



รายงานผลการประสิทธิ์  
หุณอศุทหนุณโครงการตั้งประสิทธิ์

เรื่อง

ชุดสารคดีในเคสียร์

โดย

ขษากวิต สิริอุปอัมภ์  
สุวิทย์ ปุณณชัยยะ  
ศิริวัฒนา ไทรตมบุรณ

539.7078  
ซี 162 ค  
ฉ.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โครงการสิ่งประดิษฐ์



ชุดสาธิตนิวเคลียร์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชยากริต ศิริอุปถัมภ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวิทย์ ปุณณชัยยะ

อาจารย์ ศิริวัฒนา ไทรสมบุญ

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตุลาคม 2529



## กิตติกรรมประกาศ

ชุดสาธิตนิว เคลียร์ที่ได้พัฒนาขึ้นจนแล้วเสร็จนี้อาศัยการร่วมมือร่วมใจของคณาจารย์ใน  
ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ตระหนักถึง  
ความสำคัญและความจำเป็นของอุปกรณ์เครื่องมือสำเร็จสำหรับทดลองให้นักศึกษาเข้าใจปรากฏ-  
การณ์และกระบวนการต่างๆ ในวิทยาศาสตร์สาขานิวเคลียร์เทคโนโลยี และได้ถ่ายทอดประสบ-  
การณ์ที่ได้จากการสอนและพัฒนาเครื่องมือวิจัยในวิทยาการแขนงนี้ เพื่อให้ได้ชุดสาธิตนิวเคลียร์  
ที่ใช่ประกอบการปฏิบัติงานโดยเข้าใจง่าย ได้ผลดี และมีราคาถูก คณะผู้จัดทำชุดสาธิตนิวเคลียร์  
ขอขอบพระคุณคณาจารย์ในภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยีทุกท่าน โดยเฉพาะ รองศาสตราจารย์  
ดร.ชัยชัย สุมิตร หัวหน้าภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี ที่ได้สนับสนุนให้มีการจัดทำชุดสาธิตนี้  
ขึ้นจนเป็นผลสำเร็จ ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ วิรุฬห์ มังคละวิรัช ผู้อำนวยการศูนย์  
เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ริเริ่มให้มีการประดิษฐ์  
ชุดสาธิตนิวเคลียร์ และช่วยจัดสร้างอุปกรณ์การวิจัยที่ใช้ในชุดสาธิตนิวเคลียร์ทั้งหมด ขอขอบคุณ  
คุณอัครา สกุลมื่น ที่ได้พิมพ์และแก้ไขต้นฉบับของรายงานนี้ รวมทั้งหนังสือคู่มือปฏิบัติการสำหรับ  
ชุดสาธิตนิวเคลียร์นี้จนแล้วเสร็จ ขอขอบพระคุณฝ่ายวิจัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้เห็นความ  
สำคัญของชุดสาธิตนิวเคลียร์และได้ให้ทุนอุดหนุนตลอดทั้งโครงการ

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อโครงการ	ชุดสาธิตนิวเคลียร์	
ชื่อผู้ดำเนินงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชยากริต	ศิริอุบลัมภ์
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวิทย์	ปทุมชัยยะ
	อาจารย์ ศิริวัฒนา	ไทรสมบูรณ์

เดือนและปีที่ทำวิจัยเสร็จ มิถุนายน 2529

### บทคัดย่อ

ได้ประดิษฐ์ชุดสาธิตนิวเคลียร์เพื่อใช้ทดลองปรากฏการณ์ต่าง ๆ ของรังสีให้มีราคาถูก ทำการทดลองให้ผลดีและสิ้นเปลืองเวลาปฏิบัติการน้อย สำหรับการศึกษาวิทยาศาสตร์ระดับมหาวิทยาลัย มี 2 หรือ 3 การทดลองประกอบด้วยปฏิบัติการในวิชานิวเคลียร์ฟิสิกส์และนิวเคลียร์เคมีเบื้องต้น รวม 9 การทดลอง การปฏิบัติการเชิงประยุกต์นิวเคลียร์เทคนิคในอุตสาหกรรมอีก 5 การทดลอง หัวเรื่องการทดลองคือ ปรากฏการณ์ของกัมมันตรังสี ลักษณะสมบัติของตัววัดรังสีแบบไกเกอร์-มิลเลอร์ ธรรมชาติแรงแคมในการสลายตัวของกัมมันตรังสี การหักเหของอนุภาคเบตาในสนามแม่เหล็ก การดูดกลืนอนุภาคเบตา อันตรกิริยาของรังสีแกมมา กับสสาร การกระเจิงของอนุภาคเบตา กฎกำลังสองผกผันของการแผ่รังสีแกมมา การสลายตัวของสารกัมมันตรังสี การวัดความหนา การแกะรอย การศึกษาเรื่องการสีทรอ อัตราการไหลของของไหล และการวัดระดับของของเหลวในภาชนะปิด

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Project Title	Nuclear Demonstration Kit
Name of the Investigator	Assistant Professor Chyagrit Siri-Upathum Assistant Professor Suvit Punnachaiya Miss Siriwattana Saisomboon
Year	1986

### Abstract

Nuclear demonstration kit was developed to provide tools which can be put to experiment by science university students of second or third year for the purpose of explaining various nuclear radiation phenomena. The invention of the kit was based on the reduction in price, size and time consumed to conduct each experiment. The kit consists of equipment and accessories to conduct 9 experiments in fundamental nuclear physics and nuclear chemistry and 5 experiments in the uses of nuclear technique in industry. The topics of the experiment are as followed : The Phenomenon of Radioactivity, Geiger-Muller Tube Characteristics, The Random Nature of Radioactive Decay Process, Magnetic Deflection of Beta Particles, Absorption of Beta Particles, Interaction of Gamma Rays with Matters, Beta Particle Scattering, Inverse Square Law of Gamma Radiation, Radioactive Decay, Thickness Gauging, Tracing, Wear Studies, Flow Rate of Fluids and Liquid Level Detection in Sealed Container.



สารบัญ

	หน้า
กิติกรรมประกาศ .....	i
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ii
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	iii
รายการตารางประกอบ .....	iv
รายการรูปประกอบ .....	v
บทนำ .....	1
แนวความคิดการประดิษฐ์ .....	1
การประดิษฐ์ .....	3
การศึกษาหัวข้อการสาธิตและการออกแบบอุปกรณ์ในชุดสาธิต .....	3
การออกแบบและสร้างประกอบชุดสาธิต .....	6
การสร้างประกอบชุดสาธิต .....	7
การทดสอบการใช้งาน .....	22
เรื่องปรากฏการณ์ของกัมมันตรังสี .....	22
เรื่องลักษณะสมบัติของหัววัดรังสีแบบไกเกอร์-มิลเลอร์ .....	23
เรื่องธรรมชาติเรณูคอม ในการสลายตัวของกัมมันตรังสี .....	23
เรื่องการหักเหของอนุภาค เบตาในสนามแม่เหล็ก .....	23
เรื่องการดูดกลืนอนุภาค เบตา .....	23
เรื่องอันตกิริยาของรังสีแกมมา กับสสาร .....	24
เรื่องการกระเจิงของอนุภาค เบตา .....	24
เรื่องกฎกำลังสองผกผันของการแผ่รังสีแกมมา .....	25
เรื่องการสลายตัวของสารกัมมันตรังสี .....	25
เรื่องการสาธิตการประยุกต์ เทคนิคนิวเคลียร์ในอุตสาหกรรม .....	26
การวัดความหนา .....	26
การแกะรอย .....	26
การศึกษาการสีกหรือ .....	27

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
การทำอัตราไหลของของไหล .....	27
การวัดระดับของเหลวในภาชนะปิด .....	27
เอกสารอ้างอิง .....	57



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
1	ผลการทดลองเรื่องปรากฏการณ์ของกัมมันตรังสี .....	29
2	ผลการทดลองเรื่องลักษณะสมบัติของตัววัดรังสีแบบไกเกอร์-มิลเลอร์ .....	30
3	ผลการทดลองเรื่องธรรมชาติแรงแคมในการสลายตัวของ กัมมันตรังสี .....	31
4	ผลการทดลองเรื่องธรรมชาติแรงแคมในการสลายตัวของ กัมมันตรังสี (ต่อ) .....	32
5	ผลการทดลองเรื่องการดูดกลืนอนุภาค เบตา .....	33
6	ผลการทดลองเรื่องการดูดกลืนอนุภาค เบตา (ต่อ) .....	34
7	ผลการทดลองเรื่องอันตกิริยาของรังสีแกมมา กับสสาร .....	35
8	ผลการทดลองเรื่องการกระเจิงของอนุภาคในหัวข้อ ผลของเลขอะตอมของวัสดุสะท้อนรังสีกับการกระเจิงกลับหลัง .....	36
9	ผลการทดลองเรื่องความหนาของวัสดุสะท้อนรังสีกับการกระเจิงกลับหลัง ของอนุภาค .....	37
10	ผลการทดลองเรื่อง กฎกำลังสองของการแผ่รังสีแกมมา .....	38
11	ผลการทดลองเรื่อง การสลายตัวของสารกัมมันตรังสี .....	39
12	ผลการทดลองเรื่อง การวัดความหนา .....	40
13	ผลการทดลองเรื่อง การแกะรอย .....	41
14	ผลการทดลองเรื่อง การศึกษาเรื่องการสีกหรือ .....	42
15	ผลการทดลองเรื่อง การหาอัตราไหลของของไหล .....	43
16	ผลการทดลองเรื่อง การวัดระดับของเหลวในภาชนะปิด .....	44



