

บทที่ ๔

การทดลองและผล

๔.๑ การศึกษากราฟประจำตัวของหัววัดรังสีชนิดหลายหลอด

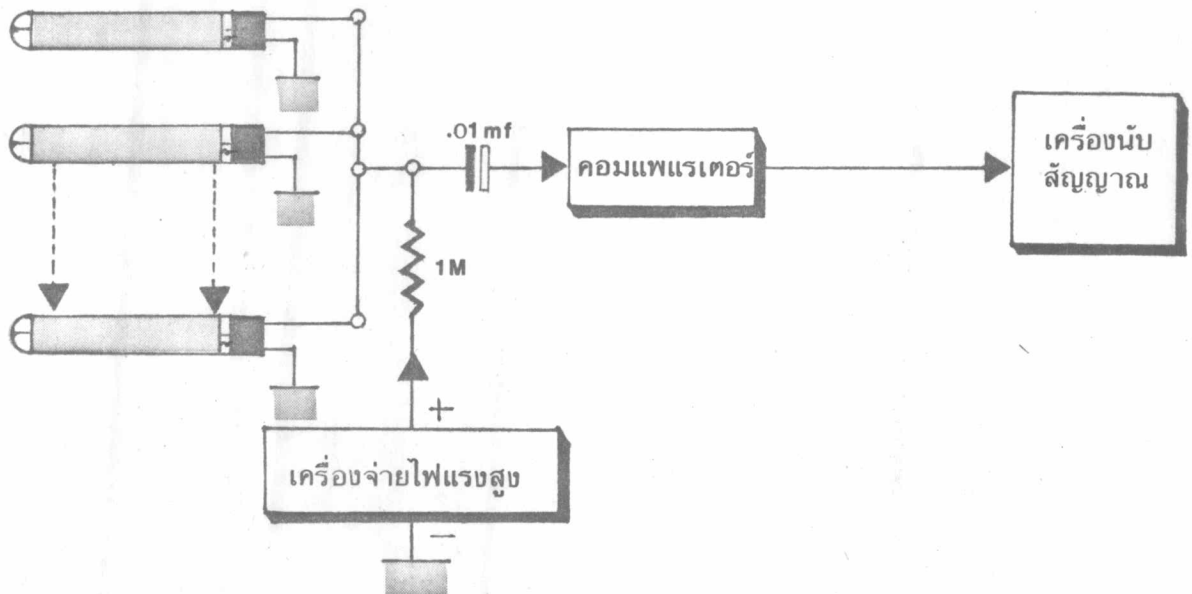
หลอดไกเกอร์แต่ละหลอดจะมีกราฟประจำตัวเป็นของตัวเอง แต่ลักษณะโดยทั่วไปจะคล้ายคลึงกัน คือมีลักษณะดังในรูปที่ ๒.๔ การนำหลอดไกเกอร์หลายหลอดมาต่อขนานกัน กราฟประจำตัวของทั้งระบบจะมีรูปแบบแตกต่างออกไปหรือไม่ เป็นจุดประสงค์ของการทดลองนี้

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- ก. หลอดวัดรังสีไกเกอร์จำนวน ๔ หลอด เป็นแบบ G-26 ผลิตโดยบริษัท 20<sup>th</sup> Century Electronics
- ข. คอมแพเรเตอร์ที่ประกอบขึ้นใช้เอง
- ค. เครื่องนับสัญญาณพัลส์ของ The Abacus GM Scaler แบบ 123 ผลิตโดยบริษัท Baird - Atomic
- ง. เครื่องจ่ายไฟแรงสูงแบบ 205 A - 05 R หมายเลขเครื่อง 877254 ผลิตโดยบริษัท Bertan Associates
- จ. สารกัมมันตรังสีมาตรฐาน Na-22 แบบ Sk-1 Source kit ผลิตโดย New England Nuclearความแรง ๑ ไมโครคูรี เมื่อเดือนธันวาคม ปี พ.ศ. ๒๕๑๗

### วิธีดำเนินการทดลอง

นำอุปกรณ์ทั้ง ๔ ภาค มาต่อกันเป็นวงจร ดังรูปที่ ๔.๑



รูปที่ ๔.๑ แผนภาพระบบวัดรังสีชนิดใช้หัววัดรังสีหลายหลอด

หัววัดไกเกอร์ที่นำมาต่อขนานกันนี้ ได้ทดลองเพิ่มจาก ๒ หลอดต่อขนานเป็น ๓, ๔ และ ๕ หลอด ต่อขนานเพื่อดูลักษณะของกราฟประจำตัวที่เปลี่ยนไป หัววัดไกเกอร์ที่นำมาต่อขนานกันได้จัดวางในแนวระนาบขนานกับพื้น ในการวิจัยนี้จะสัมพันธ์ผลของจำนวนนับต่อนาทีของภูมิหลังที่ความต่างศักย์ค่าต่าง ๆ กัน โดยปรับจากเครื่องจ่ายไฟแรงสูง จำนวนนับต่อนาทีของภูมิหลังใช้สัมพันธ์จากการวัด ๓ ครั้ง Reference Voltage ของคอมแพเรเตอร์ตั้งไว้ ๒ โวลต์

อนึ่ง ในการนำหลอดไกเกอร์มาต่อขนานกันนี้ ย่อมเป็นไปได้ที่สัญญาณพัลส์จะเกิดขึ้นพร้อมกัน ซึ่งเมื่อเป็นเช่นนั้นสัญญาณพัลส์ก็จะเสริมกันเป็นสัญญาณพัลส์ใหม่ที่มีแอมพลิจูดสูงขึ้น เพื่อศึกษาปัญหานี้ ได้นำหลอดไกเกอร์ ๒ หลอดที่มีกราฟประจำตัวเหมือนกันมากที่สุด คือหลอดหมายเลข ๒ และหลอดหมายเลข ๓ มาศึกษากราฟประจำตัวอีกครั้งหนึ่ง โดยที่เพื่อต้องการเพิ่มโอกาสที่สัญญาณพัลส์จากหลอดทั้งสองจะเสริมกันจึงได้ใช้ Na-22 เป็นต้นกำเนิดรังสี และเปลี่ยน Reference Voltage ของคอมแพเรเตอร์ไปตั้งที่ ๒.๕ โวลต์

ผลการทดลองทั้ง ๒ ชุดนี้ ได้ผลเป็นตัวเลขและกราฟดังต่อไปนี้

ผลการทดลอง

ชุดที่ ๑

ตารางที่ ๔.๑.๑ แสดงอัตรานับของภูมิหลังโดยหลอดไกเกอร์หมายเลข ๑

จำนวนนับ ต่อนาที ความ ต่างศักย์ใช้ งาน	ครั้งที่	ครั้งที่	ครั้งที่	$\bar{X}$	$\tau_{n-1}$
	1	2	3		
1055	-	-	-	-	-
1060	155	148	128	143.7	14.01
1070	161	179	169	169.7	9.02
1080	161	183	164	169.3	11.9
1100	173	160	171	168	7
1120	179	174	160	171	9.8
1140	182	210	173	188.3	19.3
1160	146	189	165	166.7	21.5
1180	176	180	185	180.3	4.5
1200	188	157	165	170	16.1

ตารางที่ ๔.๑.๒ แสดงอัตรานับของภูมิหลัง โดยหลอดไทเกอร์หมายเลข ๒

จำนวนนับต่อหน้าที่ ความ ต่างศักย์ ใช้งาน	ครั้งที่	ครั้งที่	ครั้งที่	$\bar{X}$	$\tau n-1$
	1	2	3		
1040	3	3	4	3.3	0.6
1050	179	198	188	188.3	9.5
1060	179	191	172	180.7	9.6
1080	186	169	151	168.7	17.5
1100	168	159	176	167.7	8.5
1120	181	175	174	176.7	3.8
1160	186	165	162	171	13.1
1200	215	212	187	204.7	15.4

ตารางที่ ๔.๑.๓ แสดงอัตรานับของภูมิหลัง โดยหลอดไทเกอร์หมายเลข ๓

จำนวนนับต่อหน้าที่ ความ ต่างศักย์ ใช้งาน	ครั้งที่	ครั้งที่	ครั้งที่	$\bar{X}$	$\tau n-1$
	1	2	3		
1040	1	2	2	1.7	0.6
1050	153	160	164	159	5.6
1060	176	196	149	173.7	23.6
1080	170	166	138	158	17.4
1120	175	162	182	173	10.1
1160	181	183	169	177.7	7.6
1200	186	176	149	170.3	19.1



ตารางที่ ๔.๑.๔ แสดงอัตรานับของภูมิหลัง โดยหลอดไกเกอร์หมายเลข ๔

จำนวนนับต่อ ความต่างศักย์ใช้ งาน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	$\bar{X}$	$\tau_{n-1}$
1020	1	1	4	2	1.7
1030	174	162	183	173	10.5
1040	166	182	167	171.7	8.9
1080	166	176	182	174.7	8.1
1120	195	185	182	187.3	6.8
1160	204	158	186	182.7	23.2
1200	149	188	174	170.3	19.7

ตารางที่ ๔.๑.๕ แสดงอัตรานับของภูมิหลัง โดยหลอดไกเกอร์หมายเลข ๕

จำนวนนับต่อ ความต่างศักย์ใช้ งาน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	$\bar{X}$	$\tau_{n-1}$
1060	-	-	-	-	-
1065	1	5	2	2.7	2.1
1070	170	158	176	168	9.2
1080	162	169	160	163.7	4.7
1100	187	180	186	184.3	3.8
1120	184	194	171	183	11.5
1160	170	189	180	179.7	9.5
1200	196	176	190	187.3	10.3

ตารางที่ ๔.๑.๖ แสดงอัตรานับของภูมิหลังโดยตลอดไค เกอร์หมายเลข ๑ และหมายเลข ๒  
ต่อขนาน

จำนวนนับต่อหน้าที่ ความ ต่างศักย์ ใช้งาน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	$\bar{X}$	tn-1
1040	3	1	2	2	1
1050	191	180	179	183.3	6.7
1060	331	326	329	328.7	2.5
1070	342	355	323	340	16.1
1080	315	347	353	338.3	20.4
1100	349	364	334	349	15
1120	324	389	358	357	32.5
1140	304	384	356	348	40.6
1160	373	374	343	363.3	17.6
1180	386	357	387	376.7	17.04
1200	382	365	353	366.7	14.6

ตารางที่ ๔.๑.๗ แสดงอัตรานับของภูมิหลัง โดยหลอดโกลเกอร์หมายเลข ๑ หมายเลข ๒  
และหมายเลข ๓ ต่อขนาน

ความ ต่างศักย์ ใช้งาน	จำนวนนับต่อ นาที	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	$\bar{X}$	$\tau_{n-1}$
1030		1	-	-	0.3	0.5
1040		6	7	2	5	2.6
1050		340	315	335	330	13.2
1060		418	427	433	426	7.5
1070		518	457	519	498	35.5
1080		484	497	504	495	10.1
1100		490	517	471	492.7	23.1
1120		561	508	505	524.7	31.5
1140		525	551	471	515.7	40.8
1160		590	500	518	536	47.6
1180		530	495	517	514	17.7
1200		478	543	545	522	38.1

