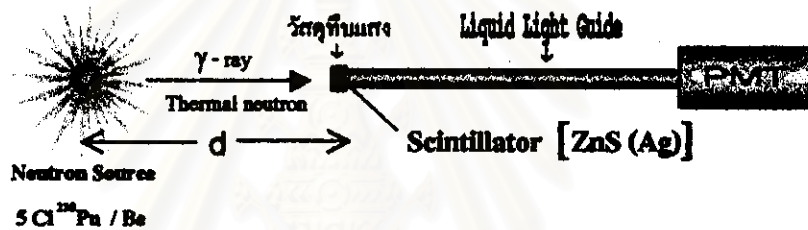


## บทที่ 4

### การทดสอบและผลการทดสอบ

#### 4.1 การทดสอบหัววัดเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ที่พัฒนาขึ้น

##### 4.1.1 การทดสอบผลตอบสนองของท่อนำแสงที่ปราศจากสารซินทิเลเตอร์ ซึ่งมีต่อนิวตรอนและรังสีแกมมา



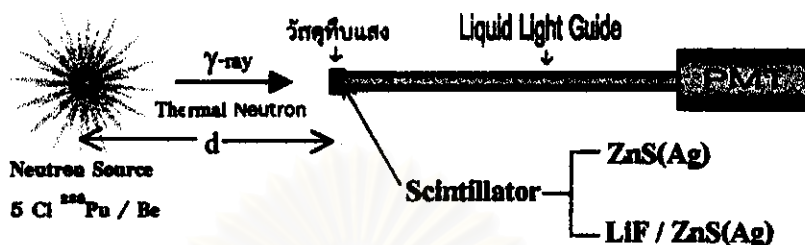
รูปที่ 4.1 แผนภาพอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบการตอบสนองของท่อนำแสงต่อนิวตรอนและรังสีแกมมา

เพื่อทดสอบว่าท่อนำแสงที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีการตอบสนองต่อนิวตรอนและรังสีแกมมาที่เกิดจากต้นกำเนิดนิวตรอน  $^{238}\text{Pu} / \text{Be}$  หรือไม่ว่า จึงได้ทำการทดสอบโดยนำท่อนำแสงที่ปราศจากสารซินทิเลเตอร์เชื่อมต่อกับหลอดทวิคูณแสงและหุ้มปลายอีกด้านหนึ่งด้วยวัสดุทึบแสงไปวัดรังสีจากต้นกำเนิดนิวตรอนที่บรรจุอยู่ในถังน้ำที่ระยะห่างต่าง ๆ กัน โดยทำการวัดจำนวนนับรังสีในแต่ละระยะจำนวน 5 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ดังแสดงในรูปที่ 4.1 และผลการวัดแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงจำนวนนับรังสีเฉลี่ยที่ระยะต่าง ๆ เมื่อวัดด้วยท่อนำแสงที่ปราศจากสารซินทิเลเตอร์เชื่อมต่อกับหลอดทวิคูณแสง

ระยะ d (cm)	จำนวนนับรังสีเฉลี่ย (Counts / 2 min)
0	1,720 $\pm$ 41
15	1,653 $\pm$ 41
40	1,736 $\pm$ 42
Dark current	1,773 $\pm$ 42

#### 4.1.2 การทดสอบการตอบสนองของสารซินทิเลเตอร์ชนิด ZnS(Ag) และ LiF / ZnS(Ag) ที่มีต่อรังสีจากต้นกำเนิดนิวตรอน $^{238}\text{Pu} / \text{Be}$

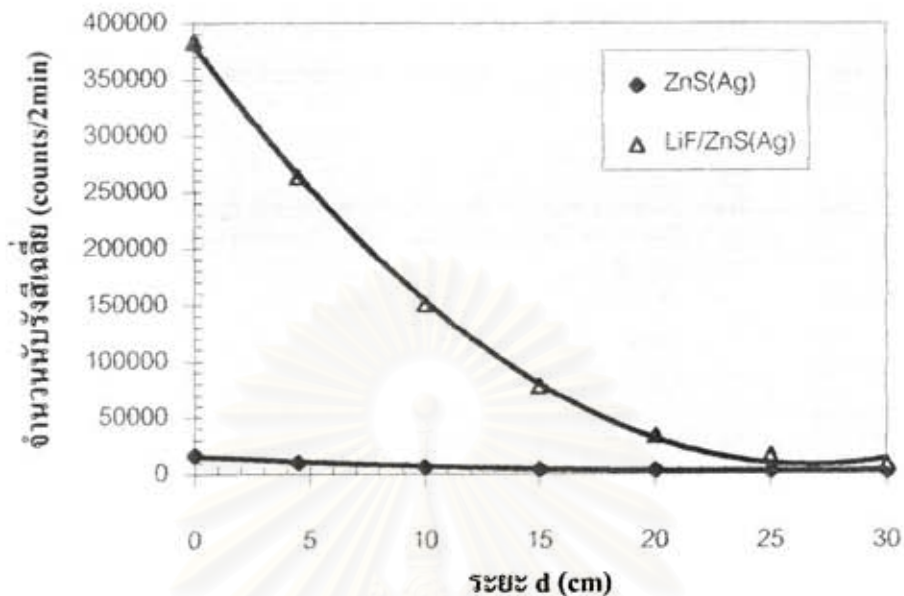


รูปที่ 4.2 แผนภาพอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบเมื่อเคลือบ ZnS (Ag) และ LiF / ZnS(Ag) ที่ปลายท่อนำแสงตามลำดับ

เนื่องจาก ZnS(Ag) มีความไวกับ X-ray พลังงานต่ำและ prompt- $\gamma$  ที่เกิดขึ้นจากต้นกำเนิดนิวตรอน  $^{238}\text{Pu} / \text{Be}$  ดังนั้นจึงทำการทดสอบการตอบสนองของสารซินทิเลเตอร์ชนิด ZnS(Ag) เปรียบเทียบกับ LiF / ZnS(Ag) ที่มีต่อรังสีจากต้นกำเนิดนิวตรอน  $^{238}\text{Pu} / \text{Be}$  โดยนำซินทิเลเตอร์ชนิด ZnS(Ag) ผสมกับกาว Duro ในอัตราส่วน 1.5 : 0.5 และ LiF / ZnS(Ag) ผสมกับกาว Duro ในอัตราส่วน 1 : 1.5 : 0.5 แล้วนำไปเคลือบโดยใช้เทคนิคการฉีดพ่นที่ปลายของท่อนำแสงที่เชื่อมต่ออยู่กับหลอดทวีคูณแสงด้วยความหนา 2 มิลลิเมตร แล้วนำไปวัดรังสีที่เกิดจากต้นกำเนิดนิวตรอน  $^{238}\text{Pu} / \text{Be}$  ที่บรรจุอยู่ในถังน้ำ ที่ระยะห่างต่างๆ กัน โดยทำการวัดจำนวนนับรังสีในแต่ละระยะจำนวน 5 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.3 ตามลำดับ

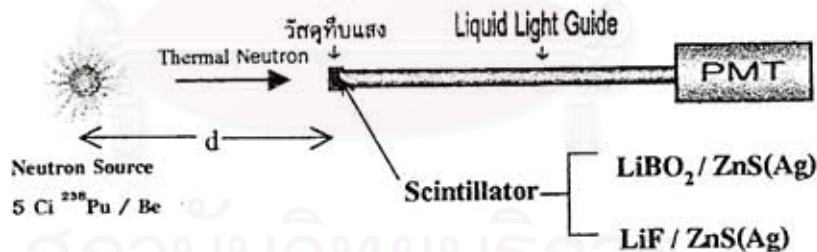
ตารางที่ 4.2 แสดงจำนวนนับรังสีเฉลี่ย เมื่อเคลือบสารซินทิเลเตอร์ชนิด ZnS (Ag) และ LiF / ZnS(Ag) ที่ปลายท่อนำแสง วัดที่ระยะต่าง ๆ ห่างจากต้นกำเนิดนิวตรอนในแนวระดับ