รายการภาพประกอบ

รูปที่	หน้า
1 หลอดไกเกอร์-มิลเลอร์ หลอดอะลูมิเนียมชั้นนอก และหัวต่อแบบ BNC .....	8
2 แผนภาพชุดอุปกรณ์วัดรังสี / อุปกรณ์จับเวลา .....	10
3 อุปกรณ์วัดรังสี / อุปกรณ์จับเวลา และหัววัดไกเกอร์-มิลเลอร์ .....	11
4 แผนภาพขนาดและการประกอบต้นกำเนิดรังสีแอลฟา ( $^{241}\text{Am}$ ) .....	12
5 ต้นกำเนิดรังสีแอลฟา ( $^{241}\text{Am}$ ) แบบแผ่นและดลัมเก็บ .....	13
6 แผนภาพ ขนาด และการประกอบต้นกำเนิดรังสีเบตา ( $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ ) .....	14
7 แผนภาพ ขนาด และการประกอบต้นกำเนิดรังสีแกมมา ( $^{137}\text{Cs}$ ) .....	15
8 ต้นกำเนิดรังสีเบตา ( $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ ) ด้านบน และต้นกำเนิดรังสีแกมมา ( $^{137}\text{Cs}$ ) ด้านล่าง .....	16
9 ต้นกำเนิดรังสีเบตาแบบวงแหวน .....	17
10 แผนภาพ ขนาด และการประกอบต้นกำเนิดรังสีเบตา ( $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ ) แบบให้ลำรังสี .....	18
11 ต้นกำเนิดรังสีเบตาแบบให้ลำรังสี .....	19
12.1 แผนภาพต้นกำเนิดรังสีแกมมาบนแกนพลาสติกที่ประกอบอยู่ในชุดการศึกษาเรื่องการสีกทรอ .....	20
12.2 ภาพชุดการศึกษาเรื่องการสีกทรอ .....	21
13 แสดงอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับ 'ชุดสาธิตนิวเคลียร์' .....	21
14 ผลการทดลองลักษณะสมบัติของหัววัดรังสีไกเกอร์-มิลเลอร์ .....	45
15.1 ผลการทดลองเรื่องการดูดกลืนอนุภาคเบตา .....	46
15.2 ผลการทดลองเรื่องการดูดกลืนอนุภาคเบตา (ต่อ) .....	47
16 ผลการทดลองเรื่องอันตกิริยาของรังสีแกมมากับความหนาของตัวกลางที่ใช้กัน .....	48
17 ผลการทดลองเรื่องการกระเจิงกลับหลังของอนุภาคเบตากับเลขอะตอมของตัวสะท้อน .....	49
18 ผลการทดลองเรื่องการกระเจิงกลับหลังของอนุภาคเบตากับความหนาของตัวสะท้อน .....	50

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
19 ผลการทดลองเรื่องกฎกำลังสองผกผันของการแผ่รังสีแกมมา .....	51
20 ผลการทดลองเรื่องการสลายตัวของสารกัมมันตรังสีโพแทสเซียม-234 .....	52
21.1 ผลการทดลองเรื่องการวัดความหนาโดยใช้เทคนิคนิวเคลียร์ .....	53
21.2 ผลการทดลองหากราฟมาตรฐานของการหาความหนาของวัสดุโดย เทคนิคนิวเคลียร์ .....	54
22 ผลการทดลองเรื่องการแกว่ง (หาค่าแอมพลิจูดของท่อน้ำที่ปิด) .....	55
23 ผลการทดลองเรื่องการวัดระดับของเหลวในภาชนะปิด .....	56

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ชุดสาธิตนิว เคลียร์



### 1. บทนำ

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นิว เคลียร์สมัยใหม่จำเป็นต้องอาศัย เครื่องมือสำหรับการทดลองให้นักเรียนและนักศึกษาเข้าใจปรากฏการณ์และกระบวนการต่าง ๆ ในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง ปัจจุบันได้มีการพัฒนาชุดทดลองที่ใช้สาธิตกระบวนการต่าง ๆ ในวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาขึ้นไปในประเทศ แต่ในระดับอุดมศึกษายังมิได้มีการจัดทำชุดสาธิตขึ้นให้เลย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสาขาวิทยาศาสตร์นิว เคลียร์และนิว เคลียร์เทคโนโลยี ณาจารย์ในภาควิชานิว เคลียร์เทคโนโลยีได้ตระหนักถึงความสำคัญและความจำเป็นของชุดสาธิต จึงมีความจำเป็นจะพัฒนาชุดสาธิตนิว เคลียร์โดยอาศัยประสบการณ์ที่ได้จากการสอนวิทยาศาสตร์นิว เคลียร์และนิว เคลียร์เทคโนโลยี รวมทั้งประสบการณ์ในการพัฒนาเครื่องมือวิจัยนิว เคลียร์

ชุดสาธิตนิว เคลียร์ที่กำลังพัฒนาขึ้นนี้ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ของเครื่องวัดรังสีและอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ประกอบกันเป็นชุด มีหนังสือคู่มือการใช้ซึ่งผู้สอนสามารถสาธิตกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นขณะที่ทำการทดลอง ซึ่งรวมทั้งตารางการจดบันทึกผลและข้อมูล เพื่อนำไปวิเคราะห์ในเวลาต่อมาด้วย ในกรณีผู้สอนวิทยาศาสตร์นิว เคลียร์ต้องการให้ผู้เรียนได้ทำการทดลองด้วยตนเอง อาจใช้ชุดสาธิตนิว เคลียร์ดังกล่าว เป็นชุดทดลองในภาคปฏิบัติของวิชาต่าง ๆ ในวิทยาศาสตร์นิว เคลียร์และนิว เคลียร์เทคโนโลยีได้โดยไม่ต้องดัดแปลงแก้ไขชุดสาธิตนี้แต่อย่างใด

### 2. แนวความคิดของการประดิษฐ์

ในต่างประเทศโดยเฉพาะในประเทศสหรัฐอเมริกา มีการจัดทำชุดอุปกรณ์การเรียนการสอนในวิชานิว เคลียร์ฟิสิกส์มานานแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ผลิตอุปกรณ์และตัววัดรังสีได้พยายามส่งเสริมการขายสินค้าของบริษัทโดยการทำชุดสำเร็จที่บรรจุอุปกรณ์วัดรังสี ต้นกำเนิดรังสี และอุปกรณ์จำเป็นทั้งหมดรวมทั้งหนังสือคู่มือการปฏิบัติการไว้ด้วย และจำหน่ายให้กับโรงเรียนหรือมหาวิทยาลัย การทำเป็นชุดสำเร็จนี้ทำให้อาจารย์ผู้สอนมีความสะดวกเป็นอย่างยิ่งที่จะจัดหาและดำเนินการให้นักเรียนนักศึกษาปฏิบัติได้ทันทีโดยไม่ต้องเตรียมการล่วงหน้าโดยการจัดหาเป็นชิ้น ๆ และมาประกอบเป็นชุดการทดลอง ซึ่งอาจจะเริ่มต้นยาก และยังคงเขียนคู่มือการปฏิบัติการเอง การทำเป็นชุดสำเร็จเพื่อใช้ในการเรียนการสอนจึงให้ความสะดวกสบายและโดยเฉพาะอย่างยิ่งมีราคาถูก