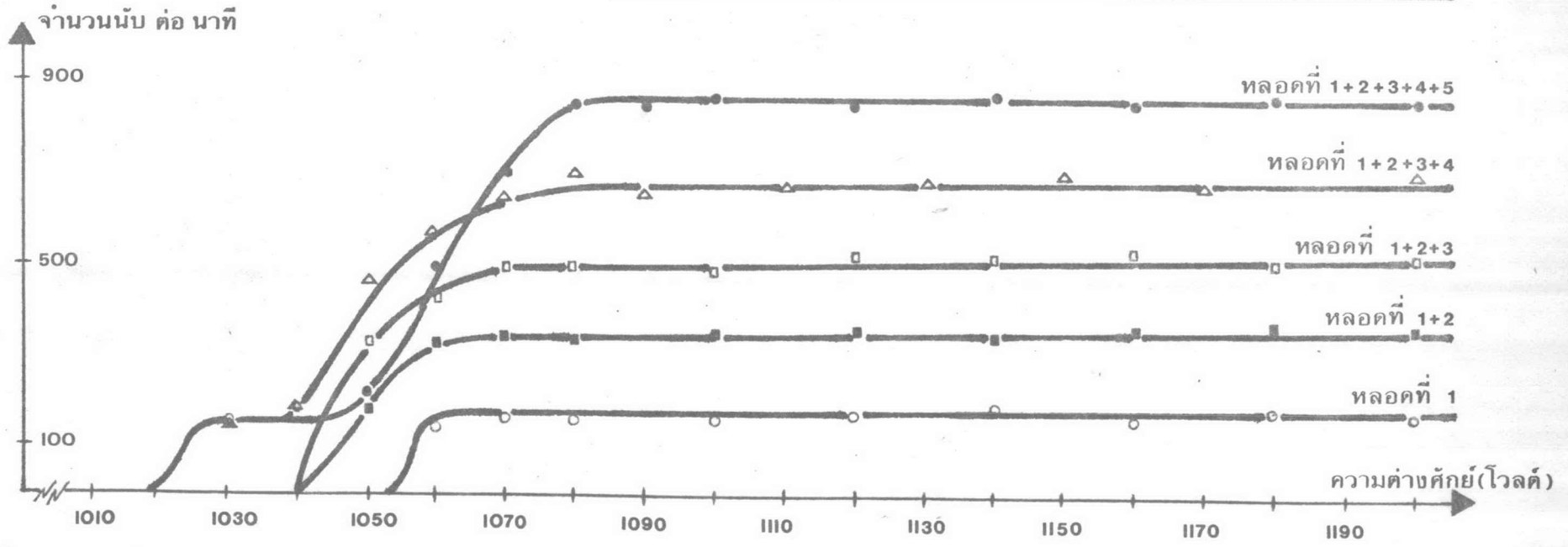
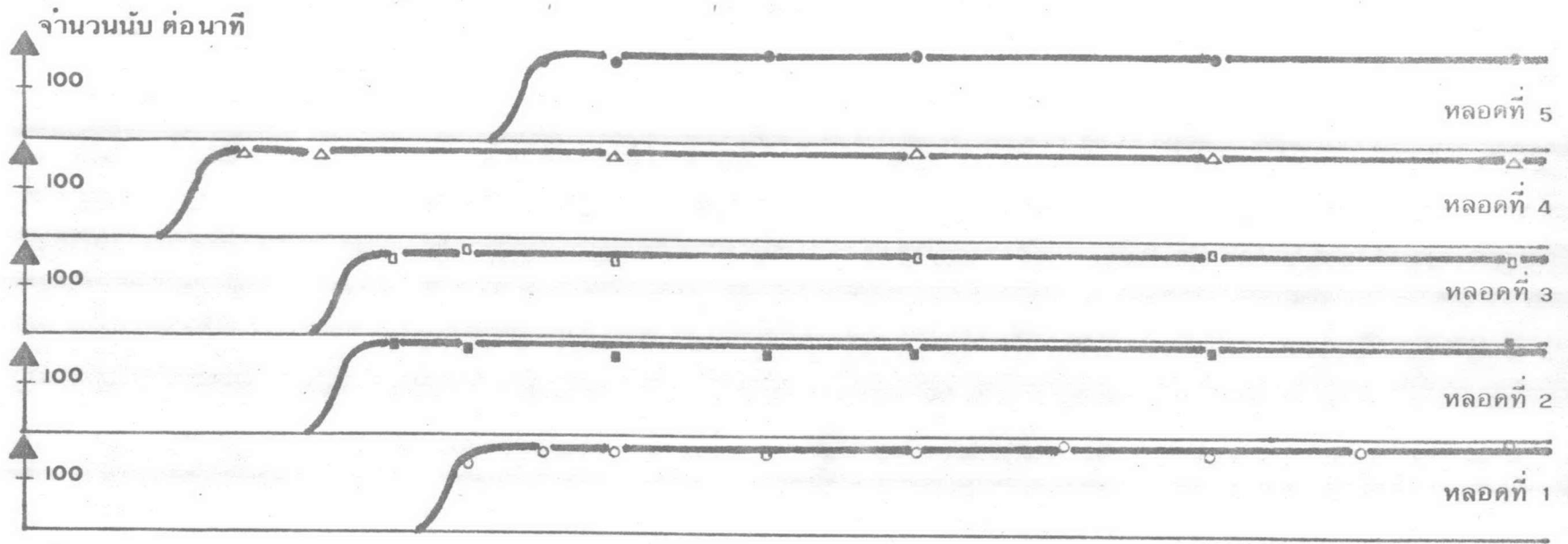
ตารางที่ ๔.๑.๘ แสดงอัตรานับของภูมิหลัง โดยตลอดไคเกอร์หมายเลข ๑ หมายเลข ๒

หมายเลข ๓ และหมายเลข ๔ ต่อขนาน

จำนวนนับต่อ ความ ต่างศักย์ ใช้งาน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	$\bar{X}$	$t_{n-1}$
1020	3	1	3	2.3	1.2
1030	140	150	160	150	10
1040	180	171	176	175.7	4.5
1050	445	439	501	461.7	34.2
1060	535	591	588	571.3	31.5
1070	626	680	653	653	27
1080	725	710	688	707.7	18.6
1090	648	675	667	663.3	13.9
1110	697	641	685	674.3	29.5
1130	685	685	675	681.7	5.8
1150	691	695	725	703.7	18.6
1170	678	719	627	674.7	46.1
1200	714	692	701	702.3	11.1

ตารางที่ ๔.๑.๔ แสดงอัตรานับของภูมิหลัง โดยตลอดไคเกอร์หมายเลข ๑ หมายเลข ๒  
หมายเลข ๓ หมายเลข ๔ และหมายเลข ๕ ต่อขนาน

จำนวนนับต่อ นาที ความ ต่างศักย์ ใช้งาน	ครั้งที่	ครั้งที่	ครั้งที่	$\bar{X}$	$T_{n-1}$
	1	2	3		
1020	-	-	-	-	-
1030	135	154	187	158.7	26.3
1040	183	184	168	178.3	8.9
1050	217	219	220	218.7	1.5
1060	480	511	491	494	15.7
1070	670	743	687	700	38.2
1080	863	859	833	851.7	16.3
1090	860	857	835	850.7	13.7
1100	885	887	825	865.7	35.2
1120	873	840	840	851	19.1
1140	857	860	891	869.3	18.8
1160	874	844	838	852	19.3
1180	897	850	849	865.3	27.4
1200	872	848	876	865.3	15.1



รูปที่ ๔.๒ กราฟประจำตัวของหลอดไกเกอร์แต่ละหลอดและเมื่อนำมาต่อขนานกัน

## ชุดที่ ๒

ตารางที่ ๔.๑.๑๐ แสดงอัตรานับของสารกัมมันตรังสี Na-22 โดยหลอดไกเกอร์หมายเลข ๒

จำนวนนับต่อ นาที่ ความ ต่างศักย์ ใช้งาน	ครั้งที่	ครั้งที่	ครั้งที่	$\bar{X}$	$\tau_{n-1}$
	1	2	3		
1051	-	-	-	-	-
1053	1	1	0	0.7	0.6
1055	4	6	7	5.7	1.5
1060	2640	2681	2647	2656	21.9
1065	2568	2718	2700	2662	81.9
1070	2690	2715	2737	2714	23.5
1080	2747	2651	2565	2654.3	91
1100	2701	2758	2651	2703.3	53.5
1130	2741	2811	2637	2729.7	87.5
1160	2799	2694	2680	2724.3	65
1190	2760	2791	2853	2801.3	47.4



ตารางที่ ๔.๑.๑๑ แสดงอัตรานับของสารกัมมันตรังสีโซเดียม -22 โดยหลอดไกเกอร์

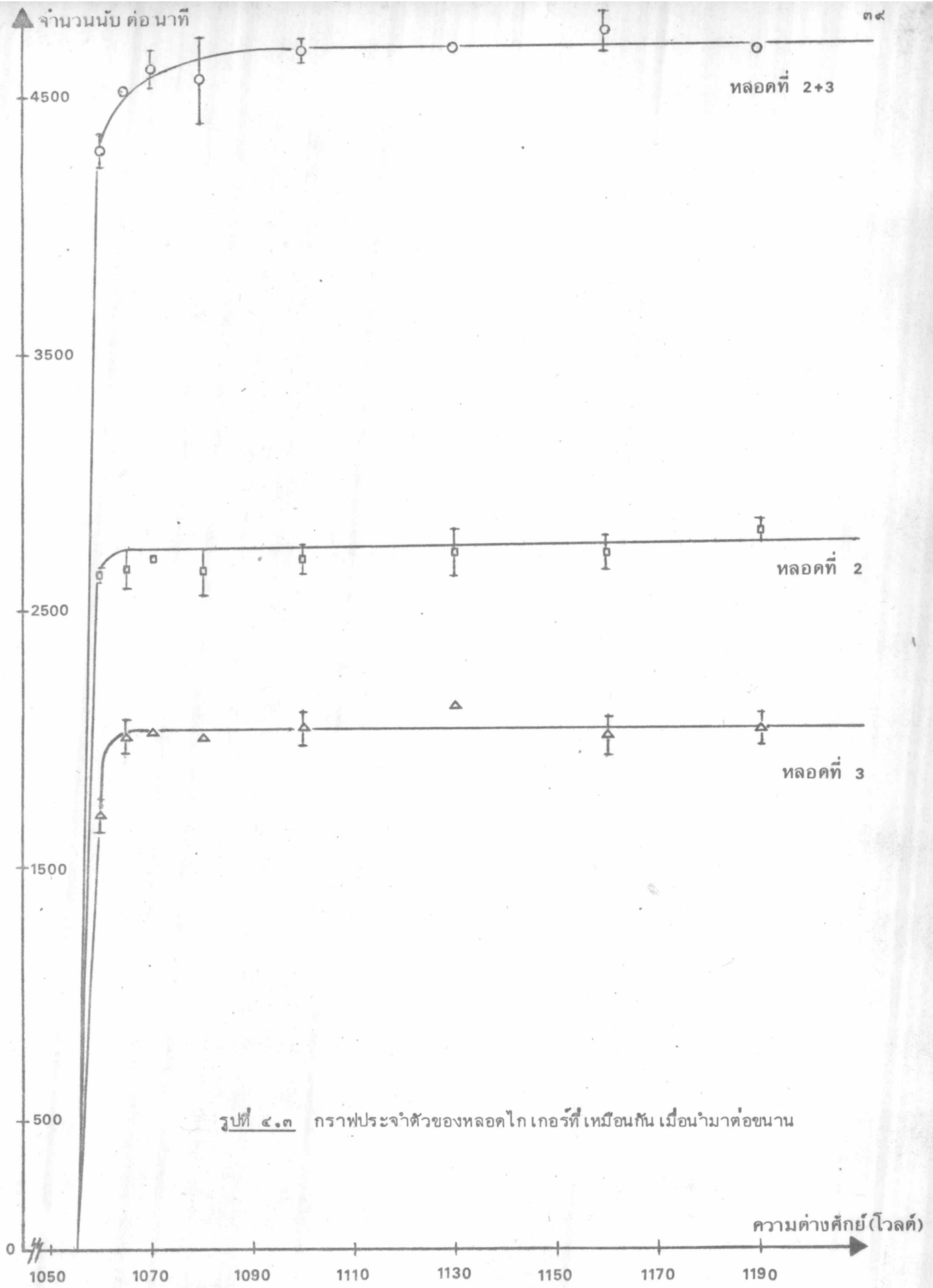
หมายเลข ๓

จำนวนนับต่อ ความ ต่างศักย์ ใช้งาน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	$\bar{X}$	$\tau_{n-1}$
1053	-	-	-	-	-
1055	3	2	4	3	1
1060	1647	1702	1786	1711.7	70
1065	2015	2063	1933	2003.7	65.7
1070	2013	2040	2024	2025.7	13.6
1080	2014	1996	2013	2007.7	10.1
1100	2006	2003	2108	2039	59.8
1130	2147	2116	2150	2137.7	18.8
1160	1965	2105	1963	2011	81.4
1190	2001	2045	2088	2044.7	43.5

