



บทที่ 4

วิธีดำเนินการวิจัยและผลการวิจัย

4.1 วัสดุและอุปกรณ์ประกอบการวิจัย

ในการวิจัยได้ใช้วัสดุบันทึกรอยอนุภาคนิวตรอนเร็ว อุปกรณ์ในการตรวจจับ และเครื่องมือในการวัดพลังค์ของนิวตรอนเร็ว ดังนี้

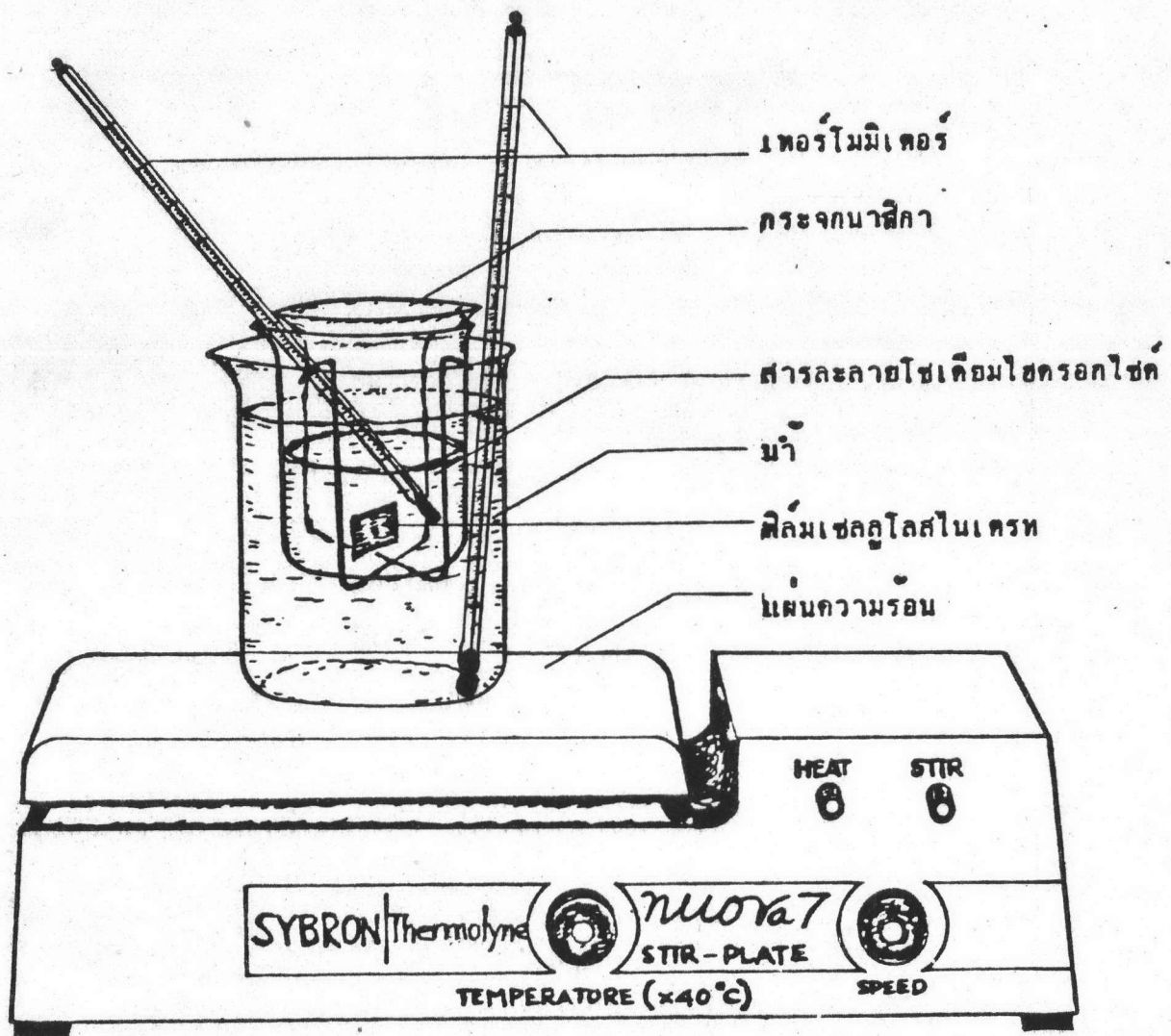
4.1.1 फिल्मเซลลูโลสไนเตรท (cellulose nitrate $C_6H_8O_9N_2$) ชนิด LR 115 type 2 ซึ่งออกแบบมาใช้บันทึกรอยอนุภาคในสภาพอวกาศโดยเฉพาะฟิล์มนี้สามารถนำมาใช้บันทึกรอยของอนุภาคต่อไปนี้

- โปรตอน ซึ่งมีพลังงานต่ำกว่า 100 keV
- แอลฟา ซึ่งมีพลังงานต่ำกว่า 4 MeV
- อนุภาคนิวเคลียส และอนุภาคจากปฏิกิริยาการแตกตัว (Fission Fragment)

ฟิล์มนี้ไม่มีความไวต่อโฟตอนพลังงานต่าง ๆ และอิเล็กตรอน ฟิล์มประกอบด้วยเซลลูโลสไนเตรทสีแดงเข้ม 10 ไมครอน เคลือบอยู่บนผิวด้านหนึ่ง ของโพลีเอสเตอร์หนา 0.1 มิลลิเมตร ด้านที่เคลือบเซลลูโลสไนเตรทโค้งขึ้นเล็กน้อย เป็นด้านที่ใช้ในการบันทึกรอย

4.1.2 फिल्मเซลลูโลสไนเตรท ชนิด CN85 มีคุณสมบัติในการบันทึกรอยเช่นเดียวกับชนิด LR115 เป็นแผ่นฟิล์มเซลลูโลสไนเตรทหนา 100 ไมครอน และไม่มีสี

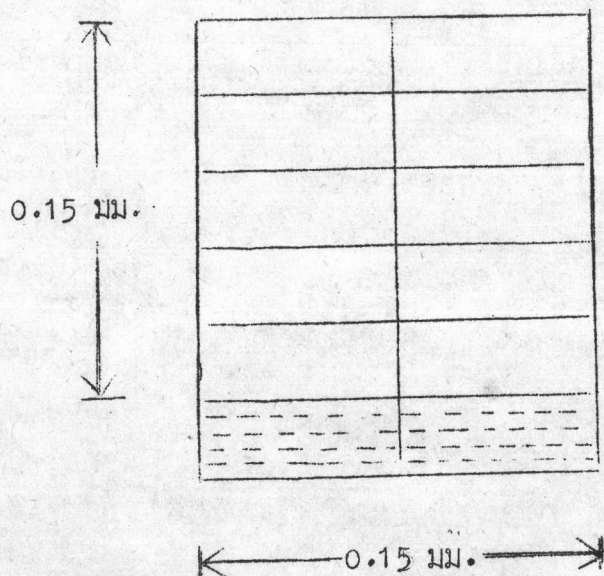
4.1.3 สารที่ใช้แอกติเวท เพื่อหาพลังค์ของนิวตรอนเร็ว ประกอบด้วยโลหะอูมิเนียม มีลักษณะเป็นแผ่นบางหนักประมาณ 0.05 กรัม ผงโลหะแมกนีเซียมและผงกำมะถันบรรจุในพลาสติกใส น้ำหนักประมาณ 0.1 กรัม แผ่นแคดเมียมมีความหนา 1 มิลลิเมตรใช้ในการหุ้มฟิล์มกับเทอร์มอลนิวตรอน สารที่ใช้ทั้งหมดเป็นแก๊วกวีเกราะที่



รูปที่ 4.1 การจัดอุปกรณ์ในการกักรอริงสีบนฟิล์ม

4.1.4 อุปกรณ์ ในการกักรอยของอนุภาคนิวตรอนเร็วบนฟิล์ม ประกอบด้วย บีกเกอร์ 250 มิลลิลิตร มีสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ ประมาณ 100 มิลลิลิตรบรรจุอยู่ และเทอร์โมมิเตอร์จุ่มในสารละลาย ปิดปากบีกเกอร์ด้วยกระดาษฟิวส์ แล้วนำไปวางซ้อนในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร ที่มีน้ำบรรจุอยู่ และมีเทอร์โมมิเตอร์อีกอันหนึ่งจุ่มในน้ำ เพื่อควบคุมอุณหภูมิอีกทีหนึ่ง ทั้งหมดตั้งอยู่บนเตาไฟฟ้า ซึ่งปรับและควบคุมอุณหภูมิได้ดังแสดงในรูป 4.1

4.1.5 กล้องจุลทรรศน์ สำหรับอ่านรอยบนฟิล์มที่ผ่านการกักรอยแล้ว ใช้กำลังขยายประมาณ 600 เท่า ที่เลนส์ใกล้ตา (eye piece) มีตารางสี่เหลี่ยมบอกสเกล ซึ่งเปรียบเทียบให้มีขนาดเป็น 0.15 มิลลิเมตร x 0.15 มิลลิเมตร ภายในแบ่งออกเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าเล็ก ๆ 10 ช่อง



รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะของกรอบสี่เหลี่ยมจากสเกลเมื่อมองผ่านเลนส์ใกล้ตาของกล้องจุลทรรศน์

4.1.6 ต้นกำเนิดนิวตรอนชนิด พลูโตเนียม-เบอริลเลียมขนาด 5 คูรี ให้นิวตรอนพลังงานต่าง ๆ พลังงานโดยเฉลี่ย 4.2 MeV

4.1.7 เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู ชนิด TRIGA MARK III ขนาด 2 MW ให้นิวตรอนที่พลังงานต่าง ๆ กัน สูงจนถึง 20 MeV และมีค่าพลังงานโดยเฉลี่ย 1.5 MeV ในการวิจัยนี้ใช้สารและฟิล์มยิงเข้าไปในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูทางท่อลมซึ่งหุ้มโลหะแคดเมียม เพื่อกันเทอร์มาลนิวตรอนไว้ คงเหลือแค่นิวตรอนเร็วผ่านเข้ามาทำปฏิกิริยาเท่านั้น

4.1.8 อุปกรณ์วิเคราะห์แบบหลายช่อง multichannel analyzer ขนาด 1024 ช่อง โดยใช้ร่วมกับหัววัดแบบผลึก NaI(Tl) ขนาด 3" x 3" แบบตัน

4.1.9 เครื่องวัด ไกเกอร์มูลเลอร์ สำหรับวัดรังสีเบต้า ในการคำนวณหาฟลักซ์ของนิวตรอนเร็ว โดยมีตะกั่วล้อมรอบหัววัด เพื่อช่วยในการลดแบคกราวนด์

4.2 วิธีการกักรอยของนิวตรอนเร็วบนฟิล์มเซลลูโลสในเทรท

รอยที่เกิดขึ้นบนแผ่นฟิล์มเนื่องจากนิวตรอนเร็วจะมีขนาดเล็กมาก จำเป็นต้องกักรอยเพื่อขยายรอยที่เกิดให้ใหญ่ขึ้น โดยใช้สารละลายเคมี แล้วจึงนำไปตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ต่อไป

4.2.1 ใส่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ ประมาณ 100 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ 250 มิลลิลิตร จุ่มเทอร์โมมิเตอร์ลงในสารละลายแล้วปิดด้วยกระดาษฟิวส์ แล้วนำไปใส่ในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตรที่มีน้ำบรรจุอยู่ จุ่มเทอร์โมมิเตอร์อีกอันในน้ำ