ตัวอย่างของชุดสาธิตนิวเคลียร์ที่มีจำหน่ายในต่างประเทศ เช่น Radioactivity Demonstration Set D4155 ของบริษัท Nuclear Chicago , Minigenerator : Experiments in Nucleonics Tin 113/Indium 113m Cesium 137/Barium 137m ของบริษัท Union Carbide เป็นต้น นอกจากนี้อาจารย์ตามมหาวิทยาลัยก็พยายามส่งเสริมการเรียนการสอนเชิงปฏิบัติสำหรับวิชาเกี่ยวกับรังสีประยุกต์ โดยเขียนหนังสือคู่มือการปฏิบัติการซึ่งครอบคลุมถึงนิวเคลียร์ฟิสิกส์พื้นฐานไปจนถึงการใช้ประโยชน์ของรังสี เช่น มีการทดลองเกี่ยวกับการวัดรังสี การประยุกต์การใช้รังสีกับวิชาเคมี การประยุกต์การใช้รังสีกับวิชาชีววิทยา ตลอดจนไปจนถึงการประยุกต์ใช้รังสีในอุตสาหกรรม หนังสือคู่มือซึ่งจัดทำโดยคณะอาจารย์ในมหาวิทยาลัย เช่นนี้ย่อมมีเนื้อหาทางทฤษฎีและวิชาการมาก แต่การจัดหาอุปกรณ์รวมทั้งตัดแปลงอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้ในห้องปฏิบัติการทำไมได้ง่ายนัก ตัวอย่างหนังสือคู่มือเช่นนี้เช่น Experiments in Nuclear Science โดย Grafton D. Chase ผู้อำนวยการของ Radiochemical Laboratories, Philadelphia College of Pharmacy and Science เป็นต้น สำหรับในประเทศไทยนั้นได้มีการจัดทำหนังสือคู่มือดังกล่าวมาแล้วเหมือนกัน ในลักษณะที่ให้วิธีการทดลองจัดทำเป็นฟอร์มรายงานการทดลอง การอภิปรายผล และคำถาม เช่นเดียวกับคู่มือชื่อ Experiments in Nuclear Science โดยให้ใช้สำหรับนักศึกษาในภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ วิทยาลัยครูจันทระเกษม เป็นเอกสารโครงการศึกษานุกรมฟิสิกส์ของเคล็ยสและนิวเคลียร์เทคนิค ชื่อ คู่มือปฏิบัติการฟิสิกส์ของนิวเคลียร์เบื้องต้น โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เฉลิม ศรีสรรค์ ในปี 2524 ชื่อ เช่นเดียวกับตัวอย่างที่แล้วจะมีปัญหาเรื่องการจัดหาอุปกรณ์ในการปฏิบัติการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารไอโซโทปรังสี ซึ่งบางตัวมีครึ่งอายุสั้น การจัดหาจากต่างประเทศทำได้ยาก การจัดหาจากสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ อาจทำได้เฉพาะมหาวิทยาลัยในกรุงเทพฯและใกล้เคียง และเลือกไอโซโทปที่ต้องการไม่ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแหล่งกำเนิดรังสีอัลฟา เบตา และแกมมา และแหล่งกำเนิดรังสีเฉพาะการทดลองบางอย่างทั้งหมดนี้มีราคาสูงมาก การจัดทำชุดสาธิตนิวเคลียร์จึงเป็นแนวทางออกที่ดีที่สุด กล่าวคือ จะมีคู่มือการปฏิบัติการที่จัดทำโดยคณาจารย์ทางนิวเคลียร์เทคโนโลยีในประเทศไทย และจะมีอุปกรณ์การทดลองที่ประดิษฐ์ขึ้นเองในประเทศ รวมทั้งค้นกำเนิดรังสีที่ทำขึ้นใช้เอง ถึงแม้จะต้องสั่งซื้อเข้ามาในรูปของสารละลายเข้มข้นก็ตาม ราคาจะถูกลงกว่าการสั่งซื้อต้นกำเนิดรังสีมาโดยตรงจากต่างประเทศถึงหลายร้อยเท่า



### 3. การประดิษฐ์

#### 3.1 การศึกษาหัวข้อการสาธิตและการออกแบบอุปกรณ์ในชุดสาธิต

ชุดสาธิตนิวเคลียร์ที่จะพัฒนาขึ้นนี้ได้พยายามที่จะใช้ประสบการณ์ทางทฤษฎีและภาคปฏิบัติที่ได้รับจากการสอนวิชาต่าง ๆ ในภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี วิชาที่เป็นพื้นฐานในการพัฒนาได้แก่ วิชาฟิสิกส์นิวเคลียร์ (Nuclear Physics) วิชาการวัดรังสี (Nuclear Radiation Measurement) วิชาอุปกรณ์นิวเคลียร์ (Nuclear Instrumentation) วิชาประยุกต์ไอโซโทปรังสีในกิจการอุตสาหกรรม (Industrial Application of Radioisotopes) และวิชาเรดิโอเคมี (Radiochemistry) วัสดุและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จะนำมาประกอบเป็นชุดสาธิต จะพยายามใช้วัสดุที่จัดหาได้ในประเทศ ยกเว้นตัววัดรังสีแบบไกเกอร์-มิลเลอร์ และไอโซโทปรังสีบางชนิดที่ใช้สำหรับเตรียมเป็นต้นกำเนิดรังสีที่ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อการทดลองที่ชุดสาธิตนิวเคลียร์สามารถนำไปใช้ได้มีดังนี้

- การทดลองที่ 1 : ปรากฏการณ์ของกัมมันตรังสี (The Phenomenon of Radioactivity)
- จุดประสงค์ : เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ของกัมมันตรังสีด้วยการใช้เครื่องมือวัดรังสีบอกความแตกต่างของรังสีอัลฟา รังสีเบตา และรังสีแกมมา โดยอาศัยอำนาจการทะลุทะลวงที่แตกต่างกัน
- การทดลองที่ 2 : ลักษณะสมบัติของหัววัดรังสีแบบไกเกอร์-มิลเลอร์ (Geiger-Muller Tube Characteristics)
- จุดประสงค์ : เพื่อเรียนรู้ลักษณะและเงื่อนไขการใช้งานของหัววัดรังสีแบบไกเกอร์-มิลเลอร์ โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตรานับรังสีและแรงดันไฟฟ้าที่ใช้
- การทดลองที่ 3 : ธรรมชาติเรณดคอมในการสลายตัวของกัมมันตรังสี (The Random Nature of Radioactive Decay Process)
- จุดประสงค์ : เพื่อแสดงถึงการผันแปรเชิงสถิติ (statistical variation) ในการวัดความแรงรังสี เนื่องจากธรรมชาติเรณดคอม (random) ในกระบวนการสลายตัวของสารกัมมันตรังสี
- การทดลองที่ 4 : การหักเหของอนุภาค เบตาในสนามแม่เหล็ก (Magnetic Deflection of Beta Particles)
- จุดประสงค์ : เพื่อแสดงว่าลำรังสีเบตาซึ่งเป็นอนุภาคประจุลบและสมนัยกับกระแสไฟฟ้าซึ่งมีทิศทางการไหลตรงข้ามกับทิศทางอนุภาค จะหักเหได้ในสนามแม่เหล็ก
- การทดลองที่ 5 : การดูดกลืนอนุภาค เบตา (Absorption of Beta Particles)
- จุดประสงค์ : เพื่อศึกษาการดูดกลืนอนุภาค เบตาในตัวอย่าง ที่อนุภาควิ่งผ่าน หาค่าพลังงานสูงสุดของอนุภาคเบตา และค่าครึ่งความหนา (half-value thickness) ของตัวอย่างที่ใช้กัน
- การทดลองที่ 6 : อันตกริยาของรังสีแกมมากับสสาร (Interaction of Gamma Rays with Matters)
- จุดประสงค์ : เพื่อศึกษาอันตกริยาของรังสีแกมมากับสสารตัวอย่างที่รังสีวิ่งผ่าน

การทดลองที่ 7 : การกระเจิงของอนุภาค เบตา (Beta Particle Scattering)

จุดประสงค์ : เพื่อศึกษาถึงปรากฏการณ์ของการกระเจิงของอนุภาค เบตา เมื่อรังสีวิ่งผ่านตัวกลาง ซึ่งอาจเป็นแบบการหักเหจากแนวเดิม หรือการกระเจิง หรืออาจจะกระเจิงกลับในทิศทางตรงข้าม คือ. กระเจิงกลับหมด ในกรณีหลังนี้จะขึ้นโดยตรงกับความหนาของตัวกลาง และจะคงที่เมื่อความหนา  $\frac{1}{4}$  ของพิสัยสูงสุดของอนุภาค เบตา

การทดลองที่ 8 : กฎกำลังสองผกผันของการแผ่รังสีแกมมา (Inverse Square Law of Gamma Radiation)

จุดประสงค์ : เพื่อทดสอบว่าสามารถนำกฎกำลังสองผกผันมาใช้กับรังสีแกมมาที่แผ่ออกมาจากไอโซโทปรังสีได้

การทดลองที่ 9 : การสลายตัวของสารกัมมันตรังสี (Radioactive Decay)

จุดประสงค์ : เพื่อศึกษาการสลายตัวของสารกัมมันตรังสีซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงภายในนิวเคลียส เพื่อให้นิวเคลียสที่เสถียรกว่าเดิมพร้อมกับปลดปล่อยรังสี อัตราการลดลงของสารกัมมันตรังสี ขึ้นโดยตรงกับปริมาณและเป็นปฏิภาคกลับกับค่าครึ่งชีวิต

การทดลองที่ 10 : การสาธิตการประยุกต์เทคนิคนิวเคลียร์ในอุตสาหกรรม (Demonstration of Nuclear Techniques Applied to Industry)

- การวัดความหนา (Thickness Gauging)
- การแกะรอย (Tracing)
- การศึกษาเรื่องการสึกกร่อน (Wear Studies)
- อัตราการไหลของของไหล (Flow Rate of Fluids)
- การหาระดับ ของของเหลวในภาชนะ (Liquid Level Detection in Sealed Container)

จุดประสงค์ : เพื่อแสดงถึงการใช้ประโยชน์ของรังสีเชิงปฏิบัติในการแก้ปัญหาทางประการสำหรับกิจการอุตสาหกรรม

### 3.2 การออกแบบและสร้างประกอบชุดสาธิต

การออกแบบและสร้างชุดสาธิตที่ทำขึ้นต้องการให้มีขนาดเล็ก เก็บรวบรวมไว้ได้ในกล่องที่บรรจุอุปกรณ์ที่จำเป็นไว้ครบถ้วน และจะต้องมีน้อยชิ้นที่สุด การออกแบบอุปกรณ์แต่ละในหัวข้อการทดลอง จึงต้องพิจารณาถึงอุปกรณ์ที่สามารถจัดเข้าชุดกับอุปกรณ์ในการทดลองหนึ่งและยังสามารถเข้าชุดร่วมกับอุปกรณ์อื่น ในอีกการทดลองหนึ่งหรืออีกหลายการทดลองได้ ดังนั้น ชุดสาธิตนิวเคลียร์นี้ 1 ชุด จึงใช้ทดลองได้เพียงครั้งละ 1 การทดลอง ในการจัดอุปกรณ์เข้าชุดกันครั้งหนึ่ง ๆ แต่จะสามารถเปลี่ยนการจัดอุปกรณ์ให้เข้าชุดและทำการทดลองได้ครบ 10 การทดลองตามหัวข้อที่ 2.1