ตารางที่ ๔.๑.๑๒ แสดงอัตรานับของสารกัมมันตรังสีโซเดียม -22 โดยหลอดไกเกอร์

หมายเลข ๒ และหมายเลข ๓ ต่อขนาน

จำนวนนับต่อ นาที ความ ต่างศักย์ ใช้งาน	ครั้งที่	ครั้งที่	ครั้งที่	$\bar{X}$	tn-1
	1	2	3		
1043	1	-	-	0.3	0.6
1046	7	8	8	7.7	0.6
1055	14	21	16	17	3.6
1060	4229	4320	4336	4295	57.7
1065	4505	4507	4527	4513	12.2
1070	4526	4672	4615	4604.3	73.6
1080	4617	4713	4404	4578	158.1
1100	4643	4720	4672	4678.3	38.9
1130	4701	4650	4690	4680.3	26.8
1160	4791	4676	4776	4747.7	62.5
1190	4663	4655	4662	4660	4.4



รูปที่ ๔.๓ กราฟประจำตัวของหลอดไกเกอร์ที่เหมือนกัน เมื่อนำมาต่อขนาน

๔.๒ การศึกษาผลของภูมิหลังต่อหัววัดรังสีชนิดหลายหลอดเมื่อวางในทิศทางต่าง ๆ กัน

เนื่องจากในการวัดความเข้มของการแผ่รังสีทุกครั้ง ผลของการวัดจะรวมภูมิหลังเข้าไปด้วยเสมอ ด้วยเหตุที่ต้นตอของภูมิหลังมีอยู่หลายประการด้วยกัน เช่น จากสารกัมมันตรังสีในวัตถุต่าง ๆ ที่อยู่รอบ ๆ หัววัดรังสี , จากไอโซโทปกัมมันตรังสีของสารที่ใช้ทำหัววัด , จากเรดอน (Radon) และโธรอน (Thoron) ที่เจือปนอยู่ในอากาศและสุดท้ายจากรังสีคอสมิก ดังนั้นการใช้ระบบหัววัดรังสีที่มีรูปร่างไม่สมมาตรในตัวเอง ตรวจวัดความเข้มของภูมิหลัง ในทิศทางต่าง ๆ กัน จึงเป็นจุดประสงค์ของการทดลองนี้เพื่อศึกษาความมีสมมาตรของภูมิหลัง และผลของสิ่งแวดล้อมต่อสมมาตรของภูมิหลัง



อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

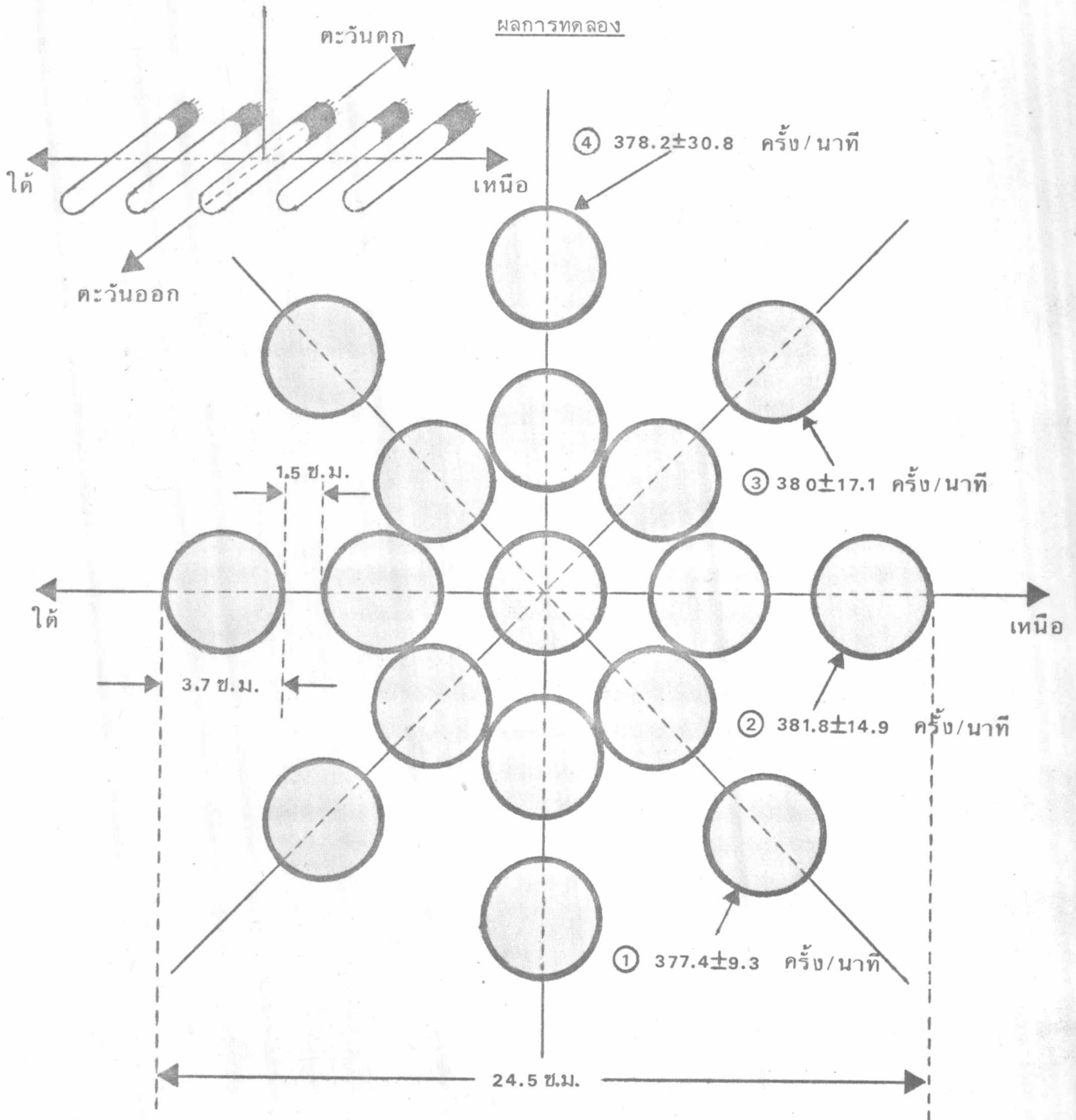
- ก. หลอดวัดรังสีไกเกอร์จำนวน ๕ หลอดเป็นแบบ G-26 ผลิตโดยบริษัท 20<sup>th</sup> Century Electronics
- ข. คอมแพแรเตอร์ที่ประกอบขึ้นใช้เอง
- ค. เครื่องนับสัญญาณพัลส์ของ The Abacus GM Scaler แบบ 123 ผลิตโดยบริษัท Baird-Atomic
- ง. เครื่องจ่ายไฟแรงสูงแบบ E-2 ผลิตโดยบริษัท Farnell Instruments หมายเลขเครื่อง 196

วิธีดำเนินการทดลอง

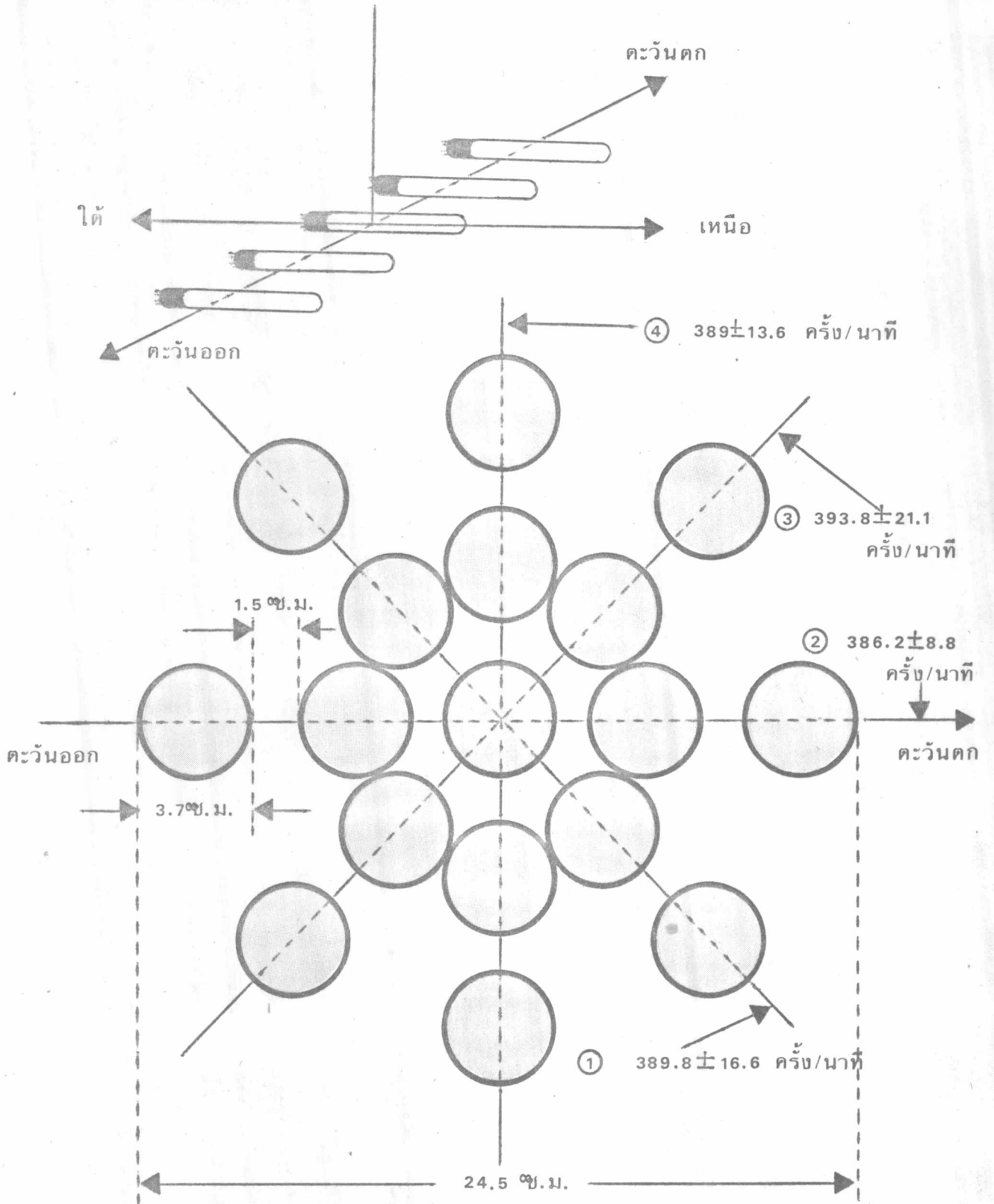
นำอุปกรณ์ทั้ง ๔ ภาคมาต่อกันเป็นวงจร ดังรูปที่ ๔.๑ หลอดไกเกอร์ทั้ง ๕ หลอดจัดวางให้คงที่ในแผงไม้ ตามรูปที่ ๔.๓ และรูปที่ ๔.๔ โดยแผงไม้นี้สามารถหมุนได้รอบตัว ในการทดลองนี้ได้ทดลองวัดในห้องโถงโล่ง และได้ใช้ผ้าดำคลุมหลอดไกเกอร์ทั้ง ๕ ไว้ด้วย

