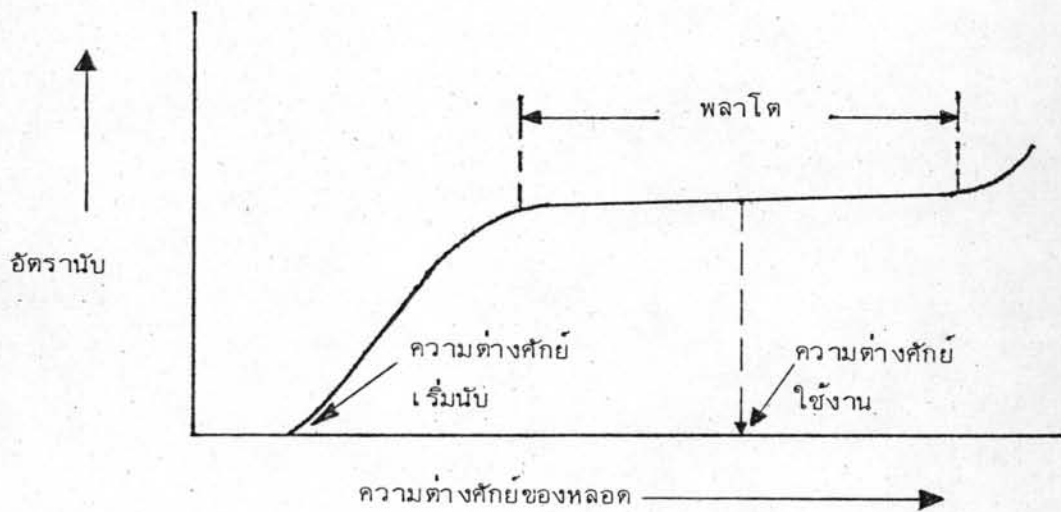




4.1 การศึกษากราฟลักษณะส่อของหลอดวัด  $BF_3$  ชนิดสองหลอดต่อขนาน

หลอดวัด  $BF_3$  แต่ละหลอดจะมีกราฟลักษณะส่อและความต่างศักย์ใช้งานเป็นของตัวเอง ลักษณะโดยทั่วไปของกราฟลักษณะส่อจะคล้ายคลึงกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 กราฟลักษณะส่อของหลอดวัด  $BF_3$

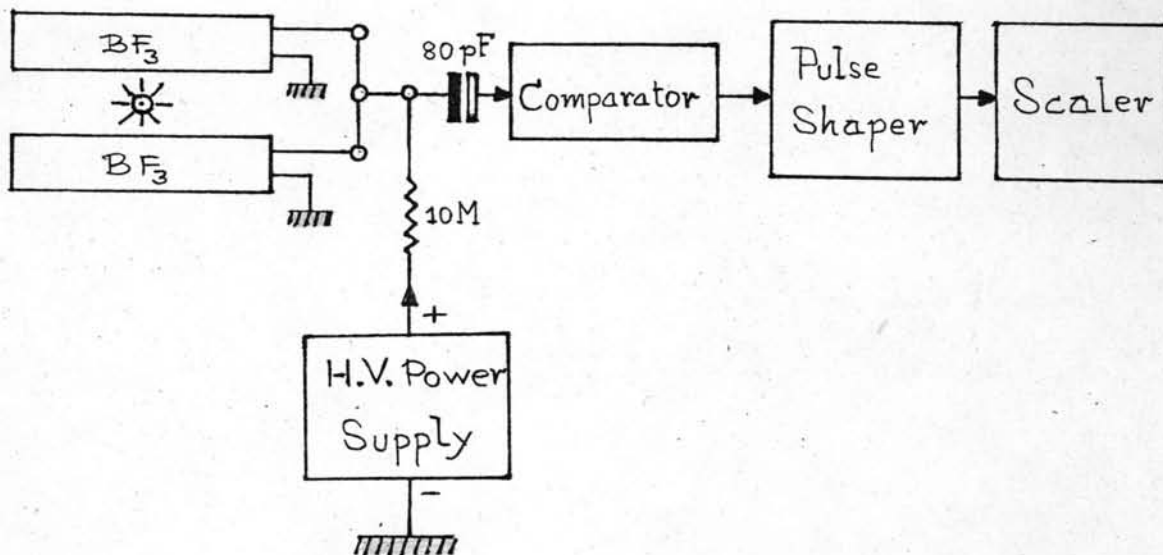
การนำหลอด  $BF_3$  สองหลอดมาต่อขนานกันเพื่อที่จะให้ได้อัตรานับเพิ่มขึ้นนั้น อาจทำให้กราฟลักษณะส่อของทั้งระบบเปลี่ยนรูปไป จุดประสงค์ของการทดลองอันนี้ก็เพื่อจะหาว่าความต่างศักย์ใช้งานของทั้งระบบ

### อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- ก. หลอดวัด  $\text{BF}_3$  หุ้มด้วยพาร์ฟฟิน จำนวน 2 หลอด
- ข. คอมแพเรเตอร์
- ค. เครื่องแต่งรูปสัญญาณ
- ง. เครื่องนับสัญญาณ แบบ SA 102 ผลิตโดยบริษัท Panax Equipment
- จ. เครื่องจ่ายไฟแรงสูงแบบ E - 2 ผลิตโดยบริษัท Farnell Instruments หมายเลขเครื่อง 196
- ฉ. แหล่งกำเนิดนิวตรอน Ra - Be แบบ Point source ความแรง 1 ไมโครคูรี เมื่อปี พ.ศ. 2501 ผลิตโดยบริษัท United States Radium Corp.

### วิธีดำเนินการทดลอง

นำอุปกรณ์ทั้ง 5 ภาค มาต่อกันเป็นวงจร ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แผนภาพระบบวัดรังสีชนิดสองหลอดต่อขนาน

ทำการทดลองหาคกราฟลักษณะสัของหลอดวัดแต่ละหลอด โดยใช้ Ra-Be เป็นแหล่งกำเนิดนิวตรอน วัดอัตรานับที่ความต่างศักย์ค่าต่าง ๆ กันโดยปรับจากเครื่องจ่ายไฟแรงสูง อัตรานับใช้ลุ่มเอาจากการวัด 3 ครั้ง Reference Voltage ของคอมแพเรเตอร์ปรับไว้ที่ตำแหน่ง  $E_1$  จากนั้นนำหลอดวัดทั้งสองหลอดมาต่อขนานกัน แล้วทำการหาคกราฟลักษณะสัของทั้งระบบอีกครั้งหนึ่ง เพื่อหาค่าความต่างศักย์ใช้งานของหลอดวัดชนิดสองหลอดต่อขนาน ได้ผลการทดลองเป็นตัวเลขและกราฟดังต่อไปนี้

## ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 แสดงอัตรานับเมื่อมีแหล่งกำเนิดนิวตรอน Ra-Be โดยหลอดวัด  $BF_3$   
หมายเลข 1