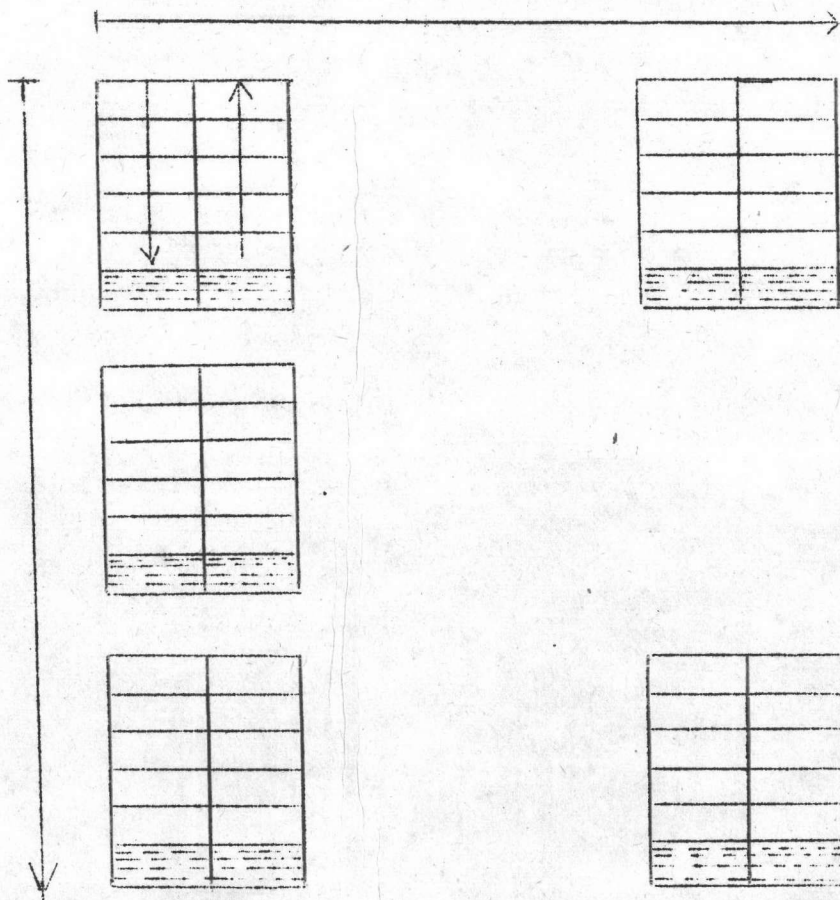
4.2.2 นำบีกเกอร์จาก 4.2.1 ตั้งบนเตาไฟฟ้า ดังรูปที่ 4.1 สารละลายจะค่อย ๆ ร้อนขึ้น จนได้อุณหภูมิที่ต้องการ รอสักครู่จนอุณหภูมิคงที่ นำฟิล์มลงกักรอยในสารละลาย โดยวัดเวลาตามต้องการ

4.2.3 เมื่อครบเวลาที่ต้องการนำฟิล์มขึ้นจากสารละลายแล้วไปแช่ในน้ำธรรมดาให้น้ำไหลผ่านช้า ๆ เป็นเวลาประมาณ 30 นาที จึงนำไปฝังให้แห้ง ในที่ปราศจากฝุ่น

4.2.4 นำฟิล์มที่แห้งแล้วใส่กรอบสไลด์ เพื่อตรวจสอบรอยของนิวตรอนเร็ว

4.3 วิธีนับรอยของนิวตรอนเร็วด้วยกล้องจุลทรรศน์

ในการวิจัยนี้ใช้กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ประมาณ 600 เท่า นับในพื้นที่ 0.0225 ตารางมิลลิเมตร ซึ่งเป็นกรอบสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ 4.2 การนับรอยเริ่มนับทางซ้ายมือ ลงมาแล้วจึงย้อนขึ้นไปในทางขวาจนครบ 10 ช่อง เคลื่อนแผ่นบันทึกรอยขึ้นไปคานบน ให้รอยคานกลางที่นับแล้วพบขอบของรอยนับใหม่เล็กน้อย เพื่อให้นับรอยบนพื้นที่ต่อเนื่องกัน และไม่ซ้ำรอยเดิม ทำเช่นนี้จนสิ้นสุดทางคานกลาง แล้วจึงเลื่อนทางขวาต่อไป



รูปที่ 4.3 แสดงการเคลื่อนฟิล์มบันทึกรอยเพื่อนับจำนวนรอย

ทำการนับ 50 ครั้ง นำค่าที่นับได้ ไปหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$\text{ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน} = \sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

\bar{X} = ค่าเฉลี่ยของจำนวนรอย

x_i = จำนวนรอยที่นับได้ในแต่ละครั้ง

N = จำนวนครั้งที่นับ

ตัวอย่าง การนับรอย 50 ครั้ง บนเซลล์สุไลต์ในเทรทชนิด LR115 อานนิตรอนเร็วจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์เป็นเวลา 3 วินาที กักด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ นาน 80 นาที ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

	แถวที่									
แนวที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	90	96	94	80	95	104	86	97	89	88
2	109	108	88	94	91	92	91	86	99	108
3	91	88	99	86	102	88	98	101	108	95
4	85	102	97	100	96	99	90	98	94	105
5	100	100	86	97	98	91	96	94	88	98

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ย $\bar{X} = 95.100$

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 6.706

4.4 การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการกัดรอยบนแผ่นฟิล์มเซลลูโลสในเตรท

เนื่องจากความหนาแน่นของรอยที่เกิดจากนิวตรอนเร็วบนแผ่นฟิล์มจะเปลี่ยนแปลงไปโดยขึ้นอยู่กับระยะเวลาของการกัดรอย, อุณหภูมิของสารละลายและความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ จึงได้หาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการกัดรอย เพื่อให้ได้ความหนาแน่นของรอยบนแผ่นฟิล์มมีค่าสูงสุด และได้กำหนดความเข้มข้นของสารละลายเพื่อความสะดวกในการวิจัย โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ (2.5N) เนื่องจากให้ประสิทธิภาพในการกัดรอยดีที่สุด โดยจะเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและเวลา ดังนี้

4.4.1 นำฟิล์มเซลลูโลสในเตรทชนิด LR115 ขนาด 3 นิ้ว x 2 นิ้ว หุ้มด้วยโลหะแคดเมียมทั้งสองด้าน ไปอบนิวตรอนเร็ว จากต้นกำเนิดพลูโตเนียม-เบอริลเดี่ยว และนำฟิล์มอีกแผ่นหนึ่งไปอบนิวตรอนเร็ว จากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ นำฟิล์มทั้งสองแผ่นไปกัดรอยตามหัวข้อ

4.2 โดยใช้อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ใช้เวลาดีกัดรอยเริ่มต้น 30 นาที นำมานับรอยตามวิธีในหัวข้อ 4.3 นำไปกัดรอยต่อ โดยใช้เวลาช่วงละ 20 นาที ทดลองเช่นนี้อยู่จนครบ 210 นาที นำผลที่ได้ไปพิจารณาเงื่อนไขที่เหมาะสมต่อไป

4.4.2 ทำการทดลอง เช่นเดียวกับข้อ 4.4.1 โดยเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 60 องศาเซลเซียส และเวลาเริ่มต้น 20 นาที ช่วงต่อมาใช้ช่วงละ 10 นาที

4.4.3 ทำการทดลอง เช่นเดียวกับข้อ 4.4.1 โดยเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 65 องศาเซลเซียส เวลาเริ่มต้น 10 นาที และช่วงต่อมาใช้ช่วงละ 5 นาที

นำค่าที่นับได้มาเขียนกราฟระหว่างความหนาแน่นของรอยที่เกิดจากนิวตรอนเร็วกับเวลาที่ใช้ในการกัดรอยที่เกิดจากนิวตรอนเร็วมากที่สุดที่อุณหภูมิต่าง ๆ และเลือกใช้เป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมต่อไป

ตารางที่ 4.2 ผลการนับรอยที่เกิดจากนิวตรอนเร็ว เมื่อกักกัมมาสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ กัน

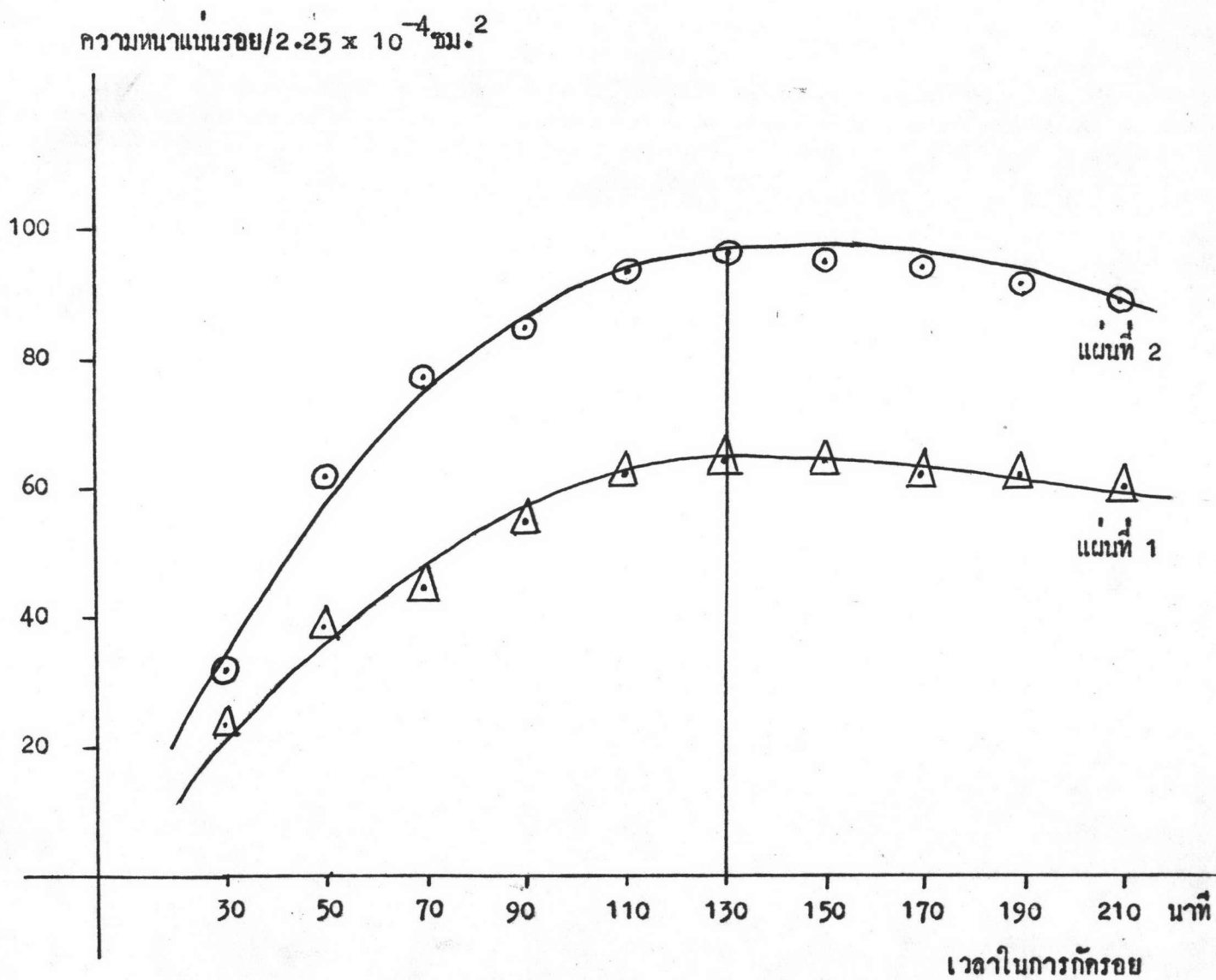
เวลาในการกักกัมมา (นาที)	ความหนาแน่นรอย *		ความหนาแน่นรอยสัมพันธ์ **	
	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2
30	23.32	31.68	36.37	33.24
50	38.88	61.92	60.64	64.96
70	44.22	76.54	68.96	80.29
90	55.52	84.14	86.58	88.27
110	62.68	93.78	97.75	98.38
130	64.12	95.32	100.00	100.00
150	63.74	94.82	99.41	99.47
170	62.64	93.50	97.69	98.09
190	62.58	91.32	97.59	98.80
210	60.58	88.94	94.48	93.31

แผ่นที่ 1 फिल्मเซลลูโลสไนเตรท LR 115 อานิวตรอนเร็ว จากต้นกำเนิดพลูโตเนียม-เบอริลเลียม

แผ่นที่ 2 फिल्मเซลลูโลสไนเตรท LR 115 อานิวตรอนเร็ว จากต้นกำเนิดปฏิกิริยาปรมาณู

* ความหนาแน่นของรอยต่อ พื้นที่ 2.25×10^{-4} ตารางเซนติเมตร

** ความหนาแน่นเทียบกับความหนาแน่นรอยเมื่อกักเป็นเวลา 130 นาที เทียบเป็นเปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรอยที่ทรอนเร็ว และเวลาเมื่อกักด้วย สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ ที่ 55 องศาเซลเซียส บนฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรท ชนิด LR115

ตารางที่ 4.3 ผลการนับรอยที่เกิดจากนิวตรอนเร็ว เมื่อกักตัวสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ กัน