ความต่างศักย์ใช้งานของหลอดโกลด์ทัง ๕ ใช้ที่ ๑๑๕๐ โวลต์ Reference Voltage  
ของคอมแพเรเตอร์ตั้งไว้ที่ ๒ โวลต์

ในการทดลองนี้ได้บันทึกผลของจำนวนนับต่อนาทีของภูมิภาคหลัง เมื่อแฟงหลอดโกลด์ทัง  
ทั้ง ๕ ทำมุม 0 (ตำแหน่งที่ -๒) , ๔๕ (ตำแหน่งที่ -๓) , ๙๐ (ตำแหน่งที่ -๔)  
และ ๑๓๕ (ตำแหน่งที่ -๑) ings กับแนวระนาบ โดยทดลองบันทึกผลทั้งเมื่อวางให้แฟงหลอด  
ขนานกับแนวเหนือ-ใต้ และเมื่อวางให้ขนานกับแนวตะวันออก-ตะวันตก จำนวนนับต่อนาทีของ  
ภูมิภาคหลังใช้สุ่มเอาจากการวัด ๕ ครั้ง ได้ผลดังต่อไปนี้



รูปที่ ๔.๔ แผนภาพแสดงการวางหลอดไกเกอร์ทั้ง ๕ ให้แกนหลอดขนานกับแนวตะวันออก-ตะวันตก



รูปที่ ๔.๕ แผนภาพแสดงการวางหลอดไกเกอร์ทั้ง ๕ ให้แกนหลอดขนานกับแนวเหนือ-ใต้



ตารางที่ ๔.๒.๑ แสดงอัตรานับของภูมิหลัง เมื่อวางแกนตลอดโกเกอร์ขนานแนวตะวันออก-ตะวันตก

ตำแหน่ง ที่	จำนวนนับ ต่อนาที					$\bar{X}$	$\tau_{n-1}$
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5		
1	383	374	380	387	363	377.4	9.343
2	376	384	364	380	405	381.8	14.973
3	373	361	395	401	370	380	17.146
4	414	371	361	405	340	378.2	30.849

ตารางที่ ๔.๒.๒ แสดงอัตรานับของภูมิหลัง เมื่อวางแกนตลอดโกเกอร์ขนานแนวเหนือ-ใต้

ตำแหน่ง ที่	จำนวนนับ ต่อนาที					$\bar{X}$	$\tau_{n-1}$
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5		
1	393	417	378	376	385	389.8	16.604
2	377	378	386	396	394	386.2	8.786
3	395	417	390	361	406	393.8	21.087
4	402	387	378	404	374	389	13.638

#### ๔.๓ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอัตรานับต่อการเพิ่มจำนวนหลอดไกเกอร์

โดยการนำหลอดไกเกอร์มาต่อขนานเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จาก ๒ เป็น ๓ จาก ๓ เป็น ๔ หลอด ฯลฯ ย่อมพอจะคาดเดาได้ว่าจำนวนนับต่อนาทีย่อมจะต้องเพิ่มขึ้นด้วย จุดประสงค์ของการทดลองนี้ก็เพื่อต้องการศึกษาว่า อัตรานับที่เพิ่มขึ้นมีลักษณะที่แท้จริงเป็นอย่างไร

#### อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- ก. หลอดตัวรังสีไกเกอร์จำนวน ๑๐ หลอดเป็นแบบ G-26 ผลิตโดยบริษัท 20<sup>th</sup> Century Electronics
- ข. คอมพิวเตอร์ที่ประกอบขึ้นใช้เอง
- ค. เครื่องนับสัญญาณพัลส์ของ The Abacus GM Scaler แบบ 123 ผลิตโดยบริษัท Baird - Atomic
- ง. เครื่องจ่ายไฟแรงสูงแบบ E-2 ผลิตโดยบริษัท Farnell Instruments หมายเลขเครื่อง 196
- จ. สารกัมมันตรังสีมาตรฐาน Na-22 และ Co-60 แบบ Sk-1 Source kit ผลิตโดย New England Nuclear ความแรง ๑ ไมโครคูรี เมื่อเดือน ธันวาคม ปี พ.ศ. ๒๕๑๗

#### วิธีดำเนินการทดลอง

นำอุปกรณ์ทั้ง ๔ ภาค มาต่อกันเป็นวงจร ดังรูปที่ ๔.๑ สำหรับการทดลองนี้ ได้แบ่งเป็น ๒ ชุด

ชุดแรก เป็นการทดลองตรวจวัดภูมิหลังโดยการเพิ่มหลอดไกเกอร์ขึ้นทีละหลอด จาก ๑ หลอดจนถึง ๑๐ หลอด ในการทดลองนี้ได้ตั้งความต่างศักย์ใช้งานของหลอดไกเกอร์ทั้ง

๑๐ หลอดไว้ที่ ๑๑๕๐ โวลต์ Reference Voltage ของคอมแพเรเตอร์ตั้งไว้ที่ ๒ โวลต์

สำหรับการทดลองในชุดที่สองเพื่อต้องการเพิ่มความเข้มของรังสีให้มากขึ้น จึงได้เพิ่ม  
ต้นกำเนิดรังสีขึ้นดังนี้

๑. ภูมิภาค
๒. สารกัมมันตรังสีโซเดียม -22
๓. สารกัมมันตรังสีโคบอลต์ -60

ในการทดลองนี้ได้ใช้หลอดไกเกอร์เพียง ๕ หลอด ค่าความต่างศักย์ใช้งานและ Reference  
Voltage ใช้ค่าเดียวกับการทดลองชุดแรก

สำหรับการทดลองทั้งสองชุดนี้ จำนวนนับต่อนาทีใช้สุ่มเอาจากการวัด ๓ ครั้ง  
ได้ผลเป็นตัวเลขและกราฟดังต่อไปนี้

## ผลการทดลอง

## ชุดที่ ๑

ตารางที่ ๔.๓.๑ แสดงอัตรานับของภูมิหลังเมื่อเพิ่มหลอดไกเกอร์จาก ๑ - ๑๐ หลอด

จำนวนนับ ต่อหน้าที่ จำนวน หลอด	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	$\bar{X}$	$\tau_{n-1}$
1	176	196	196	189.3	11.5
2	344	336	373	351	19.5
3	537	516	531	528	10.8
4	732	735	725	730.7	5.1
5	907	933	942	927.3	18.2
6	1058	1033	1071	1054	19.3
7	1235	1276	1234	1248.3	23.9
8	1449	1420	1426	1431.7	15.3
9	1602	1640	1593	1611.7	24.9
10	1816	1840	1800	1818.7	20.1

## ชุดที่ ๒

ตารางที่ ๔.๓.๒ แสดงอัตรานับของภูมิหลัง + โซเดียม -22 + โคบอลต์ -60 เมื่อเพิ่มหลอดไกเกอร์จาก ๑ - ๕ หลอด

จำนวนนับ ต่อหน้าที่ จำนวน หลอด	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	$\bar{X}$	$\tau_{n-1}$
1	7686	7638	7744	7689.3	53.1
2	14742	14816	14807	14788.3	40.4
3	19938	19925	20339	20067.3	235.4
4	24558	24453	24676	24562.3	111.6
5	27379	27673	27775	27609	205.6

ตารางที่ ๔.๓.๓ แสดงอัตรานับของภูมิหลัง + โซเดียม -22 เมื่อเพิ่มหลอดไกเกอร์จาก

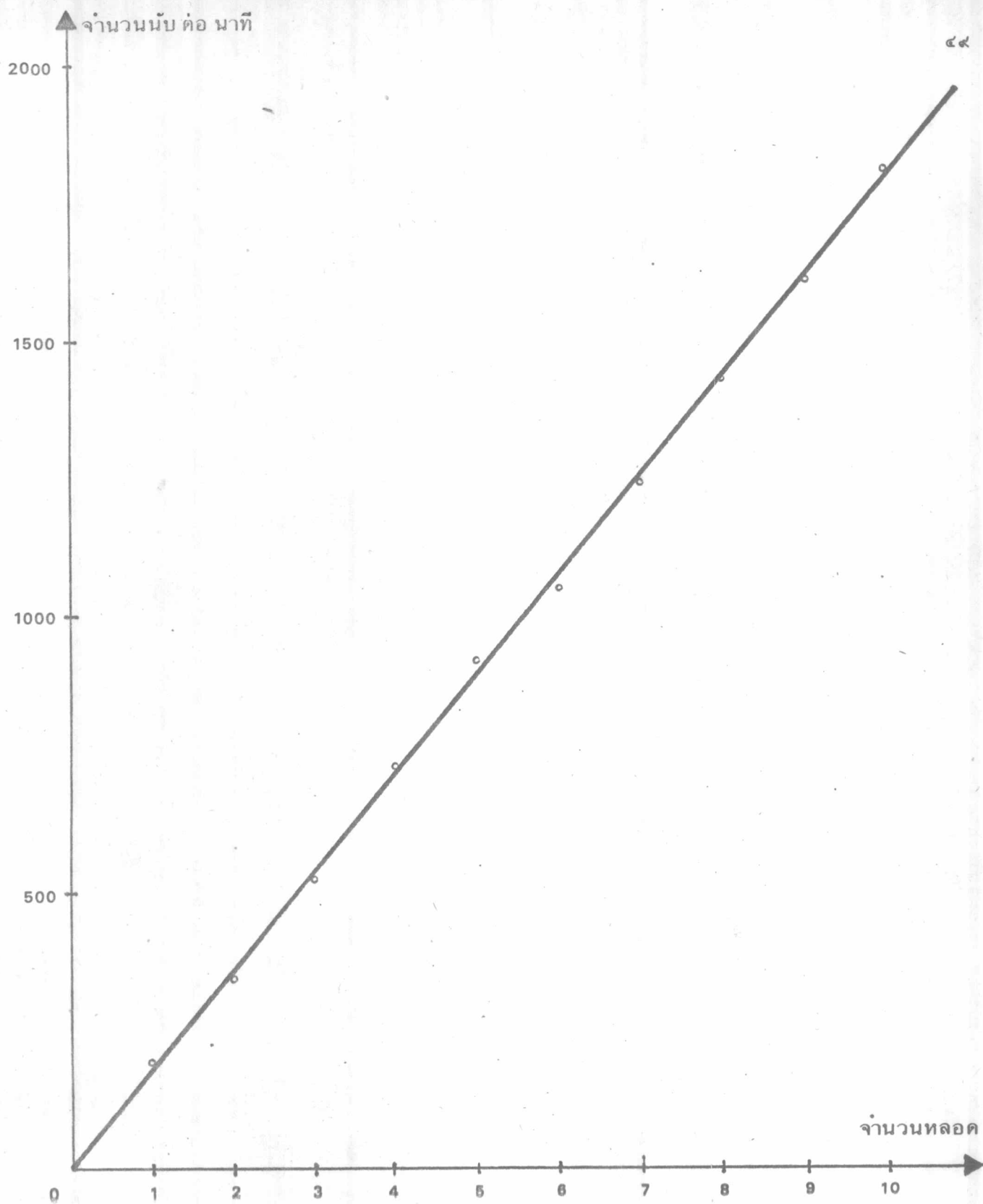
๑ - ๕ หลอด

จำนวนนับ จำนวน ต่อ นาที หลอด	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	$\bar{X}$	$\tau_{n-1}$
1	2574	2508	2591	2557.7	43.8
2	5108	5188	5158	5151.3	40.4
3	7424	7434	7401	7419.7	16.9
4	9794	9839	10029	9887.3	124.7
5	11671	11825	11826	11774	89.2