จำนวนนับ ความต่อนาที ต่างศักย์ ใช้งาน (โวลต์)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	$\bar{X}$	$\sigma_{n-1}$
1700	-	-	-	-	-
1750	13	10	8	10.3	2.5
1800	98	99	102	99.7	2.1
1850	253	248	250	250.3	2.5
1900	346	351	354	350.3	4.1
1950	396	405	401	400.7	4.5
2000	419	412	415	415.3	3.5
2050	420	417	424	420.3	3.5
2100	426	431	434	430.3	4.1
2150	435	440	431	435.3	4.5
2200	431	439	436	435.3	4.1
2250	443	437	440	440.0	3.0
2300	448	444	441	444.3	3.5
2350	445	455	451	450.3	5.0
2400	454	461	452	455.7	4.7
2450	464	457	460	460.3	5.5
2500	469	466	461	465.3	4.1

ตารางที่ 4.2 แสดงอัตรานับเมื่อมีแหล่งกำเนิดนิวตรอน Ra-Be โดยหลอดวัด BF<sub>3</sub>

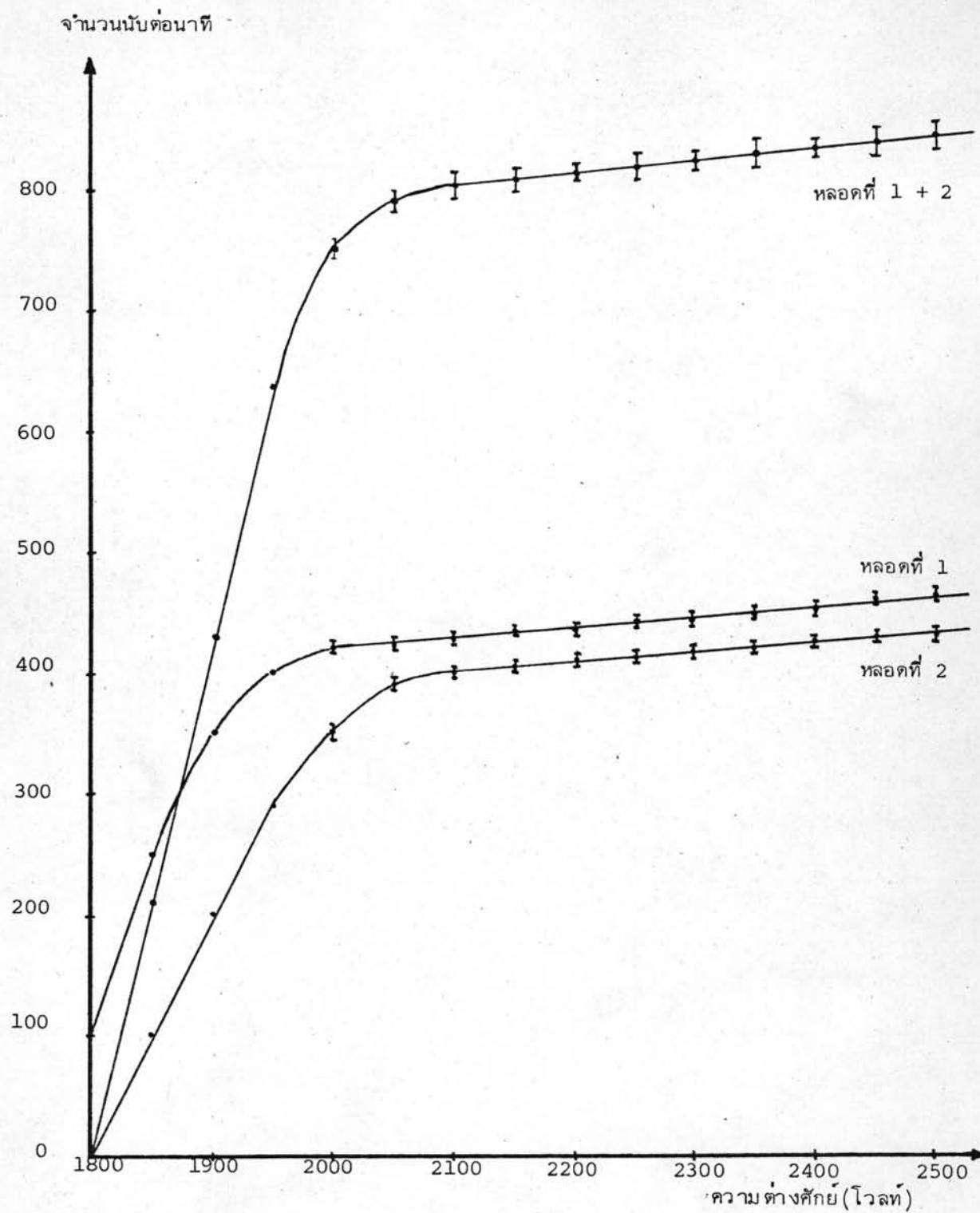
หมายเลข 2

จำนวนนับ ต่อนาที ความ ต่างศักย์ ใช้งาน (โวลท์)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	$\bar{X}$	$\sigma_{n-1}$
1700	-	-	-	-	-
1750	-	-	-	-	-
1800	10	7	3	6.7	3.5
1850	99	100	102	100.3	1.5
1900	203	201	199	201.0	2.0
1950	290	293	288	290.3	2.5
2000	347	353	351	350.3	3.1
2050	393	387	392	390.7	3.2
2100	397	404	400	400.3	3.5
2150	404	408	402	404.7	3.1
2200	407	413	411	410.3	3.1
2250	416	407	413	412.0	4.6
2300	412	419	415	415.0	3.5
2350	421	415	425	420.3	5.1
2400	423	428	432	427.7	4.5
2450	434	430	427	430.3	3.5
2500	432	439	435	435.3	3.5

ตารางที่ 4.3 แสดงอัตรานับเมื่อมีแหล่งกำเนิดนิวตรอน Ra-Be โดยหลอด BF<sub>3</sub> หมายเลข 1 และหมายเลข 2 ต่อขนานกัน

จำนวนนับ ความ ต่างศักย์ ใช้งาน (โวลต์)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	$\bar{X}$	$\sigma_{n-1}$
1700	-	-	-	-	-
1750	-	-	-	-	-
1800	5	8	6	7.0	1.7
1850	211	207	213	210.3	3.1
1900	435	427	429	430.3	4.2
1950	635	624	631	630.0	5.6
2000	744	752	755	750.3	5.7
2050	784	790	797	790.3	6.5
2100	794	803	814	803.7	10.0
2150	801	811	819	810.3	9.0
2200	823	813	810	815.3	6.8
2250	812	821	829	820.7	8.5
2300	825	833	819	825.7	7.0
2350	822	831	839	830.7	8.5
2400	842	828	834	834.7	7.0
2450	832	840	849	840.3	8.5
2500	845	854	837	845.3	8.5





รูปที่ 4.3 กราฟลักษณะสัของหลอดวัด  $\text{BF}_3$  หมายเลข 1 และหมายเลข 2 และเมื่อนำทั้งสองหลอดมาต่อขนานกัน

