



การดำเนินการและผลการทดลอง

การทดลองครั้งแรก ใช้อุปกรณ์แบบชั่วคราว ในการจัดตั้งหัววัด และต้นกำเนิดรังสี และใช้แผ่นโลหะที่มีความหนา 1/32 และ 1/8 นิ้ว รองที่ก้นเพื่อปรับระดับของภาชนะ ให้ขึ้นลงผ่านลำรังสี ซึ่งใช้แทนอุปกรณ์ปรับระดับ (แจค) ที่อยู่ในระหว่างการจัดซื้อ ดังนั้นการทดลองจึงใช้หน่วย "อังกฤษ" ภายหลังได้เปลี่ยนมาใช้หน่วย "เมตริก" แทน เพราะให้ความสะดวกในการคำนวณและมีขีดแบ่ง (สเกล) ไว่ละเอียดกว่าในไม้บรรทัดทั่วไป

4.1 เครื่องมือทดลอง

4.1.1 หัววัดและอุปกรณ์ ในการทดลองได้ใช้หัววัด 2 แบบ คือ หัววัดไกเกอร์ และหัววัดชนิดเรืองแสง แต่ส่วนใหญ่จะใช้หัววัดไกเกอร์ ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้คือ

- G-M Tube : Nuclear-Chicago window 2.8 cm. (1.1 inch)
- High Voltage Supply : (OAEP) 800-2500 V.
- Power Supply : model 1410 (OAEP) \pm 12 V, \pm 24 V, 110 V
- Amplifier : CANBERRA PAD 814
- Scaler : CANBERRA model 1771
- Timer : ORTEC model 773

สำหรับหัววัดชนิดเรืองแสง ใช้ NaI (Tl) ขนาด 1" x 1" และเพิ่มเติมอุปกรณ์ Multichannel Pulse Height Analyzer: TRACOR NORTHERN model TN-1706 & TN-1314

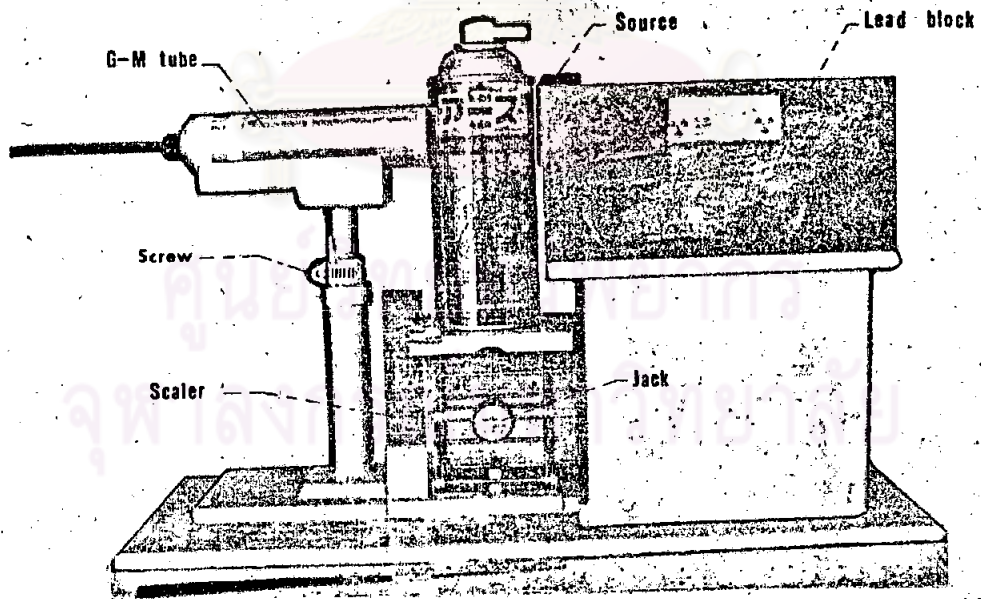
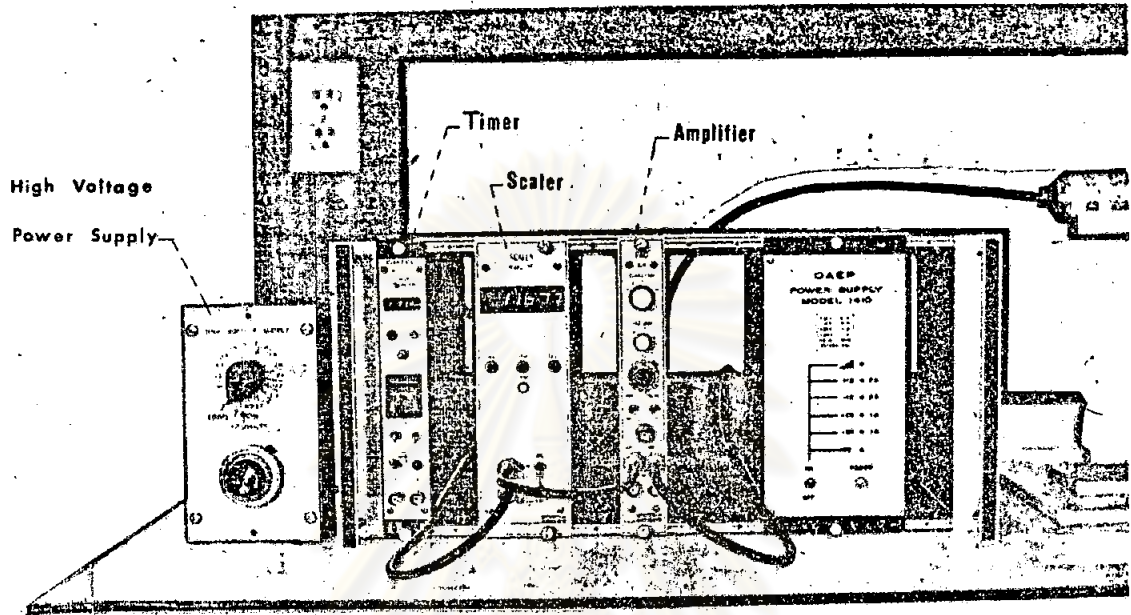
4.1.2 ต้นกำเนิดรังสี สารกัมมันตรังสีที่ใช้ในการทดลองนี้ มี 5 ชนิด และมีคุณสมบัติต่าง ๆ กัน ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงคุณสมบัติของสารกัมมันตรังสีที่ใช้ในการทดลอง (17)

ต้นกำเนิดรังสี	ความแรง (ไมโครคูรี)	ครึ่งชีวิต (ปี)	ชนิด รังสี	พลังงาน (MeV)
ทาลเลียม-204 (Tl-204)	0.544	3.8	เบตา	0.766
ซีเซียม-137 (Cs-137)	0.926 280* 10,000**	30	เบตา แกมมา	0.514 0.662(85%)
โคบอลต์-60 (Co-60)	0.644	5.3	เบตา แกมมา	0.314(99%) 1.17, 1.33
โซเดียม-22 (Na-22)	0.411	2.6	เบตา แกมมา	0.545 0.51(180%), 1.275
บิสมัท-207 (Bi-207)	0.926	30.2	แกมมา	0.57(98%) 1.063(77%)

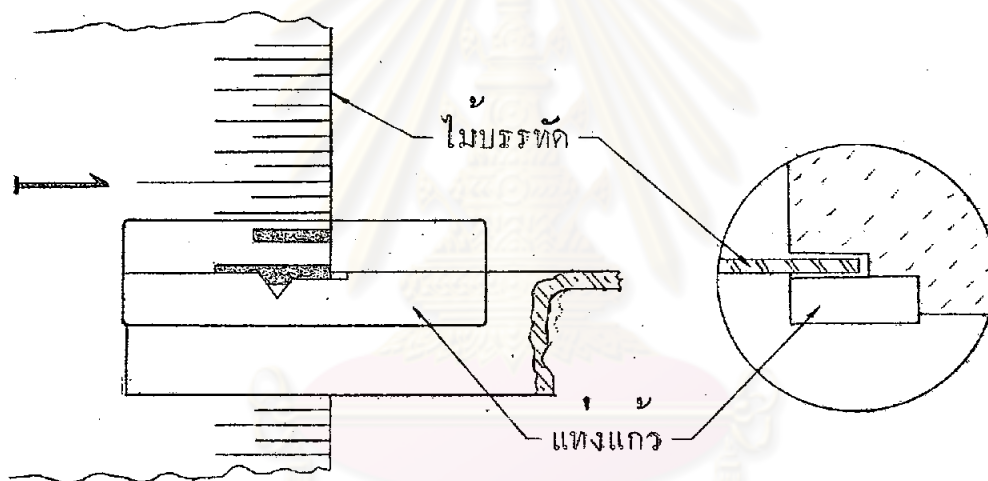
* สารกัมมันตรังสี มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (ϕ) 1.1 ซม. บรรจุในหลอดมีเนียมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.6 ซม. หนา 0.6 ซม.

** Cs-137 บรรจุในหลอดคอดูมีเนียม $\phi = 0.4$ ซม. ยาว 0.8 ซม. ใส่ในท่อเหล็ก $\phi = 1.5$ ซม. ลึกลงจากปลาย 10.6 ซม. และป้องกันรังสีด้วยตะกั่วหนา 3.5 ซม.