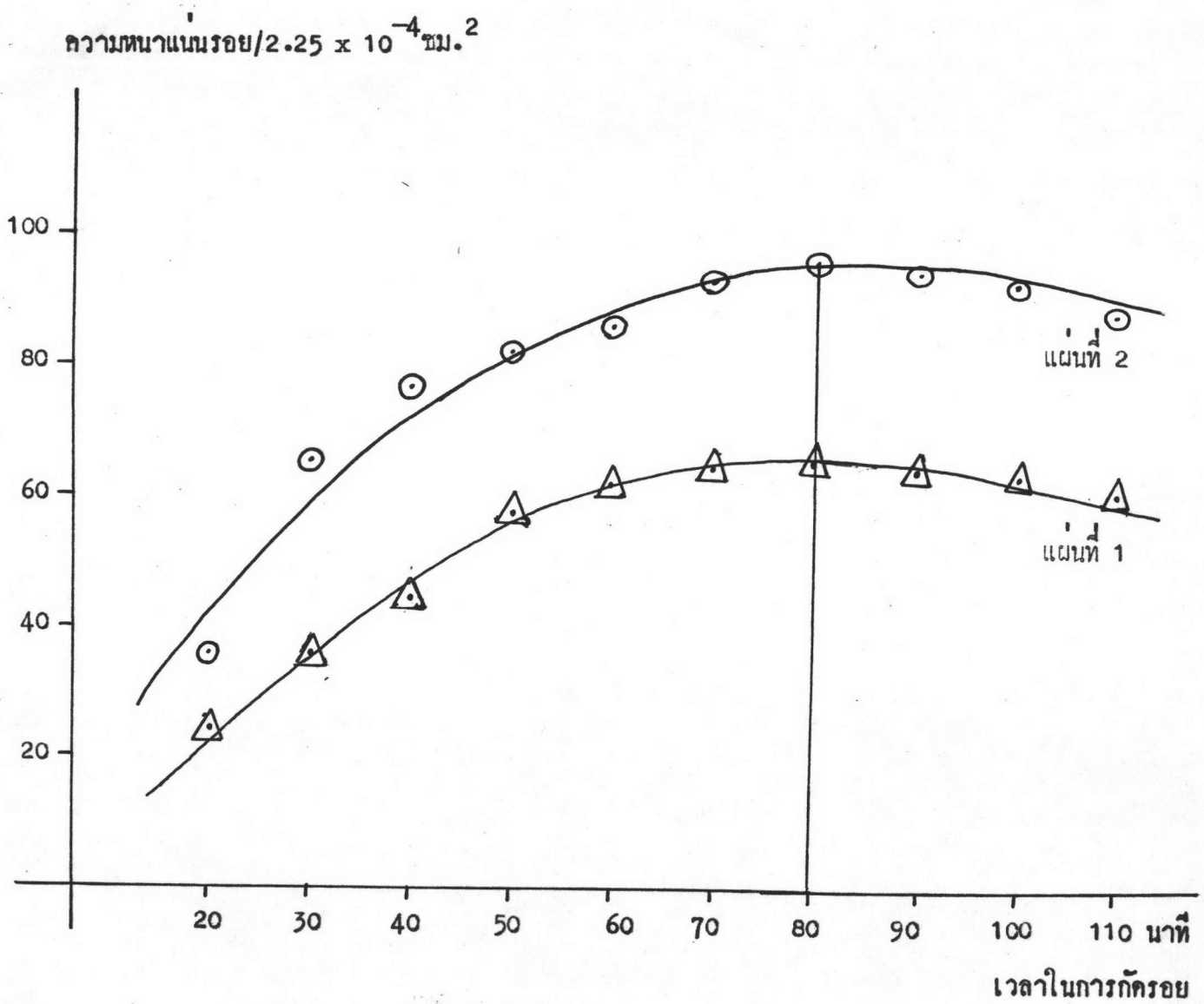
เวลาในการกักรอย (นาที)	ความหนาแน่นของรอย *		ความหนาแน่นรอยสัมพันธ์**	
	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2
20	24.90	35.52	38.41	37.35
30	36.50	65.66	56.31	69.04
40	44.64	76.76	68.87	80.71
50	58.46	82.58	90.19	86.83
60	62.78	85.14	96.85	89.53
70	64.20	92.52	99.04	97.29
80	64.82	95.10	100.00	100.00
90	63.36	94.08	97.74	98.93
100	62.78	92.82	96.85	97.60
110	59.76	88.76	92.19	93.33

แผ่นที่ 1 ฟิล์มเซลลูโลสไทรเทรท LR 115 อามนิวตรอนเร็ว จากต้นกำเนิดพลูโตเนียม-เบอริลเดียม

แผ่นที่ 2 ฟิล์มเซลลูโลสไทรเทรท LR 115 อามนิวตรอนเร็ว จากต้นกำเนิดปฏิกรณ์นิวเคลียร์

* ความหนาแน่นของรอยต่อ พท. 2.25×10^{-4} ตารางเซนติเมตร

** ความหนาแน่นเทียบกับความหนาแน่นรอยเมื่อกักเป็นเวลา 80 นาที เทียบเป็นเปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของรอยนิวตรอนเร็ว และเวลา เมื่อกัก
ตัวสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ ที่ 60 องศาเซลเซียส และฟิล์ม
เซลลูโลสไนเตรทชนิด LR115

ตารางที่ 4.4 ผลการนับรอยที่เกิดจากนิวตรอนเร็ว กักควยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ กัน

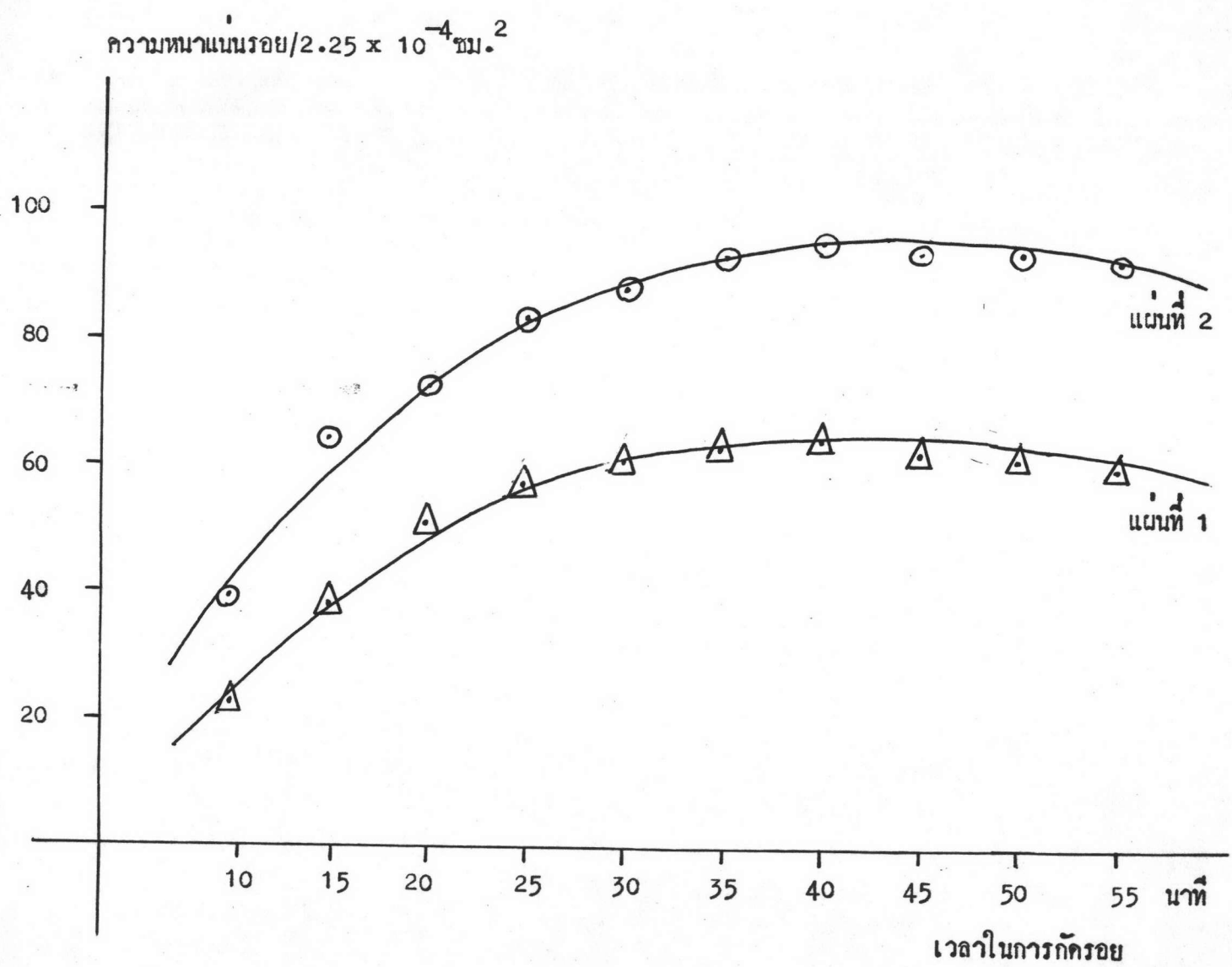
เวลาในการกักรอย (นาที)	ความหนาแน่นรอย *		ความหนาแน่นรอยสัมพันธ์**	
	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2
10	22.44	40.82	34.85	42.87
15	38.48	64.62	59.77	67.86
20	50.74	72.82	78.81	76.47
25	56.00	83.70	86.71	87.90
30	61.42	87.60	95.40	91.99
35	63.42	93.56	98.51	98.26
40	64.38	95.22	100.00	100.00
45	62.80	94.32	97.54	99.06
50	61.32	94.02	93.25	98.74
55	60.02	91.54	93.22	96.13

แผ่นที่ 1 फिल्मเซตดูโอสไนเตรท LR 115 ออบนิวตรอนเร็วจากคั่นกำเนิคพยูโทเนียม-เบอริลเดียม

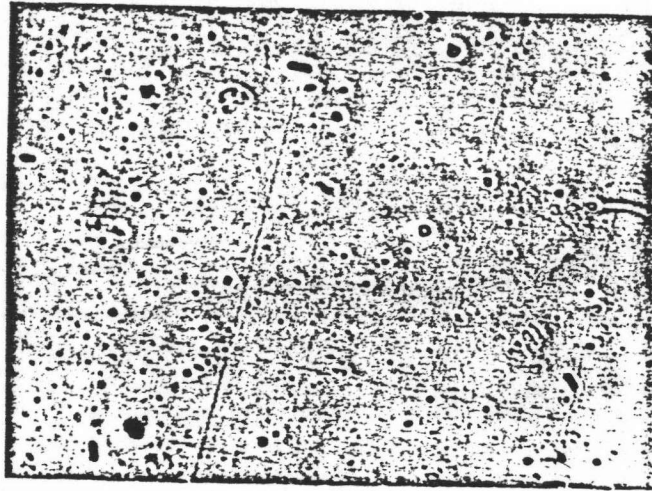
แผ่นที่ 2 फिल्मเซตดูโอสไนเตรท LR 115 ออบนิวตรอนเร็วจากคั่นกำเนิคปฏิกรณ์นิวเคลียร์

* ความหนาแน่นของรอยต่อ พท. 2.25×10^{-4} ตารางเซนติเมตร

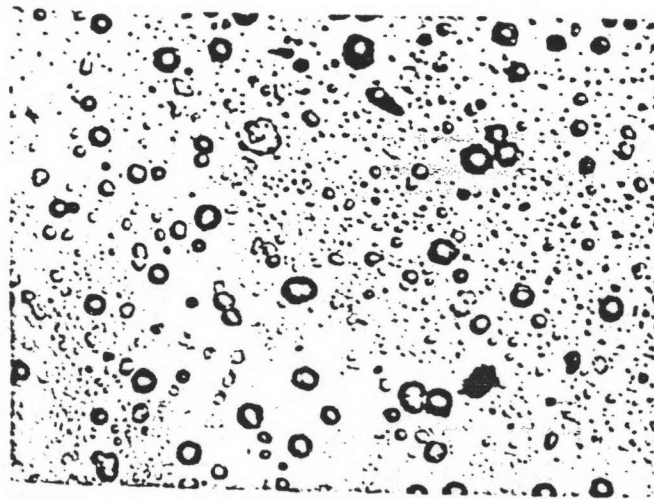
** ความหนาแน่นเทียบกับความหนาแน่นรอยเมื่อกักเป็นเวลา 40 นาที เทียบเป็นเปอร์เซ็นต์



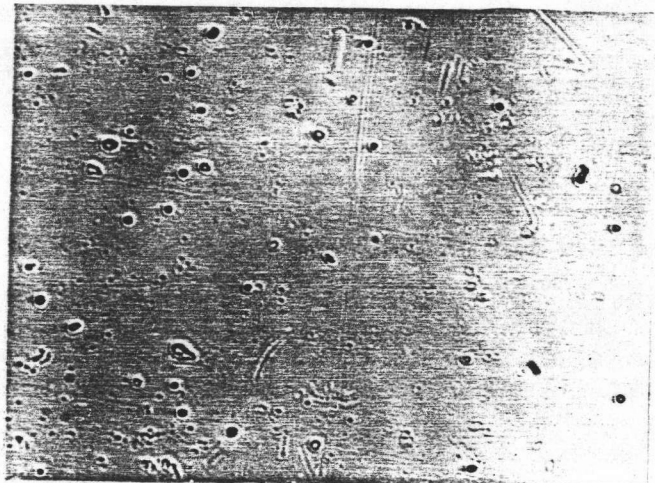
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของรอยนิวตรอนเร็ว และเวลา เมื่อกักรายสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ 65 องศาเซลเซียส บนฟิล์มเซลลูโลสไนเตรทชนิด LR115