#### 4.2 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงประจำวันของความเข้มข้นนิวตรอนในบรรยากาศ

ความเข้มข้นของรังสีคอสมิกที่มีการเปลี่ยนแปลงประจำวันนั้น เนื่องมาจากอนุภาครังสีคอสมิกที่หมุนวนตามดวงอาทิตย์ (corotating particles) จึงทำให้ความเข้มข้นในแต่ละวันเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา นิวตรอนในบรรยากาศเป็นอนุภาคทุติยภูมิ จึงน่าจะมีการเปลี่ยนแปลงประจำวันของความเข้มข้น นี้เป็นจุดประสงค์ของการทดลองครั้งนี้

##### อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

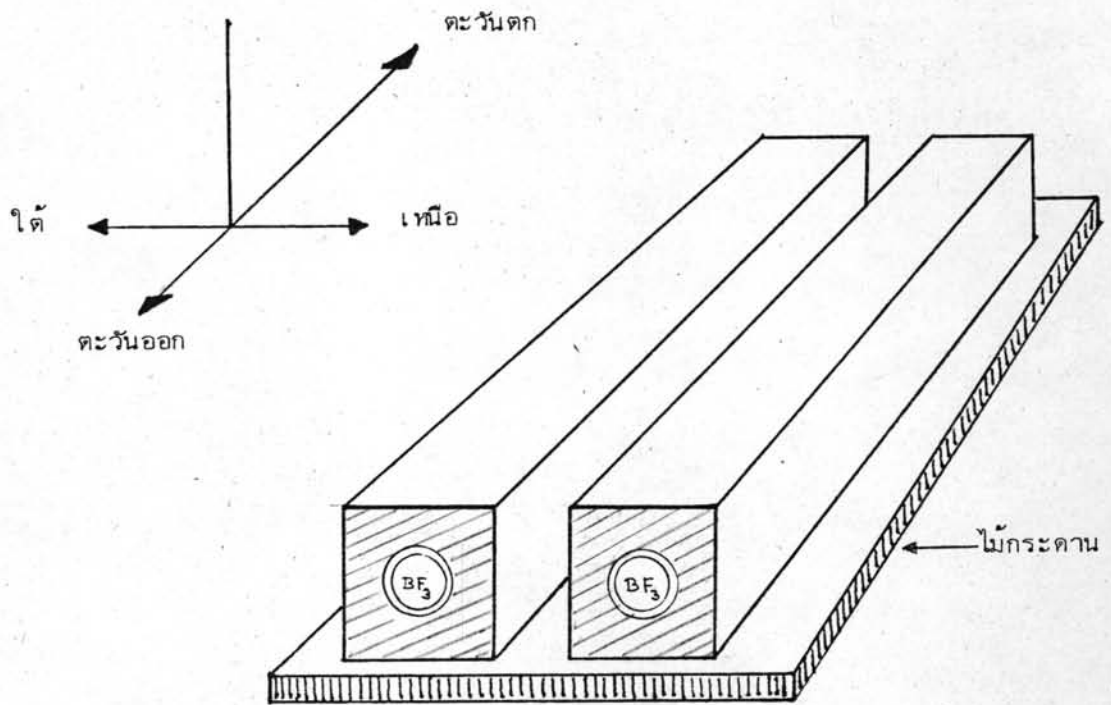
- ก. หลอดวัด  $\text{BF}_3$  คุ้มด้วยพาราฟิน จำนวน 2 หลอด
- ข. คอมแพเรเตอร์
- ค. เครื่องตั้งรูปสัญญาณ
- ง. เครื่องนับสัญญาณ แบบ SA 102 ผลิตโดยบริษัท Panax Equipment
- จ. เครื่องจ่ายไฟแรงสูงแบบ E - 2 ผลิตโดยบริษัท Farnell Instruments  
หมายเลขเครื่อง 196

##### วิธีดำเนินการทดลอง

นำอุปกรณ์ทั้ง 5 ภาค มาต่อกันเป็นวงจรดังรูปที่ 4.2 โดยวางหลอดวัดทั้งสองไว้บนไม้กระดาน ให้แกนหลอดวัดวางตัวในแนวขนานไปตามทิศตะวันออก-ตะวันตก ดังรูปที่ 4.4 ความต่างศักย์ใช้งานของหลอดวัด  $\text{BF}_3$  ทั้งสองใช้ที่ 2300 โวลต์ Reference Voltage ของคอมแพเรเตอร์ ปรับอยู่ที่ตำแหน่ง  $E_1$

ในการทดลองครั้งนี้ ได้บันทึกอัตรานับของนิวตรอนในบรรยากาศ ณ เวลาต่าง ๆ กัน เนื่องจากจำนวนนับต่อนาทีมีค่าต่ำมาก จึงทำการบันทึกช่วงละ 20 นาที ณ เวลา 8.30 นาฬิกา, 12.00 นาฬิกา, 16.00 นาฬิกา, และ 21.00 นาฬิกา ตามลำดับ จากนั้นนำข้อมูลความเข้มที่วัดได้ทั้งหมดมาทำเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยการให้ความเข้มเฉลี่ยมีค่าเป็น 100 % แล้วจึงนำมาเขียนเป็นกราฟเพื่อแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงความเข้มของนิวตรอนในบรรยากาศ ณ วันและเวลาต่าง ๆ ที่ทำการวัด





รูปที่ 4.4 แผนภาพแสดงการวางหลอดวัด  $\text{BF}_3$  ทั้งสองหลอดให้แกนหลอดวัดขนานกับแนวตะวันออก-ตะวันตก