รูปที่ 4.1 แสดงอุปกรณ์การวัดรังสีที่ใช้ในการทดลอง

4.1.3 ฐานสำหรับวางอุปกรณ์และภาชนะ ในรูปที่ 4.1 ซึ่งแทนวางคนกำเนิครึ่งสี่ทำควยไม้ สามารถรับน้ำหนักได้มากกว่า 40 กิโลกรัม ฐานวางหัววัดปรับสูงต่ำได้ควยสกรูของสายรัดและมีเคื่อยสำหรับตั้งให้หัววัดวางในแนวขนานกับขอบของฐานแฉกกลาง สำหรับแทนวางภาชนะปรับขึ้นลงควยแจค (Jack) และรับน้ำหนักได้ถึง 4536 กรัม (10 ปอนด์) แจควางบนแผ่นอลูมิเนียมซึ่งคักเป็นรูปตัวซี ครอบแผ่นไม้ที่เป็นฐานของที่วางหัววัด และเลื่อนไปมาใต้แผ่นอลูมิเนียมนี้คักงอขึ้นเพื่อติดไม้บรรทัดทำเป็นสเกลสำหรับวัดระดับ เข็มชี้ทำควยแผ่นอลูมิเนียมเจาะเป็นช่อง และติดแหงแกวคานหน้าคานหน้าที่เป็นเลนซ์ขยาย เพื่อให้สามารถอ่านสเกลได้ในระยะไกล คักแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงเข็มชี้ของเครื่องมือปรับระดับคานหน้าและคานบน

4.1.4 ภาชนะที่ไซทคลอง ปีกเกอร์ขนาด 250 และ 400 มิลลิลิตร ($\phi = 6.5, 7.9$ ซม.) กระจ่องโลหะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.6, 9.9, 9.3, 8.3 และ 6.6 ซม. และหนา 0.3 มม. รวมถึงผลิตภัณฑ์ที่ไซทคลอง พวกสีและยาฆ่าแมลง ซึ่งบรรจุในกระจ่องเป็นจำนวนของปริมาตร

4.1.5 ตะกั่วสำหรับทำใส่ลำรังสีแคบ และป้องกันรังสี ไซแบนตะกั่วหนา $1/8$ นิ้ว ตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาด $1" \times 2"$ ตะไบขอบคานหนึ่งให้เรียบ และตั้งฉากกับผิวหน้า และแทงตะกั่วขนาด $2" \times 4" \times 8"$ ผิวเรียบจำนวน 5 กอน

4.2 การหาตำแหน่งการวางตนกำเน็กรังสีและหัววัด

เพื่อหาตำแหน่งที่จะให้ความแตกต่างของปริมาณรังสีมากที่สุด ระหว่างรังสีผ่านอากาศกับแผ่นน้ำในภาชนะ โค้ทำการศึกษาทดลองโดยวางในแนวของจุดศูนย์กลางของหัววัด และตนกำเน็กรังสีอยู่ในระดับเดียวกัน และทำมุมต่างกัน คือ

- แบบ (1) ทำมุม 0° วางทั้งสองติดกันโดยมีแผ่นตะกั่วกั้นกลาง (วัดรังสีสะท้อนกลับ)
- แบบ (2) ทำมุม 90° วางติดกับผิวภาชนะ (วัดรังสีกระเจิง)
- แบบ (3) ทำมุม 180° วางคนละคานของภาชนะ (วัดรังสีที่ทะลุผ่าน)

ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 4.2 ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของปริมาณรังสี จากการทดลองวัด 3 หรือ 4 ครั้ง และใช้เวลาวัดครั้งละ 2 นาที

การทดลองนี้พอสรุปได้ว่า การวางตนกำเน็กรังสีกับหัววัดในแบบ (1) จะดีสำหรับรังสีเบตาที่มีพลังงานสูง ๆ คือ สูงพอที่จะสะท้อนกลับเข้าหัววัดได้ เช่น 0.766 MeV ของทลเลียม-204 ส่วนพลังงานรังสีเบตาของซีเซียม-137 และโคบอลต์-60 นั้นต่ำไป เพราะพลังงานของรังสีเบตา 0.5 MeV จะไม่สามารถทะลุผ่านแก้วหนา 0.8 มม. ได้ ที่วัดได้ใน การทดลองคือ รังสีแกมมาที่สะท้อนกลับ แต่ให้เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของควารังสีเบตา ข้อมูลนี้อาจผิดพลาดเพราะไซแบนตะกั่วหนาเพียง $1/8"$ กั้นระหว่างหัววัดกับตนกำเน็กรังสี ทำให้รังสีแกมมาผ่านเข้าหัววัดโดยตรงบางส่วน กล่าวคือ แบคกราวด์ของระบบนี้จะสูงกว่าปกติ และไม่สามารถแก้ปัญหานี้ได้ เพราะกระป๋องที่จะวัดมีขนาดเล็ก แบบที่ดีที่สุดคือใช้รังสีแกมมากับการวัดหัววัดแบบ (3) ซึ่งให้ค่าความแตกต่างและเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างสูงสุด และพิจารณาจากสูตร

ในสมการที่ 2.2 จะเห็นว่า ถ้าภาชนะยิ่งกว้างหรือของเหลวที่มีความหนาแน่นยิ่งสูงยิ่งทำให้ความแตกต่างมีค่าสูงขึ้น จึงเหมาะสมที่จะใช้ เป็นแบบในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 4.2 แสดงความแตกต่างของปริมาณรังสี เมื่อวางทกนกำเนิกรังสี กับหัววัด
ในลักษณะต่างกัน วัดในเวลา 2 นาที

เมื่อ I_1 คือ ปริมาณรังสีสุทธิที่วัดได้ เมื่อมีภาชนะกั้นอย่างเคียว
 I_2 คือ ปริมาณรังสีสุทธิที่วัดได้ เมื่อภาชนะมีน้ำบรรจุ

ทกนกำเนิกรังสี	แบบ	I_1 (count)	I_2 (count)	$ I_1 - I_2 / I_2$ %	หมายเหตุ
Tl-204	(1)	67.7	96.0	29.5	ภาชนะแก้ว $\phi = 7.9$ ซม. bg. = 30 c.
	(2)	66.0	80.4	17.9	
	(3)	77.5	70.0	10.6	
Cs-137	(1)	274.6	291.6	5.8	* ภาชนะโลหะ $\phi = 9.3$ ซม.
	(2)	152.7	129.0	18.3	
	(3)	102.6	74.3	38.1	
	(2)*	116.7	92.0	26.8	
	(3)*	76.0	42.7	78.1	
Co-60	(1)	682.0	706.0	3.4	
	(2)	388.7	328.7	18.3	
	(3)	282.0	201.3	34.1	



4.3 การหาชนิดของสารกัมมันตรังสี

โดยใช้เกณฑ์กำเนิดรังสีที่มีพลังงานของรังสีแกมมาต่างกัน 4 ชนิด ทดลองกับภาชนะแก้วและโลหะ โดยจัดหัววัดแบบ (3) แต่ละชนิดทดลอง 3 หรือ 4 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย โดยผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.3

การทดลองนี้ไม่สามารถบอกได้อย่างแจ่มแจ้งว่า พลังงานรังสีแกมมาที่ค่า ๆ จะถูกดูดกลืนไคร่มากกว่า ในความหนาของสารที่กั้นชนิดเดียวกัน (ตามทฤษฎี) ทั้งนี้เพราะสารกัมมันตรังสีที่โชททดลองมีความแรงไม่เท่ากัน และการแตกตัวแต่ละครั้งก็ให้จำนวนโฟตอนไม่เท่ากัน ในที่นี้โซเดียม-22, โคบอลต์-60 และบิสมัท-207 จะให้จำนวนโฟตอนมากกว่าซีเซียม-137 เป็น 1.46, 1.64 และ 2.16 เท่า ตามลำดับ (คำนวณจากความแรง \times ผลรวมของโฟตอนที่ใต้ต่อการสลายตัว 1 ครั้ง) ภัยเหตุนี้จึงทำให้ซีเซียม-137 วัดปริมาณรังสีโคค่าที่สุด

ถ้าพิจารณาสารกัมมันตรังสีแต่ละตัวจะพบว่า โซเดียม-22 จะให้ผลดีในกรณีที่มีพลังงานของรังสีแกมมาค่าในจำนวนมาก (ได้ 18 ตัว ต่อการสลายตัว 10 ครั้ง) แต่มีครึ่งชีวิตสั้น และมีพลังงานของรังสีแกมมาสูงกว่าอีกควย โคบอลต์-60 มีครึ่งชีวิตสั้น และมีพลังงานของรังสีแกมมาสูง เหมาะสำหรับงานขนาดใหญ่ คือ ใช้ตรวจระดับในถังเหล็กหนา ๆ หรือมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่โคค่า (16) บิสมัท-207 มีครึ่งชีวิตยาว และมีพลังงานของรังสีแกมมาสูงกวน และมีราคาสูง เพราะผลิตได้จากขบวนการพิเศษควยเครื่องเร่งอนุภาคโปรตอน สำหรับซีเซียม-137 เป็นสารกัมมันตรังสีมาตรฐานใช้กันทั่วไป มีครึ่งชีวิตยาว และให้พลังงานของรังสีแกมมาที่ค่าพอสมควร เพียงค่าเดียว จึงตัดสินใจเลือกซีเซียม-137 ค่าเป็นการทดลอง

ตารางที่ 4.3 แสดงความแตกต่างของปริมาณรังสี เมื่อใช้รังสีแกมมาที่มีพลังงานต่างกัน วัดในเวลา 2 นาที