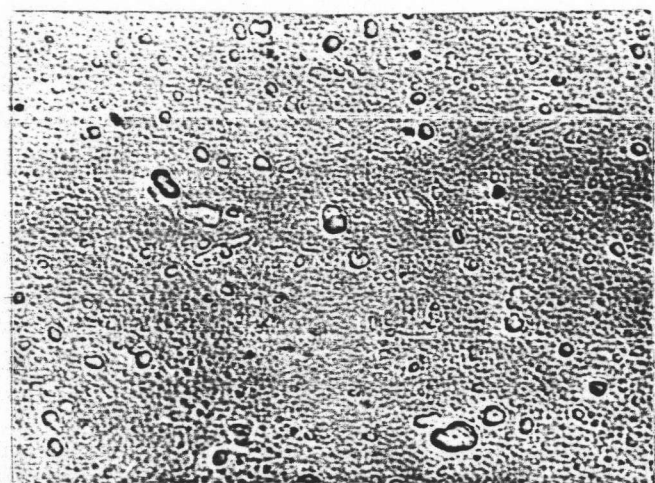
รูปที่ 4.7 แสดงลักษณะของนิวตรอนเร็วบนฟิล์มเซลลูโลสในเทรท LR 115
 ที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที นิวตรอนเร็วจากเครื่อง
 ปฏิกรณ์นิวเคลียร์



รูปที่ 4.8 แสดงลักษณะของนิวตรอนเร็วบนฟิล์มเซลลูโลสในเทรท LR 115
 ที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 80 นาที นิวตรอนเร็วจากเครื่อง
 ปฏิกรณ์นิวเคลียร์



รูปที่ 4.7/1 แสดงลักษณะของนิวตรอนเร็วบนฟิล์มเซลลูโลสในเทรท LR115
ที่กรอขยควยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์
ที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที นิวตรอนเร็วจาก
ต้นกำเนิดพลูโทเนียม-เบอริลเดี่ยว



รูปที่ 4.8/1 แสดงลักษณะของนิวตรอนเร็วบนฟิล์มเซลลูโลสในเทรท LR115
ที่กรอขยควยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์
ที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 80 นาที นิวตรอนเร็วจาก
ต้นกำเนิดพลูโทเนียม-เบอริลเดี่ยว

4.4.4 ทำการทดลองเช่นเดียวกับ 4.4.1 โดยเปลี่ยนเป็นฟิล์มเซลลูโลสในเทคนิค CN85 ใช้อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ใช้เวลากักรอยเริ่มต้น 30 นาที และช่วงต่อมาใช้เวลา 15 นาที

4.4.5 ทำการทดลองเช่นเดียวกับ 4.4.1 โดยเปลี่ยนเป็นฟิล์มเซลลูโลสในเทคนิค CN85 ใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลากักรอยเริ่มต้น 10 นาที และช่วงต่อมาใช้เวลา 5 นาที

4.4.6 ทำการทดลองเช่นเดียวกับ 4.4.1 โดยเปลี่ยนเป็นฟิล์มเซลลูโลสในเทคนิค CN85 ใช้อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เวลากักรอยเริ่มต้น 5 นาที และช่วงเวลาคอมมาใช้เวลา 4 นาที

นำค่าที่หามาเขียนกราฟระหว่างความหนาแน่นของรอยที่เกิดจากนิวตรอนเร็วมาก ที่สุกกับเวลาที่ใช้ในการกักรอยที่อุณหภูมิต่าง ๆ และเลือกใช้เงื่อนไขที่เหมาะสมต่อไป

ตารางที่ 4.5 ผลของการนับรอยที่เกิดจากนิวตรอนเร็ว เมื่อกักตัวสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ กัน

เวลาในการกักรอย (นาที)	ความหนาแน่นรอย *		ความหนาแน่นรอยสัมพันธ์**	
	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2
30	32.88	58.34	58.17	53.73
45	42.62	74.98	75.40	69.05
60	54.60	94.14	96.60	86.70
75	56.46	107.10	99.89	98.63
90	56.52	108.58	100.00	100.00
105	56.24	108.46	99.50	99.89

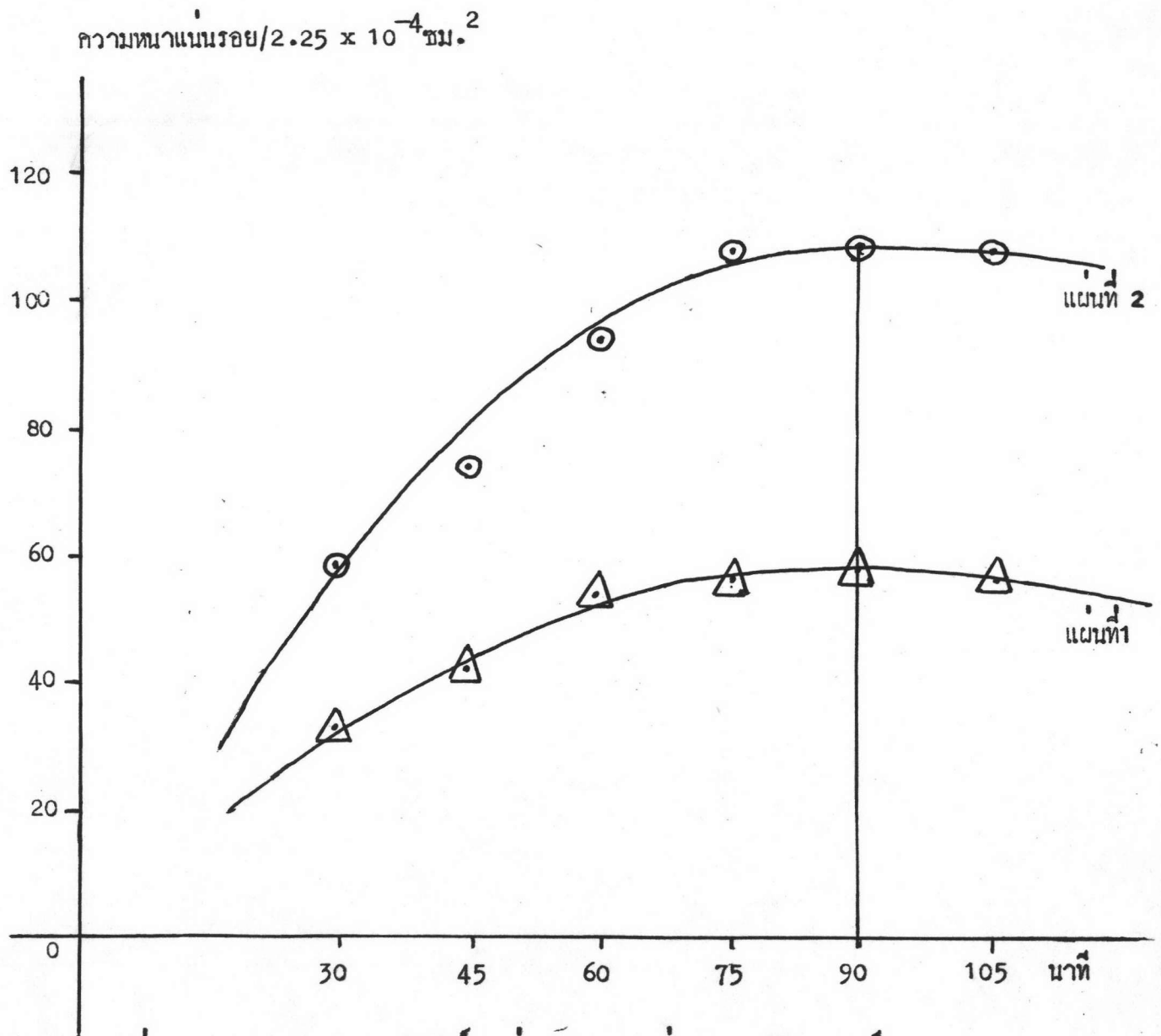


แผ่นที่ 1 फिल्मเซลลูลอสในเกรท CN 85 อานิวตรอนเร็วจากต้นกำเนิดโพซิตรอนเนียม-เบอริลเดียม

แผ่นที่ 2 फिल्मเซลลูลอสในเกรท CN 85 อานิวตรอนเร็วจากต้นกำเนิดปฏิกรณ์นิวเคลียร์

* ความหนาแน่นของรอยต่อ พท. 2.25×10^{-4} ตารางเซนติเมตร

** ความหนาแน่นเทียบกับความหนาแน่นรอยเมื่อกักในเวลา 90 นาทีเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของรอยนิวตรอนเร็ว และเวลา
เมื่อใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ ที่ 55 องศาเซลเซียส
บนฟิล์มเซลลูโลนเทรทอนิก CN85

ตารางที่ 4.6 ผลการนับรอยที่เกิดจากนิวตรอนเร็ว เมื่อสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในช่วงระยะเวลาต่างๆ กัน

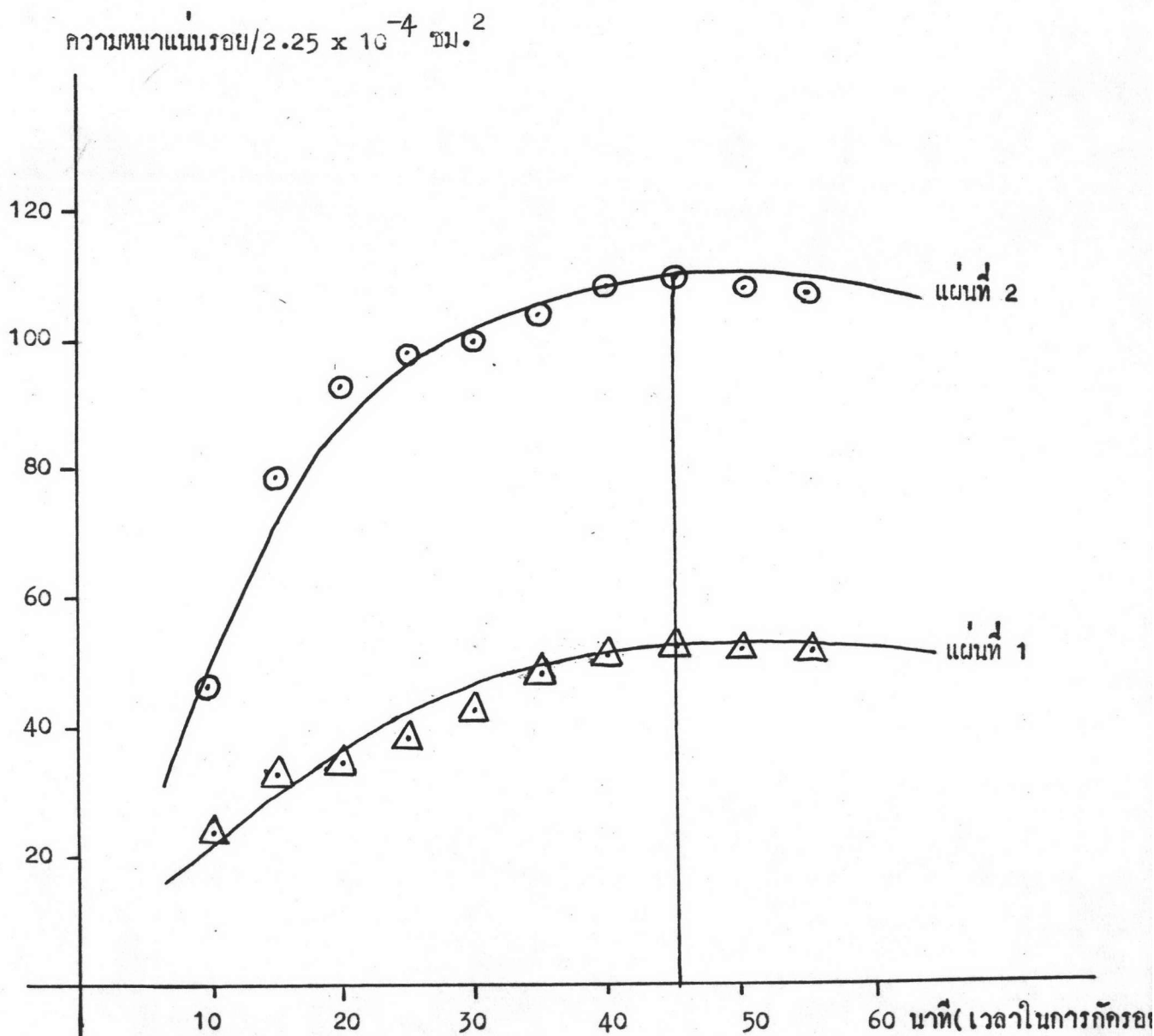
เวลาในการกักรอย (นาที)	ความหนาแน่นรอย *		ความหนาแน่นรอยสัมพันธ์ **	
	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2
10	23.42	43.10	44.70	39.32
15	32.44	70.00	62.03	71.24
20	34.84	93.92	66.62	85.69
25	37.40	98.10	71.51	89.51
30	42.58	99.76	81.42	91.02
35	48.24	102.60	92.24	93.61
40	50.22	107.04	96.02	97.66
45	52.30	109.60	100.00	100.00
50	51.02	105.88	97.55	96.61
55	51.74	105.68	98.93	96.42