การทดลองได้ผลเป็นตัวเลขและกราฟดังต่อไปนี้



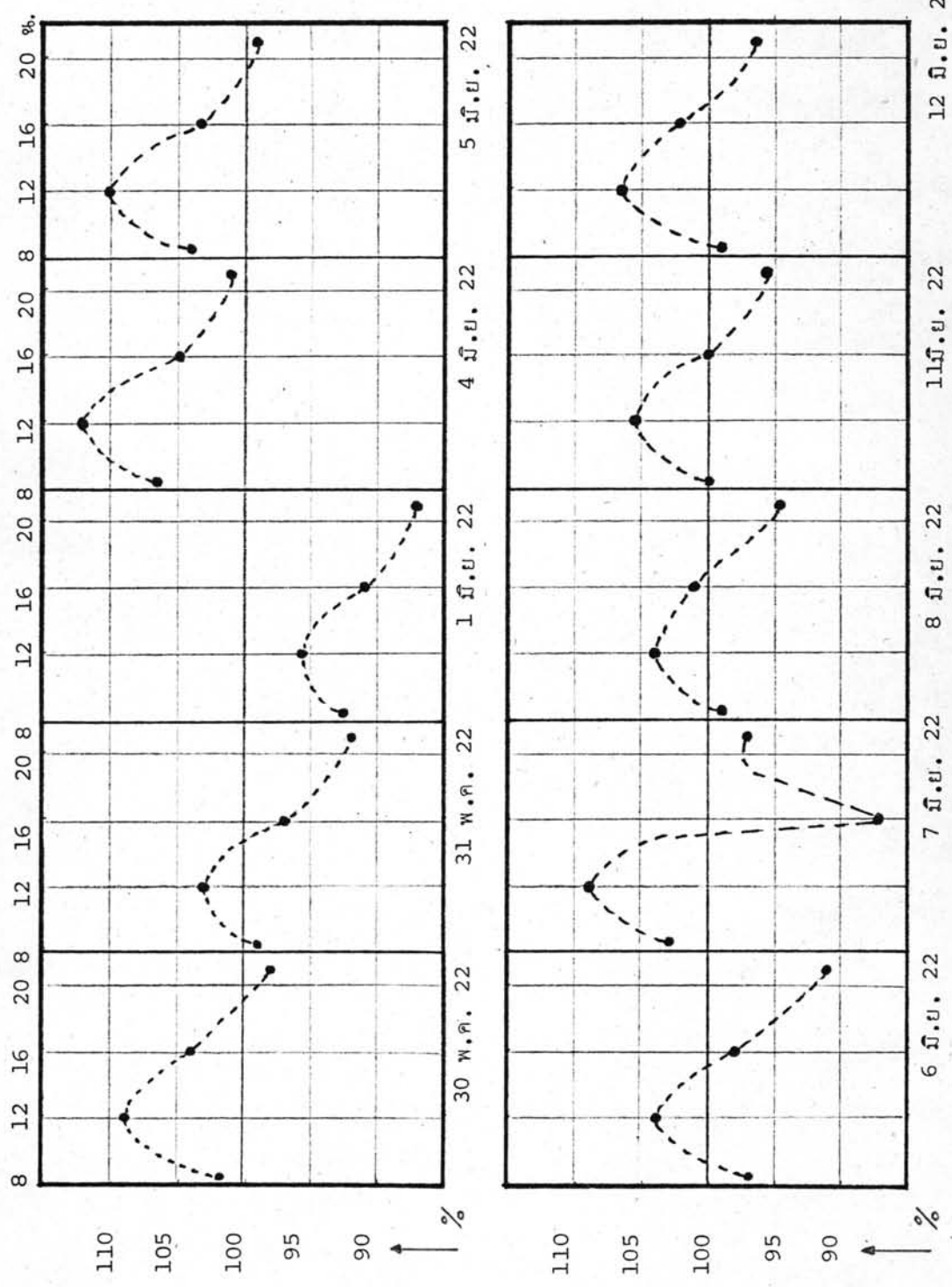
ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.4 แสดงอัตรานับของนิวตรอนในบรรยากาศ ณ วันและ เวลาต่าง ๆ

จำนวนนับ ต่อ วัน เดือน ปี	เวลา 8.30 น.	เวลา 12.00 น.	เวลา 16.00 น	เวลา 21.00น
30 พ.ค. 22	110	118	112	106
31 พ.ค. 22	107	111	105	99
1 มิ.ย. 22	100	103	98	94
4 มิ.ย. 22	115	121	113	109
5 มิ.ย. 22	112	119	111	107
6 มิ.ย. 22	105	112	106	98
7 มิ.ย. 22	111	118	94	105
8 มิ.ย. 22	107	112	109	102
11 มิ.ย. 22	108	114	108	103
12 มิ.ย. 22	107	115	110	104

ตารางที่ 4.5 แสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้นของนิวตรอนในบรรยากาศ ณ วันและเวลาต่าง ๆ

เปอร์เซ็นต์ วัน เดือน ปี	เวลา	เวลา	เวลา	เวลา
	8.30 น.	12.00 น.	16.00น.	21.00 น.
30 พ.ค. 22	101.8	109.3	103.7	98.1
31 พ.ค. 22	99.1	102.8	97.2	91.7
1 มิ.ย. 22	92.6	95.4	90.7	87.0
4 มิ.ย. 22	106.5	112.0	104.6	100.9
5 มิ.ย. 22	103.7	110.2	102.8	99.1
6 มิ.ย. 22	97.2	103.7	98.1	90.7
7 มิ.ย. 22	102.8	109.3	87.0	97.2
8 มิ.ย. 22	99.1	103.7	100.9	94.4
11 มิ.ย. 22	100.0	105.5	100.0	95.4
12 มิ.ย. 22	99.1	106.5	101.8	96.3



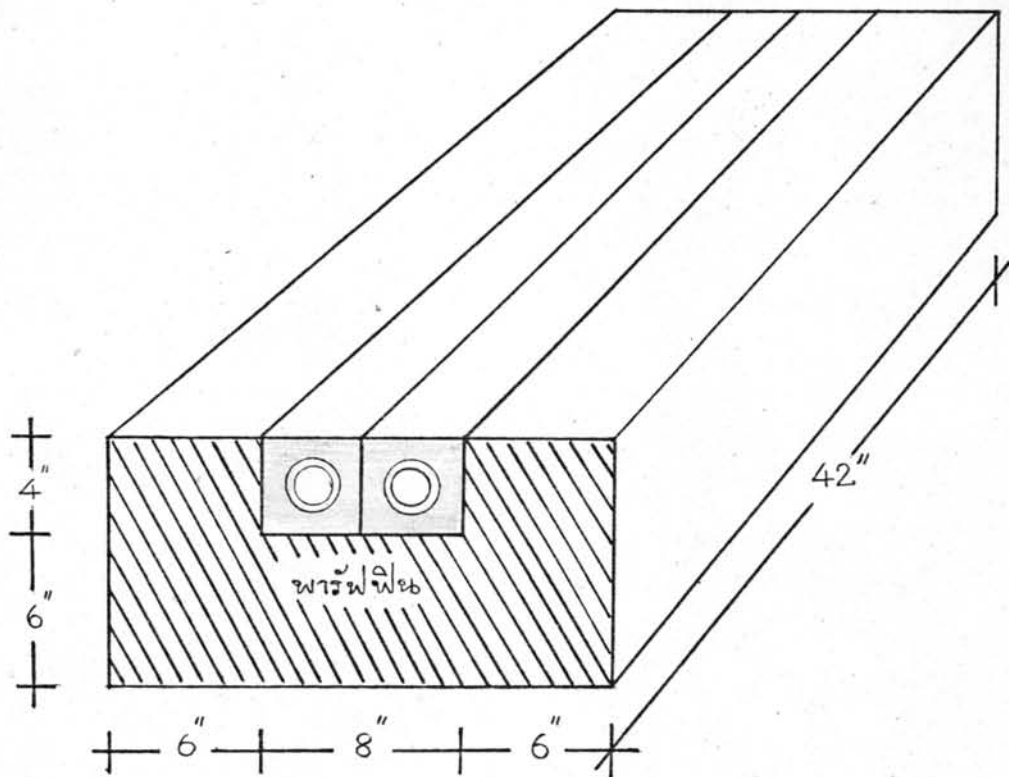
รูปที่ 4.5 กราฟแสดง เปอร์เซ็นต์ความเข้มของนิวตรอนในบรรยากาศ ณ วันและเวลาต่าง ๆ