ชนิดกัมมันตรังสี	I_2 (count)	ความแตกต่าง		หมายเหตุ
		$D=I_1-I_2$ (count)	D/I_2 (%)	
Na-22	153.0	60.3	39.4	ภาชนะแก้ว $\phi = 6.5$ ซม. bg. = 30 c.
Co-60	288.6	95.7	33.1	
Cs-137	96.3	28.0	29.0	
Bi-207	281.7	112.0	39.8	
Na-22	79.3	36.5	46.0	ภาชนะโลหะ $\phi = 9.3$ ซม. * Co-60 2 อัน
	67.7	46.3	68.5	
Co-60	142.3	79.0	55.5	
	150.5	106.0	70.4	
	299.3*	160.8	53.7	
Cs-137	42.7	33.3	78.1	
	52.5	16.0	30.5	
Bi-207	137.8	147.0	106.7	
	147.4	134.5	91.3	

4.4 การหาความแรงของกัมมันตรังสี

โดยการเทียบค่าความแตกต่างของปริมาณรังสี ข้อมูลนี้ได้นำมาจากการทดลอง ใน 4.6 เป็นค่าเฉลี่ยของปริมาณรังสีที่วัดได้ต่ำสุด และสูงสุดของการทดลองแต่ละแบบ ซึ่งเป็นค่าของ I_2 และ I_1 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงความแตกต่างของปริมาณรังสี เมื่อใช้คนกำเนิกรังสีซีเซียม-137 ที่มีความ
 แรงแรง 280 และ 10,000 ไมโครคูรี และเปลี่ยนแปลงหน้าตาของหัววัดและ
 คนกำเนิกรังสีในลักษณะต่าง ๆ

หน้าตา		I ₂ (count)	ความแตกต่าง		หมายเหตุ
คนกำเนิกรังสี	หัววัด		D=I ₁ -I ₂ (count)	D/I ₂ (%)	
1. เปิดหมค	เปิดหมค	2467.0	1502.0	60.9	280 ไมโครคูรี
2. รุกลม $\phi=2$ มม.	เปิดหมค	775.0	519.0	67.0	
3. ของ \square ** 0.25x1.25 ซม.	เปิดหมค	1791.0	1149.0	64.2	ภาชนะโลหะ
		3511.0	2369.0	67.5	$\phi = 9.3$ ซม.
		8706.0	5677.0	65.2	
4. ของ \square	เปิดครึ่งล่าง	1497.8	1015.5	67.8	bg. = 20 cpm
5. ของ \square	เปิดช่องกลาง	1386.3	979.0	70.6	
		3633.0	2917.0	80.3	
		2904.5	2402.5	80.0	
6. เปิดหมค	เปิดหมค	12241.0	10450.0	85.4	10 มิลลิลิตร
		5225.8	5372.8	103.2	ภาชนะโลหะ
		12599.0	8970.5	71.2	
		8968.5	6371.5	71.2	$\phi = 8.3$ ซม.
7. เปิดช่องกลาง* 2 มม.	เปิดหมค	2525.0	2472.0	97.9	bg. = 18 cpm
		1548.7	1471.7	95.0	*ปิดควยตะกั่ว
		1754.3	1469.3	83.9	หนา 2"

** ซีเซียม-137

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

8. เปิดหมก	เปิดครึ่งล่าง *	12280.0	11086.0	90.3	* $\phi = 9.3$ ซม.	
		10230.0	9182.0	89.8		
		7807.5	6872.0	88.0		
		6486.0	5932.0	91.5		
9. เปิดหมก	เปิดของกลาง *	2741.8	2700.6	98.5		
		3 มม.	2140.3	2173.1		101.5
		1560.7	1558.0	99.8		
10. เปิดของกลาง *	เปิดของกลาง *	352.6	355.4	100.8		

ตามทฤษฎีค่า เปอร์ เซนต์ความแตกต่างของปริมาณรังสี จะไม่เปลี่ยนแปลงตามความแรงของต้นกำเนิดรังสี แต่ผลการทดลองบอกว่าจะดีขึ้นถ้าความแรงของต้นกำเนิดรังสีสูงขึ้น และดีขึ้นอีกถ้าบีบลำรังสีให้แคบลง แสดงว่าที่ดีขึ้นนั้นเนื่องจากทั้งสองกรณีนั้น สามารถทำให้เปอร์ เซนต์ของรังสีสะท้อนลดลง ที่น่าสนใจในการทดลองคือ ความแรงของต้นกำเนิดรังสีเพิ่มเป็น 280 และ 10,000 เทา จะทำให้ความแตกต่างของปริมาณรังสีดีขึ้นเพียง 10 และ 50 % ตามลำดับ และถ้าบีบลำรังสีให้แคบลงจะดีขึ้นอีกประมาณ 20 % แต่ปริมาณรังสีจะลดลงถึง 70-90 %

สิ่งที่น่าสนใจอีกอย่างหนึ่งในการทดลองที่ 8 และ 9 คือ ในการจัดแบบของหัววัด และต้นกำเนิดรังสีแบบหนึ่ง ๆ จะให้เปอร์ เซนต์ความแตกต่างของปริมาณรังสีคงที่ ไม่ว่าต้นกำเนิดรังสีจะมีความแรงสูงหรือต่ำ (ในที่นี้หมายถึง ความแรงสูงพอที่จะไปทำให้รังสีสะท้อนรบกวนใด) ฉะนั้น ในงานที่ไม่ต้องการความเร็วในการวัด เพื่อไปควบคุมอุปกรณ์ ก็ไม่จำเป็นต้องใช้ต้นกำเนิดรังสีที่แรงมากเกินไป

4.5 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณรังสีเมื่อน้ำในภาชนะอยู่ในระดับต่างกันด้วยหัววัดไกเกอร์

เพื่อหาตำแหน่งที่จะบอกไคววาระดับน้ำอยู่ที่ใด และควยวิธีใด ไค่ทดลองกับซีซีเอ็ม-137 ขนาด 280 ไมโครคูรี และไค่เปลี่ยนแปลงหน้าตาของหัววัดหลายแบบ เช่น 'เปิดครึ่งบน, เปิดครึ่งล่าง, เปิดช่องกลางขนาดต่างกัน และใช้แผ่นตะกั่วหนาต่างกันปิดหัววัด ในที่นี้จะแสดงแบบที่น่าสนใจเพียง 3 แบบ ซึ่งผลการทดลองไค่แสดงไว้ ในตารางที่ 4.5 และในรูปที่ 4.3

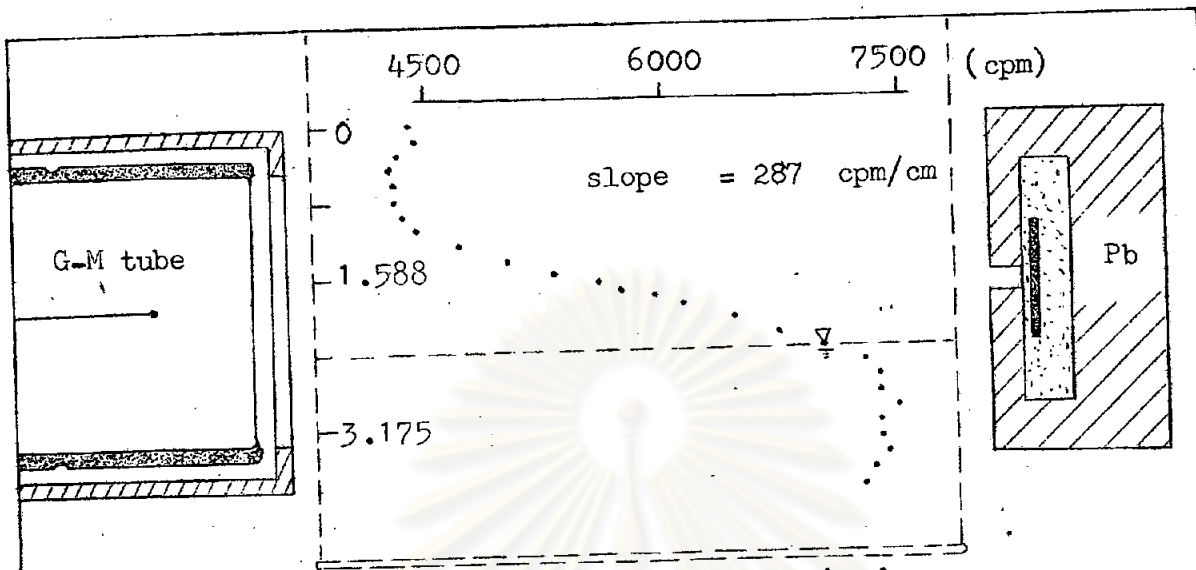
รูปที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณรังสี จะเริ่มที่ขอบบนของท่อกำเนิดรังสี และสิ้นสุดที่ขอบล่าง ถ้าไม่มีแผ่นตะกั่วกันที่หัววัด (รูป ก.) เมื่อระดับน้ำอยู่เหนือขอบบนของหัววัด ปริมาณรังสีจะสูงกว่าที่ควร เนื่องจากรังสีกระเจิงที่เกิดขึ้นในส่วนของน้ำที่เกินนั้นสามารถวิ่งเข้าหัววัดได้ และก่อนระดับน้ำจะถึงขอบล่างของหัววัด ก็เช่นเดียวกัน ซึ่งไค่ผลตรงกับผลการทดลองของ เม็คคินนีย์⁽¹⁵⁾ แต่รังสีกระเจิงนี้จะถูกคัดออกเมื่อมีแผ่นตะกั่วมากันที่หัววัด (รูป ข.) การเปลี่ยนแปลงของปริมาณรังสีจะค่อย ๆ เพิ่มเมื่อระดับน้ำถึงขอบบนของหัววัด พอถึงขอบบนของท่อกำเนิดรังสีจะเพิ่มเร็วขึ้น (จนเกือบเป็นเส้นตรง) และกลับเป็นเพิ่มช้า ๆ เมื่อพ้นขอบล่างของท่อกำเนิดรังสี ทั้งสองกรณียังไม่สามารถหาจุดที่จะบอกตำแหน่งของระดับน้ำได้ สำหรับรูป ค. พบว่าปริมาณรังสีจะเปลี่ยนแปลงทันทีที่ขอบบนของหน้าตาของหัววัด และมีอัตราการเพิ่มเกือบคงที่ การวางท่อกำเนิดรังสีในลักษณะนี้ ทำให้สามารถบอกไคววาระดับน้ำอยู่ที่ใดโดยเทียบกับขอบของหัววัด