#### 3.2.1 อุปกรณ์หลักที่ใช้ในชุดสาธิต

อุปกรณ์หลักที่จำเป็นในชุดการทดลองประกอบด้วย

- 3.2.1.1 หัววัดรังสีแบบไกเกอร์-มิลเลอร์
- 3.2.1.2 เครื่องวัดรังสี/อุปกรณ์จับเวลา
- 3.2.1.3 คั่นกำเนิดรังสีแอลฟา เบตา และแกมมา แบบแผ่น
- 3.2.1.4 คั่นกำเนิดรังสีเบตาแบบวงแหวน
- 3.2.1.5 คั่นกำเนิดรังสีเบตาแบบโพลาไรซ์
- 3.2.1.6 คั่นกำเนิดรังสีแกมมาแบบเม็คเรซิน
- 3.2.1.7 ชุดแผ่นกั้นรังสีความหนาต่าง ๆ
- 3.2.1.8 แท่งแม่เหล็กแบบขั้วข้าง

อุปกรณ์เสริมที่ใช้ในชุดการทดลองประกอบด้วย

- 3.2.1.9 กรวยแยก
- 3.2.1.10 ขาดังและที่จับ
- 3.2.1.11 ท่อพลาสติก
- 3.2.1.12 อุปกรณ์นำเม็คเรซินรังสีเข้าท่อ

#### 3.2.2 สารเคมีที่ใช้ในชุดสาธิต

- 3.2.2.1 ยูเรนิลอะซีเตต
- 3.2.2.2 กรดไนตริก 6 N
- 3.2.2.3 กรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น
- 3.2.2.4 เอทิลอะซีเตต



เฉพาะรายการที่ 3.2.2.2 - 3.2.2.4 มิได้จัดไว้ให้ชุดสาธิตเนื่องจากมีอันตราย ต่ออุปกรณ์อื่น หากมีการรั่วหรือซึม แต่จะหาได้จากร้านขายเคมีภัณฑ์ทั่วไป

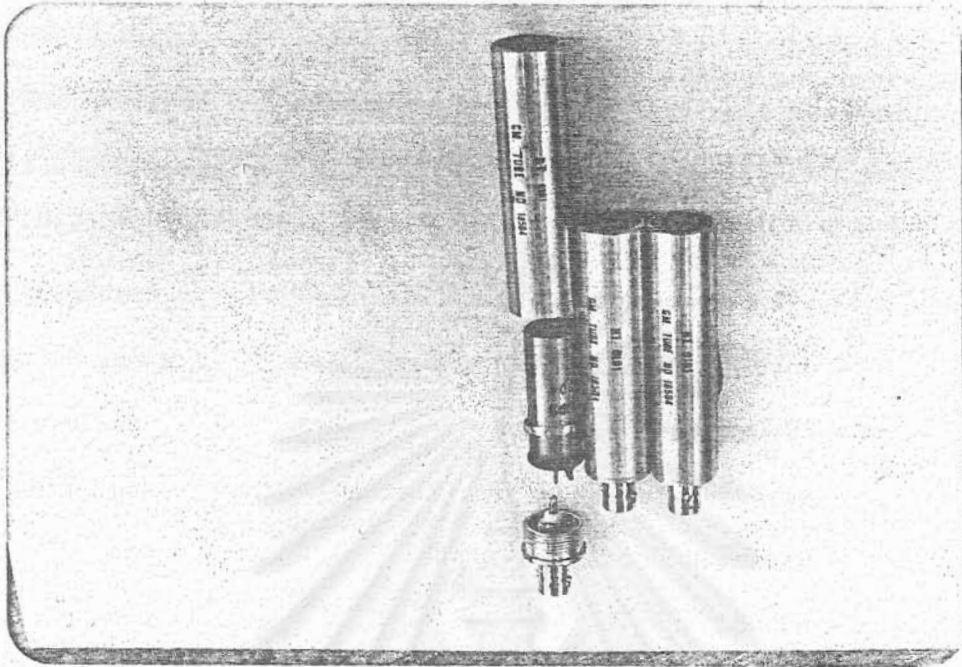
### 3.3 การสร้างประกอบชุดสาธิต

3.3.1 หัววัดรังสีแบบไกเกอร์-มิลเลอร์ ที่ใช้เป็นแบบมีหน้าค่างที่ปลายหลอดทำด้วย ไมกา เส้นผ่าศูนย์กลาง 9 ม.ม. หนา 2.0 - 3.0 ม.ก./ซม<sup>2</sup> มีข้อมูลจำเพาะอื่น ๆ ดังนี้

- คาโทดทำด้วยโลหะผสมโครเมียม-เหล็กหนา	250 ม.ก./ซม <sup>2</sup>
- แก๊สที่บรรจุ : นีออน อาร์กอน และซาไลเจน	
- ความยาวของหลอดที่ไวต่อรังสี	39 ม.ม.
- แรงดันไฟฟ้าที่เริ่มของพลาสมา (Plateau)	400 โวลท์
- แรงดันไฟฟ้าที่ควรใช้ในการปฏิบัติ	500 "
- ความยาว พลาสมา	200 "
- ความชันของพลาสมาสูงสุด	0.04 % ต่อโวลท์
- เดทไทม์ (dead time) ที่ 500 โวลท์	90 ไมโครวินาที
- อุณหภูมิในช่วงใช้งานได้	70° ถึง -40° ซ
- อายุการใช้งานที่ 25° ซ	5 x 10 <sup>10</sup> จำนวนนับ

เนื่องจากหน้าค่างของหลอดหัววัดนี้บางและทะลุง่าย จึงต้องมีวัสดุปกปิดอีกชั้นหนึ่ง คือ หลอดอะลูมิเนียมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.0 ซม. ยาว 7.5 ซม. หน้าค่างทำด้วยตะแกรงลวด อะลูมิเนียม ขนาดห่างของลวด 1 ม.ม. อีกปลายหนึ่งเป็นเกลียวเปิดออกได้ (เพื่อเปลี่ยนหลอด เมื่อชำรุด) โดยมีขั้วต่อไฟฟ้าแบบ BNC ไว้เพื่อสะดวกในการถอดชุดหัววัดรังสีจากสายไฟเลี้ยงแบบ Coaxial

หัววัดรังสี เมื่อประกอบกับหลอดอะลูมิเนียมจะอยู่ในตำแหน่งที่หน้าค่างของหัววัดรังสี ห่างจากตะแกรงอะลูมิเนียมประมาณ 1.5 ม.ม. รูปที่ 1 แสดงถึงหลอดไกเกอร์-มิลเลอร์ หลอดอะลูมิเนียมและขั้วต่อแบบ BNC



รูปที่ 1 หลอดโกลีเกอร์-มิลเลอร์ หลอดอะลูมิเนียมชั้นนอกและหัวต่อแบบ BNC

### 3.3.2 เครื่องวัดรังสี/อุปกรณ์จับเวลา

เครื่องวัดรังสี/อุปกรณ์จับเวลา ออกแบบเพื่อความสะดวก ง่ายต่อผู้ใช้งาน และต้องให้มีขนาดเล็กกระทัดรัดโดยรวมเอาส่วนต่าง ๆ ของระบบวัดรังสีที่จำเป็นและสอดคล้องกันไว้ในเครื่องเดียวกัน ส่วนของระบบวัดได้แก่

3.3.2.1 แหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูงปรับค่าได้ 0-1000 โวลต์ 100 ไมโครแอมแปร์ สำหรับจ่ายศักดาไฟฟ้า ณ จุดทำงานของหัววัดโกลีเกอร์-มิลเลอร์รุ่นต่าง ๆ โดยเฉพาะที่เลือกมาใช้กับชุดสาธิตนี้ คือ NT 0101 เป็นของบริษัท ฟิลลิปส์ เบอร์ 18504 มีช่วงศักดาไฟฟ้าทำงานระหว่าง 400-600 โวลต์

3.3.2.2 ภาคขยายสัญญาณจากหัววัดรังสีแบบการเข้า 2 ทาง ในลักษณะภาคขยายผลรวม (summing amp) ช่วยให้เครื่องวัดใช้หัววัดรังสีได้พร้อมกัน 2 หัววัดในเวลาเดียวกัน เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบวัด



3.3.2.3 ภาคนับรังสีและแสดงผล เป็นภาคนับ 5 หลีก แสดงผลเชิง เลข ค่ายโคโอดแปลงแสงเจ็ดส่วน สามารถนับจำนวนได้สูงสุด  $10^5 - 1$  จำนวนนับ

3.3.2.4 ภาคนับเวลา เนื่องจากการวัดรังสีเป็นการนับจำนวนอนุภาคที่ตก กระทบหัววัดรังสีต่อหน่วยเวลา ดังนั้นค่าจำนวนนับที่อ่านบนส่วนแสดงผล จะต้องหยุดด้วยเวลาที่ตั้ง ภายในตัวเครื่อง ซึ่งเลือกได้จาก 0.1, 1 และ 10 นาที คูณด้วย 2 และ 5 หมายถึงตั้ง เวลา ได้ค่าสุด 0.1 นาที และสูงสุด 50 นาที หรือควบคุมจากเกทภายนอกได้