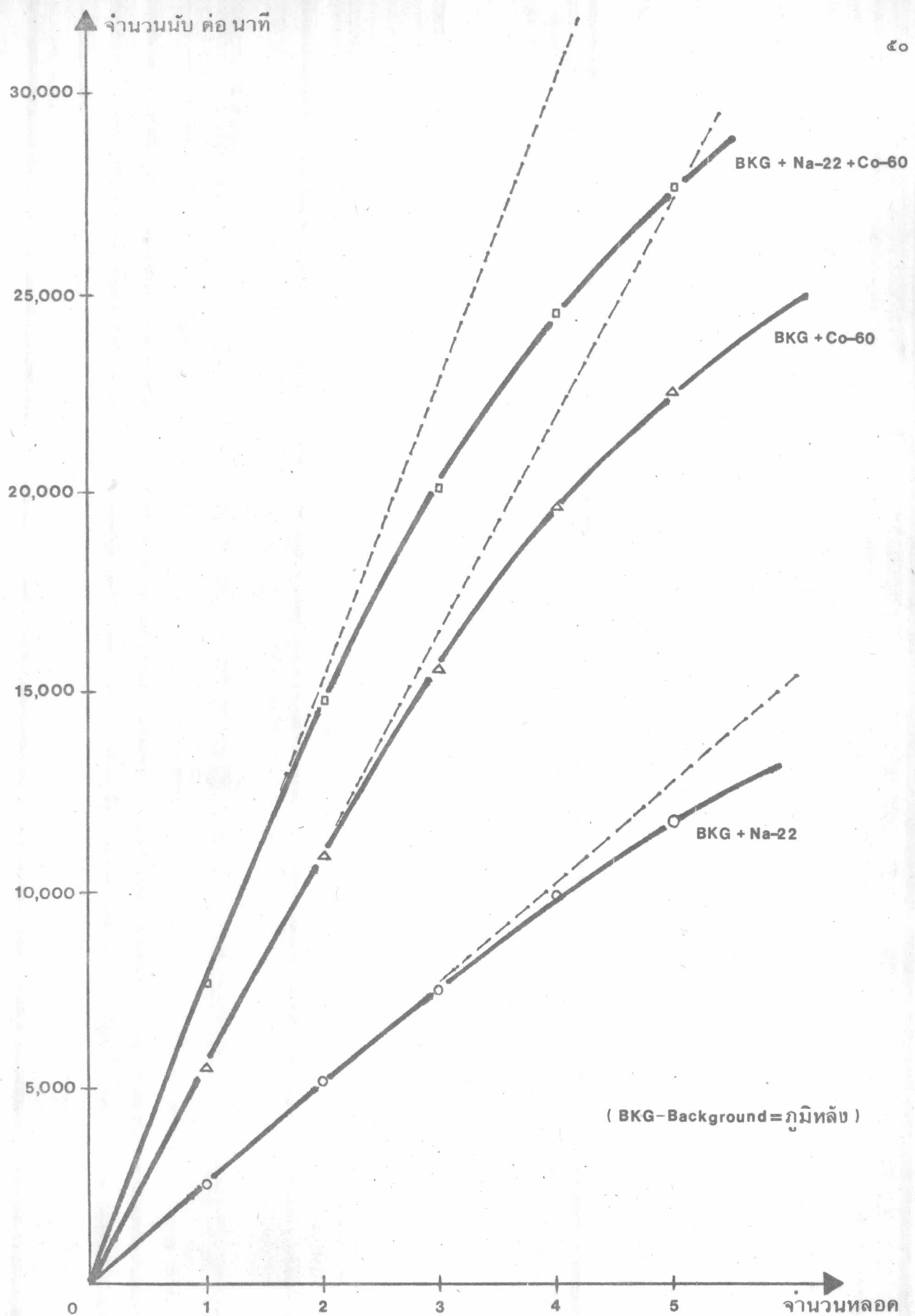
ตารางที่ ๔.๓.๔ แสดงอัตรานับของภูมิหลัง + โคบอลต์ -60 เมื่อเพิ่มหลอดไกเกอร์จาก

๑ - ๕ หลอด

จำนวนนับ จำนวน ต่อ นาที หลอด	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	$\bar{X}$	$\tau_{n-1}$
1	5502	5505	5444	5483.7	34.4
2	10966	10933	10969	10956	19.9
3	15524	15417	15611	15517.3	97.2
4	19553	19705	19744	19667.3	100.9
5	22556	22497	22658	22570.3	81.5



รูปที่ ๔.๖ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนหลอดไกเกอร์ต่อขนานกับอัตรานับของภูมิหลัง

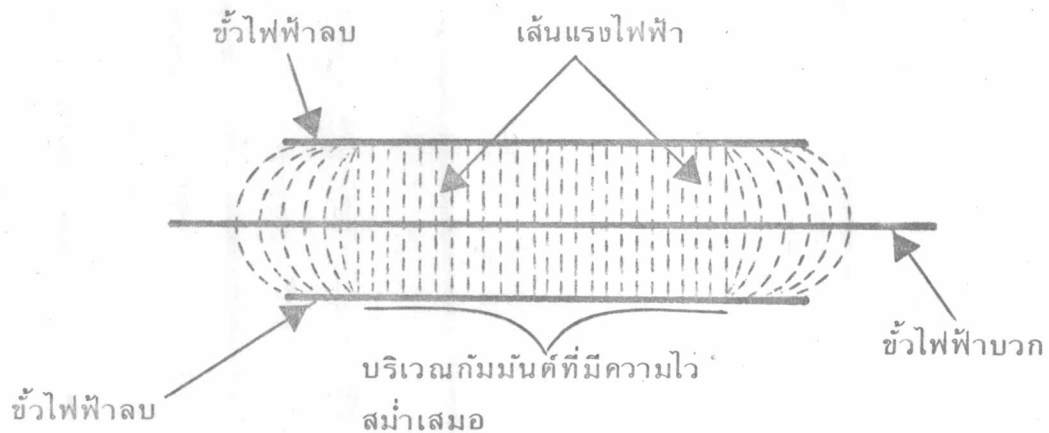


รูปที่ ๕.๗ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนตลอดไกเกอร์ต่อชานกับอัตรานับ เมื่อมีสารกัมมันตรังสี Na-22 และ Co-60



#### ๔.๔ การศึกษาบริเวณกัมมันต์ (Active Region) ของหัววัดรังสีชนิดหลอด

สำหรับหัววัดไกเกอร์ที่มีลักษณะเป็นหลอดทรงกระบอก โดยโครงสร้างของตัวเอง บริเวณกัมมันต์ได้มีความไว (Sensitivity) เท่ากันสม่ำเสมอตลอดความยาวของหลอด แต่จะลดลงที่ปลายทั้งสองด้าน ทั้งนี้เป็นเพราะความเข้มของสนามไฟฟ้าที่ปลายทั้งสองลดลงประการหนึ่ง



รูปที่ ๔.๔ แสดงลักษณะการกระจายของเส้นแรงไฟฟ้าในหลอดไกเกอร์

นอกจากนั้นอัตราการนับอนุภาครังสีโดยหลอดไกเกอร์ ยังขึ้นอยู่กับค่า Solid Angle ที่สารกัมมันตรังสีทำกับหลอดไกเกอร์ด้วย

ในการนำหลอดไกเกอร์มาต่อขนานเพิ่มขึ้นหลาย ๆ หลอด บริเวณกัมมันต์ของหัววัดทั้งระบบ มีความไวเปลี่ยนแปลงไปในลักษณะใดเป็นจุดประสงค์ของการทดลองนี้

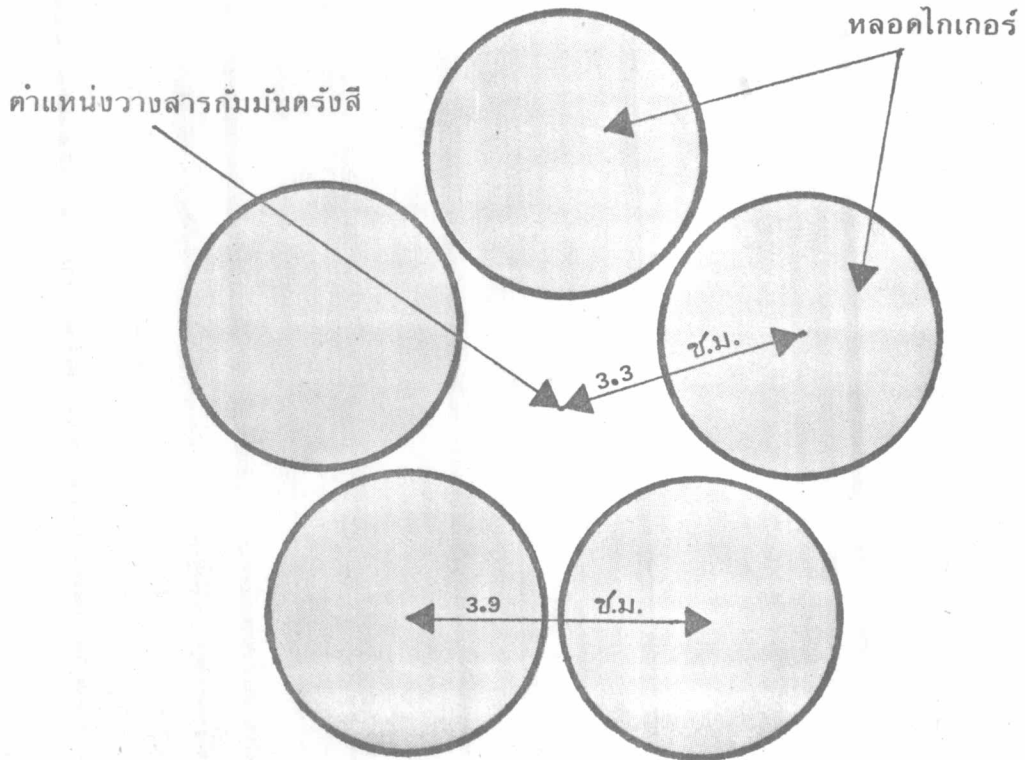
#### อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- ก. หลอดวัดรังสีไกเกอร์จำนวน ๕ หลอดเป็นแบบ G-26 ผลิตโดยบริษัท 20<sup>th</sup> Century Electronics
- ข. คอมแพเรเตอร์ที่ประกอบขึ้นใช้เอง

- ค. เครื่องนับสัญญาณพัลส์ของ The Abacus GM Scaler แบบ 123 ผลิตโดยบริษัท Baird-Atomic
- ง. เครื่องจ่ายไฟแรงสูงแบบ E-2 ผลิตโดยบริษัท Farnell Instruments หมายเลขเครื่อง 196
- จ. สารกัมมันตรังสีมาตรฐาน Co-60 แบบ Sk-1 Source Kit ผลิตโดย New England Nuclear ความแรง ๑ ไมโครคูรี เมื่อเดือนธันวาคม ปี พ.ศ. ๒๕๑๗