ดังนั้นการทดลองต่อไปจะวัดปริมาณรังสีเฉพาะช่วงขอบบนของหัววัดเท่านั้น เพื่อหาจุดที่ปริมาณรังสีเริ่มเปลี่ยนแปลงดังแสดงในรูปที่ 4.4 ซึ่งใช้ซีซีเอ็ม-137 ขนาด 280 ไมโครคูรี ปิดด้านหน้าด้วยแผ่นตะกั่วหนา $1/8$ นิ้ว เจาะช่องตรงกลางขนาด 0.25×1.25 ซม. หัววัดปิดด้วยแผ่นตะกั่วหนา $1/4$ นิ้ว และเปิดเป็นช่องขนาด $3/16$ นิ้ว ที่ขอบบน และวางให้หน้าตาทั้งสองอยู่ในระดับเดียวกัน ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.6 (รูปที่ 4.4)

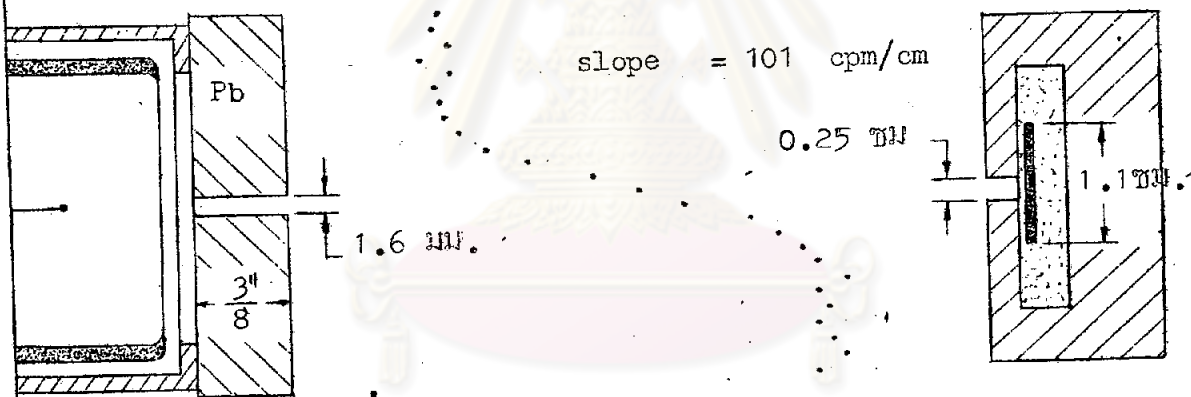
ควยวิธีเขียนเส้นกราฟนี้จะสามารถบอกไคววาระดับน้ำในภาชนะอยู่ที่ระดับ 5.874 ซม. วัดจากก้นของภาชนะ และมีอัตราการเพิ่ม 55.4 cpm/mm.

ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณรังสีเมื่อระดับน้ำลดลงจากขอบบนของหัววัด จนถึงขอบล่าง โดย
ลดขั้นละ 0.159 ซม. (1/16 นิ้ว) ในแบบที่ 1 และที่ 2 วัดปริมาณรังสี
ครั้งละ 2 นาที และในแบบที่ 3 วัด 1 นาที โดยปรับขั้นละ 0.1 ซม.

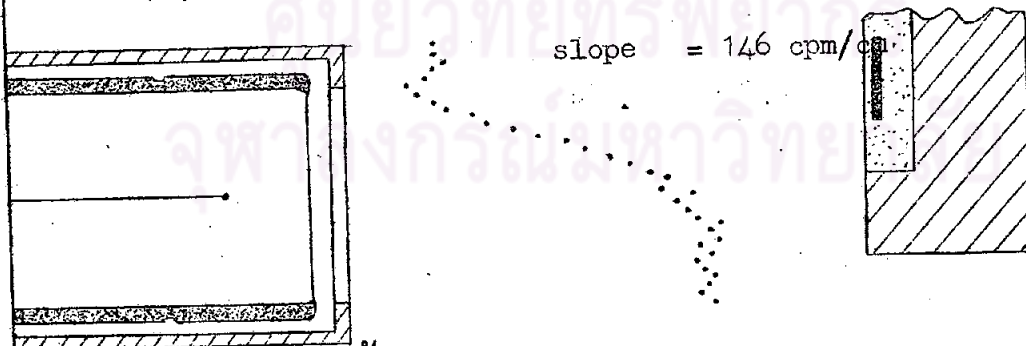
แบบที่	ระยะ (ซม.)	ปริมาณรังสี (Total count)				
		n \ Δn	0.000	0.159	0.318	0.476
1. เปิดหน้าต่างแบบ 3 ในตารางที่ 4.4	0	8806	8844	8563	8520	8578
	0.794	8550	8674	8817	9397	9971
	1.588	10530	11397	12189	12857	13408
	2.318	13993	14518	14668	14605	14922
	3.715	14645	14699	14788	14526	14480
2. เหมือนแบบ 5 ในตารางที่ 4.4	0	3150	3181	3231	3031	3186
	0.794	3155	3159	3186	3285	3446
	1.588	3724	4111	4403	4677	5125
	2.381	5301	5509	5515	5718	5535
	3.175	6594	5531	5625	5707	5518
3. เหมือนแบบ 1 ในตารางที่ 4.4 และยกระดับของ ตะกั่วเนือรังสี สูงขึ้น	n \ Δn	0.0	0.1	0.2	0.3 -	0.4
	0	4322	4346	4388	4319	4289
	0.5	4183	4201	4352	4396	4509
	1.0	4651	4838	4975	5191	5286
	1.5	5413	5564	5694	5786	5750
	2.0	5969	5862	5904	5992	6137
	2.5	6072	6122	6022	6060	5984
	3.0	6041	6078	6059	6101	6092



(ก) หัววัดเปิดหมด ต่อกำเนิกรังสีเปิดของกลางสี่เหลี่ยม 0.25×1.25 ซม.



(ข) หัววัดเปิดของกลาง 1.6 ซม.

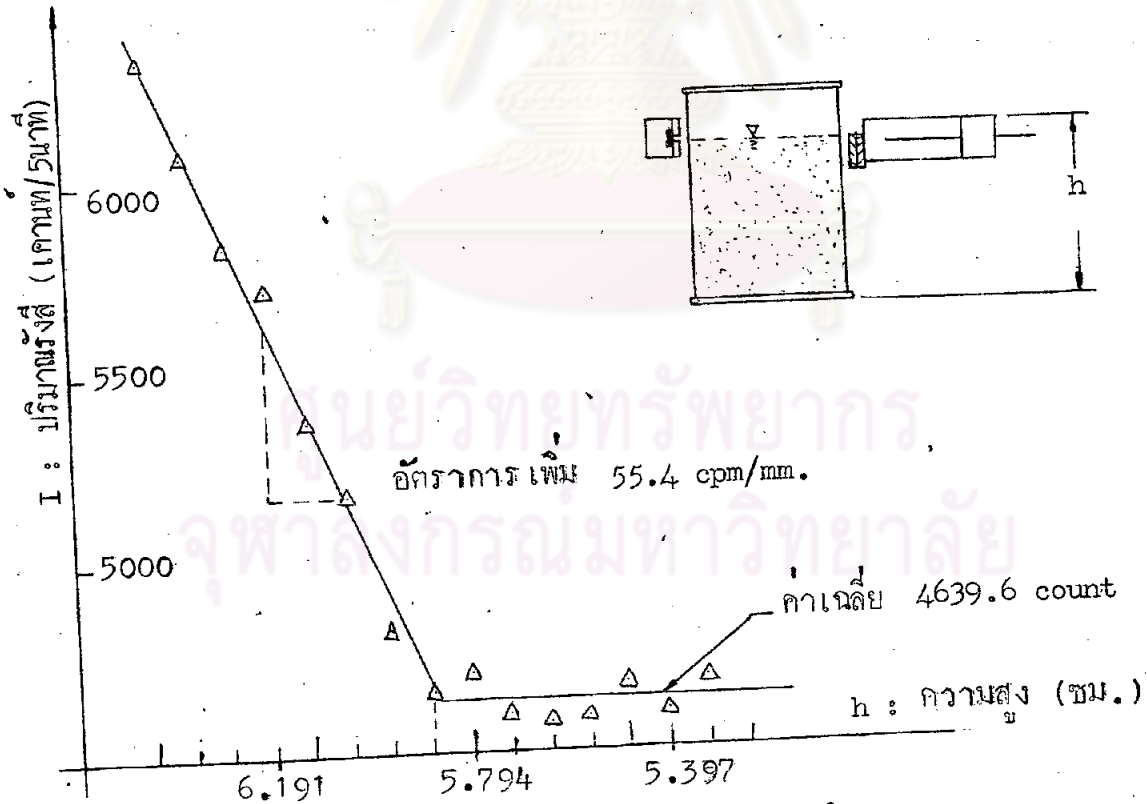


(ค) หัววัดและต่อกำเนิกรังสีเปิดหมด

รูปที่ 4.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณรังสี เมื่อนำในภาชนะมีระดับต่างกัน