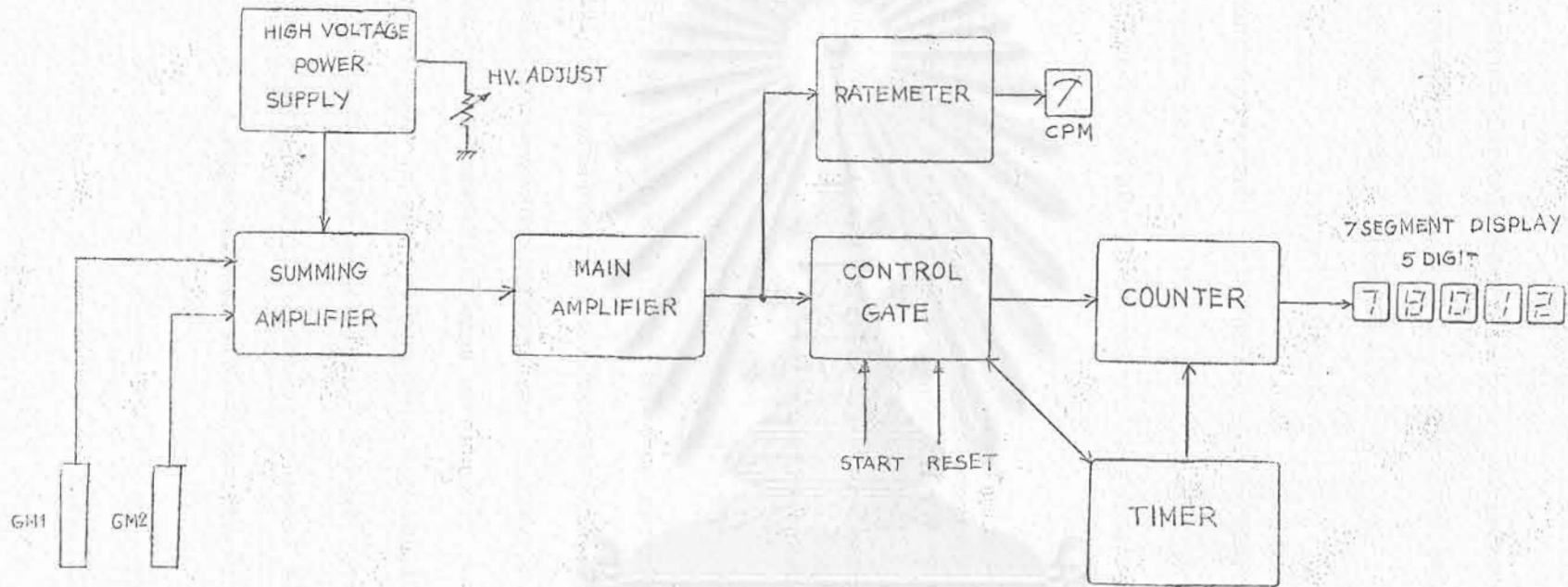
3.3.2.5 ภาคนับรังสีเฉลี่ยหรือเรทมิเตอร์ เป็นส่วนของระบบนับรังสีซึ่งทำ หน้าที่ประมาณค่าปริมาณนับต่อนาที CPM ได้ด้วยเวลาอันสั้น เหมาะกับงานสาธิตการเปลี่ยนแปลง ความเข้มรังสี และการทดลองเลื่อนระยะทางประมาณระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสี ก่อนทำ การวัดจริงเพื่อหาค่าการทดลองต่าง ๆ

3.3.2.6 แหล่งจ่ายไฟฟ้าคักคาต่ำสำหรับจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับส่วนต่าง ๆ ของระบบนับรังสีที่กล่าวมาทั้งหมด จากการใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลท์ 50 เฮิร์ตซ์

แผนภาพชุดอุปกรณ์วัดรังสี / อุปกรณ์จับ เวลา แสดงไว้ในรูปที่ 2 และรูปอุปกรณ์ วัดรังสี อุปกรณ์จับเวลา ที่ประกอบแล้วเสร็จแสดงไว้ในรูปที่ 3

### 3.3.3 ต้นกำเนิดรังสีแอลฟา เบตา และแกมมา แบบแผ่น

ต้นกำเนิดรังสีแอลฟา เตรียมโดยใช้วิธีอิเล็กโตรลิติก ดีโพสิชัน (electrolytic deposition) จากสารละลาย  $^{241}\text{Am}$  ในกรดไนตริก 0.5 M ให้เกาะที่แผ่นเหล็กโรสนิม ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 18 ม.ม. หนา 0.4 ม.ม. โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางของแหล่งกำเนิดรังสี 14 ม.ม. หลังจากล้างแผ่นกำเนิดรังสีหลาย ๆ ครั้งด้วยน้ำกลั่น แล้วนำไปปรับเทียบกับแหล่งกำเนิดรังสี  $^{241}\text{Am}$  มาตรฐานให้ได้ประมาณ 0.1  $\mu\text{Ci}$  และประกอบเป็นแผ่นสำเร็จกับแผ่นพลาสติก เส้นผ่าศูนย์กลาง 25.12 ม.ม. 2 ชั้น มีวงแหวนอะลูมิเนียมรัดขึ้นทั้งสองไว้ตามแผนภาพในรูปที่ 4 เนื่องจากแหล่งกำเนิดรังสีวางคว่ำหน้ากับพื้นไม่ได้ จึงต้องมีกล่องเก็บแบบไม่มีส่วนสัมผัสกับผิวหน้าของส่วนที่เป็นรังสี แผ่นต้นกำเนิดรังสีแอลฟาและตลับเก็บที่ประกอบแล้วเสร็จ แสดงไว้ตามรูปที่ 5

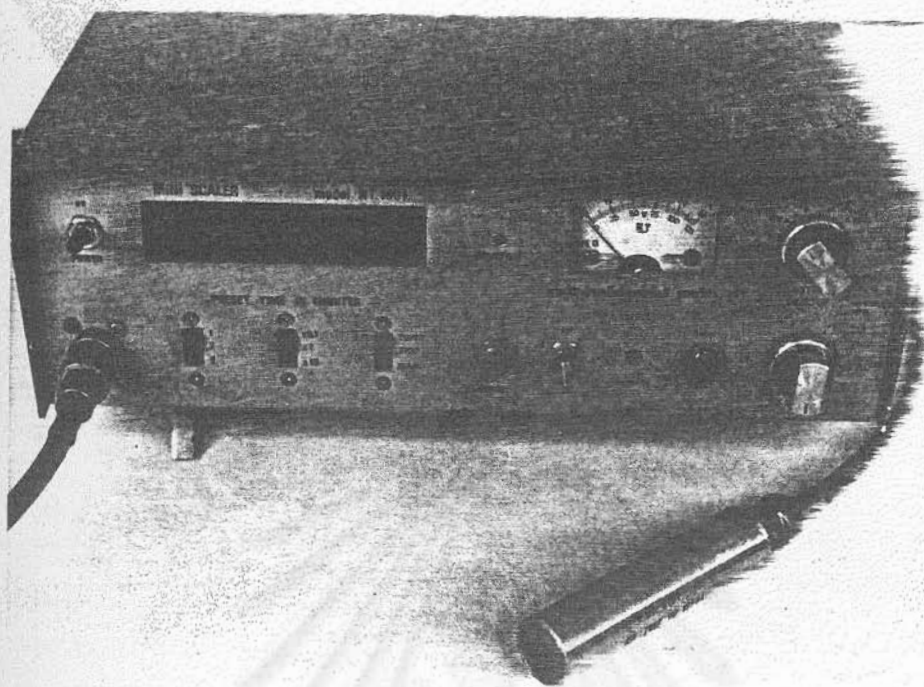


สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2 แผนภาพชุดอุปกรณ์วัดรังสี/อุปกรณ์จับเวลา