ระยะ d (cm)	จำนวนนับรังสีเฉลี่ย (Counts / 2 min)	
	ZnS(Ag)	LiF / ZnS(Ag)
0	16,333 $\pm$ 128	383,327 $\pm$ 619
3.5	10,598 $\pm$ 103	264,057 $\pm$ 514
10	6,202 $\pm$ 79	150,961 $\pm$ 388
15	4,237 $\pm$ 65	77,905 $\pm$ 279
20	3,145 $\pm$ 56	34,024 $\pm$ 184
25	2,668 $\pm$ 52	16,551 $\pm$ 129
30	2,317 $\pm$ 48	9,053 $\pm$ 95



รูปที่ 4.3 กราฟการตอบสนองต่อรังสีจากต้นกำเนิดนิวตรอน เมื่อใช้สารซินทิลเลเตอร์ ชนิด ZnS(Ag) เปรียบเทียบกับชนิด LiF / ZnS (Ag) เมื่อนำมาเคลือบที่ปลายท่อนำแสง

#### 4.1.3 การเปรียบเทียบความไวต่อเทอร์มัลนิวตรอนของสารซินทิลเลเตอร์ชนิด $\text{LiBO}_2 / \text{ZnS(Ag)}$ กับ $\text{LiF} / \text{ZnS(Ag)}$

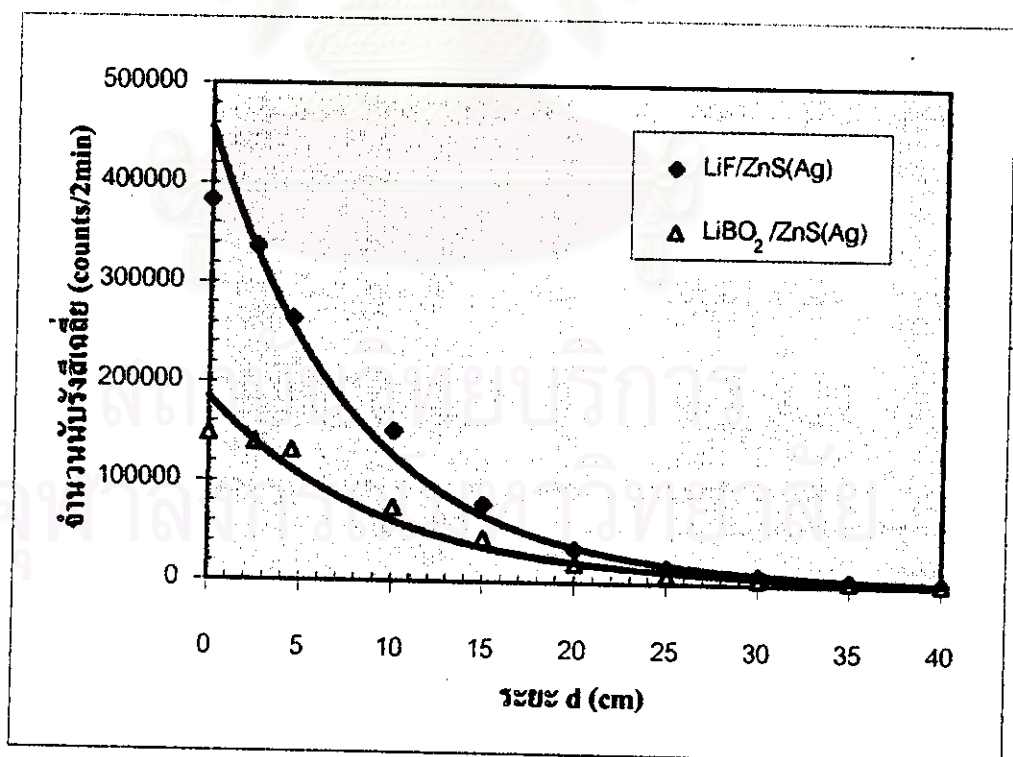


รูปที่ 4.4 แผนภาพอุปกรณ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบความไวของสารซินทิลเลเตอร์ทั้งสองชนิด

เนื่องจากหัววัดเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ในงานวิจัยนี้ต้องการสารซินทิลเลเตอร์ที่มีความไวต่อเทอร์มัลนิวตรอนมากที่สุด จึงได้ทำการทดสอบความไวต่อเทอร์มัลนิวตรอนของสารซินทิลเลเตอร์ 2 ชนิด โดยเคลือบปลายท่อนำแสงด้วยสารซินทิลเลเตอร์ชนิด  $\text{LiBO}_2 / \text{ZnS(Ag)}$  และ  $\text{LiF} / \text{ZnS(Ag)}$  ในอัตราส่วน 1 : 1.5 : 0.5 ตามลำดับ โดยให้มีความหนา 2 มิลลิเมตร และจัดอุปกรณ์ดังแสดงในรูปที่ 4.4 แล้ววัดเปรียบเทียบกันระหว่างสารซินทิลเลเตอร์ทั้งสองชนิดที่ระยะห่างจากต้นกำเนิดนิวตรอน ต่าง ๆ กัน โดยทำการวัดจำนวนนับรังสี ในแต่ละระยะจำนวน 5 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.5 ตามลำดับ

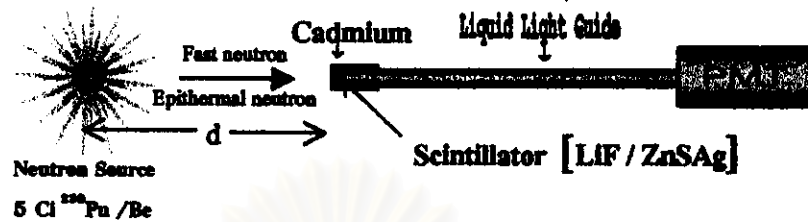
ตารางที่ 4.3 แสดงจำนวนนับรังสีเฉลี่ย เมื่อเคลือบปลายท่อนำแสงด้วยสารซินทิลเลเตอร์ชนิด  $\text{LiBO}_2/\text{ZnS(Ag)}$  และ  $\text{LiF}/\text{ZnS(Ag)}$  ที่ระยะห่างจากคั่นกำเนิดนิวตรอนต่างๆ กัน

ระยะ d (cm)	จำนวนนับรังสีเฉลี่ย (Counts / 2 min)	
	$\text{LiBO}_2/\text{ZnS(Ag)}$	$\text{LiF}/\text{ZnS(Ag)}$
0	$147,720 \pm 384$	$383,327 \pm 619$
2.5	$139,067 \pm 373$	$336,779 \pm 580$
4.5	$131,170 \pm 362$	$264,057 \pm 514$
10	$73,979 \pm 272$	$150,961 \pm 389$
15	$43,832 \pm 209$	$77,905 \pm 279$
20	$19,259 \pm 139$	$34,024 \pm 184$
25	$8,350 \pm 91$	$16,551 \pm 129$
30	$5,505 \pm 74$	$9,053 \pm 95$
35	$3,583 \pm 60$	$4,743 \pm 69$
40	$2,842 \pm 54$	$3,032 \pm 55$



รูปที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบความไวต่อเทอร์มัลนิวตรอนของสารซินทิลเลเตอร์ที่ใช้ระหว่าง  $\text{LiBO}_2/\text{ZnS(Ag)}$  และ  $\text{LiF}/\text{ZnS(Ag)}$