ตารางที่ 4.6 แสดงปริมาณรังสีที่เปลี่ยนแปลง เมื่อระยะระหว่างขอบบนของหัววัด กับก้นภาชนะเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มครั้งละ 0.079 ซม. (1/32 นิ้ว)

ระยะทาง (ซม.)	ปริมาณรังสีที่วัดได้ในเวลา 5 นาที (count)				
	0.000	0.079	0.159	0.238	0.318
5.000	-	-	-	-	4682
5.397	4607	4678	4591	4579	4603
5.794	4710	4667	4827	5180	5383
6.191	5722	5842	6082	6333	-



รูปที่ 4.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณรังสี ในช่วงขอบบนของหัววัด

4.6 การหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณรังสี และความกลาดเคลื่อนในการบอกค่าแห่ง ของเครื่องมือในรูปแบบต่างกัน

ดำเนินการทดลองโดยวัดปริมาณรังสี และนำมาเขียนกราฟ แบบหนึ่ง ๆ จะทดลอง 2 หรือ 3 ครั้ง และหาอัตราการเปลี่ยนแปลง (ความชันของกราฟ) กับจุดที่เริ่มเปลี่ยนแปลง เช่นเดียวกับรูปที่ 4.4 ผลการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.7 ซึ่งแบบต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

- แบบที่ 1 ปิดต้นกำเนิดรังสีด้วยแผ่นตะกั่วหนา 0.318 ซม. ($1/8$ นิ้ว) และเจาะช่องขนาด 0.25×1.25 ซม. ที่ขอบบนของส่วนที่บรรจุสารกัมมันตรังสี และวางโพรงอยู่ในแนวเดียวกับขอบบนของหัววัด
- แบบที่ 2 เหมือนแบบที่ 1 และปิดหัววัดด้วยแผ่นตะกั่วหนา 1.154 ซม. เปิดช่องขนาด 0.397 ซม. ที่ขอบซึ่งตรงกับช่องของต้นกำเนิดรังสี
- แบบที่ 3 เหมือนตัวอย่างในตารางที่ 4.6
- แบบที่ 4 ต้นกำเนิดรังสีขนาด 10 มิลลิคูรี วางโพรงในแนวศูนย์กลางอยู่บริเวณขอบบนของหัววัด และปลายท่ออยู่ห่างจากหัววัด 14.5, 18 และ 26.3 ซม.
- แบบที่ 5 ปิดหัววัดด้วยแผ่นตะกั่วหนา 1.99 ซม. ($5/8$ นิ้ว) เหลือหน้าตางไว้ 0.45 ซม. วางต้นกำเนิดรังสีอยู่ในแนวขอบตะกั่ว และที่ขอบบนของหัววัด
- แบบที่ 6 ปิดต้นกำเนิดรังสีด้วยแท่งตะกั่วหนา 5 ซม. (ทำให้ลำรังสีแคบลง) เปิดเป็นช่องขนาด 2 และ 1.5 มม. และวางโพรงในแนวตรงกลางของหัววัด
- แบบที่ 7 ปิดส่วนบนของหัววัดเหนือเส้นศูนย์กลางเล็กน้อยด้วยแท่งตะกั่วหนา 5 ซม. ต้นกำเนิดรังสีเปิดหมก และวางห่างจากหัววัด 15, 19, 24, 28.7 และ 36 ซม.

แบบที่ 8 ปิดหัววัดด้วยแท่งตะกั่วหนา 5 ซม. เปิดช่องตรงกลางขนาด 3 มม. วางต้นกำเนิดรังสีทาง 14, 17.5, 21.8 และ 28 ซม. จากหัววัด

แบบที่ 9 ปิดทั้งหัววัดและต้นกำเนิดรังสี ด้วยแท่งตะกั่ว เปิดช่อง 3 มม. ในแนวเดียวกัน

ตารางที่ 4.7 แสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณรังสี และระดับน้ำที่อ่านได้จากกราฟทดลอง เมื่อจัดอุปกรณ์ในลักษณะต่างกัน

แบบที่	I ₂ (cpm)	อัตราการเพิ่ม		ระดับที่อ่าน โดยรังสี *** (ซม.)	ระดับของน้ำ จริง (ซม.)	คลาดเคลื่อน (มม.)
		(cpm/mm)	(%/มม.)			
1	1698.4	85.0	5.0	5.953	5.874	+0.79
	1710.3	101.5	5.9	5.874	5.874	0
	1682.3	94.5	5.6	9.287	9.366	-0.79
2	705	55.4	7.9	5.715	5.556	+1.59
3	927.9	55.4	6.1	5.874	5.874	0
	918.0	50.4	5.5	5.953	5.874	+0.79
	878.6	52.9	6.0	9.445	9.366	+0.79
	839.5	45.5	5.4	5.795	5.874	-0.79
4	24482.0	650.0	2.7	6.200	5.95	+2.5
	12274.0	380.0	3.1	7.650	7.60	+0.5
	8760.4	230.0	2.6	7.600	7.60	0
5	5432.0	200.0	3.7	6.100	5.95	+1.5
		610.0	11.2	6.050 **	5.95	+1.0
	5112.0	1360.0	26.6	6.300		+1.0

*** ตามวิธีหน้า 37

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

6	2532.0	500.0	19.7	9.650 [*]	9.40	+2.5
				9.400 ^{**}	9.40	0
	1482.0	310	20.9	5.41 [*]	5.90	-4.9
				5.95 ^{**}	5.90	+0.5
	1528.0	350	22.9	8.95 [*]	9.40	-4.5
				9.40 ^{**}	9.40	0
7	1732.0	250	14.4	11.40	11.45	-0.5
		340	19.6	7.55 [*]	7.60	-0.5
				7.60 ^{**}	7.60	0
	12338.0	1100	8.9	7.65 [*]	7.60	+0.5
	10288.0	700	6.8	7.70 [*]	7.60	+1.0
	7858.0	500	6.4	7.60 [*]	7.60	0
8	6449.6	420	6.5	7.60 [*]	7.60	0
	4256.4	300	7.0	7.60 [*]	7.60	0
	2777.0	680	24.6	7.70 [*]	7.60	+1.0
				7.65 ^{**}	7.60	+0.5
	2140.0	600	28.0	7.60 [*]	7.60	0
9				7.60 ^{**}	7.60	0
	1859.2	540	29.0	7.70 [*]	7.60	+1.0
				7.70 ^{**}	7.60	+1.0
	1560.6	480	30.8	7.65 [*]	7.60	+0.5
				7.65 ^{**}	7.60	+0.5
	167.5	70	41.8	7.65 [*]	7.60	+0.5
			7.70 ^{**}	7.60	+1.0	

*, ** อานระดับโดยเทียบกับขอบของแท่งตะกั่วแท่งบน และแท่งล่าง ตามลำดับ

ผลการทดลองพอสรูปไคววา แบบที่ 1 จะให้อัตราเพิ่มสูงกว่าแบบอื่น เมื่อใช้ทนกำเนิดรังสีขนาด 280 ไมโครคูรี และคี่ขึ้นอีกเมื่อยกระดับของทนกำเนิดรังสีให้สูงขึ้น (อยู่แนวเดียวกับขอบบนของหัววัด) แต่ปรากฏว่าการอ่านระดับจะเปลี่ยนแปลงไปตรงกันข้าม แสดงว่าตำแหน่งของทนกำเนิดรังสียังไม่ถูกต้อง จึงต้องหาข้อมูลเพิ่มเติม สำหรับการทดลองแบบที่ 2 และ ที่ 3 ได้ อัตราการเพิ่มลดลง เพราะหน้าตาของหัววัดแคบลง แต่ทำให้เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างต่อระยะคี่ขึ้น กล่าวคือ แบบทั้งสองนี้ จะต้องใช้ทนกำเนิดรังสีที่มีความแรงมากกว่านี้ และทำให้ปริมาณรังสีมากเท่ากับแบบที่ 1 จึงจะให้อัตราการเพิ่มสูงกว่าแบบที่ 1 ทั้งสามแบบสามารถบอกตำแหน่งโคไกลเคียง คลาดเคลื่อนไปประมาณ 1 มม. ความคลาดเคลื่อนนี้อาจรวมไปถึงการวัดระยะด้วยไมบรรทัดด้วย ซึ่งมีระยะไมโครมาตรฐาน และวิธีการวัดไมละเอียดพอ

เมื่อเพิ่มความแรงของทนกำเนิดรังสีเป็น 10 ไมโครคูรี ผลการทดลองก็ใกล้เคียงกับแบบแรก ๆ คืออัตราการเพิ่มและความคลาดเคลื่อนจะคี่ขึ้น ถ้าทนกำเนิดรังสีอยู่ในแนวขอบบนของหัววัด ในแบบที่ 6 โคปีบลำรังสีให้แคบลง จะเห็นค่าเปอร์เซ็นต์อัตราการเพิ่มสูงขึ้นมาก วิธีนี้จะบอกตำแหน่งโคที่ขอบล่างของแหงตะกั่ว ส่วนขอบบนจะเกิดรังสีกระเจิงเข้าหัววัดกอนที่ระดับหน้าจะลดลงถึงขอบบนของแหงตะกั่ว จึงไม่สามารถบอกตำแหน่งที่ถูกของโค

เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงส่วนใหญ่จะเกิดที่ขอบบนของหัววัด ซึ่งเป็นส่วนโง่งทำให้พื้นที่ที่รับรังสีค่อนแรกน้อย จึงโคทดลองแบบที่ 7 เพื่อการเปลี่ยนแปลง เมื่อพื้นที่รับรังสีเปลี่ยนไป การทดลองโคผลคี่ขึ้น และบอกตำแหน่งโคถูกต้องกว่าแบบอื่น ๆ การทดลองแบบที่ 8 ลคพื้นที่รับรังสีลงอีก วิธีนี้สามารถอ่านระดับโคด้วย ขอบแหงตะกั่วทั้ง 2 อัน ทำให้การวัดมีความแน่นอนคือแต่อัตราการเพิ่มไม่คี่ขึ้น สำหรับแบบที่ 9 เป็นแบบที่สามารถตัดรังสีกระเจิงโคหมด ทำให้โคเปอร์เซ็นต์อัตราการเพิ่มคี่ที่สุด เหมาะสำหรับการวัดที่โคองการความละเอียดสูง เช่น การหาความหนาแน่นของของเหลว (18)

จากข้อมูลในตารางที่ 4.4 และ 4.6 จะเห็นโคว่าความเข้มของทนกำเนิดรังสีจะไม่ทำให้อัตราการเพิ่มของปริมาณรังสีเปลี่ยนแปลงมากนัก ขอดีของทนกำเนิดรังสีที่มีความแรงสูง ๆ

คือ ทำให้ใช้เวลาในการทดลองน้อยลง และทำให้ความแน่นอนในการวัดดีขึ้น หรือสามารถทำให้
 ค่ารังสีแคบโค เพื่อเพิ่มอัตราการเปลี่ยนแปลงที่สูงขึ้น เหมาะสำหรับงานตรวจสอบเพื่อควบคุม
 การผลิต ส่วนการตรวจสอบหาระดับที่ค่าเนื้องอกอยู่นี้ ต้องการหาระดับที่ถูกคองและใช้
 อุปกรณ์ในราคาประหยัด จึงไม่จำเป็นที่จะต้องใช้เครื่องมือที่มีความแรงสูง ๆ และการบีบค่ารังสี
 โทแคบลงทั้งที่ต้นกำเนิดรังสี และหัววัด จะไม่ไหลมากนักสำหรับการหาระดับตำแหน่งของระดับ
 น้ำ ดังนั้นการทดลองต่อไปจะใช้ซีเอ็ม-137 ขนาด 280 ไมโครคูรี และวัดแบบที่ 1 โดยไม่
 คองบิตต้นกำเนิดรังสี เพื่อให้ปริมาณรังสีสูงขึ้น

4.7 การหาตำแหน่งการวางต้นกำเนิดรังสีที่ถูกคอง

จากการทดลองที่ผ่านมา พบว่าระดับความสูงของต้นกำเนิดรังสีมีผลต่อการอ่านระดับ
 น้ำในภาชนะ จึงได้ทดลองโดยปรับขอบบนของส่วนที่บรรจุสารกัมมันตรังสีให้ตรงกับขอบบนของ
 หน้าต่างของหัววัด และเลื่อนขึ้นทีละ 1 หรือ 2 ซม. แต่ละครั้งวัดปริมาณรังสีเช่นเดียวกับการ
 ทดลองที่ผ่านมา และหาจุดที่เริ่มเปลี่ยนแปลง ซึ่งได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.8 แสดงความคลาดเคลื่อนของการวัด เมื่อระดับความสูงของต้นกำเนิดรังสี
 เปลี่ยนแปลงจากแนวขอบบนของหน้าต่างของหัววัด

ระดับ (มม.)	ครั้งที่	ความคลาดเคลื่อน (มม.)					
		1	2	3	4	5	6
0		+3	+3.5	-	-	-	-
1		-	-	+3.0	+3.0	+2.0	-
3		-	+1.5	+3.0	+1.0	+0.5	-
5		-	-	+0.5	+0.5	0	0,0,0,0,
6		+0.5	+0.3	-	-	-	-
7		-	-	01.0	+0.5	-0.5	-
9		-	-	-1.0	-1.5	-	-
11		-1.0	-2.0	-	-	-	-

ผลการทดลองแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า ตำแหน่งที่ดีที่สุดคือ แนวจุดศูนย์กลางของ
 ผนังกาเนดริงส์ จะต้องอยู่ตรงกับขอบบนของหน้าต่างของหัววัดพอดี

4.8 การหาขีดจำกัดของภาชนะที่จะใช้กับผนังกาเนดริงส์ ขนาด 280 ไมโครครี

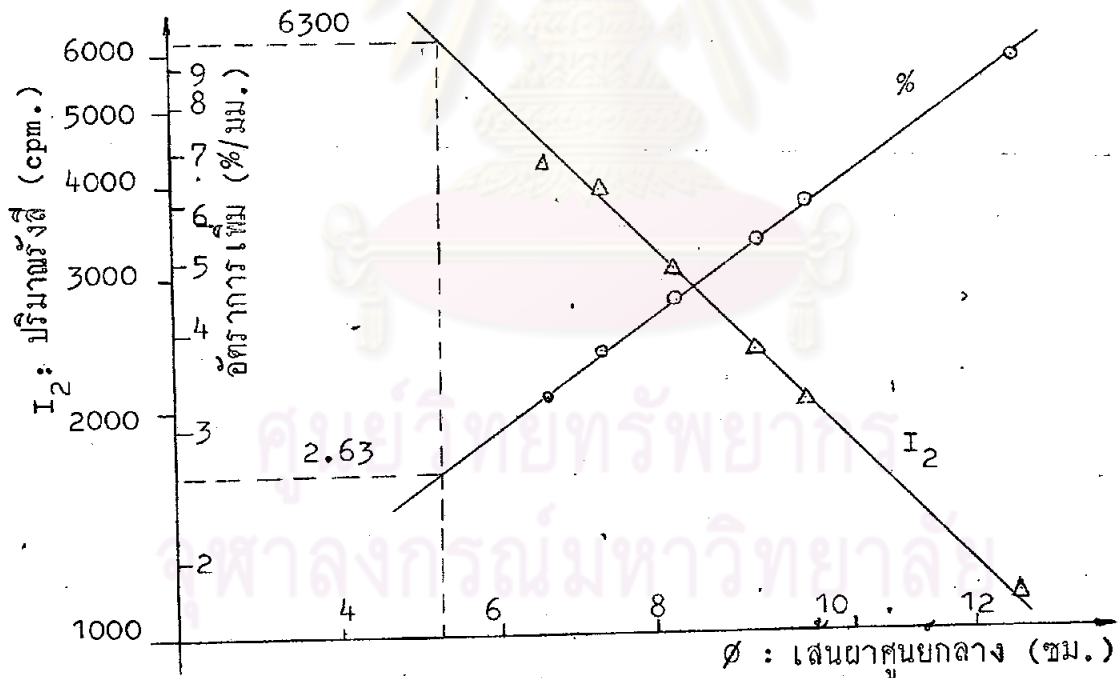
การทดลองได้ใช้กระป๋องขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.6, 9.9, 9.3, 8.3, 7.3
 และ 6.6 ซม. วัดปริมาณรังสีเมื่อใช้กระป๋องเหล่านี้ และเติมหน้าจนเต็มแล้ววัดอีกครั้ง แต่ละ
 ครั้งใช้เวลาวัด 1 นาที ทำซ้ำ 6 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ย ดังแสดงในตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.5
 และได้อ่านค่าความหนาแน่นเพิ่มต่อระยะทางที่ระดับของปริมาณรังสีค่าสูงสุดขึ้นไปจนถึงสูงสุด ซึ่งเท่ากับ
 ระยะของผนังกาเนดริงส์ (1.1 ซม.)