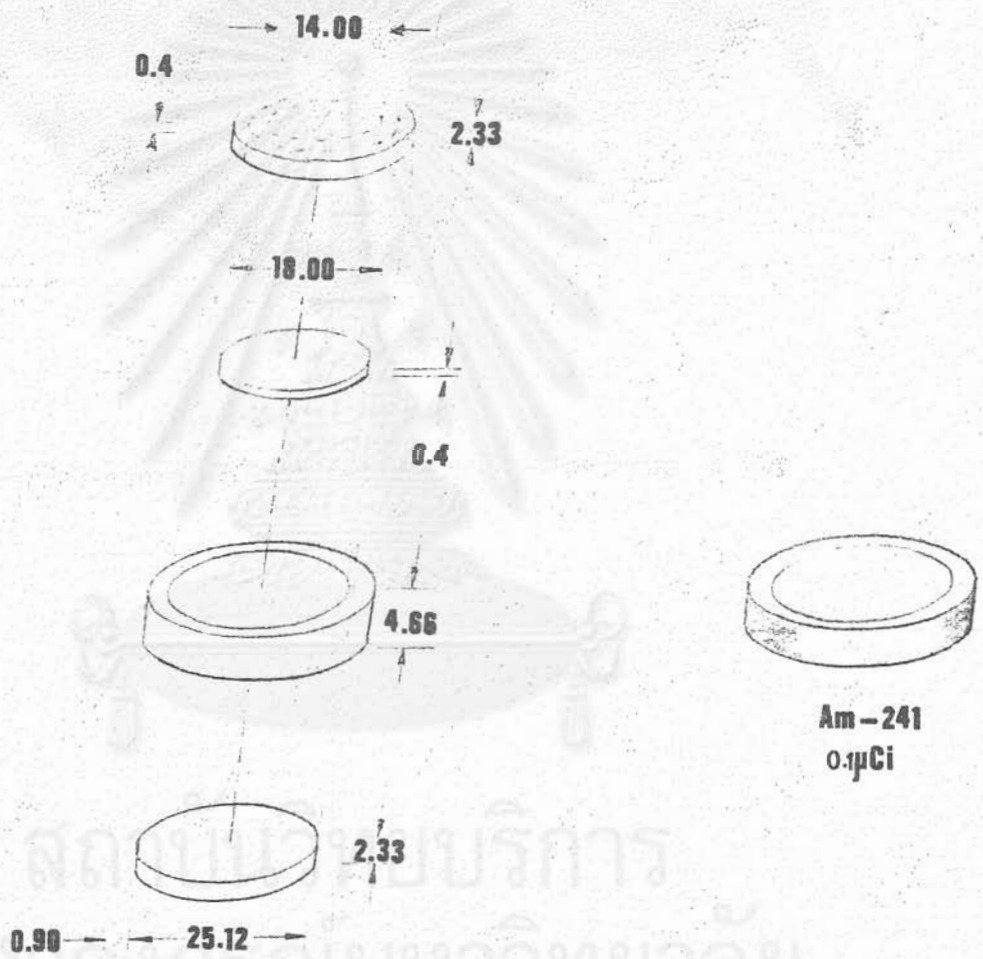
DATE JUNE 1985	TITLE MINI SCALER NT-1802
DESIGNED NT. STAFF	NUCLEAR TECHNOLOGY FAC. OF ENGINEERING



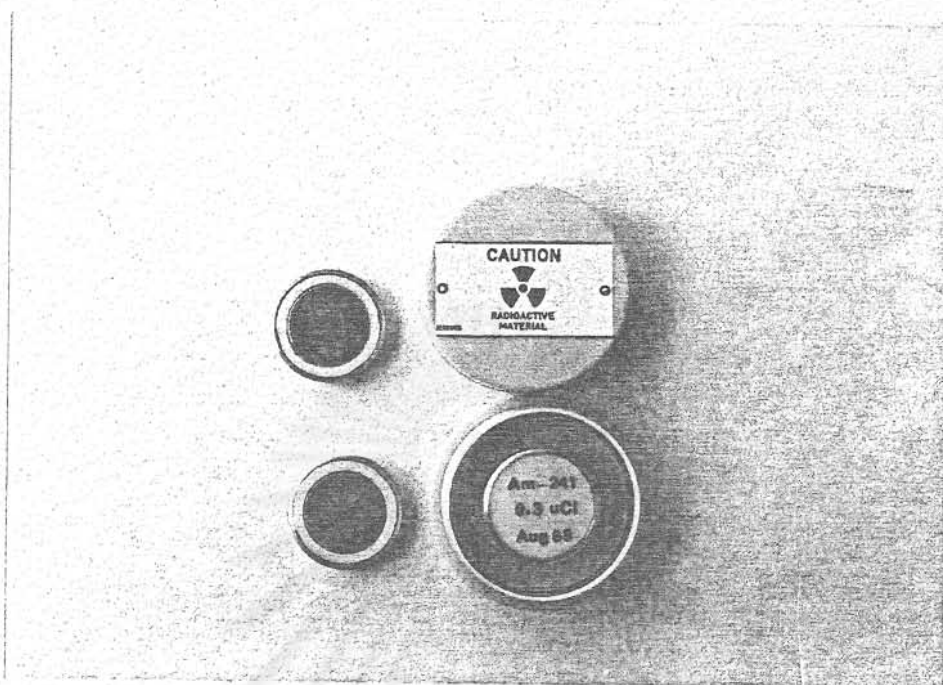


รูปที่ 3 อุปกรณ์วัดรังสี/อุปกรณ์จับเวลา และตัววัดไกเกอร์-มิลเลอร์

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

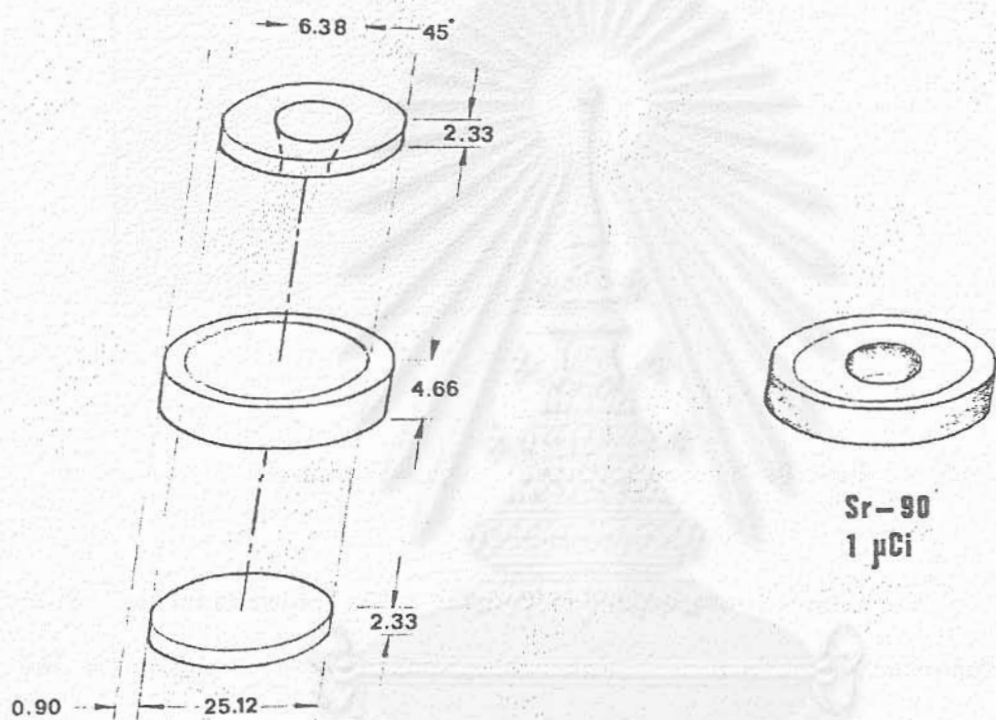


รูปที่ 4 แผนภาพ ขนาด และการประกอบต้นกำเนิดรังสี แอลฟา ( $^{241}\text{Am}$ )



รูปที่ 5 ต้นกำเนิดรังสีแอลฟา ( $^{241}\text{Am}$ ) แบบแผ่นและดิสก์เก็บ

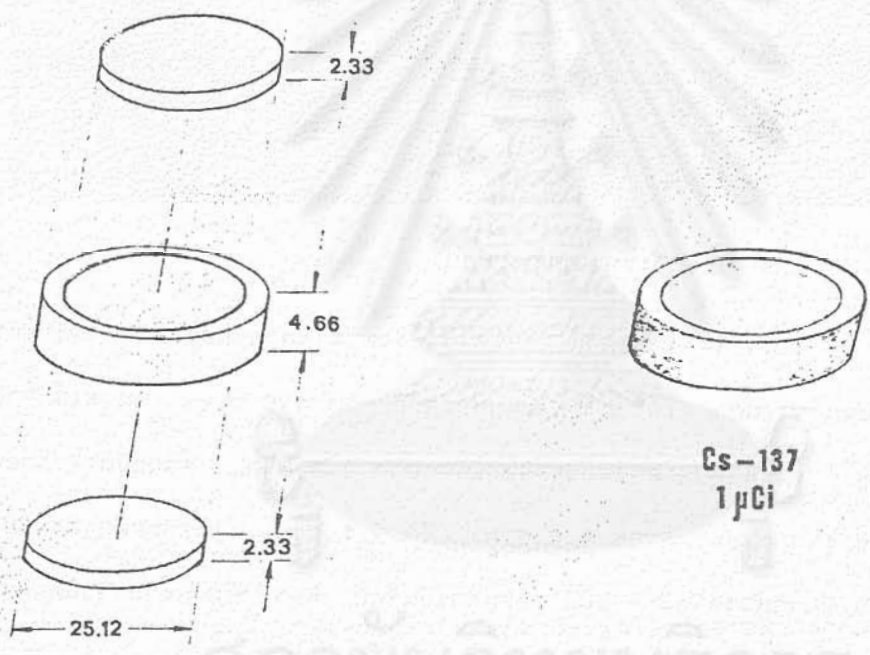
ต้นกำเนิดรังสีเบตา และแกมมา แบบแผ่น เตรียมโดยใช้สารละลาย  $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{y}$  และ  $^{137}\text{Cs}$  ในกรดไนตริกประมาณ  $0.1 \text{ M}$  หยดลงบนแผ่นพลาสติกที่ทำหลุมไว้ที่จุดศูนย์กลาง โดยคำนวณให้ได้ความแรงรังสี  $1 \text{ } \mu\text{Ci}$  และ  $3 \text{ } \mu\text{Ci}$  สำหรับต้นกำเนิดรังสีเบตาและแกมมาตามลำดับ การประกอบ เป็นแผ่นใช้ประกบแผ่นที่หยดสารรังสีลงด้วยแผ่นพลาสติกความหนาเท่ากัน โดยเจาะรูไว้ เส้นผ่าศูนย์กลาง  $6.38 \text{ ม.ม.}$  สำหรับต้นกำเนิดรังสีเบตา ส่วนต้นกำเนิดรังสีไม่ต้องเจาะรู แผนภาพแสดงการประกอบและขนาดของแผ่นต้นกำเนิดรังสีเบตาและแกมมาแบบแผ่น แสดงไว้ในรูปที่ 6 และที่ 7 ตามลำดับ ต้นกำเนิดรังสี 2 ชนิดนี้ที่ทำแล้วเสร็จแสดงไว้ในรูปที่ 8