แผ่นที่ 1 ฟิล์มเซดดูโลสไนเทรท CN85 อานิวตรอนเร็วจากต้นกำเนิดพลูโตเนียม-เบอริลเดี่ยว

แผ่นที่ 2 ฟิล์มเซดดูโลสไนเทรท CN85 อานิวตรอนเร็วจากต้นกำเนิดปฏิกรณ์นิวเคลียร์

* ความหนาแน่นของรอยต่อ พท. 2.25×10^{-4} ตารางเซนติเมตร

** ความหนาแน่นเทียบกับความหนาแน่นรอยเมื่อสกัดในเวลา 45 นาทีเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของรอยนิวตรอนเร็ว และเวลา
เมื่อใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ ที่ 60 องศาเซลเซียส
บนฟิล์มเซลล์โลโนเทรทอนิก CN85

ตารางที่ 4.7 ผลการนับรอยที่เกิดจากนิวตรอนเร็ว เมื่อสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ในช่วงระยะเวลาเท่า ๆ กัน

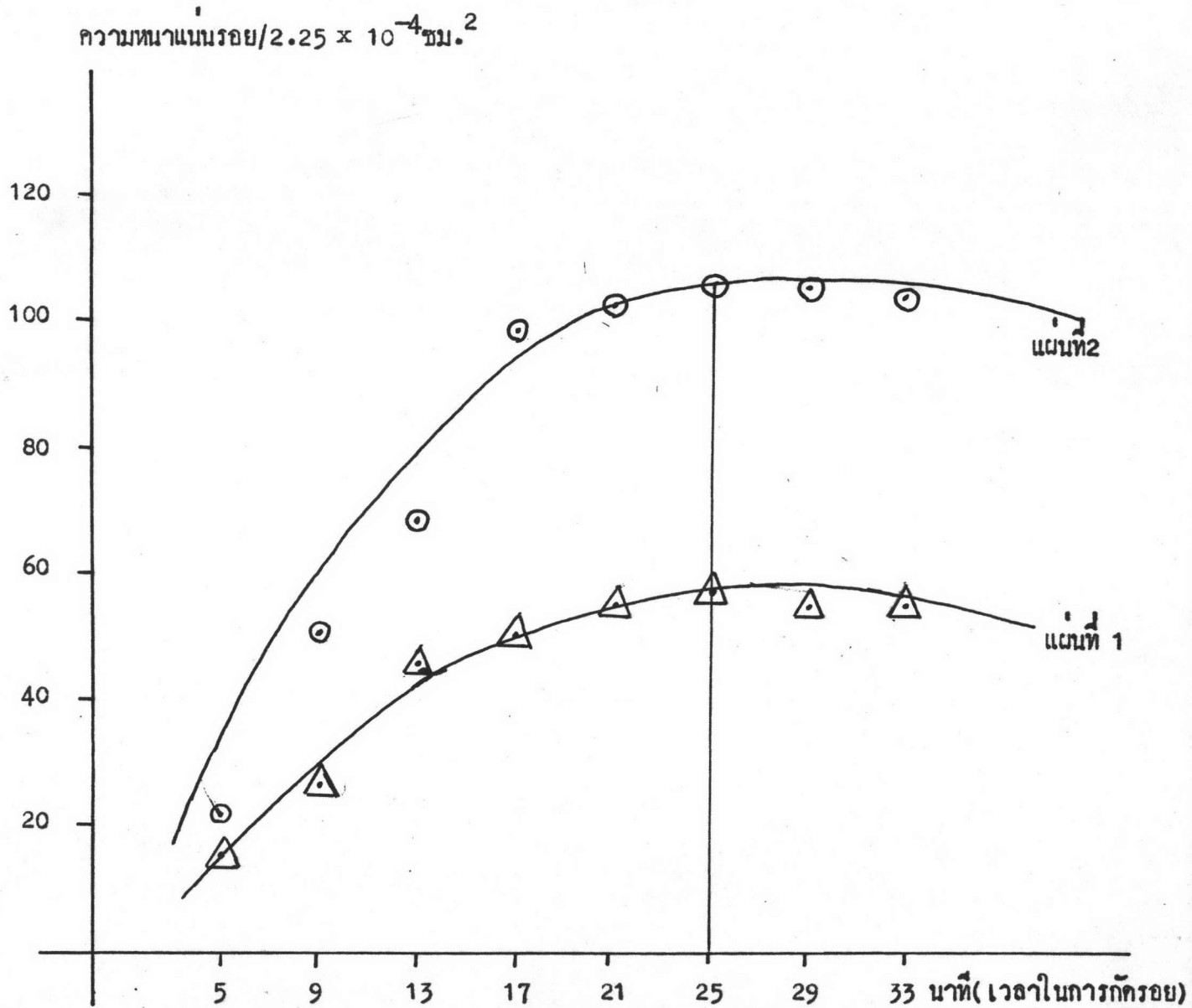
เวลาในการสกัดรอย (นาที)	ความหนาแน่นรอย *		ความหนาแน่นรอยสัมพันธ์ **	
	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2
5	16.10	19.68	28.43	18.56
9	26.14	51.36	46.16	48.44
13	46.44	69.54	82.02	65.58
17	51.54	99.26	91.03	93.61
21	56.78	103.68	100.28	97.77
25	56.62	106.04	100.00	100.00
29	55.66	105.62	98.30	99.60
33	55.76	104.98	98.48	99.00

แผ่นที่ 1 ฟิล์มเซลลูโลสไนเตรท CN 85 อาบนิวตรอนเร็วจากต้นกำเนิดพลูโตเนียม-เบอริลเลียม

แผ่นที่ 2 ฟิล์มเซลลูโลสไนเตรท CN 85 อาบนิวตรอนจากต้นกำเนิดปฏิกิริยาปรมาณู

* ความหนาแน่นของรอยต่อ พท. 2.25×10^{-4} ตารางเซนติเมตร

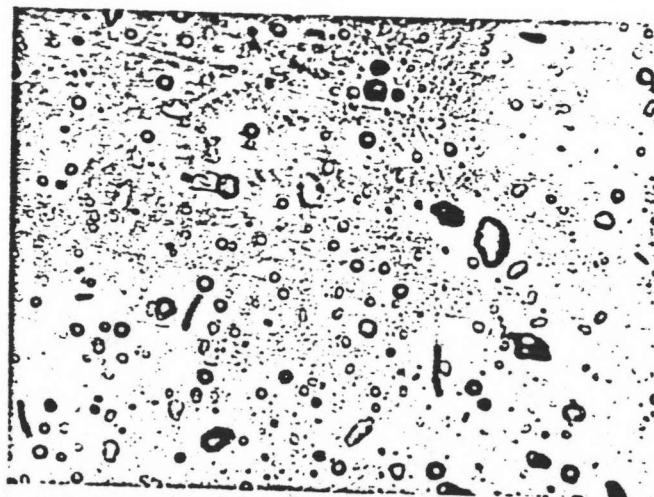
** ความหนาแน่นเทียบกับความหนาแน่นรอยเมื่อสกัดในเวลา 25 นาที เทียบเป็นเปอร์เซ็นต์



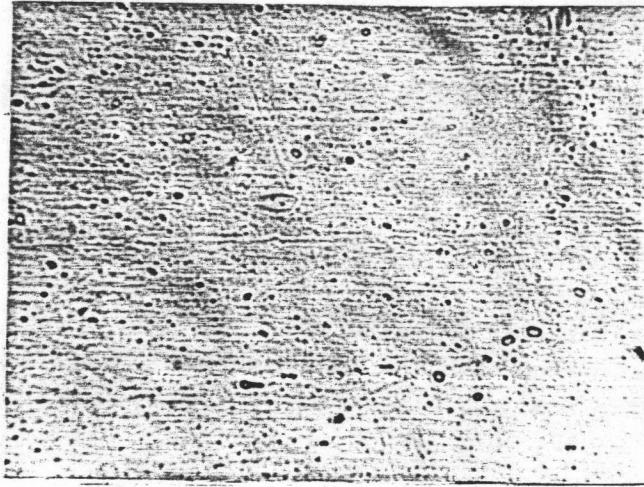
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของรอยนิวก้อนเร็ว และเวลา เมื่อใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ ที่ 65 องศาเซลเซียส บนฟิล์มเซลลูโลสในเทคนิค CN85



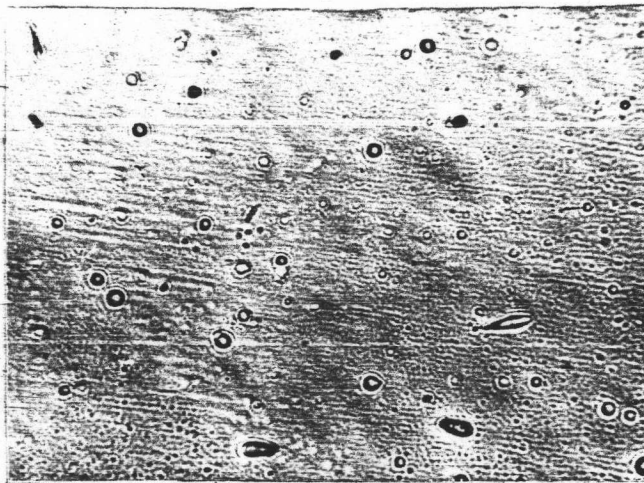
รูปที่ 1.12 แสดงลักษณะของรอยนิวตรอนเร็วบนฟิล์มเซลลูโลสในเกรท CN85.
 ด้กรอยควยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์
 ที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที นิวตรอนเร็วจากเครื่อง
 ปฏิกรณ์นิวเคลียร์



รูปที่ 1.13 แสดงลักษณะของรอยนิวตรอนเร็วบนฟิล์มเซลลูโลสในเกรท CN 85
 ด้กรอยควยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์
 ที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที นิวตรอนเร็วจากเครื่อง
 ปฏิกรณ์นิวเคลียร์