#### 4.1.4 การทดสอบการตอบสนองของสารฉันทกเดออร์ที่ใช้ค่อนิวตรอนเร็ว และ อีพิเทอร์มัลนิวตรอน

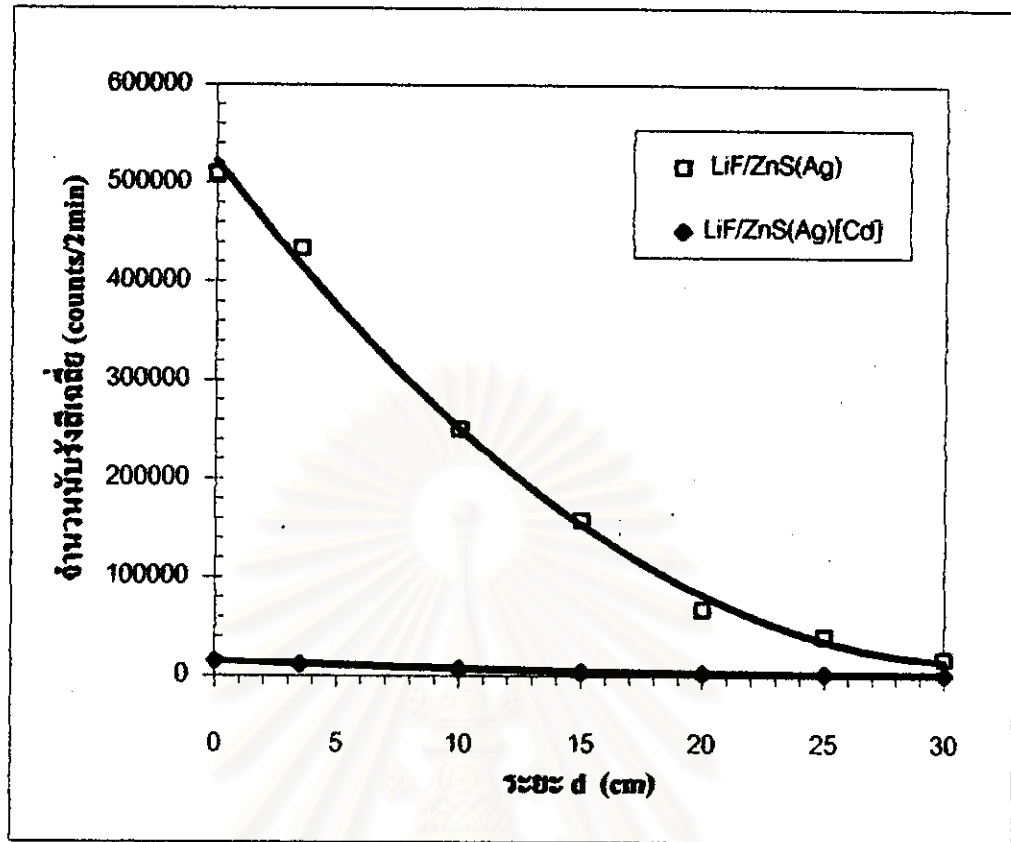


รูปที่ 4.6 แผนภาพอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบการตอบสนองของสารฉันทกเดออร์ค่อนิวตรอนเร็วและอีพิเทอร์มัลนิวตรอน

เพื่อทดสอบว่าสารฉันทกเดออร์ที่จะนำมาใช้พัฒนาหัววัดเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ ซึ่งได้แก่ LiF / ZnS(Ag) นั้นมีความไวค่อนิวตรอนเร็ว และอีพิเทอร์มัลนิวตรอนหรือไม่ โดยการนำสารฉันทกเดออร์ดังกล่าว ซึ่งเป็นส่วนผสมของ LiF / ZnS(Ag) / Duro adhesive ที่อัตราส่วน 1 : 1.5 : 0.5 ไปเคลือบที่ปลายของท่อนำแสงที่เชื่อมต่ออยู่กับหลอดทวิคูณแสง ด้วยความหนา 2 มิลลิเมตร แล้วนำไปวัดรังสีจากต้นกำเนิดนิวตรอน  $^{238}\text{Pu} / \text{Be}$  ที่บรรจุอยู่ในถังน้ำ ที่ระยะห่างต่าง ๆ กัน โดยทำการวัดจำนวนนับรังสีในแต่ละระยะจำนวน 5 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย เปรียบเทียบกันระหว่างเมื่อไม่ได้หุ้มแคดเมียม และหุ้มด้วยแผ่นแคดเมียมหนา 0.5 มิลลิเมตร ที่ปลายท่อนำแสง ดังแสดงในรูปที่ 4.6 ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.7 ตามลำดับ

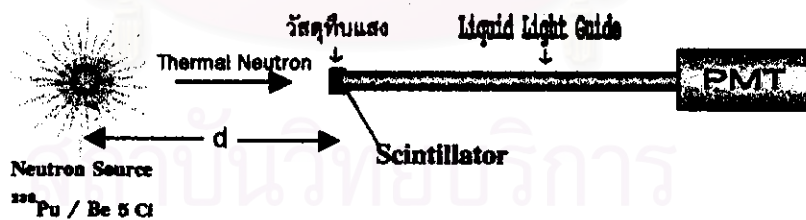
ตารางที่ 4.4 แสดงจำนวนนับรังสีเฉลี่ยเมื่อไม่ได้หุ้มส่วนปลายของท่อนำแสงด้วยแคดเมียม และที่หุ้มด้วยแคดเมียม ที่ระยะห่างจากต้นกำเนิดนิวตรอนต่าง ๆ กันในน้ำ

ระยะ d (cm)	จำนวนนับรังสีเฉลี่ย (Counts / 2 min)		แคดเมียมเรโซ (Cd ratio)
	เมื่อไม่ได้หุ้มด้วย Cd	เมื่อหุ้มด้วย Cd	
0	509,388 ± 714	15,390 ± 12	33
3.5	433,687 ± 659	12,053 ± 110	36
10	250,290 ± 500	7,019 ± 84	37
15	157,778 ± 397	4,597 ± 68	33
20	67,701 ± 26	3,381 ± 58	20
25	40,727 ± 202	2,564 ± 51	16
30	17,995 ± 134	2,294 ± 48	8



รูปที่ 4.7 กราฟเปรียบเทียบจำนวนนับรังสีเฉลี่ยที่ได้จากท่อนำแสงเคลือบปลายด้วย LiF / ZnS(Ag) เมื่อไม่ได้หุ้มด้วยแคดเมียม และเมื่อหุ้มด้วยแคดเมียม

#### 4.1.5 การทดสอบเพื่อหาความหนาที่เหมาะสมของสารฉินทิลเลเตอร์ที่ใช้



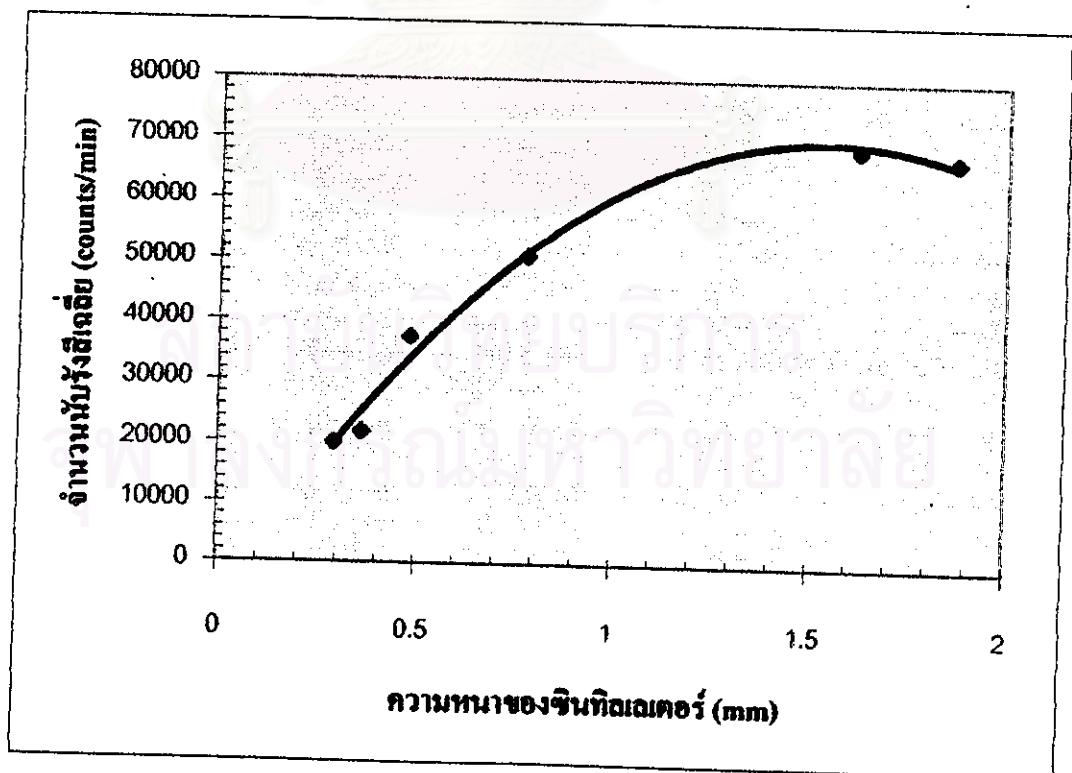
รูปที่ 4.8 แผนภาพอุปกรณ์ทดสอบเพื่อหาความหนาที่เหมาะสมของสารฉินทิลเลเตอร์ที่ใช้