#### 4.3 การศึกษาการกระจายเชิงมุมของนิวตรอนในบรรยากาศ

นิวตรอนในบรรยากาศหรือบางทีเรียกว่านิวตรอนในรังสีคอสมิกนั้น ส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการระเหยของนิวเคลียสที่ถูกกระตุ้น แต่ก็มีบางส่วนเกิดจากอันตรกิริยาโดยตรงของอนุภาคปฐมภูมิในรังสีคอสมิกกับนิวเคลียสของธาตุในบรรยากาศ ซึ่งจะให้อนุภาคนิวคลีออนที่มีพลังงานสูงออกมา

จุดประสงค์ของการทดลองครั้งนี้ เพื่อศึกษาทิศทางของนิวตรอนส่วนใหญ่ที่เข้ามายังตำแหน่งที่วัดซึ่งอยู่ระดับพื้นดิน

โครงสร้างส่วนหลอดวัดประกอบด้วยกึ่งพาร์ฟีน มีรูปร่างและขนาดดังรูปที่ 4.6

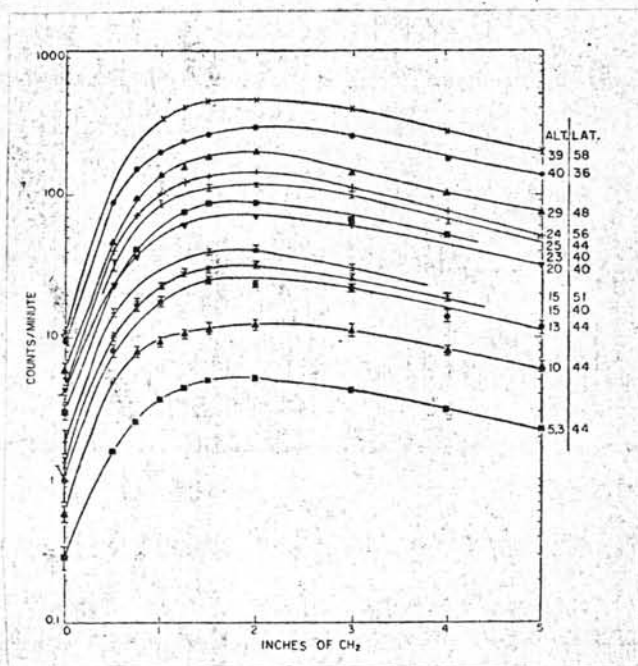


รูปที่ 4.6 โครงสร้างส่วนหลอดวัดหุ้มด้วยพาร์ฟีน



หลอดวัด  $\text{BF}_3$  ทั้งสองหลอดอยู่ชิดกันและวางตัวในแนวราบ แต่ละหลอดถูกหุ้มด้วยพาร์ฟิน มีส่วนหนาน้อยสุด 1.25 นิ้ว ส่วนหนาที่สุด 2 นิ้ว เรียกว่า โมเดอเรเตอร์ (moderator) มีหน้าที่หน่วงนิวตรอนให้มีพลังงานต่ำมาก ๆ (thermal energy) ซึ่งจะถูก  $^{10}\text{B}$  ในหลอดวัดจับได้ง่าย ความหนาของพาร์ฟินขนาดนี้เป็นความหนาพอเหมาะ (optimum thickness) ที่ใช้หน่วงนิวตรอนใน เครื่องหยั่งนิวตรอน (neutron monitor) เพื่อให้ได้อัตรานับสูงสุด ซึ่งซิมป์สัน (7) เป็นผู้ออกแบบ

เฮสส์ (Hess) (24) ได้ทำการวัดนิวตรอนในบรรยากาศที่ระดับความสูงและ เส้นละติจูดต่าง ๆ ด้วยหลอดวัด  $\text{BF}_3$  หุ้มพาร์ฟินที่มีความหนาต่าง ๆ การทดลองได้ผลออกมาดังรูปที่ 4.7 ซึ่งจะเห็นว่าความหนาของพาร์ฟินที่ให้อัตรานับสูงสุดนั้นมีค่าประมาณ 1.5 ถึง 2 นิ้ว



รูปที่ 4.7 (24) กราฟแสดงอัตรานับของนิวตรอนในบรรยากาศ เป็นฟังก์ชันกับความหนาของพาร์ฟินที่หุ้มหลอดวัด  $\text{BF}_3$  ความสูงมีหน่วยเป็นพันฟุตและละติจูด เป็นองศาเหนือ



ดังนั้น ในการวัดนิวตรอนครั้งนี้ อัตรานับที่ได้พอจะอนุมานได้ว่าอยู่ในช่วงเดียวกับอัตรานับสูงสุด ส่วนพาร์ฟีนด้านนอกซึ่งหุ้มหลอดวัดอีกทีหนึ่งนั้นมีขนาดความหนา 6 นิ้ว<sup>(7)</sup> ทำหน้าที่ดูดกลืน และสะท้อนนิวตรอนที่เราไม่ต้องการให้เข้าถึงหลอดวัด

ในการทดลองครั้งนี้ ยังได้สร้างกะบะสำหรับใส่กล่องพาร์ฟีนและหลอดวัด (รูปที่ 4.6) ซึ่งทำด้วยเหล็ก มีขนาดที่จะใส่กล่องพาร์ฟีนได้อย่างพอดีคือ 20" x 45" x 10" ตัวกะบะสามารถหมุนเอียงท้าวมุมได้คล่อง โดยการวางไว้บนโครงไม้ ดังรูปที่ 4.8



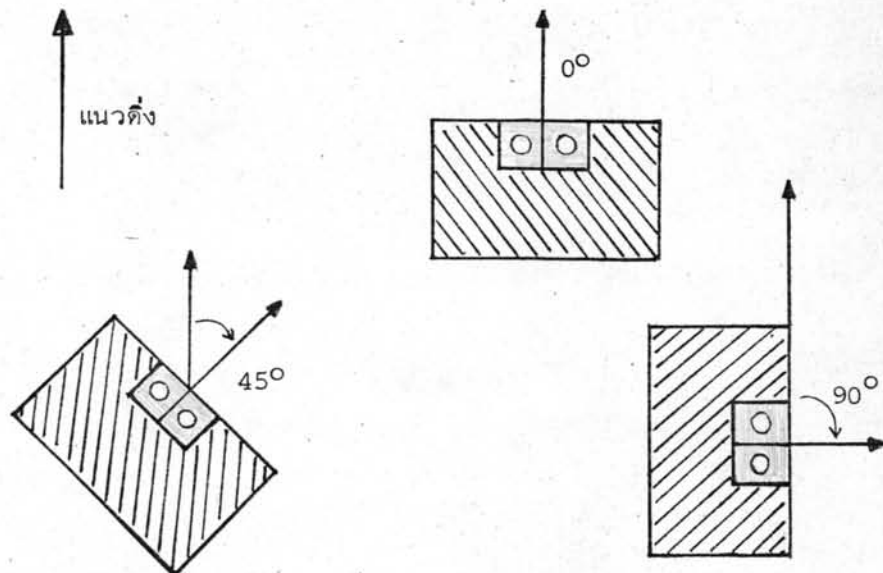
รูปที่ 4.8 ภาพถ่ายของกะบะเหล็กวางอยู่บนโครงไม้

### อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- ก. หลอดวัด  $\text{BF}_3$  จำนวน 2 หลอดพร้อมกองพาร์ฟิเนม บรรจุในกะบะเหล็ก วางอยู่บนโครงไม้
- ข. คอมแพแรเตอร์
- ค. เครื่องแต่งรูปสัญญาณ
- ง. เครื่องนับสัญญาณ แบบ SA 102 ผลิตโดยบริษัท Panax Equipment
- จ. เครื่องจ่ายไฟแรงสูงแบบ E - 2 ผลิตโดยบริษัท Farnell Instruments หมายเลขเครื่อง 196

### วิธีดำเนินการทดลอง

นำอุปกรณ์ทั้ง 5 ภาคต่อกันเป็นวงจรถัดรูปที่ 4.2 ทำการวัดความเข้มของนิวตรอนในบรรยากาศที่เข้ามายังตำแหน่งที่วัดตามทิศทางต่าง ๆ โดยการบันทึกอัตรานับ ณ ตำแหน่งที่ระนาบของหลอดวัดเอียงทำมุมเซนทิ (Zenith angle)  $0^\circ$ ,  $45^\circ$  และ  $90^\circ$  ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 แผนภาพแสดงการวางตัวของหลอดวัดเอียงทำมุมเซนทิต่าง ๆ

เนื่องจากความเข้มของนิวตรอนในบรรยากาศมิได้คงที่ตลอด แต่มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยตามช่วงเวลาในวันหนึ่ง ๆ ฉะนั้นในการบันทึกอัตรานับตามมุมต่าง ๆ จึงต้องทำติดต่อกันไปเลยและจะต้องเสร็จสิ้นภายในเวลาไม่นานนัก ในการทดลองครั้งนี้ ได้ทำการบันทึกอัตรานับในตำแหน่งมุมต่าง ๆ 5 ตำแหน่งด้วยกัน โดยแต่ละตำแหน่งใช้เวลานับ 20 นาที ซึ่งรวมทั้งสิ้นประมาณ 2 ชั่วโมง โดยทำการทดลองในช่วง 11.00 - 13.00 นาฬิกา ของแต่ละวัน จากนั้นนำข้อมูลความเข้มที่วัดได้ทั้งหมดมาทำเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยการให้ความเข้มเฉลี่ยของแต่ละชุดที่วัดในวันหนึ่ง ๆ มีค่าเป็น 100 % แล้วจึงคำนวณหาความเข้มเฉลี่ยของแต่ละมุมที่วัด โดยใช้ข้อมูลจากการวัดหลาย ๆ วัน จากนั้นนำมาคำนวณหาความเข้มสัมพัทธ์ (relative intensity) โดยการทำให้ความเข้มของตำแหน่งมุมเซนทิ 0 องศา มีค่าเป็น 1

การทดลองครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ชุด คือ

- ชุดที่ 1 วางหลอดวัดให้แกนของหลอดขนานกับแนวเหนือ-ใต้
- ชุดที่ 2 วางหลอดวัดให้แกนของหลอดขนานกับแนวตะวันออก-ตะวันตก

ในการทดลองทั้งสองชุด ค่าความต่างศักย์ใช้งานของหลอดวัดใช้ที่ 2300 โวลท์ Reference voltage ของคอมแพเรเตอร์ปรับอยู่ที่ตำแหน่ง  $E_1$  สำหรับการทดลองชุดที่ 1 ส่วนการทดลองชุดที่ 2 ปรับมาอยู่ที่ตำแหน่ง  $E_2$  ซึ่งมีค่ามากกว่า  $E_1$  เพื่อศึกษาการกระจายของนิวตรอนส่วนที่มีพลังงานสูง

การทดลองได้ผลเป็นตัวเลขและกราฟ ดังต่อไปนี้

#### ผลการทดลอง

## ชุดที่ 1

ตารางที่ 4.6 แสดงอัตรานับของนิวตรอนในบรรยากาศ ณ ตำแหน่งมุมต่าง ๆ เมื่อวางหลอดวัดให้แกนของหลอดขนานกับแนวเหนือ-ใต้

จำนวนนับต่อ 20 นาที ครั้งที่	90° ตะวันออก	45° ตะวันออก	0°	45° ตะวันตก	90° ตะวันตก
1	62	66	73	68	65
2	50	58	63	59	54
3	63	73	78	72	66
4	58	68	74	70	62
5	41	51	58	54	45
6	36	52	57	53	39
7	38	57	62	55	40
8	53	66	71	67	56
9	55	72	77	71	61
10	40	53	60	54	42
11	48	62	66	61	53
12	55	67	70	67	60
13	41	58	63	56	45
14	54	64	68	66	57
15	51	62	65	63	54

ตารางที่ 4.7 แสดงเปอร์เซ็นต์ความเข้มของนิวตรอนในบรรยากาศ ณ ตำแหน่งมุมต่าง ๆ เมื่อวางหลอดวัดให้แกนของหลอดขนานกับแนวเหนือ-ใต้

เปอร์เซ็นต์ ความ เข้ม ครั้งที่	90°	45°	0°	45°	90°
	ตะวันออก	ตะวันออก		ตะวันตก	ตะวันตก
1	93.00	99.00	109.50	102.00	97.50
2	88.00	102.08	110.88	103.84	95.00
3	89.46	103.66	110.76	102.24	93.72
4	87.58	102.68	111.74	105.70	93.62
5	82.41	102.51	116.58	108.54	90.45
6	75.96	109.72	120.27	111.83	82.23
7	75.24	112.86	122.76	108.90	79.20
8	84.80	105.60	113.60	107.20	89.60
9	81.95	107.28	114.73	105.79	90.89
10	80.40	106.53	120.60	108.54	84.42
11	82.56	106.64	113.52	104.92	91.16
12	86.35	105.19	109.90	105.19	94.20
13	77.90	110.20	119.70	106.40	85.50
14	87.48	103.68	110.16	106.92	92.34
15	86.70	105.40	110.50	107.10	91.80
ค่าเฉลี่ย	83.99±1.32	105.54±0.92	114.35±1.17	106.34±0.67	90.11±1.32
$\frac{\text{ค่าเฉลี่ย}(\theta)}{\text{ค่าเฉลี่ย}(0^\circ)}$	0.734	0.923	1.000	0.930	0.788
	±0.0138	±0.0124	±0.0145	±0.0112	±0.0141