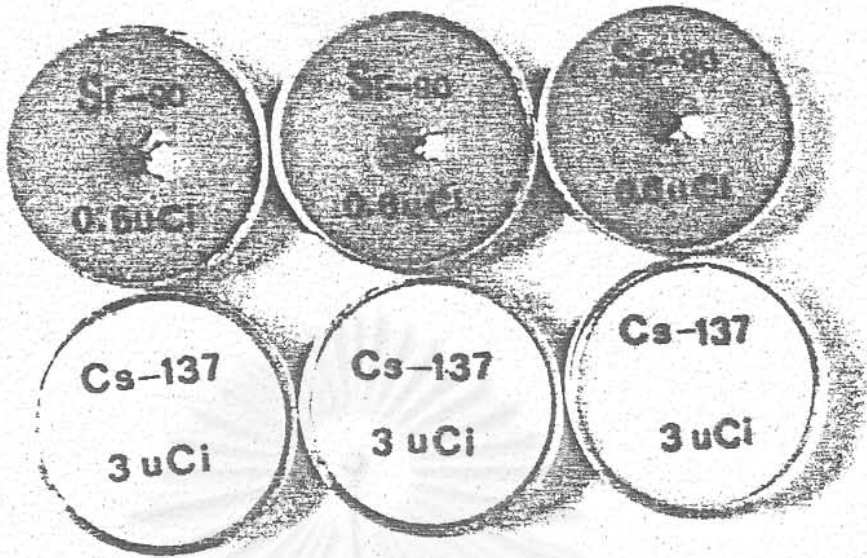
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 6 แผนภาพ ขนาด และการประกอบต้นกำเนิดรังสี เบตา ( $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ )





รูปที่ 7 แผนภาพ ขนาด และการประกอบต้นกำเนิดรังสีแกมมา ( $^{137}\text{Cs}$ )

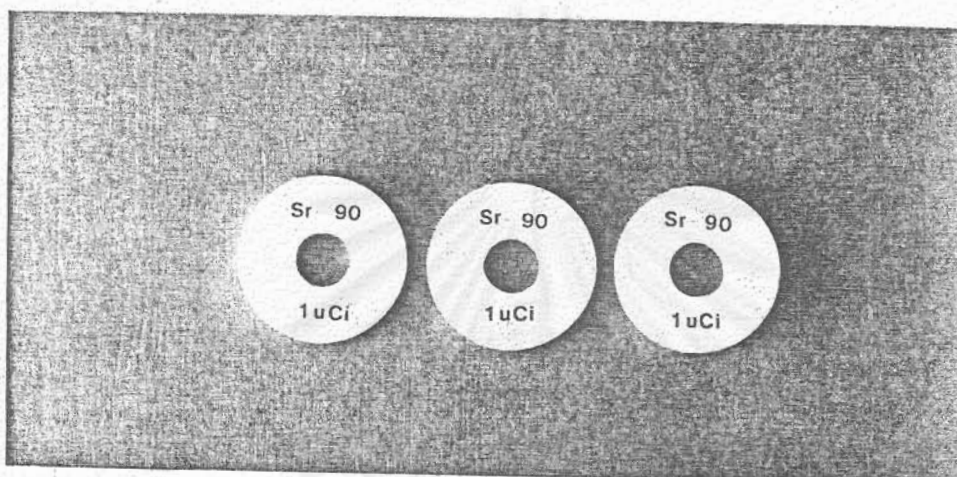


รูปที่ 8 ต้นกำเนิดรังสีเบตา ( $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{y}$ ) ด้านบนและต้นกำเนิดรังสีแกมมา ( $^{137}\text{Cs}$ ) ด้านล่าง

#### 3.3.4 ต้นกำเนิดรังสีเบตาแบบวงแหวน

ต้นกำเนิดรังสีเบตาแบบวงแหวนใช้เฉพาะในการทดลองที่ 7 ในหัวข้อเรื่องการกระเจิงของอนุภาคเบตา เตรียมโดยใช้แผ่นอะคริลิกหนา 0.5 ซม. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.8 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลางของรูตรงกลางขนาด 1.3 ซม. ด้านหนึ่งเจาะร่องขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2 ซม. กว้าง 0.2 ซม. ลึก 0.1 ซม. เพื่อหยดสารละลาย  $^{90}\text{Sr}$  ลงและทำให้แห้ง มีความแรงรังสี 1  $\mu\text{Ci}$  ต่อต้นกำเนิดรังสี แล้วจึงปิดทับด้วยการฉีดยกเกอร์ทับ รูปที่ 9 แสดงถึงต้นกำเนิดรังสีแบบวงแหวนที่เตรียมขึ้น

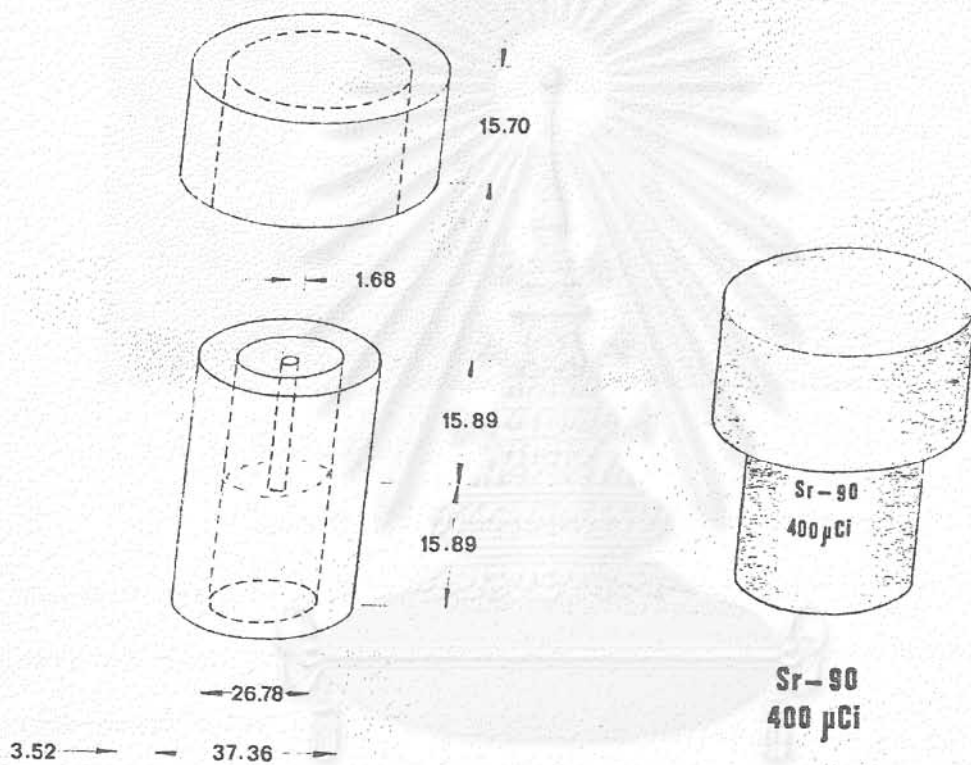
สถาบันวิจัยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 9 ต้นกำเนิดรังสีเบตาแบบวงแหวน

### 3.3.5 ต้นกำเนิดรังสีเบตาแบบให้ลำรังสี

ต้นกำเนิดรังสีเบตาแบบให้ลำรังสีเตรียมโดยใช้สารละลาย  $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{y}$  ในกรดไนตริก 0.1 M หยดลงและทำให้แห้งที่จุดศูนย์กลางที่ทำเป็นหลุมไว้ที่แท่งพลาสติก Superlene ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 26.78 ซม. สูง 15.89 มม. คำนวณให้ได้ความแรงรังสี 400  $\mu\text{Ci}$  ขึ้นบีบรังสีให้เป็นลำ (Collimator) ทำด้วยวัสดุและเส้นผ่าศูนย์กลางเดียวกัน สูง 15.89 มม. ในการประกอบใช้ยึดแท่งพลาสติกทั้งสองมีลงในกระปุกตะกั่วหนา 3.52 มม. เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 37.36 มม. สูง 35.3 มม. พร้อมฝาปิดทำด้วยตะกั่วเช่นกัน ตามแผนภาพในรูปที่ 10 และต้นกำเนิดชนิดนี้เมื่อเตรียมแล้วเสร็จแสดงไว้ในรูปที่ 11