ในการหาความหนาที่เหมาะสมของสารฉินทิลเลเตอร์ที่ใช้ในการพัฒนาหัววัดเทอร์มันิวตรอนฟลักซ์ เพื่อให้เกิดอันตรกิริยากับเทอร์มันิวตรอนแล้วให้แสงและจำนวนนับรังสีมากที่สุด โดยการนำส่วนผสมของ LiF / ZnS(Ag) ในอัตราส่วน 1 : 1<sup>[8]</sup> ผสมกับกาวดูโรในปริมาณ 25 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เติมนินเนอร์ลงไปเล็กน้อยเพื่อให้สารผสมสามารถรวมเป็นเนื้อเดียวกัน และให้มีความหนืดลดลง แล้วนำไปฉีดพ่นที่ปลายท่อนำแสงด้วยปืนฉีดพ่น (spray gun) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหัวฉีดเท่ากับ 0.2 มิลลิเมตร ซึ่งต่อกับปั๊มความดัน (pressure pump) แล้วทำการวัด

ความหนาเฉลี่ย โดยใช้เวอร์เนียมิเตอร์แบบดิจิตอล ( Digital vernier meter) จากนั้นนำไปวัดเทอร์มินัลนิวตรอนฟลักซ์ที่ระยะห่างจากต้นกำเนิดนิวตรอน  $^{238}\text{Pu} / \text{Be}$  ในแนวระดับเท่ากับ 10 เซนติเมตร และที่ระดับความสูงในแนวตั้งตรงกึ่งกลางของต้นกำเนิดนิวตรอน จากนั้นเพิ่มความหนาของสารซิงทิกเลเตอร์โดยการพันทับ แล้วนำไปวัดที่ตำแหน่งเดิม ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.9 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.5 แสดงจำนวนนับรังสีเฉลี่ยที่ความหนาของสารซิงทิกเลเตอร์ต่าง ๆ กัน

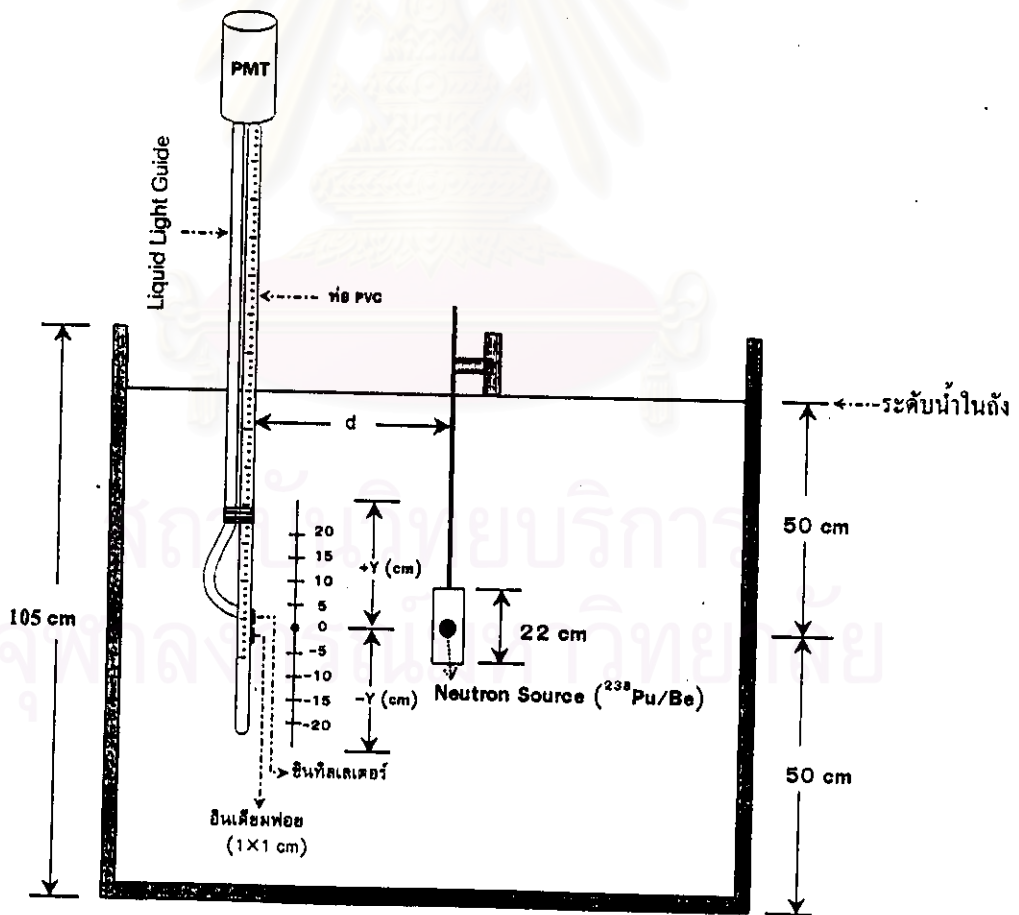
ความหนาซิงทิกเลเตอร์ (มิลลิเมตร)	จำนวนนับรังสีเฉลี่ย (Counts / min)
0.29	19,203 ± 141
0.36	21,662 ± 147
0.48	37,403 ± 193
0.78	50,826 ± 225
1.62	68,827 ± 262
1.87	67,211 ± 259



รูปที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนับรังสีเฉลี่ยกับความหนาของสารซิงทิกเลเตอร์

4.2 การปรับเทียบระบบวัดเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ที่พัฒนาขึ้น

เพื่อให้ระบบวัดเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ที่พัฒนาขึ้นสามารถอ่านค่าเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ได้โดยตรงในขณะที่ทำการวัด จึงต้องมีการปรับเทียบเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์กับจำนวนนับรังสีของระบบวัดนิวเคลียร์ที่ใช้เพื่อบรรจุลงใน โปรแกรมสนับสนุนการทำงานของระบบสำหรับการคำนวณและแปลผล โดยจะทำการปรับเทียบจำนวนนับรังสีกับเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ซึ่งทำการวัดโดยวิธี Foils Activation โดยใช้แผ่นอินเดียมฟอสเฟตเป็นตัววัด ที่ระยะห่างจากด้นกำเนิดนิวตรอนในแนวระดับ (d) เท่ากับ 7, 12 และ 17 เซ็นติเมตร และในแนวตั้ง (Y) ที่ระดับ 20, 15, 10, 5, 0, -5, -10, -15 และ -20 เซ็นติเมตร ตามลำดับ โดยให้ระดับ 0 ตรงกับตำแหน่งของด้นกำเนิดนิวตรอนเป็นจุดอ้างอิง ดังแสดงในรูป 4.10 ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.6 จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดมาหาความสัมพันธ์โดยวิธี Linear regression ผลที่ได้แสดงในรูปที่ 4.11