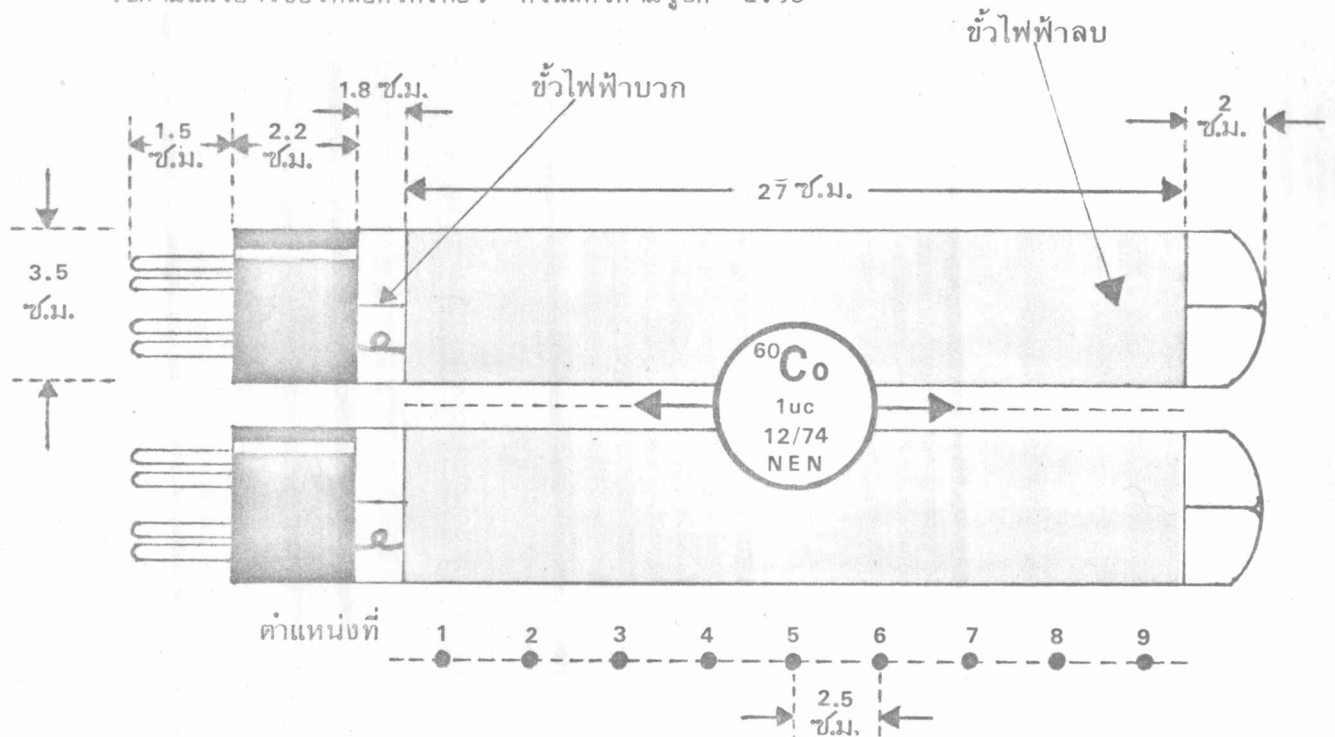
วิธีดำเนินการทดลอง

นำอุปกรณ์ทั้ง ๔ ภาคมาต่อกันเป็นวงจรถังรูปที่ ๔.๑ หลอดไกเกอร์ทั้ง ๕ จัดวางในแผงไม้ทำเป็นรูปดังนี้



รูปที่ ๔.๑ ภาพตัดขวางขนาดเท่าของจริง แสดงลักษณะการวางหลอดไกเกอร์ทั้ง ๕ หลอด

สารกัมมันตรังสีที่ใช้ในการทดลองนี้ ใช้โคบอลต์ -60 ลักษณะการเลื่อนสารกัมมันตรังสี ไปตามแนวยาวของหลอดไอเกอร์ ดังแสดงตามรูปที่ ๔.๑๐



รูปที่ ๔.๑๐ แสดงลักษณะการเลื่อนสารกัมมันตรังสี (Co - 60)

ในการทดลองนี้ได้บันทึกผลของจำนวนนับต่อหน้าที่ตำแหน่งต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ ๔.๑๐ โดยสุ่มเอาจากการทดลองวัด ๓ ครั้ง ความต่างศักย์ใช้งานของหลอดไอเกอร์ทั้ง ๔ ตั้งไว้ที่ ๑๑๕๐ โวลต์ Reference Voltage ของคอมแพเรเตอร์ตั้งไว้ที่ ๒ โวลต์

ตัวเลขและกราฟที่ได้จากการทดลองต่อไปนี้ เป็นผลจากการวัดหลอดไอเกอร์ตั้งแต่ ๑ หลอด จนถึง ๔ หลอดต่อขนาน

## ผลการทดลอง

ตารางที่ ๔.๔.๑ แสดงจำนวนนับต่อนาทีของสารกัมมันตรังสีโคบอลต์ -60 โดยหลอดไกเกอร์

หมายเลข ๑

ภูมิภาค (BKG)	ตำแหน่ง ที่ -1	ตำแหน่ง ที่ -2	ตำแหน่ง ที่ -3	ตำแหน่ง ที่ -4	ตำแหน่ง ที่ -5	ตำแหน่ง ที่ -6	ตำแหน่ง ที่ -7	ตำแหน่ง ที่ -8	ตำแหน่ง ที่ -9	
196	4607	5321	5645	5871	5865	5660	5462	5396	4034	
201	4631	5422	5622	5714	5882	5674	5623	5388	4019	
200	4698	5449	5611	5779	5828	5694	5412	5256	3973	
$\bar{X}$	199	4645.3	5397.3	5626	5788	5858.3	5676	5499	5346.7	4008.7
$\tau_{n-1}$	2.646	47.2	67.5	17.3	78.9	27.6	17.1	110.3	78.6	31.8
$\bar{X} - \text{BKG}$	4446.3	5198.3	5427	5589	5659.3	5477	5300	5147.7	3809.7	

ตารางที่ ๔.๔.๒ แสดงจำนวนนับต่อหน้าที่ของสารกัมมันตรังสีโคบอลต์ -60 โดยหลอดไทเกอร์

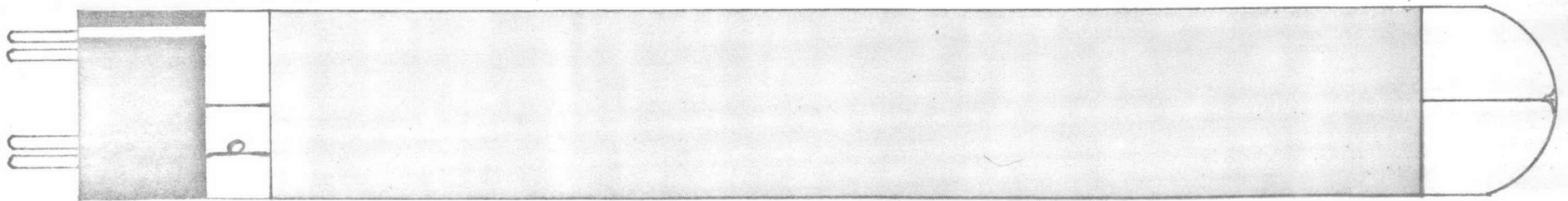
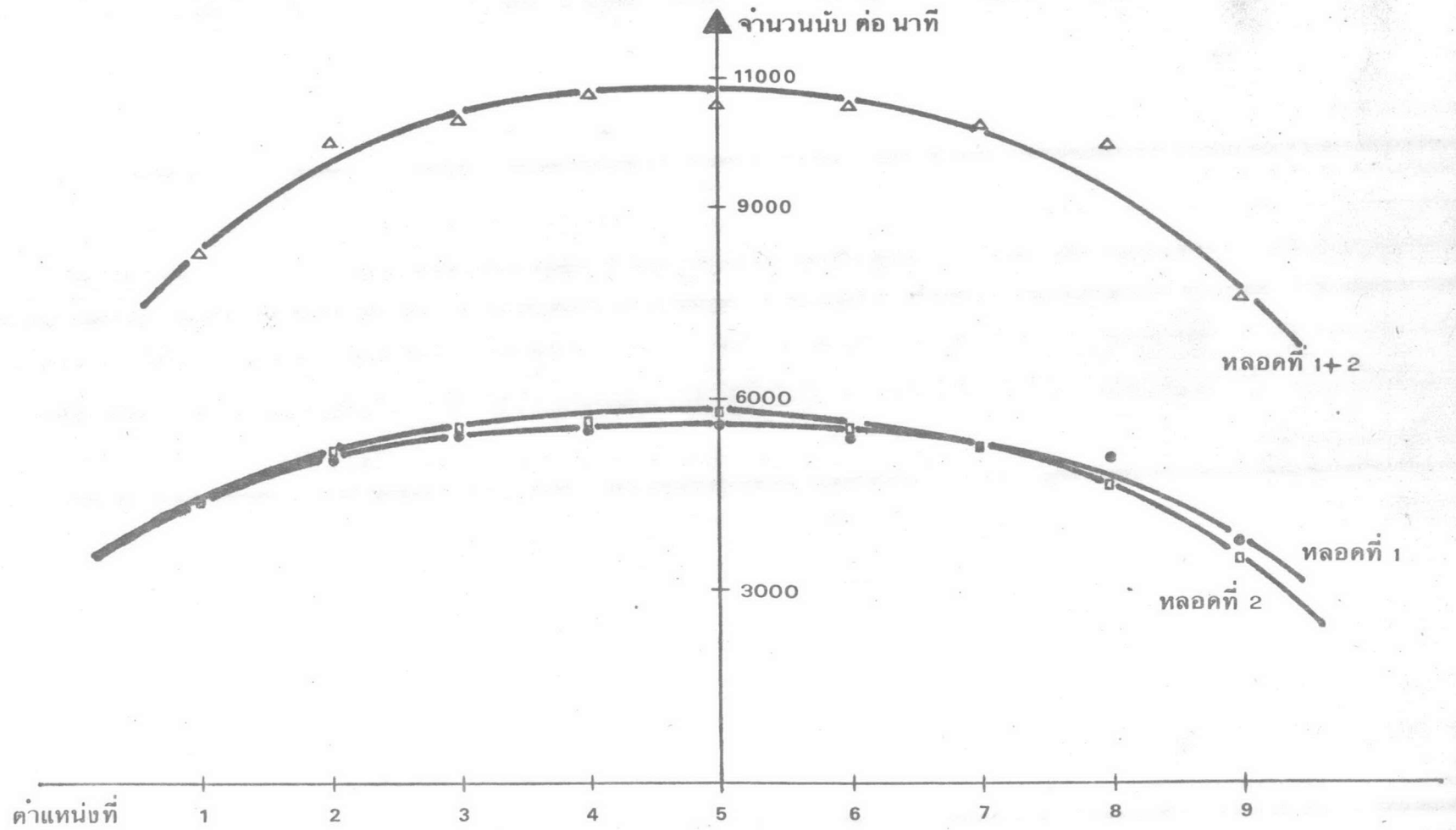
หมายเลข ๒

ภูมิภาค (BKG)	ตำแหน่ง ที่ -1	ตำแหน่ง ที่ -2	ตำแหน่ง ที่ -3	ตำแหน่ง ที่ -4	ตำแหน่ง ที่ -5	ตำแหน่ง ที่ -6	ตำแหน่ง ที่ -7	ตำแหน่ง ที่ -8	ตำแหน่ง ที่ -9	
205	4733	5462	5735	5776	5948	5714	5601	4985	3753	
204	4746	5438	5735	5951	6010	5797	5443	4897	3772	
213	4577	5487	5670	5959	5926	5773	5528	4875	3831	
$\bar{X}$	207.3	4685.3	5462.3	5713.3	5895.3	5961.3	5761.3	5524	4919	3785.3
$\tau_{n-1}$	4.9	94.04	24.5	37.5	103.4	43.6	42.7	79.1	58.2	40.7
$\bar{X}-BKG$	4478	5255	5506	5688	5754	5554	5316.7	4711.7	3578	