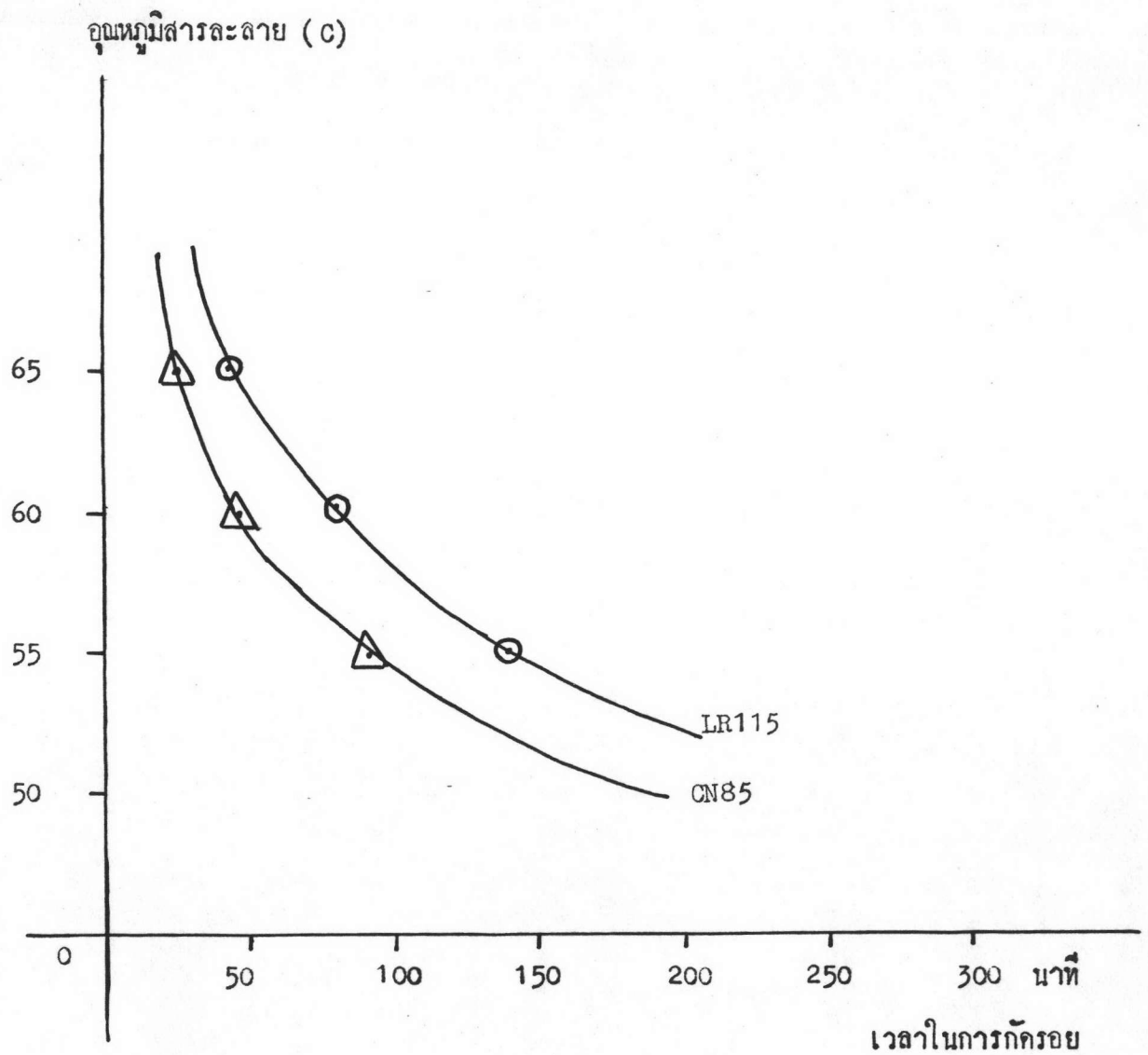
รูปที่ 1.13/1 แสดงลักษณะของรอยผิวกร่อนเร็วบนฟิล์มเซลลูโลสในเทรท CN85
กักรอยควยสารละลายไฮโดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์
ที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที นิวกร่อนเร็วจาก
กนกำเนคพลูโตเนียม-เบอริลเลียม



รูปที่ 1.14/1 แสดงลักษณะของรอยผิวกร่อนเร็วบนฟิล์มเซลลูโลสในเทรท CN85
กักรอยควยสารละลายไฮโดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์
ที่ 60 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 45 นาที นิวกร่อนเร็วจาก
กนกำเนคพลูโตเนียม-เบอริลเลียม

ตารางที่ 4.8 ผลการหาความหนาแน่นสูงสุด ของรอยที่เกิดจากนิวตรอนเร็วบนฟิล์ม
เซลลูโลสไนเตรทชนิด LR115 และ CN85 เมื่อใช้สารละลาย
โซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน

อุณหภูมิ (C°)	เวลาในการกัด (นาที)	
	LR115	CN85
55	130	90
60	80	45
65	40	25



รูปที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ของเงื่อนไขที่เหมาะสม ระหว่างเวลา และอุณหภูมิ โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ บนแผ่นฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรท

4.5 แบบกราวนด์ของฟิล์มเซดดูโลสในเครท

ได้ทำการวิจัยเพื่อหาความหนาแน่นของรอยซึ่งเป็นแบบกราวนด์ของฟิล์ม ทั้งสองชนิด โดยใช้ฟิล์มเซดดูโลสในเครททั้งชนิด LR115 และ CN85 ที่ไม่ได้อบ รังสีใด ๆ อย่างละ 2 แผ่น ไปกักรอยในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้เงื่อนไขที่เหมาะสม คือสำหรับฟิล์มชนิด LR115, 55 องศาเซลเซียส 130 นาที, 60 องศาเซลเซียส 80 นาที และที่ 65 องศาเซลเซียส 40 นาที สำหรับฟิล์มชนิด CN85 ใช้ 55 องศาเซลเซียส 90 นาที, 60 องศาเซลเซียส 45 นาที, และ 65 องศาเซลเซียสที่ 25 นาที โดยใช้วิธีการรอยตาม 4.2 และนำมานับรอยตาม 4.3 บันทึกผล หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังตารางที่ 4.9 และ 4.10

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าความหนาแน่นของรอยแบคกราวนด์บนฟิล์มเซลลูโลสในเทรท
LR115 เมื่อถูกรอยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์

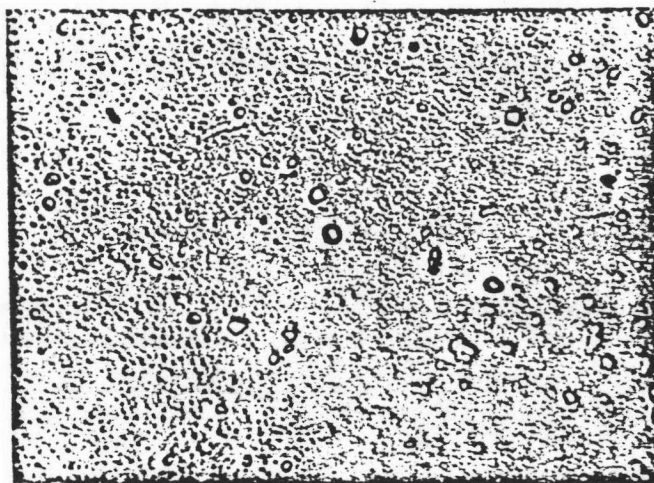
เงื่อนไขการถูรอย	ความหนาแน่นรอย*		
	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	เฉลี่ย
55 องศา 130 นาที	38.36 ± 8.01	39.04 ± 8.59	38.70 ± 8.30
60 องศา 80 นาที	38.90 ± 7.99	38.78 ± 8.72	38.84 ± 8.35
65 องศา 40 นาที	38.96 ± 6.015	39.86 ± 7.69	39.41 ± 6.85

* ความหนาแน่นของรอยแบคกราวนด์ของฟิล์มเซลลูโลสในเทรท LR115
พท. 2.25×10^{-4} ตารางเซนติเมตร

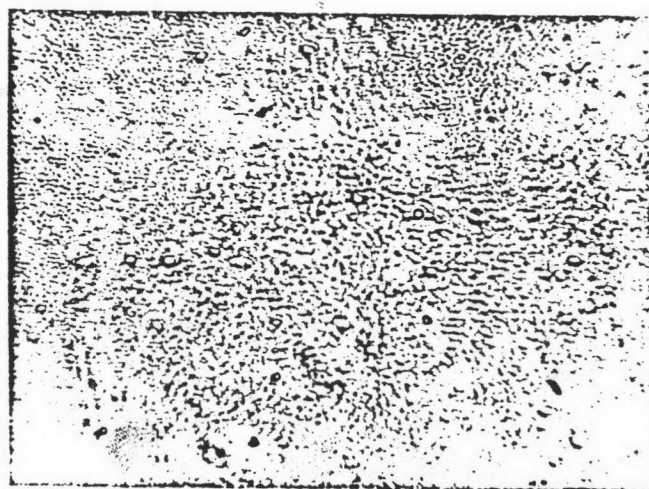
ตารางที่ 4.10 แสดงค่าความหนาแน่นของรอยแบคกราวนด์บนฟิล์มเซลลูโลสในเทรท
CN85 เมื่อใช้รอยคว่ำสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์

เงื่อนไขที่เหมาะสม	ความหนาแน่นรอย *					
	แผ่นที่ 1		แผ่นที่ 2		เฉลี่ย	
55 องศา 90 นาที	23.46	4.59	23.62	4.66	23.54	4.62
60 องศา 45 นาที	22.99	4.15	23.74	4.37	23.36	4.26
65 องศา 25 นาที	23.48	4.18	23.30	4.13	23.39	4.15

* ความหนาแน่นของรอยแบคกราวนด์ของฟิล์มเซลลูโลสในเทรท CN85 คือ
พท. 2.25×10^{-4} ตารางเซนติเมตร



รูปที่ 1.15 แสดงรอยเนื่องจากแบคทีรารานคัมบิลิมเซลล์ูโลสในเกรท LH115
 กักรอยควยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์
 ที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 80 นาที



รูปที่ 1.16 แสดงรอยเนื่องจากแบคทีรารานคัมบิลิมเซลล์ูโลสในเกรท CN85
 กักรอยควยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์
 ที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที

4.6. เปรียบเทียบการกักรอยของนิวตรอนเร็วบนฟิล์มเซลลูโลสในเทรทที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน

การวิจัยนี้เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพความหนาแน่นรอยของนิวตรอนเร็วบนแผ่นฟิล์ม เมื่อกักรอยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้เวลาในการกักรายเงื่อนโซที่เหมาะสม

นำฟิล์มเซลลูโลสในเทรท ชนิด LR115 และ CN85 ไปอบนิวตรอนเร็วจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์โดยยิงเข้าไปทางท่อลมที่หุ้มแคดเมียมเป็นเวลา 6 วินาที นำฟิล์มแต่ละแผ่นมาแบ่งออกเป็น 3 ส่วน แล้วนำแต่ละส่วนของฟิล์มทั้งสองชนิดไปกักรอยที่อุณหภูมิต่าง ๆ คือ ชนิด LR115 ที่ 55 องศาเซลเซียสใช้เวลา 130 นาทีที่ 60 องศาเซลเซียส 80 นาที และ 65 องศาเซลเซียส 40 นาที สำหรับชนิด CN85 ที่ 55 องศาเซลเซียส 90 นาที, 60 องศาเซลเซียส 45 นาที และ 65 องศาเซลเซียส 40 นาที ใช้วิธีกักรอยตาม 5.2 นำมานับรอยบันทึกผลหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน นำค่าเฉลี่ยของรอยแบคกราวนด์จาก 4.5 มาหักออกจากค่าเฉลี่ยผลที่ได้ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าเปรียบเทียบความหนาแน่นของรอยอนุภาคนิวตรอนบนฟิล์ม
เซลลูโลสในเทรท เมื่อกักรอยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
10 เปอร์เซ็นต์

อุณหภูมิ (°C)	ความหนาแน่นรอย*		ความหนาแน่นรอยสัมพันธ์***	
	LR 115	CN 85	LR 115	CN 85
55	100 ± 14.60	126.04 ± 11.48	98.59	98.06
60	101.42 ± 13.65	128.54 ± 10.48	100.00	100.00
65	100.56 ± 12.35	127.53 ± 11.40	99.15	99.24

* ความหนาแน่นรอยของนิวตรอนเร็วบน พท. 2.25×10^{-4} ตารางเซนติเมตร

** ความหนาแน่นรอยเมื่อเทียบกับความหนาแน่นที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส
คิดเป็นเปอร์เซ็นต์

4.7 เปรียบเทียบความหนาแน่นของรอยนิวตรอนเร็วบนฟิล์มเซลล์โลสในเกรทที่เวลาต่าง ๆ กัน

การวิจัยนี้เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของรอยนิวตรอนเร็วบนฟิล์มชนิด LR115 และ CN85 กับเวลาในการอบนิวตรอนเร็วต่าง ๆ กัน โดยใช้ทั้งต้นกำเนิดพลูโตเนียม-เบอริลเดิม และเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์

4.7.1 นำฟิล์มทั้งชนิด LR115 และ CN85 หุ้มแคดเมียมไปอบนิวตรอนจากต้นกำเนิดพลูโตเนียม-เบอริลเดิม เป็นเวลา 1 วัน, 3 วัน, 5 วัน, 7 วัน และ 11 วัน ตามลำดับ นำฟิล์มที่อบนิวตรอนเร็วแล้วมากักรอยในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีใน 4.2 โดยใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 80 นาที สำหรับฟิล์มชนิด LR115 และ 60 องศาเซลเซียส 45 นาที สำหรับฟิล์มชนิด CN85 นำมานับรอยนิวตรอนเร็ว บันทึกผล หาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและหักออกด้วยค่าแมคกราวนค์ ดังตารางที่ 4.12 และ 4.13 นำมาเขียนกราฟดังกราฟ 4.17, 4.18 พิจารณาเห็นว่ามีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น จึงตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงเส้น และหาค่าของสมการที่เหมาะสม (17) ดังนี้

$$r = \frac{N_{\Sigma xy} - \bar{x}\bar{y}}{\sqrt{[N_{\Sigma x^2} - (\Sigma x)^2][N_{\Sigma y^2} - (\Sigma y)^2]}}$$

$$y = A_1 X + A_0$$

$$A_1 = \frac{N_{\Sigma xy} - \bar{x}\bar{y}}{N_{\Sigma x^2} - (\Sigma x)^2}$$

$$A_0 = \frac{\Sigma y \Sigma x^2 - \Sigma xy \Sigma x}{N_{\Sigma x^2} - (\Sigma x)^2}$$

