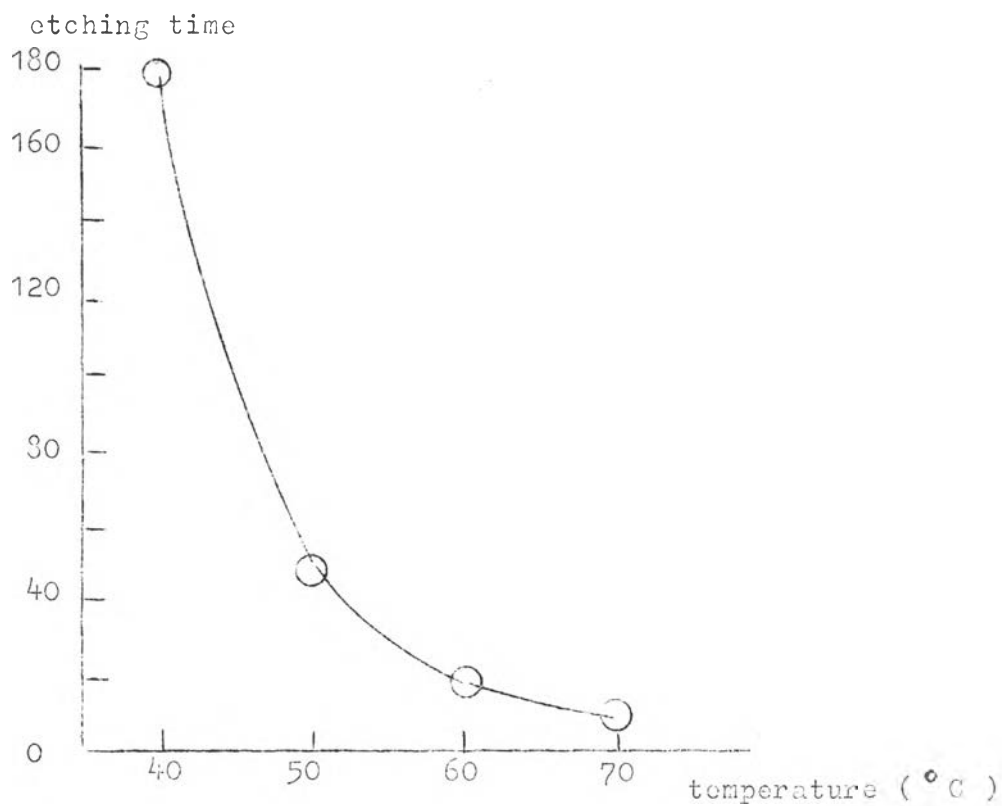


รูปที่ 6.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรอยของอนุภาค  
 แอกลฟาที่เกิดจากปฏิกิริยา ( $n, \sigma_r$ ) กับเวลาในการกัดรอยเมื่อใช้สารละลาย  
 โซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 % ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

## ตารางที่ 6.5

เวลาที่เหมาะสมในการกัดรอยเพื่อให้ได้ความหนาแน่นรอยของอนุภาคแอลฟา จากปฏิกิริยา ( $n, \alpha$ ) สูงสุด เมื่อกัดรอยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 % ที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน

| temperature<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | etching time at maximum<br>tracks density<br>(min) |
|---------------------------------------|--|
| 40                                    | 180  |
| 50                                    | 50   |
| 60                                    | 20   |
| 70                                    | 8  |



รูปที่ 6.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการกัดรอยเพื่อให้ได้ความหนาแน่นรอยสูงสุด เมื่อใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 % กับอุณหภูมิในการกัดรอย

6.5 เปรียบเทียบการกักรอยของอนุภาคแอลฟาที่เกิดบนฟิล์มเชลลูโลสในเตรทเมื่อใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 10 % ที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบันทึกรอยของอนุภาคแอลฟาที่เกิดจากปฏิกิริยา ( $\alpha, \text{OC}$ ) (ดูจากความหนาแน่นรอย) เมื่อกักรอยด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 10 % ที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส การทดลองทำโดยนำฟิล์มเชลลูโลสในเตรทไปอาบนิวตรอนจากต้นกำเนิด พลูโตเนียม-เบอริลเลียม ที่บ่งชี้ในน้ำ โดยการใส่แผ่นแคดเมียมหุ้มส่วนหนึ่งของฟิล์มไว้ โดยอาบที่ระยะห่างจากต้นกำเนิดนิวตรอน 78 มม. เป็นเวลา 7.5 ชั่วโมง แล้วนำฟิล์มที่ได้อาบนิวตรอนแล้วมาแบ่งออกเป็น 4 ส่วน โดยในแต่ละส่วนจะมีฟิล์มส่วนที่หุ้มและไม่หุ้มแคดเมียมอยู่ด้วย นำฟิล์มที่แบ่งทั้งสี่ชิ้นนี้ ไปกักรอยที่เงื่อนไขเวลาที่เหมาะสม อุณหภูมิ ต่างๆกัน คือ  $40^{\circ}\text{C}$ . 3 ชม.,  $50^{\circ}\text{C}$ . 50 นาที ,  $60^{\circ}\text{C}$ . 20 นาที และ  $70^{\circ}\text{C}$ . 8 นาที ตามกรรมวิธีตามข้อที่ 6.2 แล้วนำฟิล์มที่กักรายแล้วมาอ่านความหนาแน่นรอยที่เกิดจากเทอร์มาล และ เอพิเทอร์มาลนิวตรอน โดยนับจำนวนรอยแผ่นละ 50 ครั้ง บันทึกผลการอ่านความหนาแน่นรอย หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลองซ้ำอีก รวมทั้งสิ้น 3 ชุด แล้วนำค่าที่ได้จากการทดลองทั้ง 3 ชุดมาหาค่าเฉลี่ยอีกครั้งหนึ่ง ปรากฏผลหาค่าตารางที่ 6.6



ตารางที่ 6.6

แสดงค่าเฉลี่ย และความหนาแน่นรอยของอนุภาคแอลฟาที่เกิดจากปฏิกิริยา  
 ฝนนิวเคลียร์ร่วมกับอนุภาคคอสมิกในอากาศเหนือสถานีเขื่อนจุฬาภรณ์  
 10 / ในเวลาที่เหมาะสม ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส

| etching<br>condition | tracks/0.0225 mm <sup>2</sup> |           |             |           |            |           |            |           |
|----------------------|-------------------------------|-----------|-------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
|                      | No.1                          |           | No.2        |           | No.3       |           | average    |           |
|                      | *                             | **        | *           | **        | *          | **        | *          | **        |
| 40 C, 3hr.           | 76.59±9.87                    | 2.31±2.19 | 77.72±10.37 | 2.48±2.28 | 76.14±9.51 | 2.37±2.13 | 76.81±9.91 | 2.38±2.20 |
| 50 C, 50 min         | 75.08±8.86                    | 2.29±2.04 | 78.46±9.84  | 2.50±2.40 | 75.40±9.03 | 2.41±2.18 | 76.31±9.24 | 2.40±2.21 |
| 60 C, 20 min         | 76.24±9.67                    | 2.32±2.12 | 78.12±10.14 | 2.38±2.18 | 74.08±9.88 | 2.19±2.07 | 76.15±9.89 | 2.29±2.12 |
| 70 C, 8 min          | 73.40±9.17                    | 2.25±2.11 | 76.48±10.03 | 2.25±2.01 | 74.71±9.73 | 2.43±2.16 | 74.86±9.87 | 2.31±2.09 |

กรมวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม  
 กรมควบคุมมลพิษ  
 กรุงเทพมหานคร

6.5 หากความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรอยของอนุภาคแอลฟาที่เกิดจากปฏิกิริยา (n, α) กับเวลาในการฉายนิวตรอน