ตารางที่ ๔.๔.๓ แสดงจำนวนนับต่อหน้าที่ของสารกัมมันตรังสีโคบอลต์ -60 โดยหลอดไทเกอร์

หมายเลข ๒ และ หมายเลข ๓ ต่อขนาน

ภูมิภาค (BKG)	ตำแหน่ง ที่ -1	ตำแหน่ง ที่ -2	ตำแหน่ง ที่ -3	ตำแหน่ง ที่ -4	ตำแหน่ง ที่ -5	ตำแหน่ง ที่ -6	ตำแหน่ง ที่ -7	ตำแหน่ง ที่ -8	ตำแหน่ง ที่ -9	
394	8794	10423	10835	11218	11224	11154	10927	10312	8082	
397	8718	10443	10742	11202	11221	11023	10538	10068	8005	
401	8694	10523	10844	11299	11114	11081	10811	10184	8015	
$\bar{X}$	397.3	8735.3	10463	10807	11239.7	11186.3	11086	10758.7	10188	8034
$\tau_{n-1}$	3.5	52.2	52.9	56.5	52	62.7	65.6	199.7	122.04	41.9
$\bar{X}-BKG$	8338	10065.7	10409.7	10842.3	10789	10688.7	10361.3	10065.9	7636.7	



รูปที่ ๔.๑๑ เปรียบเทียบบริเวณกัมมันต์ของหลอดไกอเกอร์ ๑ หลอดกับ ๒ หลอดต่อขนาน

ตารางที่ ๔.๔.๔ แสดงจำนวนนับต่อหน้าที่ของสารกัมมันตรังสีโคบอลต์ -60 โดยหลอดไกเกอร์

๑ หลอด

ภูมิภาค (BKG)	ตำแหน่งที่ -1	ตำแหน่งที่ -2	ตำแหน่งที่ -3	ตำแหน่งที่ -4	ตำแหน่งที่ -5	ตำแหน่งที่ -6	ตำแหน่งที่ -7	ตำแหน่งที่ -8	ตำแหน่งที่ -9	
196	4607	5321	5645	5871	5865	5660	5462	5396	4034	
201	4631	5422	5622	5714	5882	5674	5623	5388	4019	
200	4698	5449	5611	5779	5828	5694	5412	5256	3973	
$\bar{X}$	199	4645.3	5397.3	5626	5788	5858.3	5676	5499	5346.7	4008.7
tn-1	2.6	47.2	67.5	17.3	78.9	27.6	17.1	110.3	78.6	31.8
$\bar{X}$ -BKG	4446.3	5198.3	5427	5589	5659.3	5477	5300	5147.7	3809.7	

ตารางที่ ๔.๔.๕ แสดงจำนวนนับต่อหน้าที่ของสารกัมมันตรังสีโคบอลต์ -60 โดยหลอดไกเกอร์

๒ หลอดต่อขนาน

ภูมิภาค (BKG)	ตำแหน่งที่ -1	ตำแหน่งที่ -2	ตำแหน่งที่ -3	ตำแหน่งที่ -4	ตำแหน่งที่ -5	ตำแหน่งที่ -6	ตำแหน่งที่ -7	ตำแหน่งที่ -8	ตำแหน่งที่ -9	
394	8794	10423	10835	11218	11224	11154	10927	10312	8082	
397	8718	10443	10742	11202	11221	11023	10538	10068	8005	
401	8694	10523	10844	11299	11114	11081	10811	10184	8015	
$\bar{X}$	397.3	8735.3	10463	10807	11239.7	11186.3	11086	10758.7	10188	8034
tn-1	3.5	52.2	52.9	56.5	52	62.7	65.7	199.7	122.04	41.9
$\bar{X}$ -BKG	8338	10065.7	10409.7	10842.3	10789	10688.7	10361.3	10065.9	7636.7	



ตารางที่ ๔.๔.๖ แสดงจำนวนนับต่อนาทีของสารกัมมันตรังสีโคบอลต์ -60 โดยหลอดไกเกอร์

๓ หลอดต่อชานาน

ภูมิภาค (BKG)	ตำแหน่ง ที่ -1	ตำแหน่ง ที่ -2	ตำแหน่ง ที่ -3	ตำแหน่ง ที่ -4	ตำแหน่ง ที่ -5	ตำแหน่ง ที่ -6	ตำแหน่ง ที่ -7	ตำแหน่ง ที่ -8	ตำแหน่ง ที่ -9	
504	12766	15281	15908	16152	16022	15915	15656	14459	10589	
564	12973	15115	15800	16345	15959	16142	15782	14512	10596	
496	12826	15257	15766	16131	16132	16142	15649	14588	10572	
$\bar{X}$	521.3	12855	15217.7	15824.7	16209.3	16037.7	16066.3	15695.7	14519.7	10585.7
$t_{n-1}$	37.2	106.5	89.7	74.1	117.9	87.5	131.1	74.8	64.8	12.3
$\bar{X}-BKG$	12333.7	14696.3	15303.3	15688	15516.3	15545	15174.3	13998.3	10064.3	

ตารางที่ ๔.๔.๗ แสดงจำนวนนับต่อนาทีของสารกัมมันตรังสีโคบอลต์ -60 โดยหลอดไกเกอร์

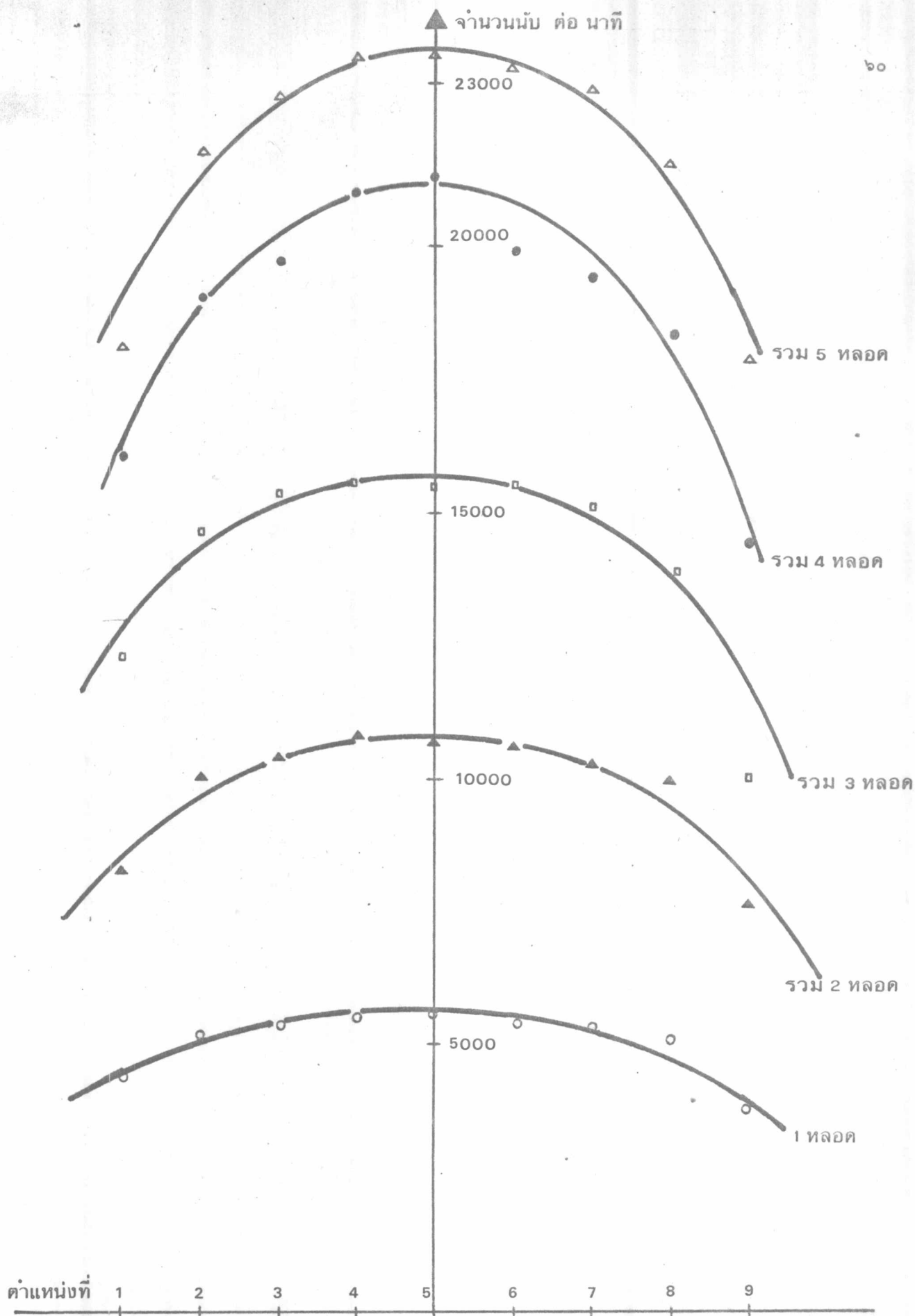
๔ หลอดต่อชานาน

ภูมิภาค (BKG)	ตำแหน่ง ที่ -1	ตำแหน่ง ที่ -2	ตำแหน่ง ที่ -3	ตำแหน่ง ที่ -4	ตำแหน่ง ที่ -5	ตำแหน่ง ที่ -6	ตำแหน่ง ที่ -7	ตำแหน่ง ที่ -8	ตำแหน่ง ที่ -9	
707	16846	19673	20635	20864	21108	20776	20113	19044	15099	
706	16817	19819	20244	20852	20794	20544	20185	19073	15186	
738	16775	19819	20472	20734	21155	20590	20198	19074	15197	
$\bar{X}$	717	16812.7	19770.3	20450.3	20816.7	21019	20636.7	20165.3	19063.7	15160.7
$t_{n-1}$	18.2	35.7	84.3	196.4	71.8	196.3	122.8	45.8	17.04	53.7
$\bar{X}-BKG$	16095.7	19053.3	19733.3	20099.7	20302	19919.7	19448.3	18346.7	14443.7	

ตารางที่ ๔.๔.๘ แสดงจำนวนนับต่อหน้าที่ของสารกัมมันตรังสีโคบอลต์ -60 โดยหลอดไกเกอร์

๕ หลอดต่อขนาน

ภูมิภาค (BKG)	ตำแหน่ง ที่ -1	ตำแหน่ง ที่ -2	ตำแหน่ง ที่ -3	ตำแหน่ง ที่ -4	ตำแหน่ง ที่ -5	ตำแหน่ง ที่ -6	ตำแหน่ง ที่ -7	ตำแหน่ง ที่ -8	ตำแหน่ง ที่ -9	
875	18992	22958	23804	24531	24381	24466	23806	22650	18910	
826	19022	22674	23518	24109	24372	24071	23874	22439	18886	
896	18971	22533	23705	24520	24382	24034	23787	22271	18741	
$\bar{X}$	865.7	18995	22721.7	23675.7	24386.7	24378.3	24190.3	23822.3	22453.3	18845.7
$\tau_{n-1}$	35.9	25.6	216.2	145.2	240.5	5.5	239.5	45.7	189.9	91.4
$\bar{X}$ -BKG	18129.3	21856	22810	23521	23512.7	23324.7	22956.7	21587.7	17980	



รูปที่ ๔.๑๒ เปรียบเทียบบริเวณกัมมันต์ของหลอดไกเกอร์ตั้งแต่ ๑ หลอดจนถึง ๕ หลอดต่อขนาน