การทดลองโดยนัยเป็นไปตามทฤษฎี และข้อสมมุติฐานที่ว่า ปริมาณรังสีที่ผ่านวัตถุสองชนิด
 และอันหลังมีเลขอะตอมสูงกว่า จะเสมือนว่าวัตถุอันแรกไม่ก่อให้เกิดรังสีกระเจิง เพราะฉะนั้น
 ปริมาณรังสีจะลดลงตามสูตร $I = I_0 B(2\mu_2 x_2) \exp(-\mu_1 x_1 - 2\mu_2 x_2)$ (19) และ
 $(I_1 - I_2)/I_2 = \exp(+\mu_1 x_1) - 1$ ดังนั้นเส้นตรงในกราฟที่ 4.5 จึงสามารถตัดออกไปได้
 ทั้งสองแกน

สำหรับกระป๋องสเปรย์ที่มีขายในท้องตลาด จะมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 5.3 และ 6.6 ซม.
 และที่มีมากที่สุดคือ ขนาด 6.6 ซม. ซึ่งกระป๋องขนาดนี้จะให้อัตราการเพิ่มของปริมาณรังสีประมาณ
 3.25% ต่อ มม. และมีปริมาณรังสีวัดได้ 4253 ± 65 cpm. ในขณะที่มีแบคกราวด์ 18 cpm.
 นั้นหมายความว่า ปริมาณรังสีจะเพิ่มขึ้น 138 cpm. เมื่อระดับน้ำเปลี่ยนไป 1 มม. ซึ่งเป็นค่าที่
 มากกว่าความคลาดเคลื่อนของการนับ 2.1 เทา และมากกว่าแบคกราวด์ 7 เทา ส่วนกระป๋อง
 ขนาดเล็ก (5.3 ซม.) ไม่ได้ทดลองวัดจริง จึงใช้ค่าที่สามารถหาได้จากกราฟรูปที่ 4.5 คือ
 ปริมาณรังสีวัดได้ 6300 ± 79 cpm. และอัตราการเพิ่ม 2.63 % ต่อ มม. และคำนวณหาความ
 แดกต่างได้ 166 cpm. ต่อ มม. มากกว่าความคลาดเคลื่อนของการวัด 2.1 เทา แสดงว่า
 ซีเซียม-137 ขนาด 280 ไมโครครี นี้จะใช้วัดหาระดับของเหลวในกระป๋องสเปรย์ได้ทุกขนาด

ตารางที่ 4.9 แสดงความแตกต่างของปริมาณรังสี เมื่อขนาดของภาชนะเปลี่ยนแปลง

เส้นผ่าศูนย์กลาง (ซม.)	I_2 (cpm)	ความแตกต่าง		อัตราการเพิ่ม (%/มม.)
		$D=I_1-I_2$ (cpm)	D/I_2 (%)	
12.6	1117.6	1104.6	98.8	8.98
9.9	2045.6	1314.2	64.2	5.84
9.3	2385.2	1360.8	57.1	5.19
8.3	3039.8	1436.7	47.3	4.30
7.3	3877.6	1588.0	41.0	3.73
6.6	4253.2	1518.8	35.7	3.25



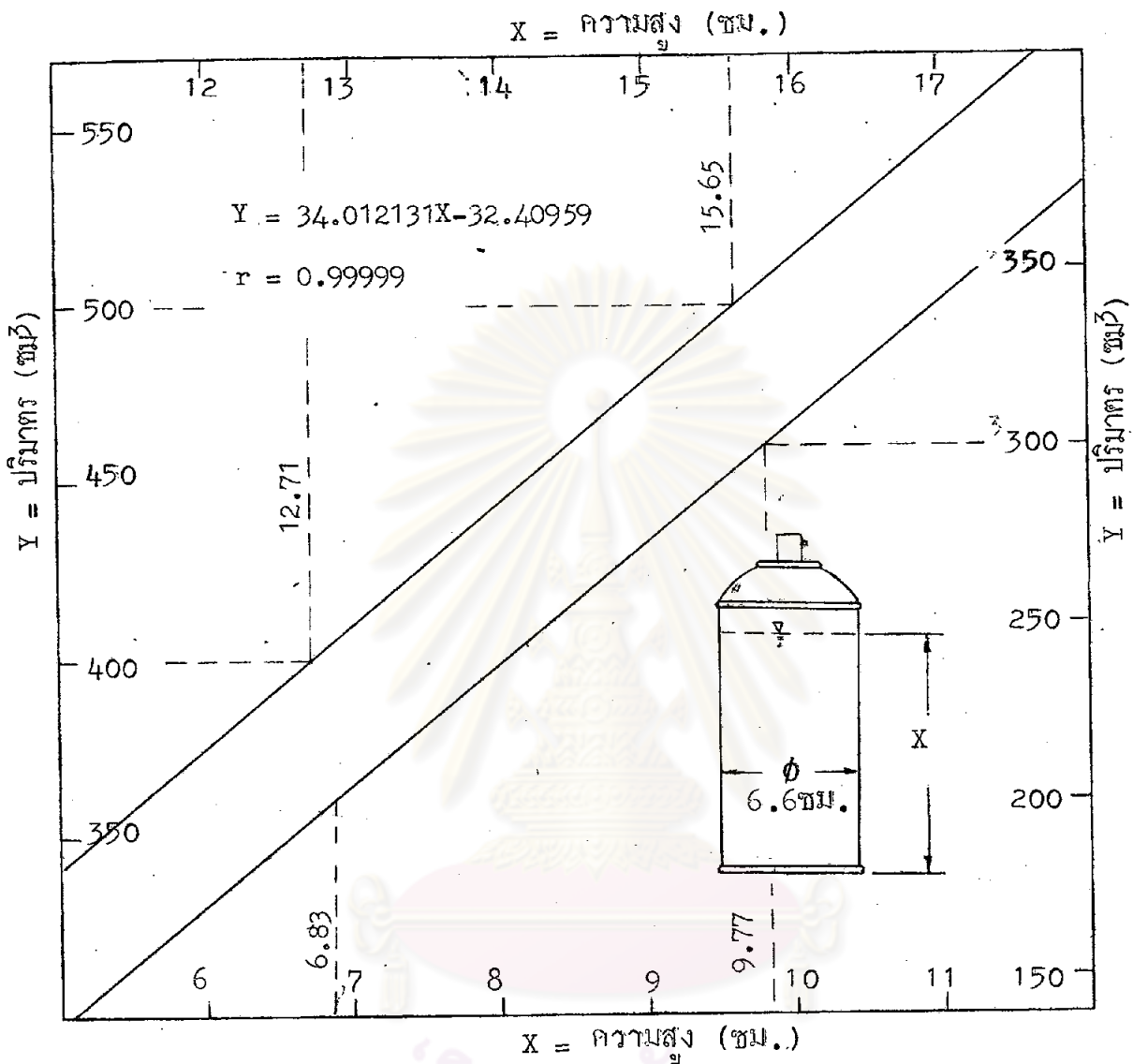
รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่าง (%) และปริมาณรังสี กับขนาดของภาชนะ หรือความหนาของน้ำที่กั้นตัวรังสี

4.9 การตรวจสอบผลิตภัณฑ์คัส เปรียบ

4.9.1 การหากราฟเทียบปรับ (calibration curve) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของระดับของเหลวในกระป๋องสเปรย์ขนาด $\phi = 6.6$ ซม. กับปริมาณของของเหลว ค่าเป็นการทดลองโดยตัดส่วนบนของกระป๋องออก วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง และความหนาควยเวอร์เนีย ไคคาเฉลี่ยเท่ากับ 6.56 ซม. และ 0.3 มม. ตามลำดับ วัดความสูงจากขอบบนถึงขอบล่าง 2 ด้านของกระป๋องที่ตัดนี้ คำนวณ 5 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยทั้งหมดได้สูง 15.387 ซม. และเติมน้ำในปริมาตรต่าง ๆ ควบกระบอกควย เกล่งในกระป๋องแล้ววัดระยะจากขอบบนของกระป๋องถึงผิวหน้าทดลอง เช่นนี้ 3 ครั้ง และไคคาเฉลี่ยดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 แสดงความสูงของระดับของเหลวในกระป๋อง ($\phi = 6.6$ ซม.) เมื่อของเหลวมีปริมาตรต่างกัน

ปริมาตร (ซม. ³)	ความสูง (ซม.)	ปริมาตร (ซม. ³)	ความสูง (ซม.)	ปริมาตร (ซม. ³)	ความสูง (ซม.)
50	2.421	200	6.835	375	11.957
75	3.137	250	8.315	400	12.725
100	3.895	300	9.787	420	13.287
150	5.373	350	11.265	425	13.427
				450	14.191



รูปที่ 4.6 กราฟเทียบปรับ สำหรับหาปริมาตรของเหลวในกระป๋องสเปรย์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.6 ซม.

นำผลการทดลองมาหาความสัมพันธ์โดยใช้ method of least squares (20)

จะได้

อัตราการผลิตเพิ่ม $m = \frac{N \sum xy - \sum x \sum y}{N \sum x^2 - (\sum x)^2} = 34.012131 \text{ (ชม.}^3\text{) / ชม.}$

เงื่อนงำที่ $x = 0$; $b = \frac{\sum y \sum x^2 - \sum xy \sum x}{N \sum x^2 - (\sum x)^2} = -32.40959 \text{ ชม.}^3$

สัมประสิทธิ์ของความเกี่ยวพัน $r = \frac{N \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[N \sum x^2 - (\sum x)^2][N \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$
 $= 0.9999938$

เมื่อ x และ y คือ ความสูงและปริมาตรของเหลวในกระป๋อง

เพราะฉะนั้น $y = 34.012131x - 32.40959$ และให้ความเชื่อถือได้ 99.99 % และสามารถคำนวณหาขนาดของกระป๋องได้จาก $\pi r^2 x 1 = 34.012131 \text{ ชม.}^3$ ซึ่งจะได้อัตราเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 6.58 ซม. การทดลองนี้สามารถเขียนเป็นกราฟได้ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.6