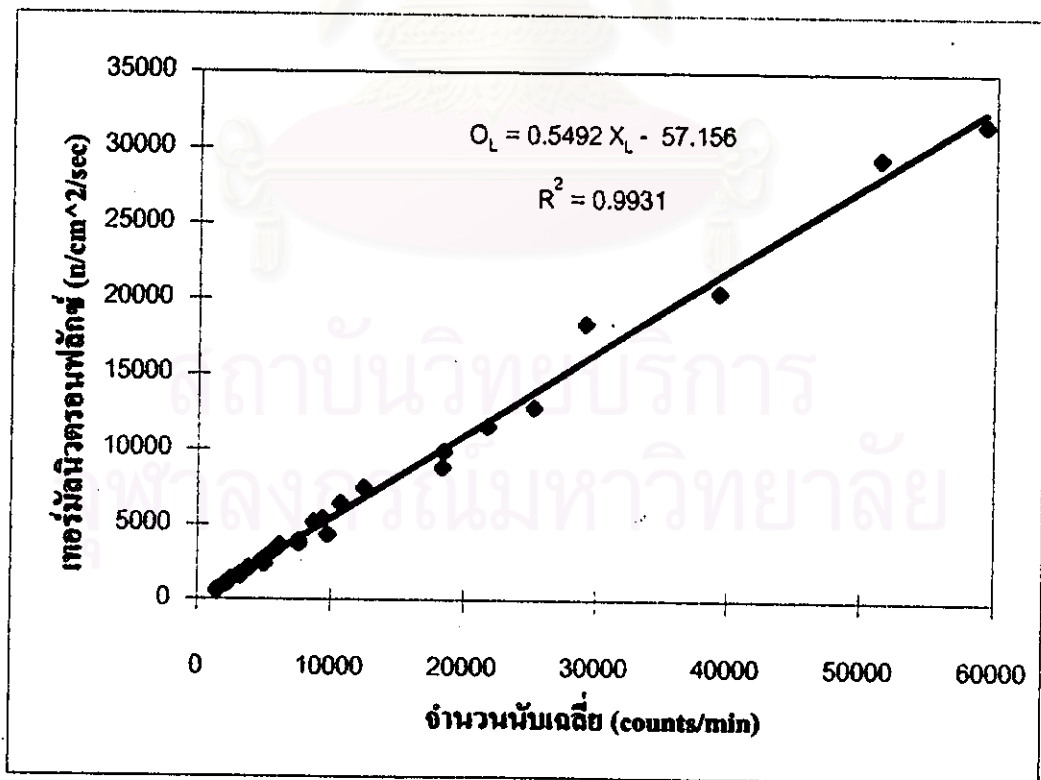


รูปที่ 4.10 การจัดอุปกรณ์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์กับจำนวนนับรังสี



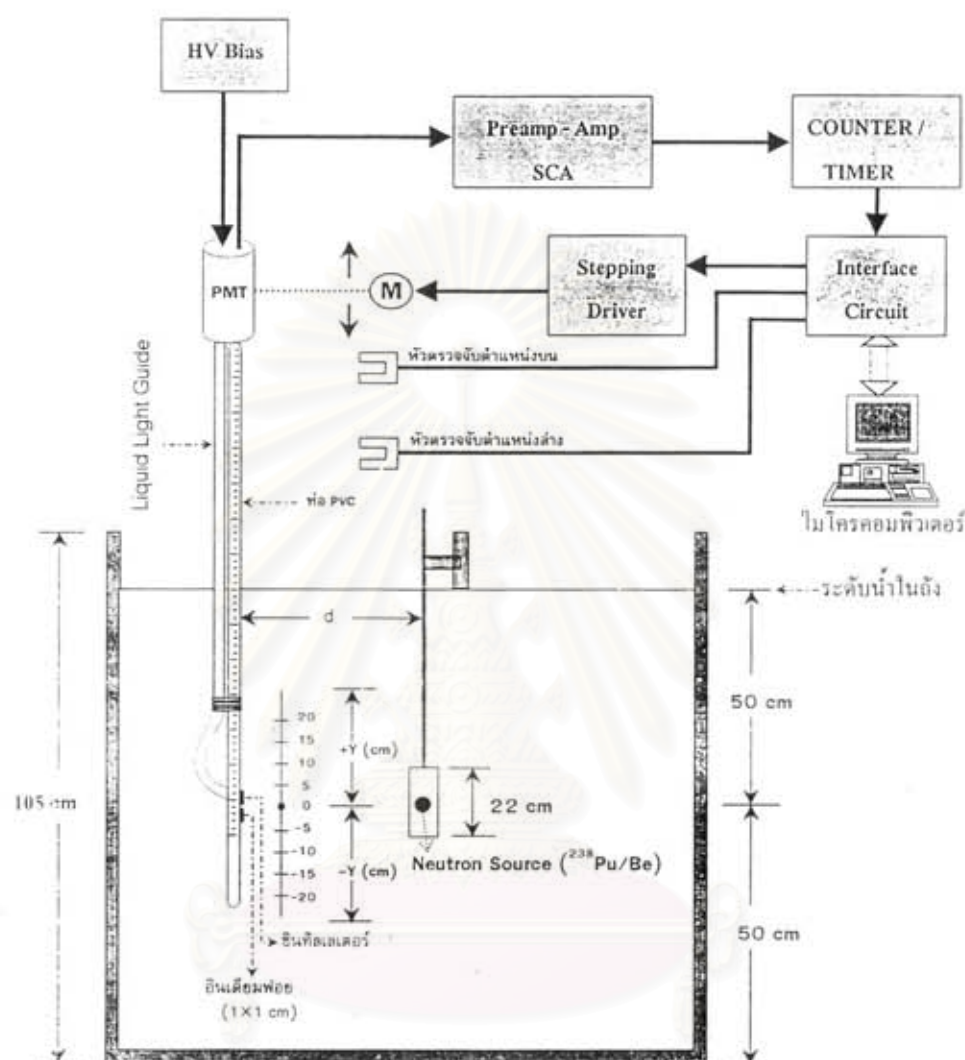
ตารางที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนับรังสีเฉลี่ยที่ได้จากระบบที่พัฒนาขึ้นกับค่าเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ที่วัดโดยวิธี Foils Activation

ตำแหน่ง ในแนวตั้ง Y (cm)	ระยะ d = 7 cm		ระยะ d = 12 cm		ระยะ d = 17 cm	
	จำนวนนับรังสี เฉลี่ย (Counts / min)	เทอร์มัล นิวตรอนฟลักซ์ $n/cm^2/sec$	จำนวนนับรังสี เฉลี่ย (Counts / min)	เทอร์มัล นิวตรอนฟลักซ์ $n/cm^2/sec$	จำนวนนับรังสี เฉลี่ย (Counts / min)	เทอร์มัลนิว ตรอนฟลักซ์ $n/cm^2/sec$
20	3,202 ± 56	1,585	2,196 ± 47	1,085	1,453 ± 38	624
15	7,546 ± 87	3,770	4,804 ± 69	2,606	2,547 ± 50	1,354
10	18,327 ± 135	8,855	9,709 ± 98	4,360	4,979 ± 70	2,393
5	39,231 ± 198	20,411	18,402 ± 43	9,892	7,542 ± 87	3,955
0	59,215 ± 243	31,638	25,184 ± 159	12,814	9,377 ± 97	5,411
-5	51,325 ± 226	29,362	21,699 ± 147	11,582	8,658 ± 93	5,189
-10	29,077 ± 170	18,336	12,437 ± 112	7,473	5,923 ± 77	3,423
-15	10,701 ± 103	6,438	6,150 ± 78	3,639	3,873 ± 62	2,114
-20	5,172 ± 72	2,858	3,159 ± 56	1,659	2,087 ± 46	1,029