## ชุดที่ 2

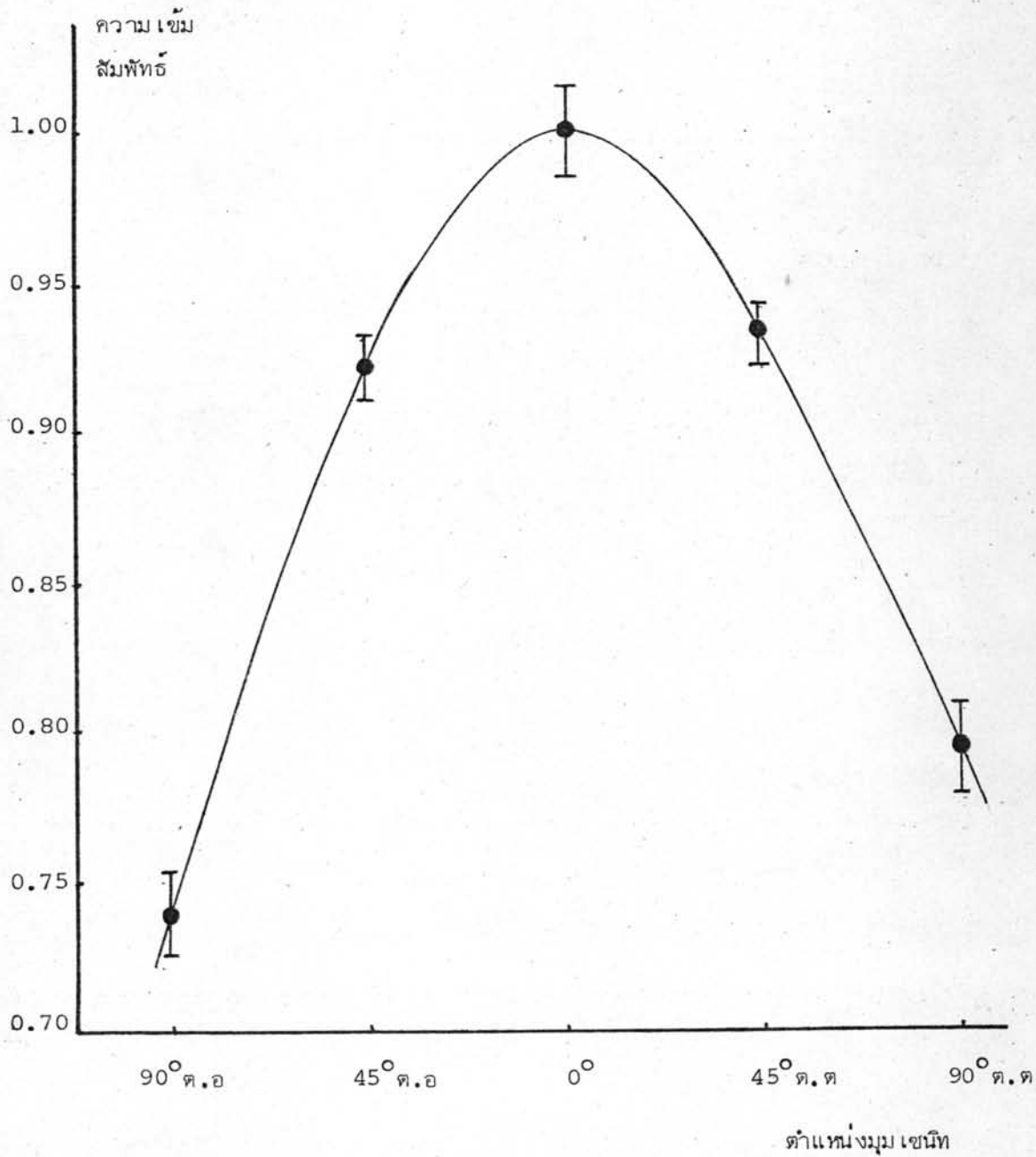
ตารางที่ 4.8 แสดงอัตรานับของนิวตรอนในบรรยากาศ ณ ตำแหน่งมุมต่าง ๆ เมื่อวางหลอดวัด  
ให้แกนของหลอดขนานกับแนวตะวันออก-ตะวันตก

จำนวนนับ ต่อ 20 นาที ครั้งที่	90° เหนือ	45° เหนือ	0°	45° ใต้	90° ใต้
1	20	23	25	22	18
2	21	24	27	25	21
3	23	27	27	26	24
4	23	24	25	24	22
5	19	23	24	22	20
6	24	27	28	26	24
7	22	25	26	26	24
8	22	22	24	24	21
9	21	23	25	23	20
10	19	22	23	21	19
11	22	24	26	25	21
12	24	27	28	25	22
13	23	26	27	24	24
14	25	28	29	26	23
15	21	23	25	24	20