การวิจัยในขั้นนี้ต้องการจะดูความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรอยของอนุภาคแอลฟา กับ เวลาในการฉายนิวตรอนหรือคือปริมาณนิวตรอนนั่นเอง การทดลองทำโดยการนำฟิล์มเซลลูโลสโบเตรคที่ส่วนหนึ่งหุ้มด้วยแคดเมียมความหนาประมาณ 1 มม. ไปฉายนิวตรอนจากต้นกำเนิด ซุกโคเนียม-เบอริลเคลือบที่แช่ในน้ำ ระยะทาง 78 มม. เป็นเวลา 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 นาที แล้วนำฟิล์มไปฉายนิวตรอนนั้นมาวัดรอยตามวิธีในข้อ 6.2 ต่อมาจึงนำฟิล์มนั้นมาอ่านความหนาแน่นรอยของอนุภาคแอลฟาจาก เครื่องเทอร์มาลนิวตรอน ส่วนฟิล์มที่ไม่ได้หุ้มแคดเมียมจะเป็นความหนาแน่นรอยที่เกิดจากทั้งเทอร์มาลและเอพิเทอร์มาลนิวตรอน บันทึกผลการนับ แล้วนำมาเขียน กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรอยกับ เวลาในการฉายนิวตรอน โดยที่พิจารณาเห็นว่าความสัมพันธ์เป็นไปแบบเชิงเส้น จึงตรวจสอบหาความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างค่าทั้งสอง และหาสมการเส้นตรงที่เหมาะสม จากสูตร

$$r = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{(N \sum X^2 - (\sum X)^2)(N \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

$$y = a_1 x + a_0$$

$$A_0 = \text{y-intercept} = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{N \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$A_1 = \text{slope} = \frac{\sum Y \sum X^2 - \sum XY \sum X}{N \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

จากนี้ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนระยะทางเป็น 128 มม. และใช้เวลาฉายนิวตรอน 3, 6, 9, 12, 15, 18, 20 ชม. ล้างฟิล์ม และอ่านความหนาแน่นรอย บันทึกผล เป็นเดียวกัน และเปลี่ยนระยะทางเป็น 205 มม. โดยใช้เวลาฉายนิวตรอน 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 และ 24 ชั่วโมง อีกครั้งหนึ่ง ผลปรากฏ ดังตารางที่ 6.7, 6.8, 6.9 ตามลำดับ

## ตารางที่ 6.7

แสดงความหนาแน่นรอยของอนุภาคแอลฟาเมื่อนำฟิล์มอบนิวตรอน ที่ระยะห่าง 78 มม จากต้นกำเนิด สัมพันธ์กับเวลาในการอบนิวตรอน เมื่อกำจัดรอยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 % ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที

| irradiation<br>time<br>(min) | tracks/0.0225 mm. <sup>2</sup> |     |       |     |         |     |
|------------------------------|--------------------------------|-----|-------|-----|---------|-----|
|                              | No. 1                          |     | No. 2 |     | Average |     |
|                              | *                              | **  | *     | **  | *       | **  |
| 20                           | 15.4                           | 0.5 | 14.8  | 0.3 | 15.1    | 0.4 |
| 40                           | 34.2                           | 1.0 | 32.4  | 0.8 | 33.3    | 0.9 |
| 60                           | 47.5                           | 1.5 | 46.3  | 1.3 | 46.9    | 1.4 |
| 80                           | 63.3                           | 2.2 | 61.7  | 1.8 | 62.5    | 2.0 |
| 100                          | 81.7                           | 2.7 | 78.7  | 2.5 | 80.2    | 2.6 |
| 120                          | 96.3                           | 3.2 | 94.5  | 3.0 | 95.4    | 3.1 |

\* ความหนาแน่นรอยจากเทอร์มาลนิวตรอนฟลักซ์

\*\* ความหนาแน่นรอยจากเอมิเทอร์มาลนิวตรอนฟลักซ์

ทดสอบหาความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear correlation) โดยสมการ

$$r = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2][N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

| X        | Y    | XY    | X <sup>2</sup> | Y <sup>2</sup> |
|----------|------|-------|----------------|----------------|
| 20       | 15.1 | 302   | 400            | 228.01         |
| 40       | 33.3 | 1332  | 1600           | 1108.89        |
| 60       | 46.9 | 2814  | 3600           | 2199.61        |
| 80       | 62.5 | 5000  | 6400           | 3906.25        |
| 100      | 80.2 | 8020  | 10000          | 6432.04        |
| 120      | 95.4 | 11448 | 14400          | 9101.16        |
| $\Sigma$ | 420  | 33468 | 36400          | 22975.96       |

$$r = 0.99942$$

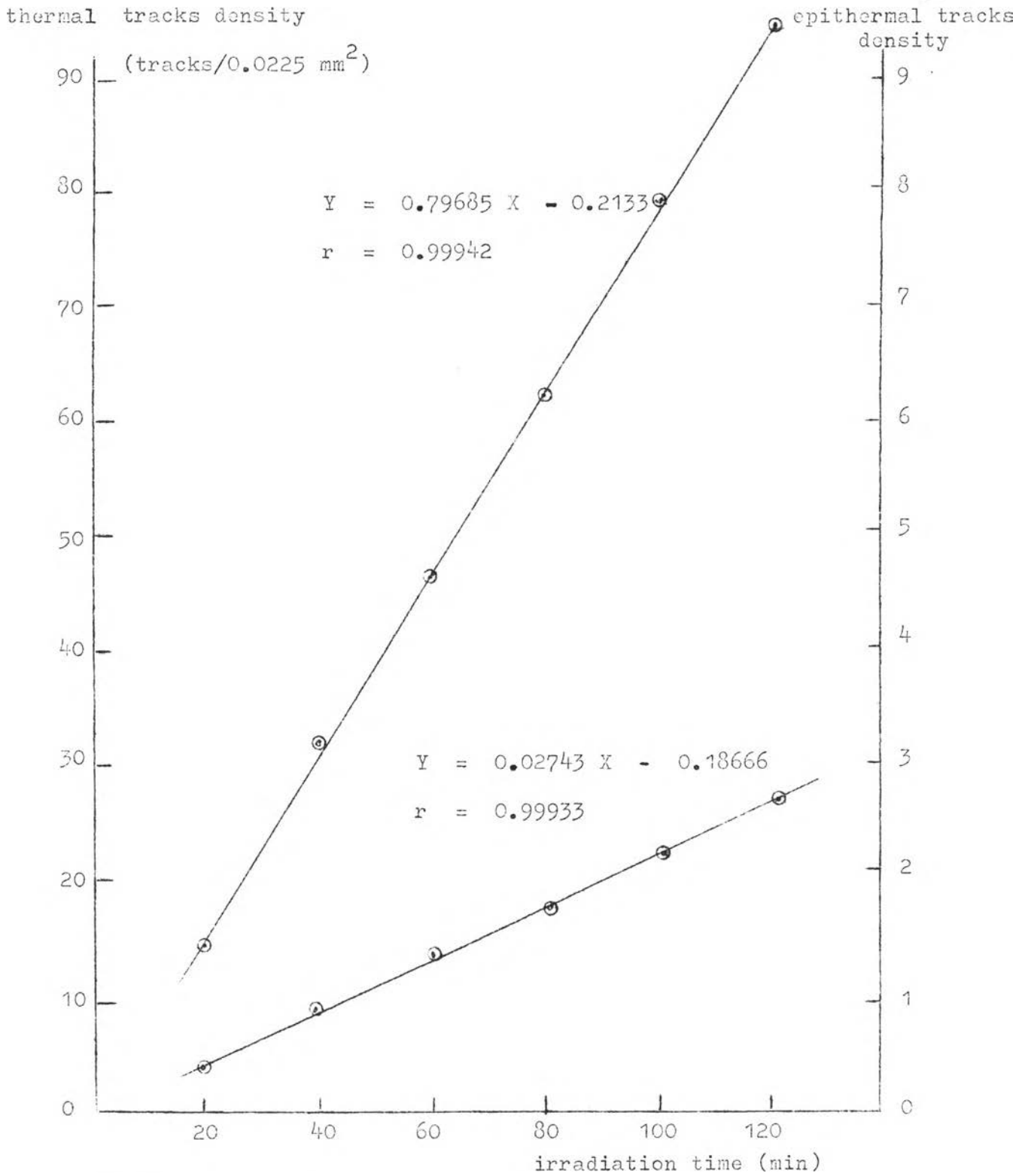
หาสมการเส้นตรงที่เหมาะสม โดยใช้ Method of least square

$$a_1 = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{N \sum X^2 - (\sum X)^2} = \frac{33468}{42000} = 0.79685$$

$$a_0 = \frac{\sum Y \sum X^2 - \sum XY \sum X}{N \sum X^2 - (\sum X)^2} = \frac{-8960}{42000} = -0.21333$$

$$a_1 = \text{slope} \quad a_0 = \text{y-intercept}$$

$$\text{สมการคือ} \quad Y = 0.79685X - 0.21333$$



รูปที่ 6.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรอยกับเวลาการอบรังสี

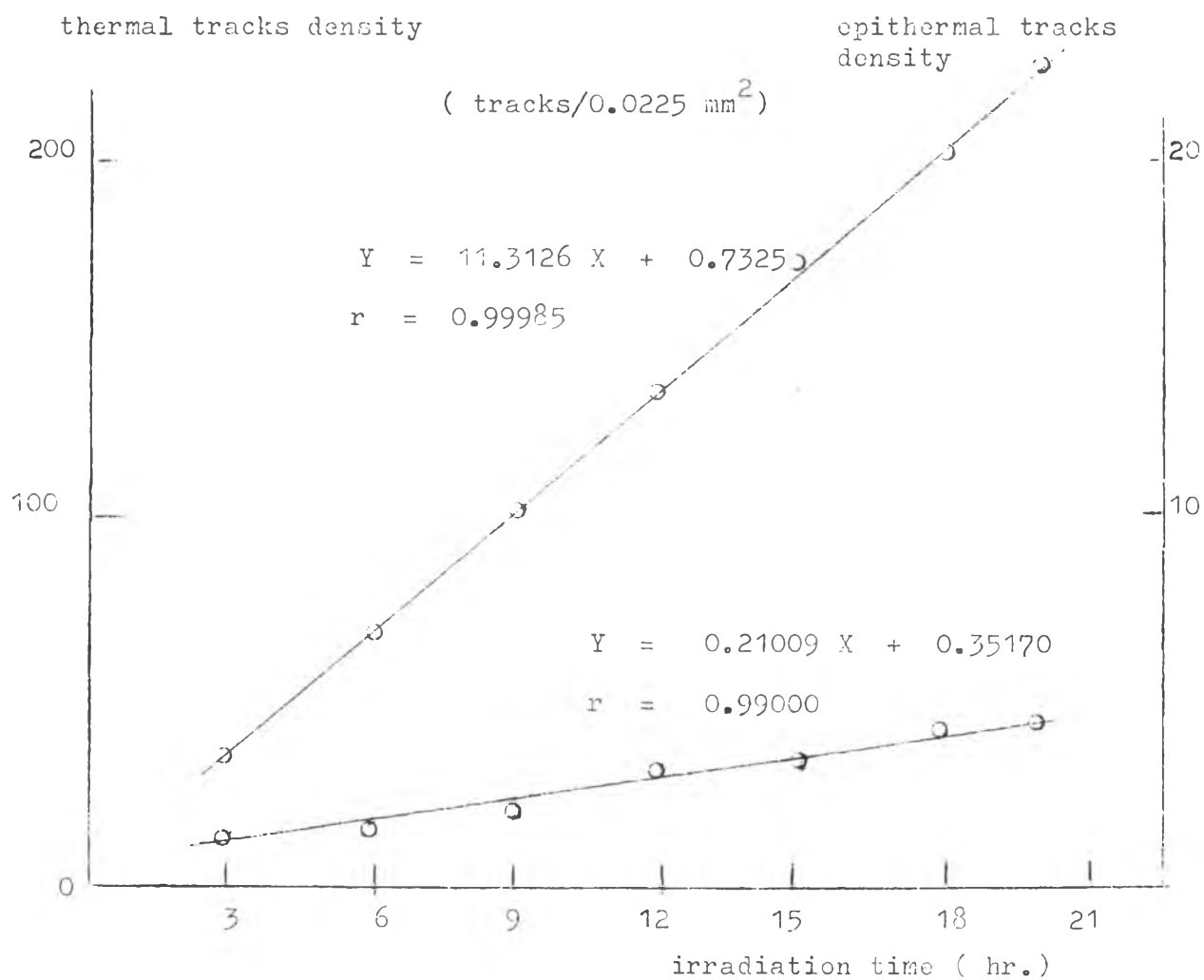
## ตารางที่ 6.8

แสดงความหนาแน่นรอยของอนุภาคแอลฟา เมื่อนำฟิล์มอามนีวตรอนที่ระยะห่าง 128 มม. จากต้นกำเนิด สัมพันธ์กับเวลาในการอามนีวตรอน เมื่อกำจัดรอยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 % ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที

| irradiation time<br>(hr.) | tracks/0.0225 mm. <sup>2</sup> |     |       |     |         |     |
|---------------------------|--------------------------------|-----|-------|-----|---------|-----|
|                           | No. 1                          |     | No. 2 |     | average |     |
|                           | *                              | **  | *     | **  | *       | **  |
| 3                         | 34.0                           | 1.2 | 34.4  | 1.2 | 34.2    | 1.2 |
| 6                         | 70.4                           | 1.5 | 68.6  | 1.3 | 69.5    | 1.4 |
| 9                         | 104.9                          | 2.2 | 100.7 | 1.8 | 102.8   | 2.0 |
| 12                        | 137.2                          | 3.1 | 132.3 | 3.0 | 134.7   | 3.1 |
| 15                        | 171.5                          | 3.4 | 173.3 | 3.6 | 172.4   | 3.5 |
| 18                        | 206.1                          | 4.1 | 201.5 | 4.3 | 203.8   | 4.2 |
| 20                        | 226.7                          | 4.2 | 227.3 | 4.8 | 227.0   | 4.5 |

\* ความหนาแน่นรอยจากเทอร์มาลนีวตรอนฟลักซ์

\*\* ความหนาแน่นรอยจากเอพิเทอร์มาลนีวตรอนฟลักซ์



รูปที่ 6.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรอยกับเวลาการฉายรังสี เมื่อฉายรังสีห่างจากต้นกำเนิด 128 มม. และกัตรอยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาที

## ตารางที่ 6.9

แสดงความหนาแน่นรอยของอนุภาคแอลฟา เมื่อนำฟิล์มอบนิวตรอนที่ระยะห่าง 205 มม. จากต้นกำเนิด สัมพันธ์กับเวลาในการอบนิวตรอน เมื่อก็ดรอยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 % ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที

| irradiation time<br>(hr.) | tracks/0.0225 mm <sup>2</sup> |     |      |     |         |     |
|---------------------------|-------------------------------|-----|------|-----|---------|-----|
|                           | No.1                          |     | No.2 |     | average |     |
|                           | *                             | **  | *    | **  | *       | **  |
| 3                         | 10.6                          | 0.3 | 9.0  | 0.1 | 9.8     | 0.2 |
| 6                         | 20.4                          | 0.3 | 18.2 | 0.2 | 19.3    | 0.3 |
| 9                         | 27.1                          | 0.4 | 26.3 | 0.4 | 26.7    | 0.4 |
| 12                        | 36.6                          | 0.7 | 35.6 | 0.5 | 36.1    | 0.6 |
| 15                        | 47.7                          | 0.9 | 42.3 | 0.7 | 45.0    | 0.8 |
| 18                        | 53.2                          | 1.0 | 53.6 | 0.8 | 53.4    | 0.9 |
| 21                        | 65.2                          | 1.2 | 61.0 | 0.9 | 63.1    | 1.1 |
| 24                        | 71.9                          | 1.4 | 70.5 | 1.0 | 71.2    | 1.2 |