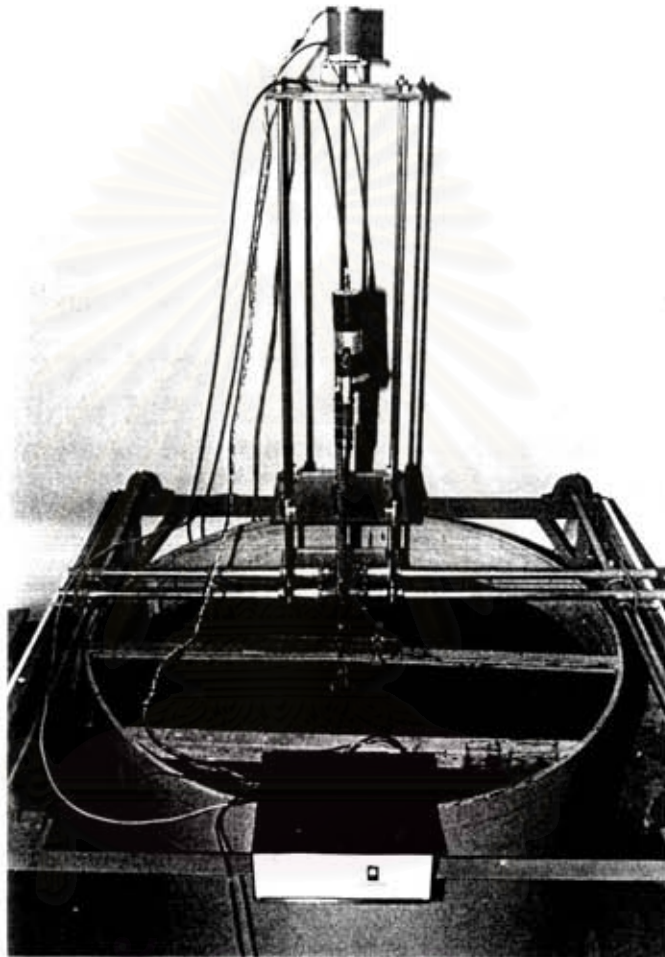
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงสมการความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนับรังสีเฉลี่ยจากระบบที่พัฒนาขึ้น กับเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์จาก Foils Activation

#### 4.3 การทดสอบการทำงานของระบบวัดเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ที่พัฒนาขึ้น



รูปที่ 4.12 ระบบสแกนวัดเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ที่พัฒนาขึ้น

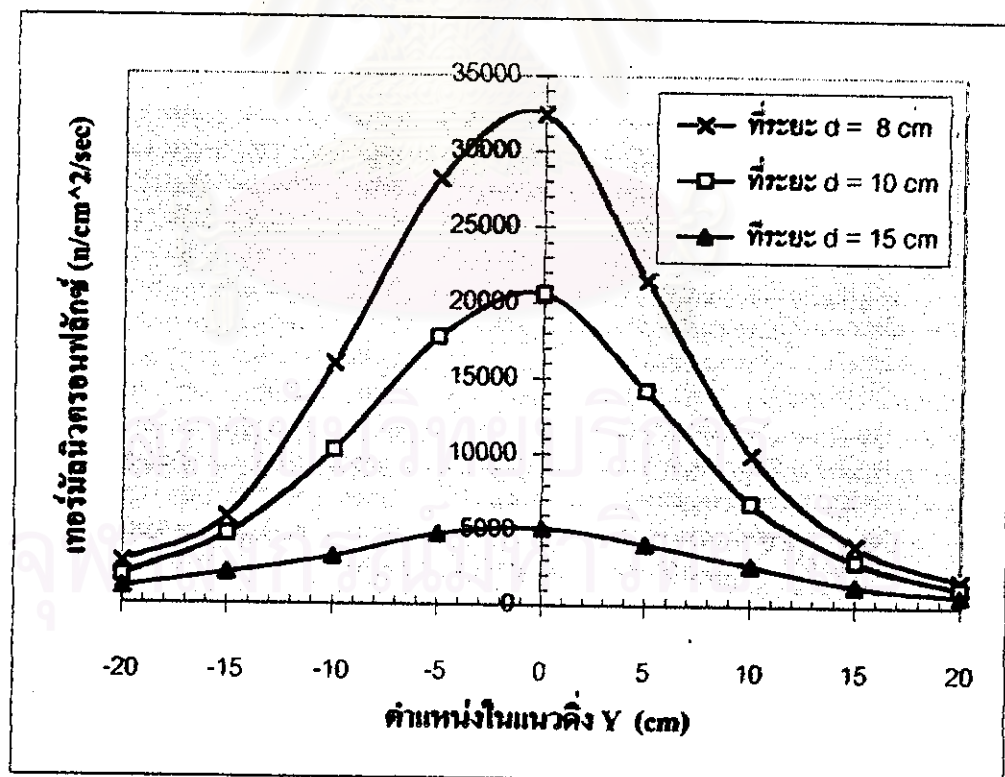
เพื่อทดสอบการทำงานของทั้งระบบ สำหรับการวัดเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ จากต้นกำเนิดนิวตรอน  $^{238}\text{Pu}/\text{Be}$  ที่บรรจุอยู่ในถังน้ำ จึงได้ทำการทดสอบโดยจัดอุปกรณ์ดังแสดงในรูปที่ 4.12 แล้วทำการสแกนวัดเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ที่ระยะห่างจากต้นกำเนิดนิวตรอนในแนวระดับเท่ากับ 8, 10 และ 15 เซนติเมตร และในแนวตั้งที่ระยะ 20, 15, 10, 0, -5, -10, -15 และ -20 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยที่จุด 0 เป็นจุดกึ่งกลางของต้นกำเนิดนิวตรอน ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.7 และการกระจายของเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ที่ได้จากการวัดโดยใช้ระบบที่พัฒนาขึ้นแสดงในรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.13 การจัดอุปกรณ์เพื่อทดสอบการทำงานของระบบเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในถังน้ำ

ตำแหน่ง ในแนวตั้ง Y (cm)	เทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ ( $n/cm^2/sec$ )		
	ระยะ $d = 8$ cm	ระยะ $d = 10$ cm	ระยะ $d = 15$ cm
20	$1,423 \pm 38$	$1,225 \pm 35$	$791 \pm 28$
15	$3,906 \pm 62$	$2,985 \pm 55$	$1,662 \pm 41$
10	$9,422 \pm 97$	$6,817 \pm 82$	$3,458 \pm 59$
5	$21,663 \pm 147$	$14,210 \pm 119$	$5,865 \pm 76$
0	$31,040 \pm 176$	$20,605 \pm 143$	$8,244 \pm 91$
-5	$24,857 \pm 158$	$17,701 \pm 133$	$7,738 \pm 88$
-10	$12,221 \pm 110$	$10,205 \pm 101$	$5,028 \pm 71$
-15	$4,578 \pm 68$	$4,633 \pm 68$	$2,628 \pm 51$
-20	$2,197 \pm 47$	$1,896 \pm 44$	$1,236 \pm 35$