#### ๔.๕ การศึกษาเวลาแยก (Resolving Time - $\tau$ ) ของระบบหัววัดรังสีชนิดหลายหลอด

เมื่อเกิดสัญญาณพัลส์ขึ้นที่ขณะหนึ่ง จะมีช่วงเวลาล้น ๆ หลังจากนั้นที่ระบบวัดรังสี ไม่อาจที่จะตอบสนองต่ออนุภาครังสีใด ๆ ที่เข้ามาในช่วงเวลานี้ได้ เราเรียกช่วงเวลานี้ว่า เวลาแยกของระบบวัดรังสี ในการนำหัววัดไกเกอร์หลายหลอดมาต่อขนานกันเพิ่มขึ้น ๆ เวลาแยกของระบบวัดรังสีทั้งระบบมีลักษณะเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างไร เป็นจุดประสงค์ของการทดลองนี้

##### อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- ก. หลอดวัดรังสีไกเกอร์จำนวน ๕ หลอดเป็นแบบ G-26 ผลิตโดยบริษัท 20<sup>th</sup> Century Electronics
- ข. คอมแพเรเตอร์ที่ประกอบขึ้นใช้เอง
- ค. เครื่องนับสัญญาณพัลส์ของ The Abacus GM Scaler แบบ 123 ผลิตโดยบริษัท Baird - Atomic
- ง. เครื่องจ่ายไฟแรงสูงแบบ E-2 ผลิตโดยบริษัท Farnell Instruments หมายเลขเครื่อง 196
- จ. สารกัมมันตรังสีมาตรฐาน Na-22 และ Co-60 แบบ Sk-1 Source Kit ผลิตโดย New England Nuclear ความแรง ๑ ไมโครคูรี เมื่อเดือนธันวาคม ปี พ.ศ. ๒๕๑๗

##### วิธีดำเนินการทดลอง

ในการทดลองนี้ได้ใช้วิธี Two-source Method เป็นวิธีหาเวลาแยก โดยความสัมพันธ์

$$\tau = \frac{\frac{m_1}{2} + \frac{m_2}{2} - m_{12} - m_b}{\frac{m_{12}}{2} + m_b - \frac{m_1}{2} - \frac{m_2}{2}} \quad (\text{ดูภาคผนวก})$$

เมื่อ  $\tau$  คือ เวลาแยก

$m_1$  คือ อัตรานับของสารรังสีชนิดที่ ๑ + ภูมิหลัง

$m_2$  คือ อัตรานับของสารรังสีชนิดที่ ๒ + ภูมิหลัง

$m_{12}$  คือ อัตรานับของสารรังสีชนิดที่ ๑ + ๒ + ภูมิหลัง

$m_b$  คือ อัตรานับของภูมิหลัง

สำหรับสารกัมมันตรังสีทั้ง ๒ ชนิดที่กล่าวถึงในการทดลองนี้ได้ใช้สารโซเดียม -22 และ โคบอลต์ -60 ได้ทดลองหาเวลาแยกของระบบวัดรังสีตั้งแต่เมื่อใช้หัววัดไกเกอร์ ๑ หลอด จนถึงเมื่อใช้หัววัดไกเกอร์ ๔ หลอด โดยได้จัดวางหัววัดไกเกอร์ในแผงไม้ ดังเช่นในรูปที่ ๔.๔ ความต่างศักย์ใช้งานของหัววัดทั้ง ๔ ตั้งไว้ที่ ๑๑๕๐ โวลต์ Reference Voltage ของคอมแพแรเตอร์ตั้งไว้ที่ ๒ โวลต์

จำนวนนับต่อนาทีใช้สุ่มเอาจากการวัด ๕ ครั้ง ได้ผลเป็นตัวเลขและกราฟดังต่อไปนี้

## ผลการทดลอง

ตารางที่ ๔.๕.๑ แสดงข้อมูลสำหรับใช้หาเวลาแยกของหลอดไกเกอร์ ๑ หลอด

จำนวนนับ ต่อนาที SOURCE	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	$\bar{X}$	$\tau_{n-1}$
BKG ( $m_b$ )	186	199	178	188	198	189.8	8.786
Na <sup>22</sup> ( $m_1$ )	2574	2508	2591	2634	2547	2570.8	47.230
Co <sup>60</sup> ( $m_2$ )	5502	5505	5444	5688	5477	5523.2	95.324
Na <sup>22</sup> + Co <sup>60</sup> ( $m_{12}$ )	7751	7686	7638	7686	7744	7701	46.818

$$\tau_1 = 0.914 \times 10^{-5} \text{ นาที}$$

ตารางที่ ๔.๕.๒ แสดงข้อมูลสำหรับใช้หาเวลาแยกของหลอดไกเกอร์ ๒ หลอดต่อขนาน

จำนวนนับ ต่อนาที SOURCE	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	$\bar{X}$	$\tau_{n-1}$
BKG ( $m_b$ )	386	383	390	371	395	385	9.027
Na <sup>22</sup> ( $m_1$ )	5108	5078	5188	5158	5218	5150	57.184
Co <sup>60</sup> ( $m_2$ )	10966	10933	10703	11055	10969	10925.2	132.159
Na <sup>22</sup> + Co <sup>60</sup> ( $m_{12}$ )	14686	14742	14816	14807	14890	14788.2	77.571

$$\tau_2 = 1.236 \times 10^{-5} \text{ นาที}$$

ตารางที่ ๔.๕.๓ แสดงข้อมูลสำหรับใช้หาเวลาแยกของหลอดโคเกอร์ ๓ หลอดต่อเนื่องกัน

จำนวนนับ พลาสมา SOURCE	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	$\bar{X}$	$\tau_{n-1}$
BKG ( $m_b$ )	582	561	572	574	562	570.2	8.786
Na <sup>22</sup> ( $m_1$ )	7401	7424	7350	7434	7504	7422.6	55.891
Co <sup>60</sup> ( $m_2$ )	15524	15417	15611	15654	15682	15577.6	107.840
Na <sup>22</sup> +Co <sup>60</sup> ( $m_{12}$ )	20244	19938	19925	20339	20205	20130.2	187.877

$$\tau_3 = 2.134 \times 10^{-5} \text{ นาที}$$



ตารางที่ ๔.๔.๔ แสดงข้อมูลสำหรับใช้หาเวลาแยกของหลอดไกเกอร์ ๔ หลอดต่อเนื่องกัน

จำนวนนับ ต่อนาที	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	$\bar{X}$	$\tau_{n-1}$
SOURCE							
BKG ( $m_b$ )	740	783	756	758	727	752.8	21.088
Na <sup>22</sup> ( $m_1$ )	9733	9794	9839	9745	10029	9828	119.991
Co <sup>60</sup> ( $m_2$ )	19553	19522	19744	19705	19761	19657	111.501
Na <sup>22</sup> +Co <sup>60</sup> ( $m_{12}$ )	24761	24558	24453	24676	24604	24610.4	116.775

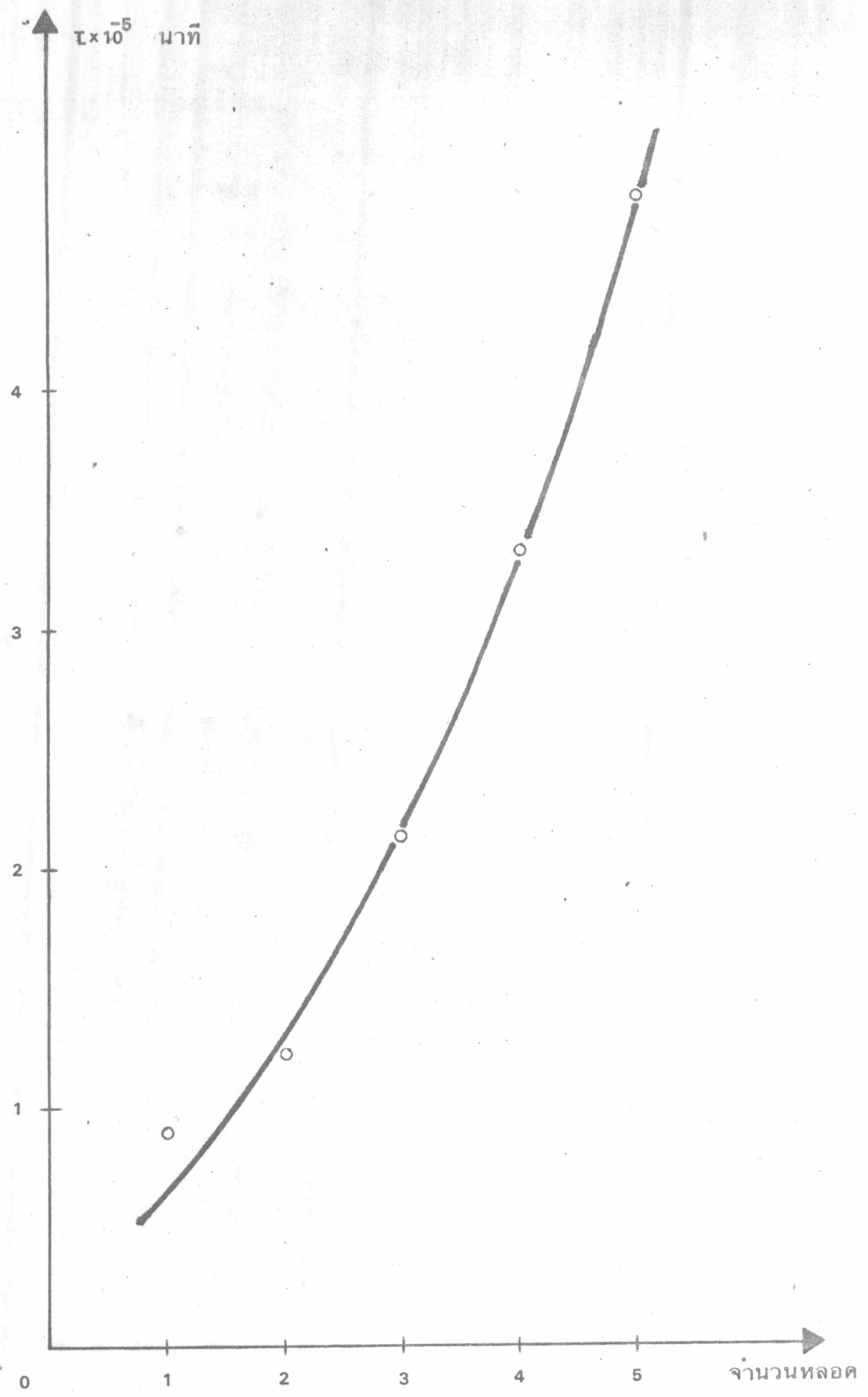
$$\tau_4 = 3.344 \times 10^{-5} \text{ นาที}$$



ตารางที่ ๔.๕.๕ แสดงข้อมูลสำหรับใช้เวลาแยกของหลอดไอเกอร์ ๕ หลอดต่อเนื่องกัน

จำนวนนับ ต่อนาที	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	$\bar{X}$	$\tau_{n-1}$
SOURCE BKG ( $m_b$ )	884	894	817	836	860	858.2	32.174
$Na^{22}$ ( $m_1$ )	11671	11893	11825	11826	11623	11767.6	114.751
$Co^{60}$ ( $m_2$ )	22477	22556	22497	22658	22468	22531.2	78.734
$Na^{22} + Co^{60}$ ( $m_{12}$ )	27462	27379	27673	27775	28039	27665.6	262.223

$$\tau_5 = 4.818 \times 10^{-5} \text{ นาที}$$



รูปที่ ๔.๑๓ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนหลอดโคเกอร์ที่เพิ่มขึ้นกับเวลาแยก