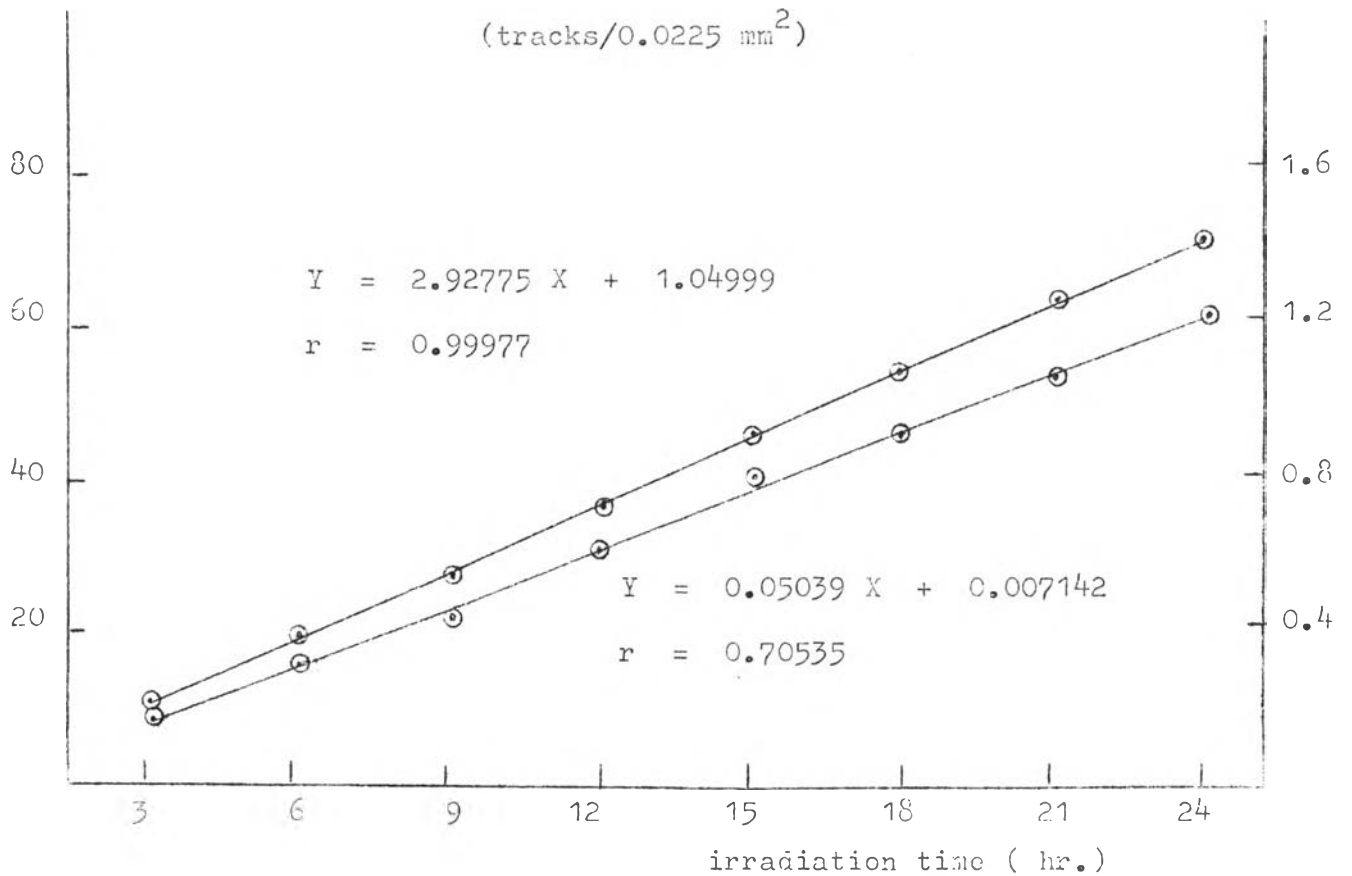
\* ความหนาแน่นรอยจากเทอร์มาลนิวตรอนฟลักซ์

\*\* ความหนาแน่นรอยจากเอพิเทอร์มาลนิวตรอนฟลักซ์



thermal tracks density

epithermal tracks density



รูปที่ 6.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรอยกับเวลาการอบรังสี เมื่ออบรังสีห่างจากต้นกำเนิด 205 มม. และกั้รอยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 % ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที

6.7 การหาความหนาแน่นรอยของอนุภาคแอลฟาที่เกิดจากปฏิกิริยา ( $n, \alpha$ ) เมื่อนำฟิล์มไปอบนิวตรอนในท่อลมจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู

เพื่อศึกษาการเกิดรอยอนุภาคแอลฟาบนฟิล์มเซลลูโลสไนเตรทเมื่อไปอบนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูเพื่อเปรียบเทียบกับนิวตรอนจากต้นกำเนิดชนิดพลูโตเนียมเบอร์ลิเลียม จึงได้นำฟิล์มซึ่งมีบางส่วนหุ้มด้วยแกดเมียมไปอบนิวตรอน โดยใส่ใน แรบบิท ยิงเข้าทางท่อลมของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูแบบ TRIGA MARK III ที่สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ บางเขน ขณะที่ดินเครื่องกำลังค่า ประมาณ 500 วัตต์ ทั้งนี้เพราะเมื่อเดินเครื่องกำลังสูงแล้วปริมาณนิวตรอนหรือนิวตรอนฟลักซ์จะสูงมากทำให้เกิดรอยของอนุภาคแอลฟาหนาแน่นจนไม่สามารถต่อการอ่าน ในการทดลองได้ทำเป็นสองชุด ใช้เวลาอบรังสี 15 และ 30 วินาที เมื่อนำมากักรอย ตามหัวข้อ 6.2 แล้วนำมาอ่านความหนาแน่นรอย ได้ผลตามตารางที่ 6.10

ตารางที่ 6.10

แสดงความหนาแน่นรอยที่ได้จากการอบนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู ขณะเดินเครื่อง 500 วัตต์

| irradiation time<br>(sec) | tracks/cm <sup>2</sup> |          | rate of tracks formation<br>(tracks/cm <sup>2</sup> /sec.) |        |
|---------------------------|------------------------|----------|--|--------|
|                           | *                      | **       | *  | **     |
| 15                        | 502933.33              | 9911.11  | 33528.88   | 660.74 |
| 30                        | 1107511.10             | 18488.38 | 36817.03   | 616.29 |
|                           | average                |          | 35222.95   | 638.52 |

\* จากเทอร์มาลนิวตรอนฟลักซ์

\*\* จากเอพิเทอร์มาลนิวตรอนฟลักซ์

## 6.8 การวัดนิวตรอนลึกลับ

ในการวิจัยนี้ทำการวัดห่านิวตรอนฟลักซ์จากต้นกำเนิดนิวตรอนชนิด พลูโทเนียม-เบอริลเลียม ที่แช่ในน้ำ ระยะทางห่างจากต้นกำเนิดต่างๆกัน และ นิวตรอน ลึกลับที่เกิดในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูขณะเดินเครื่องกำลัง 500 วัตต์ โดยการยิงเข้าทางท่อลม การวัดในการวิจัยนี้ใช้วิธี นิวตรอนแอกติเวชัน ถือนำแผ่น ฟอยไปอายุนิวตรอนที่ระยะทางหรือตำแหน่งที่ต้องการห่านิวตรอนฟลักซ์นั้น เมื่อ นิวตรอนชนฟอยจะเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ได้ไอโซโทปที่เป็นกัมมันตรังสี และจาก การวัดปริมาณรังสีที่แผ่นฟอยส่งออกมาหลังการอบนิวตรอน จะสามารถคำนวณ กลับไปหา นิวตรอนฟลักซ์ที่จุดที่ต้องการวัดนั้นได้ ตามหัวข้อที่ 2.5, 2.6 และ 2.7 ซึ่งเมื่อหุ้มฟอยด้วยแคดเมียมความหนาที่เหมาะสมก็จะสามารถคำนวณหาได้ ทั้ง เทอร์มาลและเอพิเทอร์มาลนิวตรอนฟลักซ์

ในการวัดปริมาณรังสีหรืออัตราการแผ่รังสีที่ออกมาจากแผ่นฟอยที่นำไป ออบนิวตรอน ไปเครื่องมือสองขบขบ คือ สำหรับแผ่นฟอยที่มี ครึ่งชีวิตยาวพอสมควร ได้แก่ แผ่นอินเดียม และแผ่นทอง จะใช้เครื่องวิเคราะห์แบบหลายช่อง วัดรังสี แกมมา ที่ถูกส่งออกมาในช่วงพลังงานหนึ่ง แต่สำหรับฟอยที่มีครึ่งชีวิตสั้นไม่สะดวก ต่อการใช้เครื่องวิเคราะห์แบบหลายช่องใช้วัดอัตราการแผ่รังสีทั้งหมดด้วยเครื่อง วัด โกลเจอร์มูลเลอร์

ในการใช้เครื่องวิเคราะห์แบบหลายช่องวัดอัตราการแผ่รังสีแกมมาจาก แผ่นอินเดียม เลือกวัดที่พลังงาน 1.293 MeV ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ของการแผ่รังสี แกมมาพลังงานนี้ 80 %

ในการใช้เครื่องวิเคราะห์แบบหลายช่องวัดอัตราการแผ่รังสีแกมมาจาก แผ่นทอง เลือกวัดที่พลังงาน 0.412 MeV ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ของการแผ่รังสีแกมมา พลังงานนี้ 95 %

จากการทราบ percent abundance ของไอโซโทปที่นำไปแอกติเวต และทราบประสิทธิภาพของหัววัด เราจะสามารถคำนวณหาค่านิวตรอนฟลักซ์ได้ ซึ่งผลการทดลองปรากฏดังต่อไปนี้