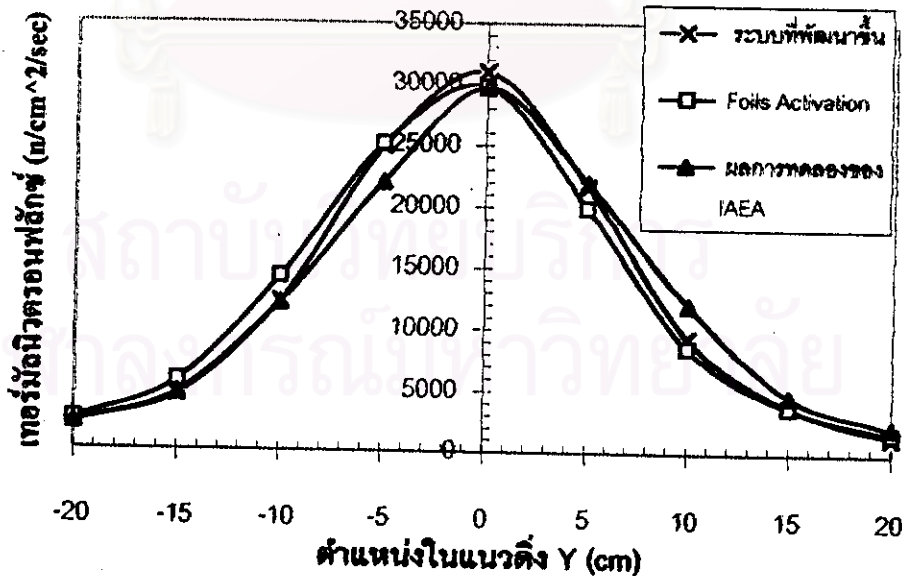
รูปที่ 4.14 แสดงการกระจายของเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์จากระบบที่พัฒนาขึ้น  
ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในแนวตั้งและที่ระยะห่าง 8, 10, 15 cm ในแนวระดับ

#### 4.4 การเปรียบเทียบค่าเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ที่วัดโดยระบบที่พัฒนาขึ้น กับวิธี Foils Activation และจากผลการทดลองของ IAEA

ผลการเปรียบเทียบค่าเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ที่วัดโดยระบบที่พัฒนาขึ้น กับวิธี Foils Activation ( รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข ) และผลการทดลองของ IAEA<sup>[11]</sup> ( รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ค ) แสดงในตารางที่ 4.8 - 4.10 และรูปที่ 4.15 - 4.17 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ที่ได้จากการวัดโดยระบบที่พัฒนาขึ้น กับวิธี Foils Activation และผลการทดลองของ IAEA ที่ระยะห่างจากต้นกำเนิดนิวตรอน 8 cm ในแนวระดับ และ ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในแนวตั้ง

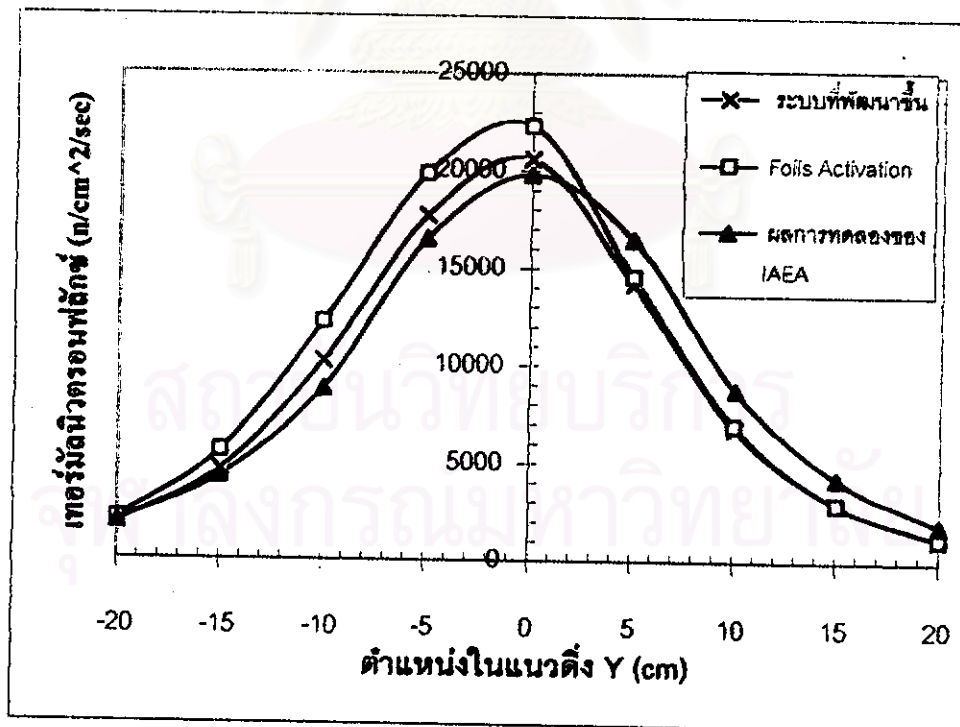
ตำแหน่งในแนวตั้ง Y(cm)	เทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ $\times 10^3$ (n/cm <sup>2</sup> /sec)		
	ระบบที่พัฒนาขึ้น	Foils Activation	ผลการทดลองของ IAEA
20	1.4	1.7	2.2
15	3.9	3.8	4.7
10	9.4	8.5	12.1
5	21.6	19.9	22.0
0	31.0	29.8	29.7
-5	24.8	25.1	22.0
-10	12.2	14.3	12.1
-15	4.5	5.7	4.7
-20	2.1	2.5	2.2



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ที่วัดโดยระบบที่พัฒนาขึ้น กับวิธี Foils Activation และผลการทดลองของ IAEA ที่ระยะห่างจากต้นกำเนิดนิวตรอน 8 cm ในแนวระดับ และที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในแนวตั้ง

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ที่ได้จากการวัดโดยระบบที่พัฒนาขึ้น กับวิธี Foils Activation และผลการทดลองของ IAEA ที่ระยะทางห่างจากต้นกำเนิดนิวตรอน 10 cm ในแนวระดับ และ ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในแนวตั้ง

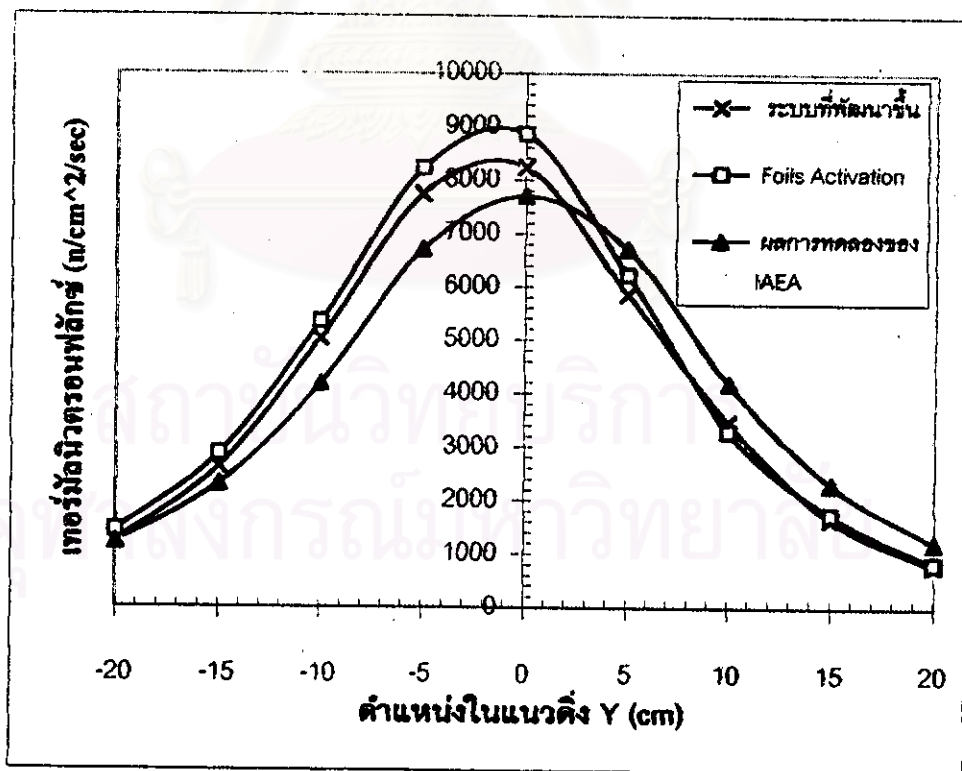
ตำแหน่งในแนวตั้ง Y (cm)	เทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ $\times 10^3$ (n/cm <sup>2</sup> /sec)		
	ระบบที่พัฒนาขึ้น	Foils Activation	ผลการทดลองของ IAEA
20	1.2	1.2	1.93
15	2.9	3.0	4.29
10	6.8	6.9	8.8
5	14.2	14.5	16.5
0	20.6	22.2	19.8
-5	17.7	19.8	16.5
-10	10.2	12.2	8.8
-15	4.6	5.5	4.2
-20	1.8	2.0	1.9