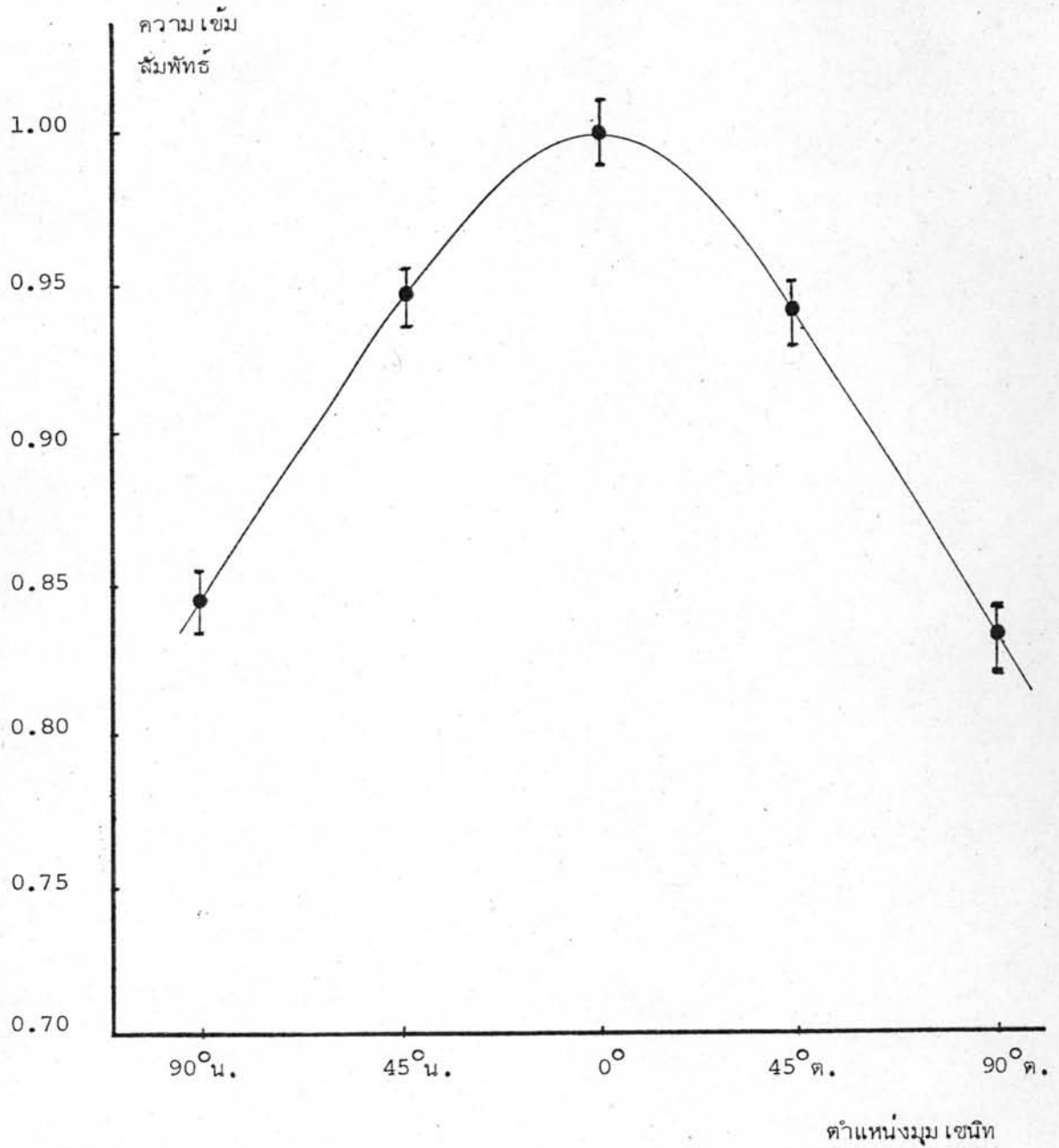


ตารางที่ 4.9 แสดงเปอร์เซ็นต์ความเข้มของนิวตรอนในบรรยากาศ ณ ตำแหน่งมุมต่าง ๆ  
เมื่อวางหลอดวัดให้แกนของหลอดขนานกับแนวตะวันออก-ตะวันตก

เปอร์เซ็นต์ ความ เข้ม ครั้งที่	90° เหนือ	45° เหนือ	0°	45° ใต้	90° ใต้
1	92.60	106.49	115.75	101.86	83.34
2	89.04	101.76	114.48	106.00	89.04
3	90.62	106.38	106.38	102.44	94.56
4	97.52	101.76	106.00	101.76	93.28
5	87.97	106.49	111.12	101.86	92.60
6	93.12	104.76	108.64	100.88	93.12
7	89.54	101.75	105.82	105.82	97.68
8	97.24	97.24	106.08	106.08	92.82
9	93.66	102.58	111.50	102.58	89.20
10	91.39	105.82	110.63	101.01	91.39
11	93.28	101.76	110.24	106.00	89.04
12	95.28	107.19	111.16	99.25	87.34
13	92.69	104.78	108.81	96.72	96.72
14	95.50	106.96	110.78	99.32	87.86
15	92.82	101.66	110.50	106.08	88.40
ค่าเฉลี่ย	92.82±0.73	103.82±0.74	109.86±0.77	102.51±0.76	91.09±0.99
$\frac{\text{ค่าเฉลี่ย}(\theta)}{\text{ค่าเฉลี่ย}(0^\circ)}$	0.845	0.945	1.000	0.933	0.829
	±0.0089	±0.0094	±0.0099	±0.0095	±0.0107



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความเข้มสัมพัทธ์ของนิวตรอนในบรรยากาศ ณ ตำแหน่งมุมต่าง ๆ เมื่อวางหลอดวัดให้แกนของหลอดขนานกับแนวเหนือ-ใต้



รูปที่ 4.11

กราฟแสดงความเข้มสัมพัทธ์ของนิวตรอนในบรรยากาศ ณ ตำแหน่งมุมต่าง ๆ เมื่อวางหลอดวัดให้แกนของหลอดขนานกับแนวตะวันออก-ตะวันตก

#### 4.4 การศึกษาอัตรานับของนิวตรอนในบรรยากาศเมื่อวางหลอดวัดในทิศทางต่างกัน

เนื่องจากระบบหลอดวัดรังสีแบบสองหลอดเรียงขนานชิดกันดังในการทดลองครั้งนี้นั้น ไม่มีความสมมาตรในตัวเอง การบันทึกอัตรานับเมื่อวางหลอดวัดในทิศทางต่าง ๆ ตามแนวราบ เพื่อศึกษาความมีสมมาตรของนิวตรอนในบรรยากาศ จึงเป็นจุดประสงค์ของการทดลองนี้ รวมทั้งผลของสิ่งแวดล้อมที่มีต่ออัตรานับของหลอดวัด

##### อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- ก. หลอดวัด  $BF_3$  หุ้มด้วยพาราฟิน จำนวน 2 หลอด
- ข. คอมแพเรเตอร์
- ค. เครื่องแต่งรูปสัญญาณ
- ง. เครื่องนับสัญญาณ แบบ SA 102 ผลิตโดยบริษัท Panax Equipment
- จ. เครื่องจ่ายไฟแรงสูงแบบ E - 2 ผลิตโดยบริษัท Farnell Instruments หมายเลขเครื่อง 196

##### วิธีดำเนินการทดลอง

นำอุปกรณ์ทั้ง 5 ภาคมาต่อกันเป็นวงจร ดังรูปที่ 4.2 โดยวางหลอดวัดทั้งสองไว้บนแท่งพาราฟิน ซึ่งอยู่บนโครงเหล็กติดลูกล้อ สามารถหมุนได้คล่องในแนวราบ ดังรูปที่ 4.12

ในการทดลองครั้งนี้ได้ทำการบันทึกอัตรานับเพียง 2 ตำแหน่ง คือ เมื่อวางหลอดวัดให้แกนของหลอดขนานกับแนวเหนือ-ใต้ และขนานกับแนวตะวันออก-ตะวันตก ใช้เวลาบันทึกตำแหน่งละ 20 นาที ความต่างศักย์ใช้งานของหลอดวัด 2300 โวลต์ Reference voltage ของคอมแพเรเตอร์ปรับอยู่ที่ตำแหน่ง  $E_2$

การทดลองได้ผลเป็นตัว เลขดังตารางต่อไปนี้



รูปที่ 4.12 ภาพถ่ายของหลอดวัด  $\text{BF}_3$  พร้อมแท่งพาร์ฟีนวางอยู่บนโครงเหล็ก

## ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.10 แสดงอัตรานับของนิวตรอนในบรรยากาศ เมื่อวางหลอดวัดในทิศทางต่าง ๆ  
ตามแนวระนาบ

ครั้งที่	จำนวนนับ ต่อ 20 นาที	แกนหลอดวัดแนว เหนือ-ใต้	แกนหลอดวัดแนว ตะวันออก-ตะวันตก
1		50	52
2		47	49
3		51	53
4		50	47
5		52	54
6		53	50
7		52	54
8		50	49
9		45	47
10		49	52
11		51	49
12		47	50
13		50	53
14		54	52
15		50	53
ค่าเฉลี่ย		$50.07 \pm 0.61$	$50.93 \pm 0.61$