ตารางที่ 6.11

แสดงอัตราการฟุ้งสีของแผ่นอินเดียมเมื่ออามนิวาร์อนจากต้นกำเนิด พลูโตเนียม-เบอริลเลี้ยงมาอยู่ในน้ำระยะห่างต้นกำเนิด 78 ซม.

| mg/cm <sup>2</sup> | irradiation time (min.) | waiting time (min.) | true cpm. | cpm. at saturating | normalized to 100.30 mg/cm <sup>2</sup> |
|--------------------|-------------------------|---------------------|-----------|--------------------|---|
| 36.28              | 227                     | 3                   | 1181.4    | 1297.8             | 1509.18                                 |
| 36.28              | 227                     | 12                  | 1005.6    | 1240.2             | 1441.92                                 |
| 36.28              | 360                     | 2                   | 1239.0    | 1284.0             | 1492.92                                 |
| 36.28              | 360                     | 11                  | 1162.2    | 1351.8             | 1571.64                                 |
| 36.06              | 215                     | 3                   | 1173.0    | 1301.4             | 1516.30                                 |
| 36.06              | 215                     | 10.5                | 1075.2    | 1313.4             | 1530.84                                 |
| 100.30             | 295                     | 3.5                 | 1451.4    | 1553.4             | 1553.40                                 |
| 100.30             | 295                     | 12                  | 1280.8    | 1538.4             | 1538.40                                 |
|                    |                         |                     |           | average            | 1519.44                                 |

## ตารางที่ 6.12

ผลตรวจวิเคราะห์การแผ่รังสีของหมันดินเคี่ยมห้วยควายแควเมืองเมื่อวางนิวตรอน จาก  
 สังกาเน็ค พลูโตเนียม-เบอริลเปลี่ยนเป็นน้ำระยะห่างสังกาน้ำเค็ม 78 มม.

| mg/cm <sup>2</sup> | irradiation<br>time<br>(min.) | waiting<br>time<br>(min.) | true cpm. | cpm. at<br>saturating | normalized<br>to 100.50<br>ug/cm <sup>2</sup> |
|--------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------|-----------------------|---|
| 78.58              | 227                           | 8                         | 101.4     | 119.4                 | 152.58  |
| 78.58              | 227                           | 16                        | 90.6      | 117.6                 | 150.42  |
| 78.58              | 360                           | 7                         | 117.6     | 130.2                 | 116.26  |
| 78.58              | 360                           | 15                        | 103.2     | 126.0                 | 161.04  |
| 107.88             | 215                           | 7                         | 138.0     | 161.4                 | 150.48  |
| 107.88             | 215                           | 14.5                      | 130.8     | 168.6                 | 157.20  |
| 100.54             | 295                           | 8                         | 135.6     | 153.6                 | 153.54  |
| 100.54             | 295                           | 16                        | 123.6     | 155.4                 | 155.04  |
| average            |                               |                           |           |                       | 155.82  |

ตารางที่ 6.13

แสดงอัตราการแผ่รังสีของแผ่นอินเดียมเมื่อฉายนิวตรอนจากต้นกำเนิด ซีจูโตเนียม  
-เบอร์ริลเลี้ยงแผ่นในน้ำระยะทางศูนย์กลาง 128 ซม.

| mg/cm <sup>2</sup> | irradiation<br>time<br>(min.) | waiting<br>time<br>(min.) | true cpm. | cpm. at<br>saturating | normalized<br>to 100.30<br>mg/cm <sup>2</sup> |
|--------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------|-----------------------|---|
| 98.54              | 257                           | 3                         | 318.0     | 343.2                 | 349.26  |
| 98.54              | 257                           | 13                        | 297.6     | 364.8                 | 371.64  |
| 98.54              | 3 6                           | 2                         | 369.0     | 381.0                 | 388.08  |
| 98.54              | 336                           | 10                        | 358.2     | 410.4                 | 417.42  |
| 100.30             | 232                           | 2                         | 374.4     | 405.0                 | 404.88  |
| 100.30             | 232                           | 9.5                       | 318.0     | 378.6                 | 378.84  |
| 98.78              | 335                           | 2                         | 358.8     | 373.2                 | 376.74  |
| 98.78              | 335                           | 10                        | 357.6     | 412.2                 | 418.74  |
| average            |                               |                           |           |                       | 388.20  |

## ตารางที่ 6.14

แสดงอัตราการแผ่รังสีของแผ่นอนิเมียมหุ้มด้วยแกด.เนียมเมื่ออบนิวตรอน จาก  
กัมมาเน็ดสตรูโตเนียม-เบอริลเสื่อมสลายในน้ำระยะห่างต้นกำเนิด 128 ซม.

| ng/cm <sup>2</sup> | irradiation<br>time<br>(min.) | waiting<br>time<br>(min.) | true cpm. | cpm. at<br>saturating | normalized<br>to 100.30<br>ng/cm <sup>2</sup> |
|--------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------|-----------------------|---|
| 94.82              | 257                           | 7                         | 21.00     | 23.4                  | 25.08   |
| 94.82              | 257                           | 17                        | 17.4      | 22.2                  | 23.82   |
| 94.82              | 336                           | 6                         | 22.2      | 23.4                  | 25.32   |
| 94.82              | 336                           | 14                        | 19.2      | 22.8                  | 24.18   |
| 100.54             | 232                           | 6.5                       | 20.4      | 23.4                  | 23.34   |
| 100.54             | 232                           | 13                        | 19.8      | 25.2                  | 24.90   |
| 98.33              | 335                           | 6                         | 22.8      | 25.2                  | 25.38   |
| 98.33              | 335                           | 13                        | 19.2      | 22.8                  | 23.22   |
| average            |                               |                           |           |                       | 24.42   |

ตารางที่ 6.15

แสดงอัตราการแผ่รังสีของแผ่นอินเดียมเมื่อฉายนิวตรอนจากต้นกำเเค็ด พลูโตเนียม  
-เบอร์ริลเลียมชนิดบีในน้ำระยะห่างต้นกำเเค็ด 205 มม.

| mg/cm <sup>2</sup> | irradiation<br>time<br>(min.) | waiting<br>time<br>(min.) | true cpm. | cpm. at<br>saturating | normalized<br>to 107.88<br>mg/cm <sup>2</sup> |
|--------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------|-----------------------|---|
| 36.84              | 287                           | 2                         | 80.4      | 84.6                  | 104.88  |
| 36.84              | 287                           | 10                        | 70.2      | 82.2                  | 102.18  |
| 73.82              | 406                           | 2                         | 76.2      | 78.6                  | 114.84  |
| 73.82              | 406                           | 9                         | 69.0      | 77.4                  | 113.82  |
| 78.13              | 250                           | 2                         | 75.0      | 79.8                  | 110.46  |
| 78.13              | 250                           | 9                         | 67.2      | 78.0                  | 107.94  |
| 107.88             | 720                           | 2                         | 106.2     | 108.6                 | 109.08  |
| 107.88             | 720                           | 8.5                       | 97.8      | 109.2                 | 109.32  |
| average            |                               |                           |           |                       | 109.02  |



## ตารางที่ 5.16

แสดงอัตราการแผ่รังสีของแผ่นอินเดียมที่หุ้มด้วยกระดาษเคลือบเรซินที่วัดจาก  
ต้นกำเนิด พลูโตเนียม-เบอริลเคลือบในน้ำระยะห่างต้นกำเนิด 205 มม.

| mg/cm <sup>2</sup> | irradiation<br>time<br>(min.) | waiting<br>time<br>(min.) | true cpm. | cpm. at<br>saturating | normalized<br>to 107.58<br>mg/cm <sup>2</sup> |
|--------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------|-----------------------|---|
| 99.01              | 237                           | 6                         | 3.0       | 3.6                   | 3.90  |
| 99.01              | 237                           | 15                        | 3.0       | 4.2                   | 4.32  |
| 99.01              | 406                           | 5.5                       | 4.8       | 4.8                   | 5.34  |
| 99.01              | 406                           | 12                        | 4.2       | 5.4                   | 5.64  |
| 98.78              | 250                           | 5.5                       | 4.2       | 4.8                   | 5.58  |
| 98.78              | 250                           | 12.5                      | 4.2       | 4.8                   | 5.28  |
| 94.51              | 720                           | 5.5                       | 4.2       | 4.2                   | 4.92  |
| 94.51              | 720                           | 11.5                      | 3.6       | 4.2                   | 4.74  |
| average            |                               |                           |           |                       | 4.98  |