4.9.2 การหาปริมาตรของผลิตภัณฑ์ จักอุปกรรมการวัดในตำแหน่งที่คี่ที่สุด (จากการทดลองที่ 4.7) คือ ใหลอบบนของหน้าตางของหัววัดอยู่ในแนวจุดศูนย์กลางของต้นกำเนิดรังสีปรับระดับใหลกระป๋องอยู่สูงที่สุดก่อน และวัดปริมาณรังสีที่ผ่านของเหลวในกระป๋อง แล้วระดับของเหลวภายในโดยประมาณ ลระดับของกระป๋องลงใหลอบบนอยู่ต่ำกว่าระดับที่กะไว้ 2-3 มม. วัดปริมาณรังสี ซึ่งจะตองใหลเคียงกับค่าเดิมที่วัดครั้งแรก ถามากกว่า 2 เท่า ของความคลาดเคลื่อนของการนับ แสดงว่าขอบบนของหน้าตางของหัววัด เลยผิวของเหลวแล้ว ควรยกระดับของกระป๋องใหลสูงขึ้นอีก 1 ซม. จากนั้นคอย ๆ ลระดับ และวัดปริมาณรังสีในเวลา 2 นาที เพื่อเพิ่มอัตราการผลิตต่อความคลาดเคลื่อนของการนับ จาก 2.1 เป็น 2.8 เท่า แล้วนำมาเขียนกราฟหาระดับของเหลวในกระป๋อง ทำการทดลอง 2 หรือ 3 ครั้ง จึงเทียบเป็นปริมาตรจากกราฟ หรือจากสูตรที่คำนวณได้ใน 4.9.1 สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทสี ขางในมีลูกแกวขนาดเส้นผ่า

ศูนย์กลาง 1.5 ซม. จำนวน 2 ลูก คิดเป็นปริมาตรรวมเท่ากับ 3.534 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งทองหนักออกจากปริมาตรที่วัดได้

ผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ไซทอลองคือ ยาชาแมลง และ สี 2 ยี่ห้อ 5 สี ได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 4.11 แสดงผลการวัดปริมาตรของผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง

สารตัวอย่าง	น้ำหนัก (กรัม)	ระดับที่อ่านได้ (ซม.)	ปริมาตร (ซม. ³)	ต่างจากสลากระบายที่ปิดไว้*	
				(ซม. ³)	(%)
สีขาว	451.32	12.84	400.77	+0.77	0.19
	446.08	12.60	392.61	-7.39	1.85
สีน้ำเงิน	436.20	12.76	398.05	-1.95	0.49
	431.58	12.43	386.83	-13.17	3.29
สีเหลือง	434.72	12.12	376.28	-23.17	5.79
สีใส	433.93	12.07	374.58	-25.42	6.35
	430.62	12.03	373.22	-26.78	6.70
สีแดง	418.61	11.92	369.48	-30.52	7.63
ยาชาแมลง	400.76	13.50	426.75	+6.75	1.61
	410.22	15.03	478.79	+58.79	14.0
	313.28	9.5	290.71	-9.29	3.10

* สลากระบายที่ปิดไว้ สี บรรจุ 400 ซม.³ , ยาชาแมลง 420 และ 300 ซม.³

4.10 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณรังสี ด้วยหัววัดชนิดเรืองแสง

ใช้ต้นกำเนิดรังสีซีซีเอ็ม-137 ขนาด 280 ไมโครกรัม กับหัววัด NaI (Tl) ขนาด $1" \times 1"$ จักอุปกรณ์ไวคนละคานของภาชนะ (วัดรังสีทะลุผ่าน) และลดระดับของภาชนะครึ่งละ 1 มม. วัดปริมาณรังสีในเวลา 1 นาที เนื่องจากหัววัดชนิดเรืองแสงนี้สามารถวัดแต่ละพลังงานของรังสีแกมมาได้ การทดลองจึงได้บันทึกไว้ 3 วิธี คือ

1. วัดปริมาณรังสีทั้งหมดของสเปกตรัม หมายเลขของที่ 16-188
2. วัดปริมาณรังสีโคพิค หมายเลขของที่ 138-188
3. วัดเฉพาะรังสีแกมมาที่มีพลังงาน 0.662 MeV หมายเลขของที่ 163

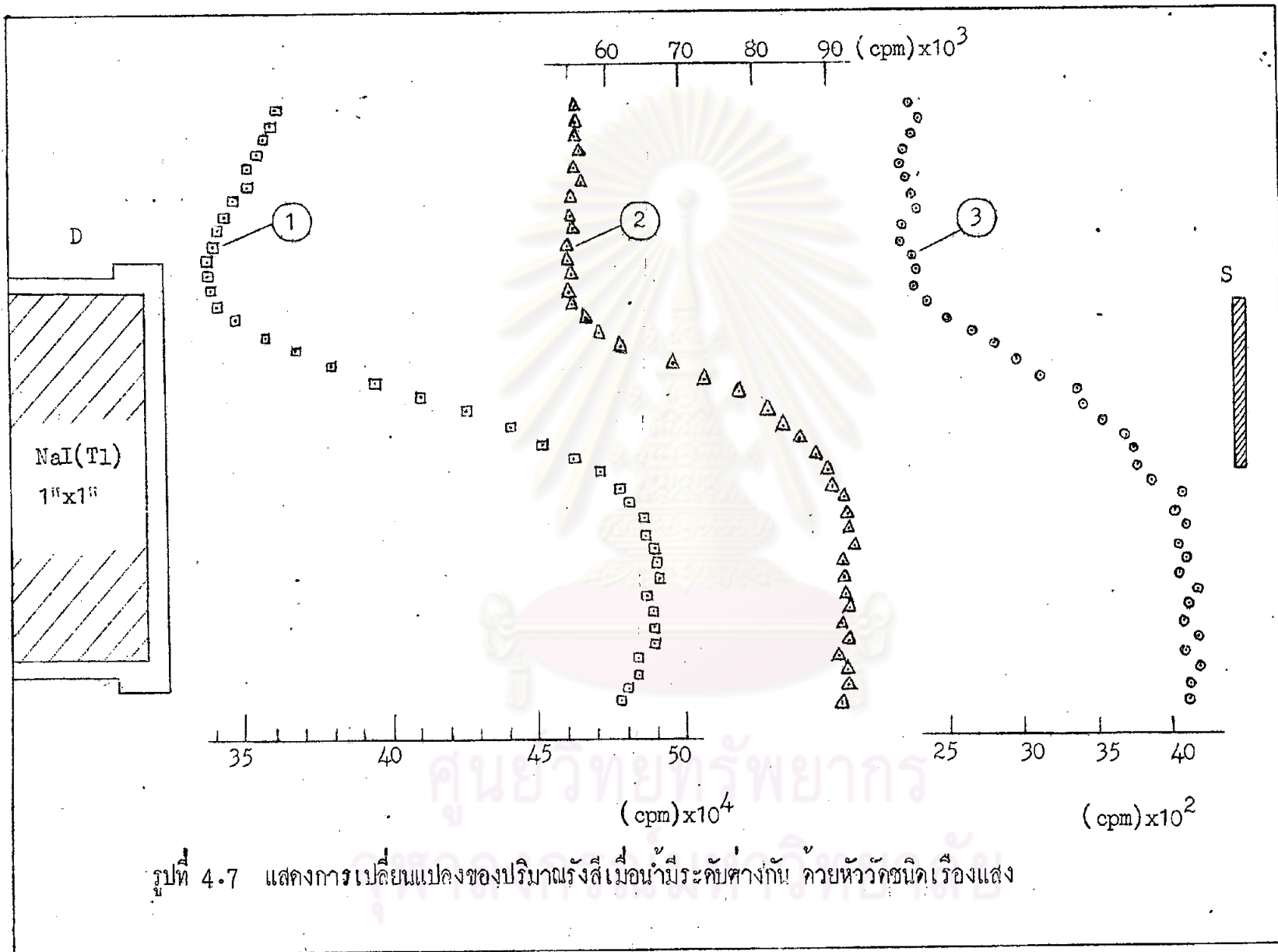
ผลการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 4.7 สรุปได้ดังนี้

วิธีที่ 1 (เส้นกราฟ 1) จะเหมือนกับการใช้หัววัดไกเกอร์ทุกประการ เพราะวิธีนี้ได้รวมรังสีกระเจิงไว้ด้วย (เหมือนกับรูปที่ 4.3 (ก))

วิธีที่ 2 (เส้นกราฟ 2) ได้คัดรังสีกระเจิงออก ผลจึงเหมือนกับใช้แผนตะกั่วกันเพื่อคัดรังสีกระเจิงในหัววัดไกเกอร์ (เหมือนกับรูปที่ 4.3 (ข))

วิธีที่ 3 (เส้นกราฟ 3) ผลเหมือนวิธีที่ 2 แต่มีเกณฑ์ต่ำกว่าประมาณครึ่งหนึ่ง

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณรังสีขึ้นกับการวางตำแหน่งของหัววัด และขนาดของต้นกำเนิดรังสีเช่นเดียวกับหัววัดไกเกอร์ อุปกรณ์การวัดระดับจึงจัดเหมือนกับหัววัดไกเกอร์ทุกประการ และวัดปริมาณรังสีด้วยวิธีที่ 2 ดังกล่าวข้างต้น (ควรเปลี่ยนมัลติแชนเนล อะนาไลเซอร์ เป็นซิงเกิลแชนเนล อะนาไลเซอร์ เพราะราคาถูกลง) อุปกรณ์ชนิดนี้มีข้อดีที่มีประสิทธิภาพในการวัดคือ ทำให้มีความแน่นอนในการวัดสูง และสามารถคัดรังสีกระเจิงได้ในตัวเอง แต่มีราคาแพงมากเมื่อเทียบกับการใช้หัววัดไกเกอร์ จึงไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ และอุปกรณ์มิได้สร้างแบบสมบูรณ์ จึงไม่ได้ให้รายละเอียดต่าง ๆ ไว้ ณ ที่นี้



รูปที่ 4.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณรังสีเมื่อนำมีระดับต่างกัน ภายใต้เทคนิคเรืองแสง