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ที่วัดโดยระบบที่พัฒนาขึ้น กับวิธี Foils Activation และผลการทดลองของ IAEA ที่ระยะห่างจากต้นกำเนิดนิวตรอน 10 cm ในแนวระดับ และที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในแนวตั้ง

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ที่ได้จากการวัดโดยระบบที่พัฒนาขึ้น กับวิธี Foils Activation และผลการทดลองของ IAEA ที่ระยะห่างจากต้นกำเนิดนิวตรอน 15 cm ในแนวระดับ และ ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในแนวตั้ง

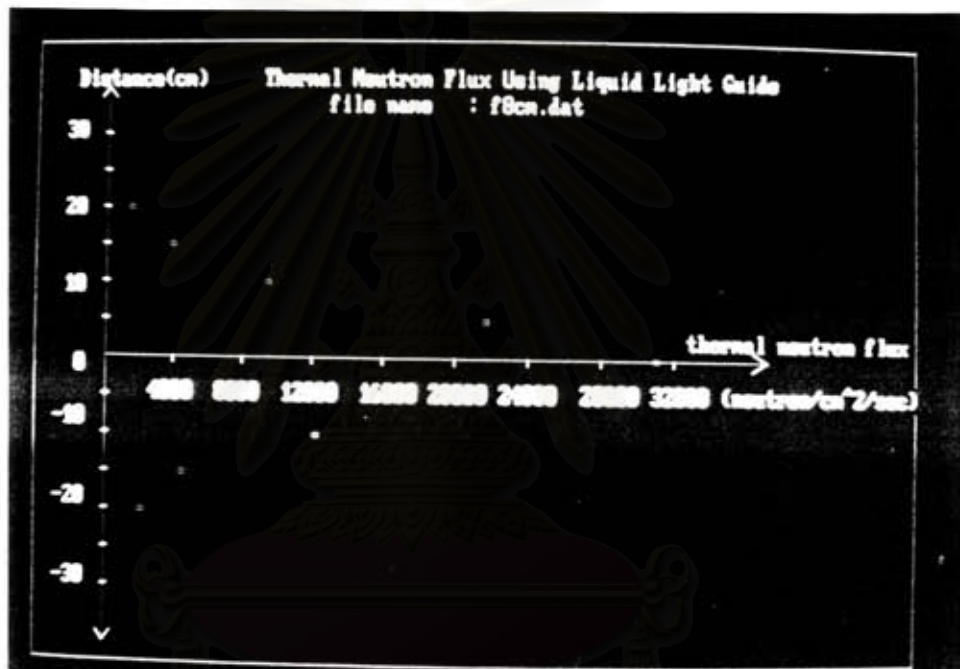
ตำแหน่งใน แนวตั้ง Y(cm)	เทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ $\times 10^3$ (n/cm <sup>2</sup> /sec)		
	ระบบที่พัฒนาขึ้น	Foils Activation	ผลการทดลองของ IAEA
20	0.7	0.8	1.2
15	1.6	1.7	2.3
10	3.4	3.2	4.1
5	5.8	6.2	6.7
0	8.2	8.8	7.7
-5	7.7	8.2	6.7
-10	5.0	5.3	4.1
-15	2.6	2.8	2.3
-20	1.2	1.4	1.2



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ที่วัดโดยระบบที่พัฒนาขึ้น กับวิธี Foils Activation และผลการทดลองของ IAEA ที่ระยะห่างจากต้นกำเนิดนิวตรอน 15 cm ในแนวระดับ และ ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในแนวตั้ง

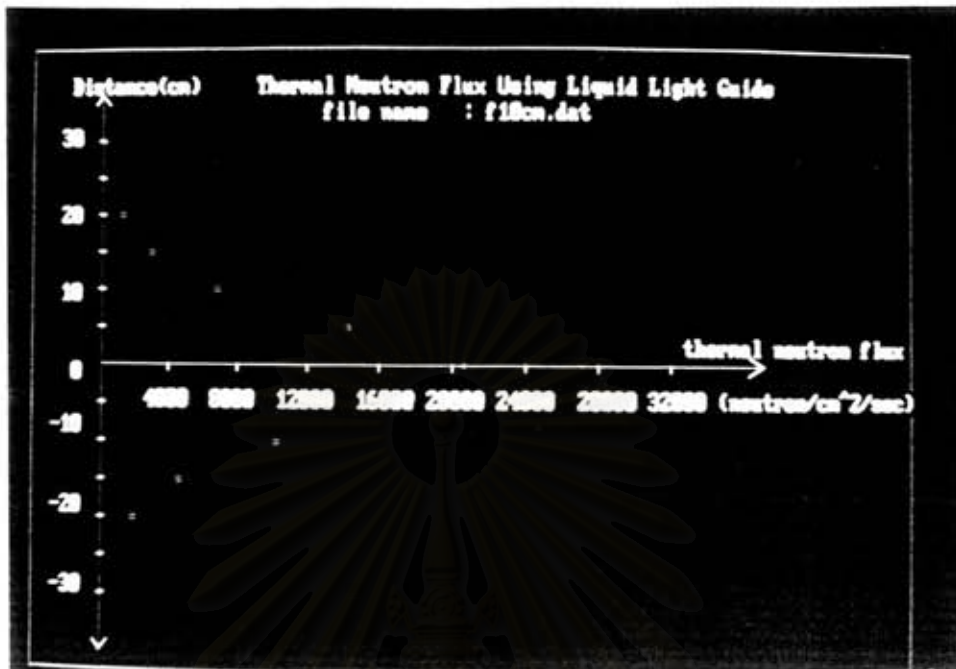
#### 4.5 การควบคุมและประมวลผลโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์

ในการวัดเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์โดยระบบที่พัฒนาขึ้น สามารถแสดงผลการวัดเป็นแบบกราฟิกทางจอภาพของไมโครคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 4.18 – 4.20 โดยที่ แกน X เป็นเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ และ แกน Y เป็นตำแหน่งต่าง ๆ ในแนวตั้งสัมพันธ์กับตำแหน่งกึ่งกลางของต้นกำเนิดนิวตรอน



รูปที่ 4.18 แสดงโพรไฟล์ของเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ที่ระยะห่างจากต้นกำเนิดนิวตรอน 8 cm ในแนวระดับและตำแหน่งต่าง ๆ ในแนวตั้งสัมพันธ์กับตำแหน่งกึ่งกลางของต้นกำเนิดนิวตรอนบนจอภาพไมโครคอมพิวเตอร์





รูปที่ 4.19 แสดงโปรไฟล์ของเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ที่ระยะห่างจากต้นกำเนิดนิวตรอน 10 cm ในแนวระดับและตำแหน่งต่างๆ ในแนวตั้งสัมพันธ์กับตำแหน่งกึ่งกลางของต้นกำเนิดนิวตรอนบนจอภาพไมโครคอมพิวเตอร์



รูปที่ 4.20 แสดงโปรไฟล์ของเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ที่ระยะห่างจากต้นกำเนิดนิวตรอน 15 cm ในแนวระดับและตำแหน่งต่างๆ ในแนวตั้งสัมพันธ์กับตำแหน่งกึ่งกลางของต้นกำเนิดนิวตรอนบนจอภาพไมโครคอมพิวเตอร์