ตารางที่ 6.17

แสดงอัตราการแผ่รังสีของแผ่นทองเมื่ออาบนิวตรอนจากต้นกำเ็นิด พลูโตเนียม-เบอริลเลี้ยงในน้ำ ระยะห่างต้นกำเ็นิด 78 มม.

| mg/cm <sup>2</sup> | irradiation time (hr.) | waiting time (min.) | true cpm. | cpm. at saturating |
|--------------------|------------------------|---------------------|-----------|--------------------|
| 46.96              | 136.08                 | 3                   | 1365.6    | 1580.88            |
| 46.96              | 136.08                 | 8                   | 1343.4    | 1555.20            |
| 46.96              | 136.08                 | 12.5                | 1307.4    | 1513.56            |
| 46.96              | 136.08                 | 17                  | 1333.2    | 1543.44            |
|                    |                        |                     | average   | 1548.24            |

ตารางที่ 6.18

แสดงอัตราการแผ่รังสีของแผ่นทองหุ้มด้วยตะกั่วเมื่ออาบนิวตรอนจากต้นกำเ็นิด พลูโตเนียม-เบอริลเลี้ยงในน้ำ ระยะห่างต้นกำเ็นิด 78 มม.

| mg/cm <sup>2</sup> | irradiation time (hr.) | waiting time (min.) | true cpm. | cpm. at saturating | normalized to 46.96 mg/cm <sup>2</sup> |
|--------------------|------------------------|---------------------|-----------|--------------------|--|
| 46.85              | 136.08                 | 21.5                | 145.2     | 168.06             | 168.42                                 |
| 46.85              | 136.08                 | 26.5                | 143.4     | 166.02             | 166.38                                 |
| 46.85              | 136.08                 | 31.0                | 133.8     | 154.92             | 155.28                                 |
| 46.85              | 136.08                 | 35.5                | 134.4     | 155.58             | 155.94                                 |
|                    |                        |                     |           | average            | 161.52                                 |

ตารางที่ 6.19

แสดงอัตราการแผ่รังสีของแผ่นทองเมื่ออาบนิวตรอนจากต้นกำเนิด พลูโตเนียม-เบอริลเลียมแช่ในน้ำ ระยะห่างต้นกำเนิด 128 มม.

| mg/cm <sup>2</sup> | irradiation time (hr.) | waiting time (min.) | true cpm. | cpm. at saturating |
|--------------------|------------------------|---------------------|-----------|--------------------|
| 41.84              | 186.75                 | 2                   | 451.8     | 522.24             |
| 41.84              | 186.75                 | 6.5                 | 448.2     | 518.46             |
| 41.84              | 186.75                 | 12                  | 437.4     | 506.34             |
| 41.84              | 186.75                 | 16.5                | 441.6     | 510.72             |
| average            |                        |                     |           | 514.44             |

ตารางที่ 6.20

แสดงอัตราการแผ่รังสีของแผ่นทองหุ้มด้วยแคดเมียมเมื่ออาบนิวตรอนจากต้นกำเนิด พลูโตเนียม-เบอริลเลียมแช่ในน้ำ ระยะห่างต้นกำเนิด 128 มม.

| mg/cm <sup>2</sup> | irradiation time (hr.) | waiting time (min.) | true cpm. | cpm. at saturating | normalized to 41.84 mg/cm <sup>2</sup> |
|--------------------|------------------------|---------------------|-----------|--------------------|--|
| 54.86              | 186.75                 | 21                  | 33.6      | 39.18              | 29.94                                  |
| 54.86              | 186.75                 | 25.5                | 36.0      | 41.40              | 31.62                                  |
| 54.86              | 186.75                 | 30                  | 35.4      | 40.98              | 31.26                                  |
| 54.86              | 186.75                 | 36                  | 34.8      | 40.02              | 30.54                                  |
| average            |                        |                     |           |                    | 30.34                                  |

## ตารางที่ 6.21

แสดงอัตราการแผ่รังสีของแผ่นโรเดียมเมื่ออบนิวตรอนจากต้นกำเนิด  
พลูโตเนียม-เบอริลเลียมแช่ในน้ำ ระยะห่างกัมมันต์ 78 มม.

| mg/cm <sup>2</sup> | true cpm. | cpm at saturate<br>and after loading | normalized to<br>82.31 mg/cm <sup>2</sup> |
|--------------------|-----------|--------------------------------------|---|
| 80.04              | 1211.94   | 1563.35                              | 1563.12                                   |
| 80.48              | 1190.06   | 1535.13                              | 1571.71                                   |
| 76.60              | 1282.71   | 1654.64                              | 1497.50                                   |
| 78.02              | 1152.71   | 1486.95                              | 1523.66                                   |
| 75.43              | 1077.71   | 1390.19                              | 1473.08                                   |
| 82.31              | 1246.31   | 1607.45                              | 1607.45                                   |
| 78.55              | 1189.38   | 1534.25                              | 1534.02                                   |
| 81.09              | 1227.83   | 1583.84                              | 1583.62                                   |
| 79.29              | 1200.58   | 1548.69                              | 1548.47                                   |
| 75.99              | 1150.61   | 1484.24                              | 1484.02                                   |
|                    |           | เฉลี่ย                               | 1538.66                                   |

## ตารางที่ 6.22

แสดงอัตราการแผ่รังสีของแผ่น โรเคียม หุ้มด้วยแคดเมียม เมื่ออบนิวตรอน จากต้นกำเนิด พลูโทเนียม-เบอริลเลียม อยู่ในน้ำ ระยะห่างต้นกำเนิด 78 มม.

| mg/cm <sup>2</sup> | true cpm. | cpm at saturate<br>and after loading | normalized<br>to 82.31<br>mg/cm <sup>2</sup> | Cd.R  |
|--------------------|-----------|--------------------------------------|--|-------|
| 80.04              | 122.40    | 157.89                               | 162.36                                       | 9.63  |
| 80.48              | 116.97    | 150.88                               | 154.31                                       | 10.18 |
| 76.68              | 111.54    | 143.88                               | 154.44                                       | 9.69  |
| 78.02              | 100.68    | 129.87                               | 137.01                                       | 11.12 |
| 75.43              | 85.46     | 110.24                               | 120.29                                       | 12.24 |
| 82.31              | 134.31    | 173.25                               | 173.25                                       | 9.28  |
| 78.55              | 134.31    | 173.25                               | 181.54                                       | 8.45  |
| 81.09              | 115.54    | 149.04                               | 151.28                                       | 10.47 |
| 79.29              | 122.40    | 157.89                               | 163.90                                       | 9.45  |
| 75.99              | 106.11    | 136.87                               | 148.25                                       | 10.01 |
|                    |           | เฉลี่ย                               | 154.66                                       | 10.05 |

ตารางที่ 6.23

แสดงอัตราการแผ่รังสีของแผ่น โรเดียม เมื่ออายุนิวตรอนจากคัมกำเนิด  
พลูโตเนียม-เบอริลเลียมแช่ในน้ำ ระยะห่างคัมกำเนิด 128 มม.

| mg/cm <sup>2</sup> | true cpm | cpm at saturation<br>and after loading | normalized to<br>82.31 mg/cm <sup>2</sup> |
|--------------------|----------|--|---|
| 80.04              | 327.71   | 422.73                                 | 434.71                                    |
| 80.48              | 297.71   | 384.03                                 | 392.76                                    |
| 76.78              | 272.71   | 351.78                                 | 377.61                                    |
| 78.02              | 307.71   | 396.93                                 | 418.75                                    |
| 75.43              | 292.71   | 377.58                                 | 412.02                                    |
| 82.31              | 337.71   | 435.63                                 | 435.63                                    |
| 78.55              | 282.71   | 364.68                                 | 382.14                                    |
| 81.09              | 242.71   | 313.08                                 | 317.79                                    |
| 79.29              | 302.71   | 390.48                                 | 405.35                                    |
| 75.99              | 295.71   | 381.45                                 | 413.17                                    |
|                    |          | เฉลี่ย                                 | 398.99                                    |

## ตารางที่ 6.24

แสดงอัตราการแผ่รังสีของแผ่น ไรเดียมหุ้มด้วยตะกั่ว เมื่อฉายนิวตรอน จากต้นกำเนิด พลูโตเนียม-เบอริลเลียม แช่ในน้ำ ระยะห่างต้นกำเนิด 128 มม.