เมื่อ

r = คือ ความสัมพันธ์รวม (correlation)

x = คือ เวลาในการอบนิวตรอนเร็วบนฟิล์ม

y = คือ ความหนาแน่นรอย

ตัวอย่างการทดสอบหาความสัมพันธ์เชิงเส้น ของความหนาแน่นรอยบน
ฟิล์มเซลลูโลสไนเตรท LR115 อาบจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์

X	Y	XY	X ²	Y ²
4	63.82	255.28	16	4072.99
5	85.64	428.20	25	7334.21
7	128.20	897.40	49	16435.24
9	153.72	1383.48	81	23629.84
11	194.58	2140.38	121	37861.37
36	625.96	5104.74	292	89333.63

$$A1 = \frac{5 \times 5104.72 - 36 \times 625.96}{5 \times 292 - 1296} = 18.226$$

$$A0 = \frac{625.96 \times 292 - 5104.74 \times 36}{5 \times 292 - 1296} = -6.038$$

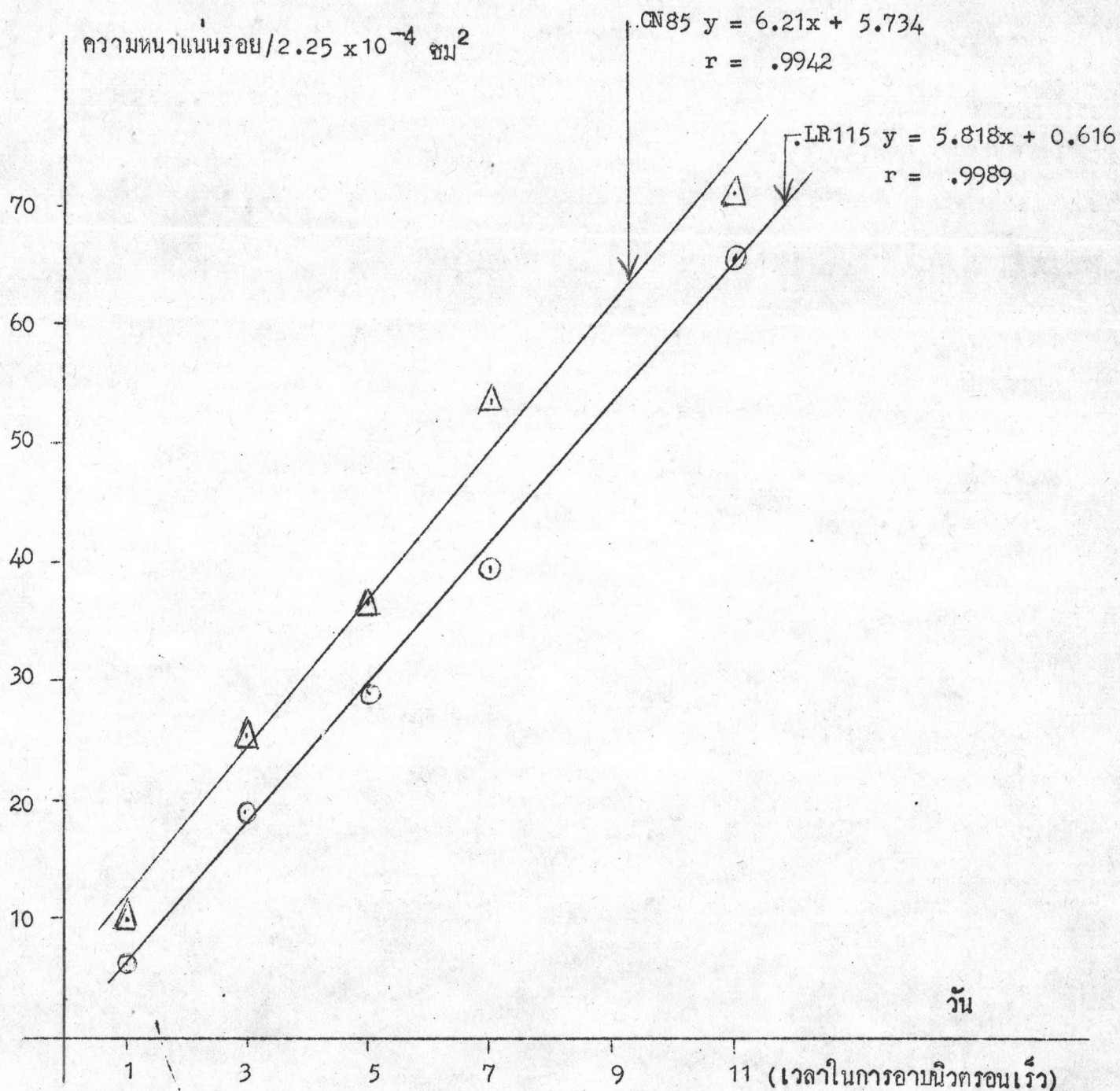
$$r = \frac{5 \times 5104.74 - 36 \times 625.96}{\sqrt{[5 \times 292 - 36^2] [5 \times 89333.63 - (625.96)^2]}}$$

$$= 0.9967$$

สมการคือ $Y = 18.226x - 6.0385$

ตารางที่ 4.12 แสดงความหนาแน่นรอยนิวตรอนเร็วบนฟิล์มเซตดูโดสในเทรท เมื่ออบจากต้นกำเนิด
 พลูโตเนียม-เบอริลเดี่ยวที่เวลาต่าง ๆ กัน โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
 10 เปอร์เซ็นต์

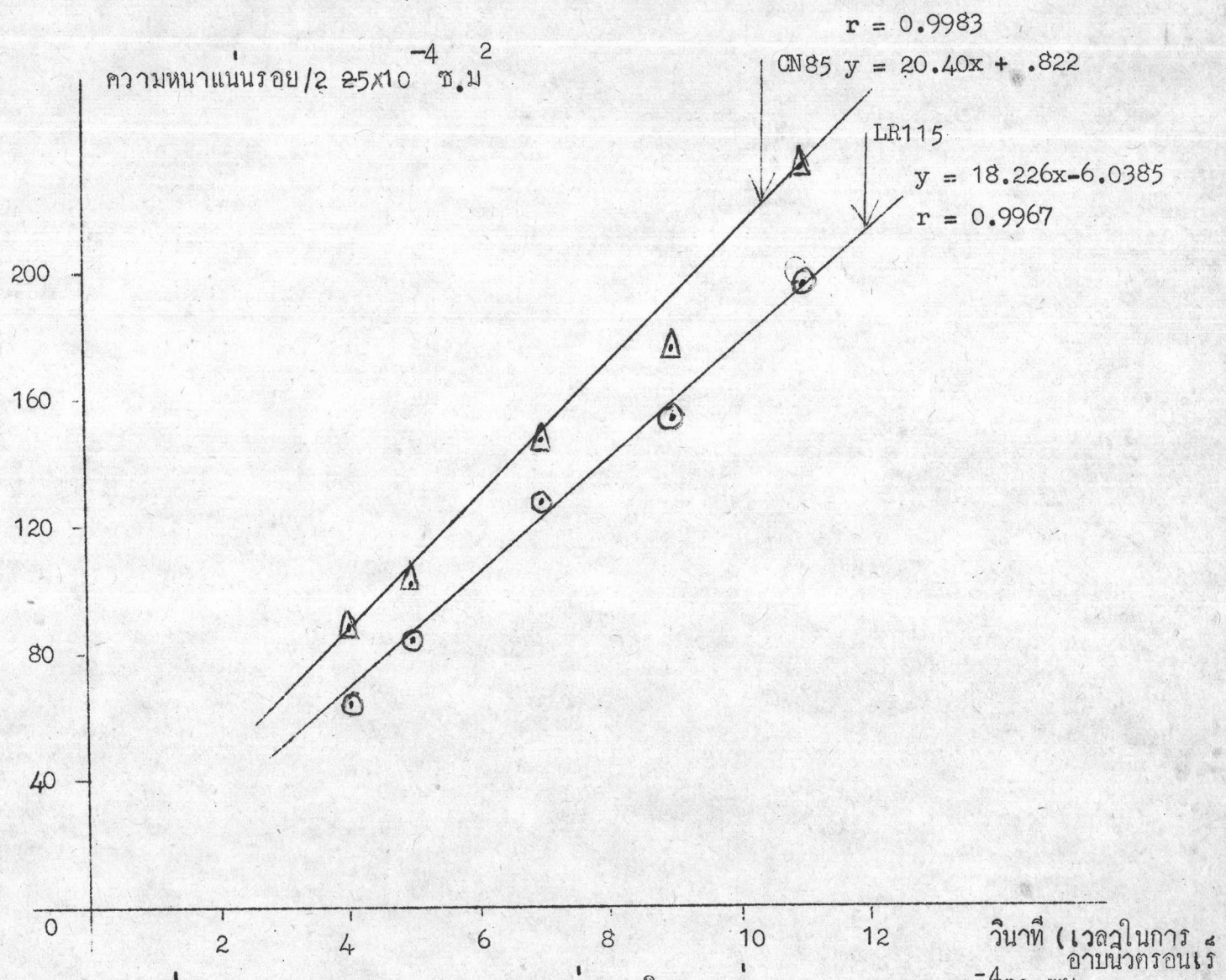
เวลาในการอบ นิวตรอน (วัน)	รอย / $2.25 \cdot 10^{-4}$ ตารางเซนติเมตร	
	LR 115	CN 85
1	6.59 ± 4.40	9.92 ± 6.76
3	19.14 ± 11.17	25.25 ± 9.18
5	29.26 ± 10.22	36.32 ± 8.18
7	39.98 ± 12.24	53.19 ± 7.93
11	65.54 ± 12.30	71.66 ± 9.69



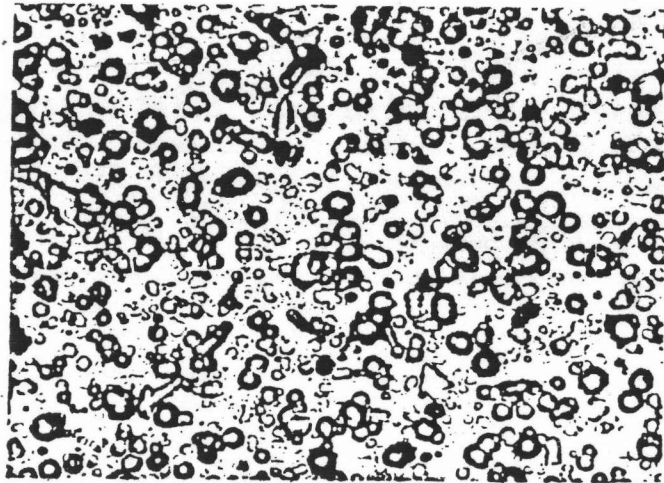
รูปที่ 4.17 แสดงกราฟความหนาแน่นของรอยนิวตรอนเร็วต่อ พท. 2.25×10^{-4} ซม.² บนฟิล์มเซลลูโลสในเครท อบนิวตรอนเร็วจากต้นกำเนิดพลูโตเนียม-เบอริลเดี่ยว ที่เวลาต่าง ๆ กัน

ตารางที่ 4.13 แสดงความหนาแน่นรอยนิวตรอนเร็วบนฟิล์มเซลลูโลสไนเตรท เมื่ออบจาก เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่เวลาต่าง ๆ กัน โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์

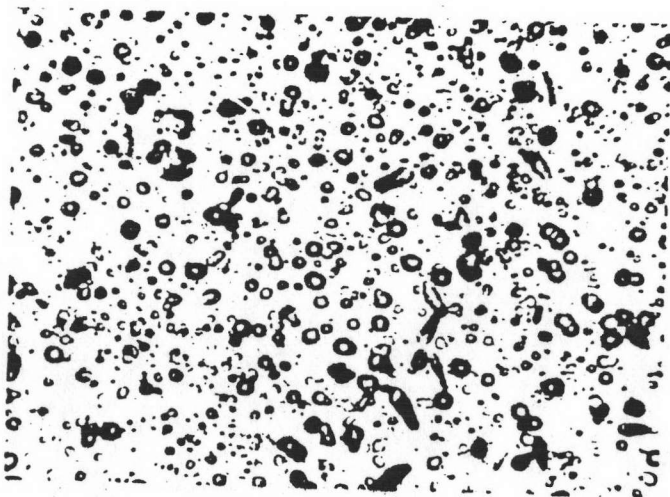
เวลาในการอบ นิวตรอน (วินาที)	รอย / 2.25×10^{-4} ตารางซม.	
	LR 115	GN 85
4	63.02 ± 12.76	88.39 ± 11.66
5	85.64 ± 13.61	100.47 ± 11.19
7	128.20 ± 15.48	143.31 ± 16.98
9	153.72 ± 16.54	171.83 ± 22.30
11	194.58 ± 23.47	234.59 ± 23.45