| mg/cm <sup>2</sup> | true cpm | cpm at saturate<br>and after loading | normalized to<br>82.31 mg/cm <sup>2</sup> | Cd.R  |
|--------------------|----------|--------------------------------------|---|-------|
| 80.04              | 17.71    | 22.84                                | 23.49                                     | 18.50 |
| 80.40              | 22.71    | 29.29                                | 29.96                                     | 13.10 |
| 76.68              | 12.71    | 16.40                                | 17.60                                     | 21.44 |
| 78.02              | 17.71    | 22.84                                | 24.10                                     | 17.37 |
| 75.43              | 17.71    | 22.84                                | 24.92                                     | 16.53 |
| 82.31              | 22.71    | 29.29                                | 29.29                                     | 14.87 |
| 78.55              | 17.71    | 22.84                                | 23.93                                     | 15.96 |
| 81.09              | 22.71    | 29.29                                | 29.73                                     | 10.66 |
| 79.29              | 17.71    | 22.84                                | 23.70                                     | 17.09 |
| 75.99              | 12.71    | 16.40                                | 17.75                                     | 23.26 |
|                    |          | เฉลี่ย                               | 24.45                                     | 16.88 |

ตารางที่ 6.25

แสดงอัตราการแผ่รังสีของแผ่น โพรเทียม เมื่ออายุนิวตรอนจากต้นกำเนิด  
พลูโตเนียม-เบอริลเลียม ซึ่ในน้ำ ระยะห่างต้นกำเนิด 205 มม.

| $\text{mg/cm}^2$ | true cpm | cpm at saturate<br>and after loading | normalized to<br>$32.31 \text{ mg/cm}^2$ |
|------------------|----------|--------------------------------------|--|
| 30.04            | 87.72    | 113.16                               | 116.37                                   |
| 30.48            | 62.72    | 80.91                                | 82.75                                    |
| 76.68            | 82.72    | 106.71                               | 114.54                                   |
| 78.02            | 72.72    | 93.81                                | 98.97                                    |
| 75.43            | 67.72    | 87.36                                | 95.33                                    |
| 82.31            | 92.72    | 119.60                               | 119.60                                   |
| 78.55            | 77.72    | 100.26                               | 105.06                                   |
| 81.09            | 77.72    | 100.26                               | 101.77                                   |
| 79.29            | 77.72    | 100.26                               | 104.08                                   |
| 75.99            | 87.72    | 113.16                               | 122.57                                   |
|                  |          | เฉลี่ย                               | 106.10                                   |



## ตารางที่ 6.26

แสดงอัตราการแผ่รังสี ของแผ่น ไรเดียมหุ้มด้วย แคดเมียม ใญ่วอาบ  
นิวตรอน จากต้นกำเเนิด พลูโตเนียม-เบอริลเลียม อยู่ในน้ำระยะห่างต้นกำเเนิด 205 มม.

| mg/cm <sup>2</sup> | true cpm | Cpm at saturate<br>and after loading | normalized to<br>82.31 mg/cm <sup>2</sup> | Cd.R. |
|--------------------|----------|--------------------------------------|---|-------|
| 80.04              | 7.71     | 9.95                                 | 10.23                                     | 11.38 |
| 80.48              | 7.71     | 9.95                                 | 10.18                                     | 8.13  |
| 76.68              | 7.71     | 9.95                                 | 10.19                                     | 11.24 |
| 78.02              | 2.72     | 3.50                                 | 3.69                                      | 26.82 |
| 75.43              | 2.72     | 3.50                                 | 3.83                                      | 24.89 |
| 82.31              | 7.71     | 9.95                                 | 9.95                                      | 12.02 |
| 78.55              | 2.72     | 3.50                                 | 3.67                                      | 27.63 |
| 81.09              | 7.71     | 9.95                                 | 10.09                                     | 10.09 |
| 79.29              | 2.72     | 3.50                                 | 3.63                                      | 28.67 |
| 75.99              | 2.72     | 3.50                                 | 3.79                                      | 32.34 |
|                    |          | เฉลี่ย                               | 6.925                                     | 19.42 |

ตารางที่ 6.27

แสดงอัตราการแผ่รังสีของแผ่นอินเดียมเมื่ออานิวตรอนในท่อลมของเครื่องปฏิกรณ์  
 ปริมาณขณะเดินเครื่องกำลัง 500 วัตต์

| mg/cm. <sup>2</sup> | irradiation<br>time<br>(sec.) | waiting<br>time<br>(min.) | true cpm. | cpm. at<br>saturating | normalized to<br>106.92 mg/cm <sup>2</sup> |
|---------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------|-----------------------|--|
| 106.92              | 15                            | 43                        | 1611.0    | 873312.72             | 873312.72                                  |
| 97.91               | 30                            | 50                        | 3020.4    | 861422.16             | 940693.02                                  |
| average             |                               |                           |           |                       | 907002.84                                  |

ตารางที่ 6.28

แสดงอัตราการแผ่รังสีของแผ่นอินเดียมหุ้มด้วยแคดเมียมเมื่ออานิวตรอนจากเครื่อง  
 ปฏิกรณ์ปริมาณขณะเดินเครื่องกำลัง 500 วัตต์

| mg/cm. <sup>2</sup> | irradiation<br>time | waiting<br>time | true cpm. | cpm. at<br>saturating | normalized to<br>106.92 mg/cm <sup>2</sup> |
|---------------------|---------------------|-----------------|-----------|-----------------------|--|
| 76.98               | 15                  | 50              | 0.74      | 26331.18              | 36572.20                                   |
| 85.75               | 30                  | 57              | 2.40      | 46788.00              | 58339.08                                   |
| average             |                     |                 |           |                       | 47455.928                                  |

ตารางที่ 6.29

แสดงอัตราการแผ่รังสีของแผ่นทองเมื่อฉายนิวตรอนในท่อลมของเครื่องปฏิกรณ์  
ปรมาณูขณะเดินเครื่องกำลัง 500 วัตต์

| mg/cm. <sup>2</sup> | irradiation<br>time<br>(sec) | waiting<br>time<br>(min) | true cpm. | cpm. at saturating |
|---------------------|------------------------------|--------------------------|-----------|--------------------|
| 55.44               | 30                           | 61                       | 150360.00 | 1702818.42         |

ตารางที่ 6.30

แสดงอัตราการแผ่รังสีของแผ่นทองหุ้มด้วยแคดเมียมเมื่อฉายนิวตรอนในท่อลม  
ของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูขณะเดินเครื่องกำลัง 500 วัตต์

| mg/cm <sup>2</sup> | irradiation<br>time<br>(sec) | waiting<br>time<br>(min) | true cpm. | cpm. at<br>saturating | normalized to<br>55.44 mg/cm <sup>2</sup> |
|--------------------|------------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|---|
| 24.47              | 30                           | 67                       | 30.18     | 36038.88              | 81650.88                                  |

ตารางที่ 6.30

แสดงเทอร์มาลนิวตรอนและเอพิเทอร์มาลนิวตรอนฟลักซ์จากต้นกำเนิด  
พลูโตเนียม-เบอริลเลียม แช่ในน้ำ ระยะห่างต้นกำเนิด 78 ซม.

| การวัดโดย                  | เทอร์มาลนิวตรอนฟลักซ์<br>(n/cm <sup>2</sup> /sec) | เอพิเทอร์มาลนิวตรอนฟลักซ์<br>(n/cm <sup>2</sup> /sec) |
|----------------------------|---|---|
| In E <sub>γ</sub> 1.293MeV | 4.852 × 10 <sup>4</sup>                           | 4.975 × 10 <sup>3</sup>                               |
| Au E <sub>γ</sub> 0.412MeV | 3.247 × 10 <sup>4</sup>                           | 3.387 × 10 <sup>3</sup>                               |
| Rh                         | 5.822 × 10 <sup>4</sup>                           | 5.793 × 10 <sup>3</sup>                               |
| เฉลี่ย                     | 4.640 × 10 <sup>4</sup>                           | 4.718 × 10 <sup>3</sup>                               |

ตารางที่ 6.31

แสดงเทอร์มาลนิวตรอนและเอพิเทอร์มาลนิวตรอนฟลักซ์จากต้นกำเนิด  
พลูโตเนียม-เบอริลเลียม แช่ในน้ำ ระยะห่างต้นกำเนิด 128 ซม.