รูปที่ 4.18 แสดงกราฟของความหนาแน่นรอยนิวตรอนต่อ พท. 2.25×10^{-4} ตร.ซม. บนฟิล์มเซตดูโลสไนเตรท ออบนิวตรอนเร็วจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่เวลาต่าง ๆ กัน



รูปที่ 4.19 แสดงปริมาณของรอยนิวตรอนเร็วบนฟิล์มเซลลูโลสในเทคนิค LR 115
ที่มีความหนาแน่นมากจนยากต่อการนับ



รูปที่ 4.20 แสดงปริมาณของรอยนิวตรอนเร็วบนฟิล์มเซลลูโลสในเทคนิค CN 85
ที่มีความหนาแน่นมากจนยากต่อการนับ

4.8 การวัดฟลักซ์ของนิวตรอนเร็ว

ได้ทำการวัดฟลักซ์ของนิวตรอนเร็วที่ใช้ในการอบฟิล์ม โดยวัดจากต้นกำเนิด พลูโตเนียม-เบอริลเลียม และเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขณะทำการเดินเครื่องกำลัง 1 เมกะวัตต์ ด้วยวิธีนิวตรอนแอกติเวชัน

ในการวัดฟลักซ์ของนิวตรอนเร็วจากต้นกำเนิดพลูโตเนียม-เบอริลเลียม ให้นำวงกัมมันตอะเดียกบรจุในถุงพลาสติกใส่ไปอบนิวตรอนเร็วในตำแหน่งเดียวกับที่ใช้อบฟิล์มระยะต่าง ๆ กัน แล้วนำไปวัดรังสีเบต้าของ P^{32} เนื่องจากปฏิกิริยา $S^{32}(n,p)P^{32}$ ด้วยหัววัดไกเกอร์มูลเลอร์

ในการวัดฟลักซ์ของนิวตรอนเร็วจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ ได้ใช้แผ่นอลูมิเนียมและผงแมกเนเซียมบรจุในถุงพลาสติก ยิงเข้าไปในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ทางท่อลมที่หุ้มแคดเมียม เป็นระยะเวลาต่าง ๆ แล้ววัดรังสีจาก Na^{24} เนื่องจากปฏิกิริยา $Al^{27}(n,\alpha)Na^{24}$ และ $Mg^{24}(n,p)Na^{24}$ โดยเลือกวัดรังสีแกมมาพลังงาน 1.396 MeV ด้วยอุปกรณ์วิเคราะห์แบบหลายช่อง

วงกัมมันต percent abundance ของ S^{32} อยู่ 95 เปอร์เซ็นต์ และ P^{32} ให้รังสีเบต้า 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าพลังงานเฉลี่ย 0.69 MeV Al^{27} มี percent abundance 100 และ Mg^{24} มี percent abundance 78.60 Na^{24} ให้รังสีแกมมาพลังงาน 1.396 MeV 100 เปอร์เซ็นต์

จากการที่รู้ค่า percent abundance ของไอโซโทปที่นำไปแอกติเวท ประสิทธิภาพของหัววัด และค่าที่นับได้ สามารถที่จะนำไปคำนวณหาฟลักซ์ของนิวตรอนเร็ว ได้ผลปรากฏดังนี้

ตารางที่ 4.14 แสดงอัตราการแผ่รังสีเบตาของ P^{32} จากปฏิกิริยา $S^{32}(n,p)P^{32}$ เมื่อ
 ออบนิวตรอนเร็วเป็นเวลา 6 วัน กำหนด 0.43021 กรัม

เวลาในการ สลายตัว (วัน)	ค่านับ (cpm)	แบคกราวนด์ (cpm)	ค่านับสุทธิ (cpm)	ฟลักซ์ของนิวตรอนเร็ว $n/cm^2 - sec$
0.875	172.40	76.45	95.95	1.549×10^5
15	95.30	76.45	18.85	6.013×10^4
			เฉลี่ย	1.075×10^5

ตารางที่ 4.15 แสดงอัตราการแผ่รังสีเบตาของ P^{32} จากปฏิกิริยา $S^{32}(n,p)P^{32}$
 เมื่อออบนิวตรอนเร็วเป็นเวลา 9.98 วัน กำหนด 0.22769 กรัม

เวลาในการ สลายตัว (วัน)	ค่านับ (cpm)	แบคกราวนด์ (cpm)	ค่านับสุทธิ (cpm)	ฟลักซ์ของนิวตรอน $n/cm^2 - sec$
0.20	121.65	76.45	44.55	1.207×10^5
5.25	101.73	76.45	25.28	7.933×10^4
			เฉลี่ย	1.003×10^5

ตารางที่ 4.16 แสดงอัตราการแผ่รังสีแกมมาพลังงาน 1.396 MeV ของ Na^{24}
 จากปฏิกิริยา $\text{Al}^{27}(n,\gamma)\text{Na}^{24}$ นน. Al^{27} 0.06467 กรัม อานิวตรอน
 เร็ว 1 นาที

เวลาในการ สลายตัว(ชั่วโมง)	ค่านับ (cps)	แบคกราวนด์ (cps)	ค่านับสุทธิ (cps)	ฟลักซ์ของนิวตรอนเร็ว ($\text{n}/\text{cm}^2\text{-sec}$)
2.30	2.83	2.075	0.755	2.332×10^{10}
18.90	2.36	2.075	0.285	1.893×10^{10}
23.47	2.34	2.075	0.265	2.160×10^{10}
			เฉลี่ย	2.128×10^{10}

ตารางที่ 4.17 แสดงอัตราการแผ่รังสีแกมมาพลังงาน 1.396 MeV ของ Na^{24} จากปฏิกิริยา
 $\text{Al}^{27}(n,\gamma)\text{Na}^{24}$ น.น Al^{27} 0.04742 กรัม อานิวตรอนเร็ว 5 นาที

เวลาในการ สลายตัว(ชั่วโมง)	ค่านับ (cps)	แบคกราวนด์ (cps)	ค่านับสุทธิ (cps)	ฟลักซ์ของนิวตรอนเร็ว ($\text{n}/\text{cm}^2\text{-sec}$)
2.410	6.122	2.075	4.045	2.479×10^{10}
20.855	3.602	2.075	1.527	2.190×10^{10}
23.334	3.570	2.075	1.495	2.40×10^{10}
			เฉลี่ย	2.356×10^{10}

ตารางที่ 4.18 แสดงอัตราการแผ่รังสีแกมมาพลังงาน 1.396 MeV ของ Na^{24} จาก
ปฏิกิริยา $\text{Al}^{27} (n, \gamma) \text{Na}^{24}$ น.น. $\text{Al} 0.03339$ กรัม อานิวตรอนเร็ว
8 นาที

เวลาในการ สลายตัว(ชั่วโมง)	ค่านับ (cps)	แบคกราวนด์ (cps)	ค่านับสุทธิ (cps)	ฟลักซ์ของนิวตรอนเร็ว $n/\text{cm}^2 - \text{sec}$
2.854	6.505	2.075	4.432	2.462×10^{10}
20.281	3.908	2.075	1.833	2.275×10^{10}
23.798	3.504	2.075	1.429	2.089×10^{10}
			เฉลี่ย	2.275×10^{10}

ตารางที่ 4.19 แสดงอัตราการแผ่รังสีแกมมาพลังงาน 1.396 MeV ของ Na^{24}
เนื่องจากปฏิกิริยา $\text{Mg}^{24} (n, p) \text{Na}^{24}$ น.น. $\text{Mg} 0.08258$ กรัม
อานิวตรอนเร็ว 1 นาที

เวลาในการ สลายตัว(ชั่วโมง)	ค่านับ (cps)	แบคกราวนด์ (cps)	ค่านับสุทธิ (cps)	ฟลักซ์ของนิวตรอนเร็ว $n/\text{cm}^2 - \text{sec}$
1.888	4.902	2.075	2.827	2.981×10^{10}
20.597	2.884	2.075	0.809	2.023×10^{10}
23.186	2.758	2.075	0.683	1.924×10^{10}
			เฉลี่ย	2.276×10^{10}

ตารางที่ 4.20 แสดงอัตราการแผ่รังสีแกมมาพลังงาน 1.396 MeV ของ Na^{24} จากปฏิกิริยา
 $\text{Mg}^{24}(\text{n},\text{p})\text{Na}^{24}$ น.น. MgO 1205 กรัม อานิวตรอนเร็ว 5 นาที

เวลาในการ สลายตัว(ชั่วโมง)	ค่านับ (cps)	แบคกราวนด์ (cps)	ค่านับสุทธิ (cps)	ฟลักซ์ของนิวตรอนเร็ว ($\text{n}/\text{cm}^2 - \text{sec}$)
2.283	19.282	2.075	17.207	2.531×10^{10}
19.677	8.788	2.075	6.038	1.986×10^{10}
23.066	7.860	2.075	5.785	2.225×10^{10}
			เฉลี่ย	2.247×10^{10}

ตารางที่ 4.21 แสดงอัตราการแผ่รังสีแกมมาพลังงาน 1.396 MeV ของ Na^{24} จากปฏิกิริยา
 $\text{Mg}^{24}(\text{n},\text{p})\text{Na}^{24}$ น.น. Mg 0.11071 กรัม อานิวตรอนเร็ว 8 นาที

เวลาในการ สลายตัว(ชั่วโมง)	ค่านับ (cps)	แบคกราวนด์ (cps)	ค่านับสุทธิ (cps)	ฟลักซ์ของนิวตรอนเร็ว ($\text{n}/\text{cm}^2 - \text{sec}$)
2.329	26.172	2.075	24.097	2.424×10^{10}
20.093	11.478	2.075	9.403	2.147×10^{10}
23.659	10.312	2.075	8.235	2.216×10^{10}
			เฉลี่ย	2.262×10^{10}

ตารางที่ 4.22 แสดงค่าฟลักซ์ของนิวตรอนเร็วจากต้นกำเนิดพลูโตเนียม-เบอริลเดี่ยว

น้ำหนัก (กรัม)	เวลาในการอวรังสี (วัน)	ฟลักซ์ของนิวตรอนเร็ว (นิวตรอน/ซม ² -วินาที)
S = 0.43021	8.00	1.075×10^5
S = 0.22769	9.98	1.003×10^5
	เฉลี่ย	1.039×10^5

ตารางที่ 4.23 แสดงค่าฟลักซ์ของนิวตรอนเร็วจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์

น้ำหนัก (กรัม)	เวลาในการอวรังสี (วัน)	ฟลักซ์ของนิวตรอนเร็ว (นิวตรอน/ซม ² -วินาที)
Al = 0.06467	1	2.128×10^{10}
Al = 0.04742	5	2.356×10^{10}
Al = 0.03339	8	2.275×10^{10}
Mg = 0.08259	1	2.276×10^{10}
Mg = 0.12050	5	2.247×10^{10}
Mg = 0.11071	8	2.262×10^{10}
	เฉลี่ย	2.257×10^{10}

4.9 ความไวในการบันทึกรอยนิ้วตรอนเร็วของฟิล์มเซลลูโลสในเทรท

ความไวของฟิล์มเซลลูโลสในเทรททั้งชนิด LR115 และ CN85 ต่อนิ้วตรอนเร็ว หมายถึงอัตราการเกิดรอยบนฟิล์มต่อปริมาณของนิ้วตรอนเร็ว ในการหาความไวของฟิล์มต่อนิ้วตรอนเร็วจากต้นกำเนิดฟลูโตเนียม-เบอริลเลียม พิจารณาจากตารางที่ 4.12 และ 4.22 ในการหาความไวของฟิล์มต่อนิ้วตรอนเร็วจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์พิจารณาจากตาราง 4.13 และ 4.22 ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.24 แสดงอัตราการเกิดรอยบนฟิล์มเซลลูโลสในเทรท

ต้นกำเนิดนิ้วตรอนเร็ว	รอยบน LR115 (รอย/ซม. ² -วินาที)	รอยบน CN85 (รอย/ซม. ² -วินาที)
ฟลูโตเนียม-เบอริล- เลียม	0.3137	.4082
เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์	76592.33	91629.28

ตารางที่ 4.2 แสดงความไวของเซลลูโลสในเทรทในการบันทึกรอยนิ้วตรอนเร็ว

ต้นกำเนิดนิ้วตรอนเร็ว	ฟลักซ์ของนิ้วตรอนเร็ว (นิ้วตรอน/ซม. ² -วินาที)	ความไว (รอย/นิ้วตรอนเร็ว)	
		LR 115	CN 85
ฟลูโตเนียม-เบอริล- เลียม	1.039×10^5	3.0181×10^{-6}	3.929×10^{-6}
เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์	2.257×10^{10}	3.383×10^{-6}	4.058×10^{-6}