| การวัดโดย                  | เทอร์มาลนิวตรอนฟลักซ์<br>(n/cm <sup>2</sup> /sec) | เอพิเทอร์มาลนิวตรอนฟลักซ์<br>(n/cm <sup>2</sup> /sec) |
|----------------------------|---|---|
| In E <sub>γ</sub> 1.293MeV | 1.294 × 10 <sup>4</sup>                           | 8.140 × 10 <sup>2</sup>                               |
| Au E <sub>γ</sub> 0.412MeV | 1.271 × 10 <sup>4</sup>                           | 7.610 × 10 <sup>2</sup>                               |
| Rh                         | 1.575 × 10 <sup>4</sup>                           | 9.655 × 10 <sup>2</sup>                               |
| เฉลี่ย                     | 1.380 × 10 <sup>4</sup>                           | 8.468 × 10 <sup>2</sup>                               |

ตารางที่ 6.32

แสดงเทอร์มาลนิวตรอนและเอพิเทอร์มาลนิวตรอนฟลักซ์จากต้นกำเนิด  
พลูโตเนียม-เบอริลเลียมแช่ในน้ำระยะห่างต้นกำเนิด 205 มม.

| การวัดโดย                  | เทอร์มาลนิวตรอนฟลักซ์<br>(n/cm <sup>2</sup> /sec) | เอพิเทอร์มาลนิวตรอนฟลักซ์<br>(n/cm <sup>2</sup> /sec) |
|----------------------------|---|---|
| In E <sub>γ</sub> 1.293MeV | 3.441 × 10 <sup>3</sup>                           | 1.572 × 10 <sup>2</sup>                               |
| Rh                         | 4.172 × 10 <sup>3</sup>                           | 2.723 × 10 <sup>2</sup>                               |
| เฉลี่ย                     | 3.806 × 10 <sup>3</sup>                           | 2.147 × 10 <sup>2</sup>                               |

ตารางที่ 6.33

แสดงเทอร์มาลนิวตรอนและเอพิเทอร์มาลนิวตรอนฟลักซ์จากต้นกำเนิด  
เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูขณะเดินเครื่องกำลัง 500 วัตต์

| การวัดโดย                  | เทอร์มาลนิวตรอนฟลักซ์<br>(n/cm <sup>2</sup> /sec) | เอพิเทอร์มาลนิวตรอนฟลักซ์<br>(n/cm <sup>2</sup> /sec) |
|----------------------------|---|---|
| In E <sub>γ</sub> 1.293MeV | 3.296 × 10 <sup>7</sup>                           | 1.721 × 10 <sup>6</sup>                               |
| Au E <sub>γ</sub> 0.412MeV | 2.868 × 10 <sup>7</sup>                           | 1.501 × 10 <sup>6</sup>                               |
| เฉลี่ย                     | 3.082 × 10 <sup>7</sup>                           | 1.611 × 10 <sup>6</sup>                               |

6.9 การหาความไว (Response) ของฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรทในการบันทึกรอยอนุภาคแอลฟา ที่เกิดจากปฏิกิริยา ( $n, \alpha C$ ) เมื่อนำฟิล์มไปอบนิวตรอน ทั้งชนิดเทอร์มาลและเอพิเทอร์มาลนิวตรอน จะหาได้จากอัตราส่วนระหว่าง อัตราการเกิดรอย ต่อ ตารางเป็นติเมตร กับ นิวตรอนสลักซ์

จาก ตารางที่ 6.7 , 6.8 และ 6.9 จะได้อัตราการเกิดรอย ต่อ ตารางเป็นติเมตร สำหรับนิวตรอนชนิดเทอร์มาล และ เอพิเทอร์มาล ดังนี้

ตารางที่ 6.34

แสดงอัตราการเกิดรอย/ซม<sup>2</sup> เมื่อนำฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรท อบนิวตรอน จากต้นกำเนิด ซลูโตเนียม-เบอริลเลียม อยู่ในน้ำระยะทางต่างๆกัน

| ระยะห่าง<br>มม. | อัตราการเกิดรอยจาก<br>เทอร์มาลนิวตรอน<br>(รอย/ซม <sup>2</sup> /วินาที) | อัตราการเกิดรอยจาก<br>เอพิเทอร์มาลนิวตรอน<br>(รอย/ซม <sup>2</sup> /วินาที) |
|-----------------|--|--|
| 78              | 58.800   | 1.334  |
| 128             | 14.047   | 0.296  |
| 205             | 3.710  | 0.063  |

และจากตารางที่ 6.10 จะได้อัตราการเกิดรอยอนุภาคแอลฟาเมื่ออบนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู ขณะเดินเครื่องกำลัง 500 วัตต์ดังนี้

อัตราการเกิดรอยจากเทอร์มาลนิวตรอน 35222.95 รอย/ซม<sup>2</sup>/วินาที

อัตราการเกิดรอยจากเอพิเทอร์มาลนิวตรอน 638.52 รอย/ซม<sup>2</sup>/วินาที

ซึ่งจากอัตราการเกิดรอยดังกล่าวนี้หาความไวในการบันทึกรอยได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 6.36

แสดงความไวของฟิล์มเซลลูโลสไนเตรทในการบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาเมื่อฉาย  
เทอร์มาลนิวตรอนจากต้นกำเนิด พลูโตเนียม-เบอริลเลียมซี่ในน้ำระยะห่างต้นกำเนิดต่างๆ  
กัน

| distance<br>(mm.) | thermal neutron<br>flux<br>(n/cm <sup>2</sup> /sec) | rate of tracks<br>formation<br>(tracks/cm <sup>2</sup> /sec) | response<br>( tracks/thermal<br>neutron ) |
|-------------------|---|--|---|
| 78                | $4.640 \times 10^4$                                 | 58.800   | $1.267 \times 10^{-3}$                    |
| 128               | $1.380 \times 10^4$                                 | 14.047   | $1.018 \times 10^{-3}$                    |
| 205               | $3.806 \times 10^3$                                 | 3.710  | $9.748 \times 10^{-4}$                    |
| average           |   |  | $1.086 \times 10^{-3}$                    |

ตารางที่ 6.37

แสดงความไวของฟิล์มเซลลูโลสไนเตรทในการบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาเมื่อฉาย  
เอพิเทอร์มาลนิวตรอนจากต้นกำเนิด พลูโตเนียม-เบอริลเลียมซี่ในน้ำระยะห่างต้นกำเนิด  
ต่างๆกัน

| distance<br>(mm) | epithermal<br>neutron flux<br>(n/cm <sup>2</sup> /sec) | rate of tracks<br>formation<br>(tracks/cm <sup>2</sup> /sec) | response<br>( tracks/epithermal<br>neutron) |
|------------------|--|--|---|
| 78               | $4.718 \times 10^3$                                    | 1.834  | $3.887 \times 10^{-4}$                      |
| 128              | $8.468 \times 10^2$                                    | 0.296  | $3.495 \times 10^{-4}$                      |
| 205              | $2.147 \times 10^2$                                    | 0.063  | $2.934 \times 10^{-4}$                      |
| average          |  |  | $3.438 \times 10^{-4}$                      |

ตารางที่ 6.38

แสดงความไวของฟิล์มเซลลูโลสไนเตรทในการบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาเมื่ออาบ  
เทอร์มาลนิวตรอนในห้องของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูขณะเดินเครื่องกำลัง 500 วัตต์

| thermal neutron flux<br>(n/cm <sup>2</sup> /sec) | rate of tracks formation<br>(tracks/cm <sup>2</sup> /sec) | response<br>(tracks/thermal neutron) |
|--|---|--------------------------------------|
| $3.126 \times 10^7$                              | 35222.95  | $1.126 \times 10^{-3}$               |

ตารางที่ 6.39

แสดงความไวของฟิล์มเซลลูโลสไนเตรทในการบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาเมื่ออาบ  
เอพิเทอร์มาลนิวตรอนในห้องของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูขณะเดินเครื่องกำลัง 500 วัตต์

| epi thermal neutron flux<br>(n/cm <sup>2</sup> /sec) | rate of tracks formation<br>(tracks/cm <sup>2</sup> /sec) | response<br>(tracks / epithermal<br>neutron) |
|--|---|--|
| $1.588 \times 10^6$                                  | 638.52  | $4.020 \times 10^{-4}$                       |