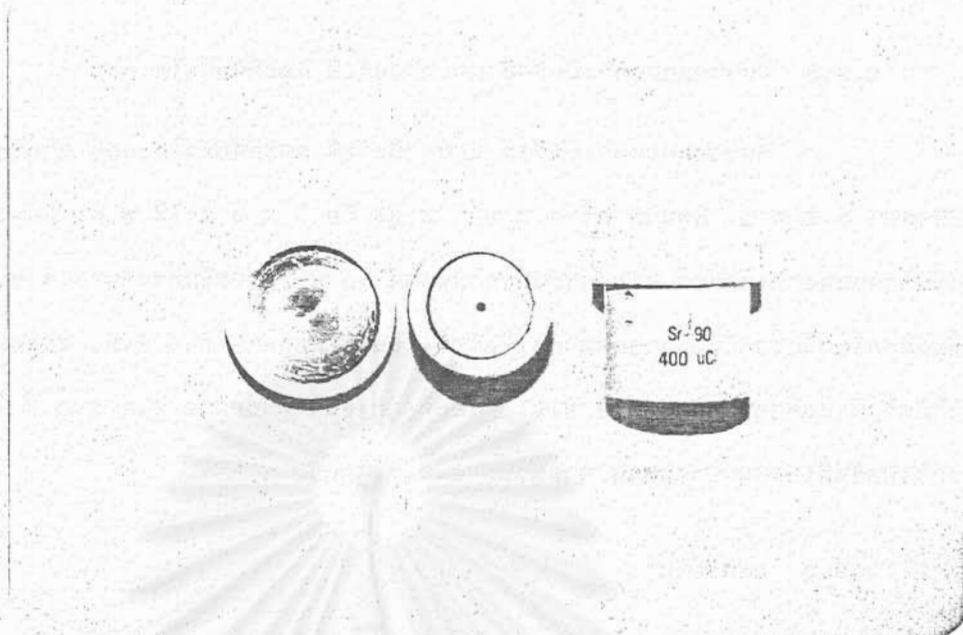


สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 10 แผนภาพ ขนาด และการประกอบคั่นกำเนิดรังสีเบตา ( $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ )

แบบให้ลำรังสี





รูปที่ 11 ต้นกำเนิดรังสีเบตาแบบให้ลำรังสี

### 3.3.6 ต้นกำเนิดรังสีแบบเม็ดเรซิน

ต้นกำเนิดรังสีแบบเม็ดเรซินใช้เฉพาะการทดลองที่ 10 ในหัวข้อเรื่อง อัตราการไหลของของไหล เตรียมโดยใช้เรซินชนิดบวก (Amberite IR 120) ดูดจับ  $^{137}\text{Cs}$  จากสารละลายในเตรท และล้างด้วยน้ำกลั่นจนน้ำที่ล้างได้หมดรังสี ในปริมาตร 0.5 ลูกบาศก์เซนติเมตรของเม็ดเรซิน เตรียมให้ได้ความแรงรังสีประมาณ 20  $\mu\text{Ci}$

### 3.3.7 ต้นกำเนิดรังสีแกมมา $^{137}\text{Cs}$ บนแกนพลาสติก

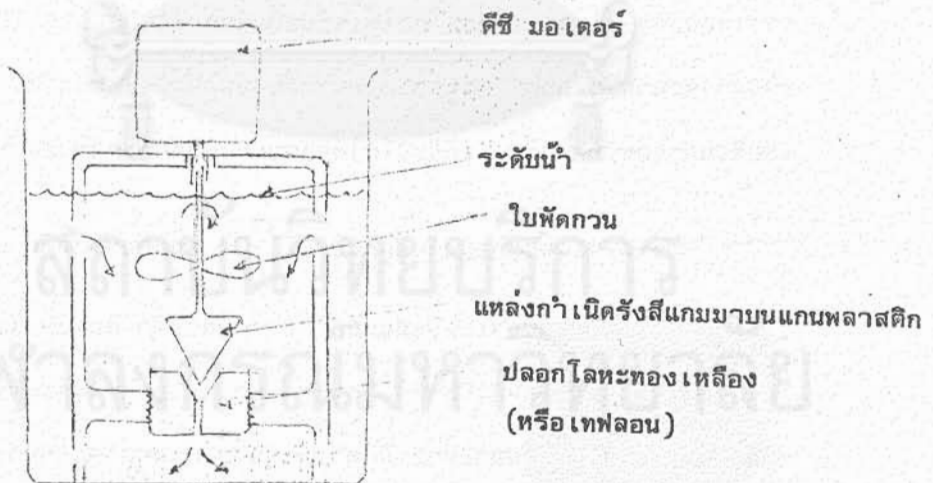
ต้นกำเนิดรังสีแกมมาบนแกนพลาสติก ออกแบบเฉพาะสำหรับการทดลองที่ 10 ในหัวข้อ การศึกษาเรื่องการสีกหรือ ทำโดยใช้แกนต้นอะคลิลิก เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 ซม. ยาว 8 ซม. ที่ปลายข้างหนึ่งทำเป็นรูปสี่เหลี่ยม เส้นผ่าศูนย์กลางด้านโตของสี่เหลี่ยม 0.8 ซม. สูง 1.2 ซม. การฝังต้นกำเนิดรังสีลงใช้วิธีฝังต้นกำเนิดรังสีแบบเม็ด ตามหัวข้อ 2.3.6 ลงบนผิวของแกนรูปสี่เหลี่ยมโดยใช้ฮ็อทซีเรซินเป็นตัวยึด ความแรงรังสีที่เตรียมได้โดยฝังเม็ดเรซินเพียงชั้นเดียวโดยใช้ต้นกำเนิดรังสีแบบเม็ดเรซินที่มีความแรงรังสี 20  $\mu\text{Ci}$  ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีค่าประมาณ 5  $\mu\text{Ci}$

### 3.3.8 ชั้นวางแหล่งกำเนิดรังสี แผ่นกำบังรังสี และที่จับหัวไกเกอร์

ชั้นวางแหล่งกำเนิดรังสี แผ่นกำบังรังสี และที่จับหัวไกเกอร์ ทำด้วยแผ่นอะคริลิกหนา 0.5 ซม. มีขนาด กว้าง x ยาว x สูง คือ 7 x 8 x 12 ซม. มีร่องให้เลื่อนชั้นวางแหล่งกำเนิดรังสี และ/หรือแผ่นกำบังรังสี 10 ชั้น แต่ละชั้นห่างกัน 1.0 ซม. แผ่นชั้นที่สอดเข้าในร่องมีหลุมวางแหล่งกำเนิดรังสี เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 ซม. และหลุมวางแผ่นกำบังรังสี เส้นผ่าศูนย์กลาง 3.8 ซม. โดยที่หลุมเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.8 ซม. นี้ ใช้วางแหล่งกำเนิดรังสีแบบวงแหวน ตามหัวข้อ 2.3.4 ได้ด้วย

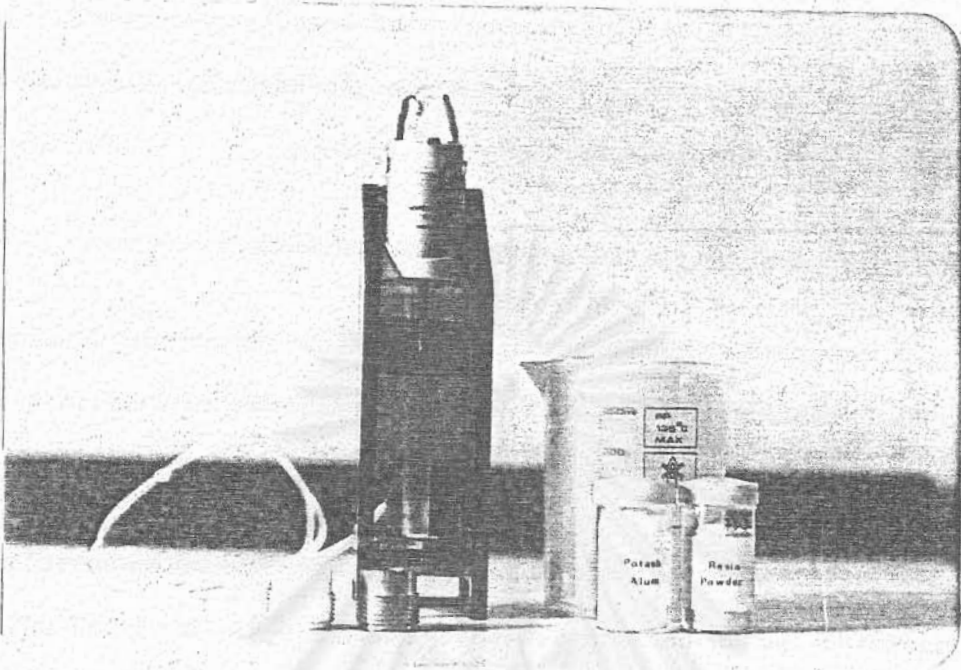
### 3.3.9 อุปกรณ์อื่น ๆ

อุปกรณ์อื่น ๆ เช่น ชุดแผ่นกันรังสีความหนาต่าง ๆ แท่งแม่เหล็กอุตสาหกรรมแบบซี่ข้าง กรวยแยก (Separating funnel) ขาตั้ง (Stand) ที่จับ (Clamps) ก่อพลาสติก เหล่านี้จัดซื้อมาจากตลาดและนำมาดัดแปลงให้เข้ากับชุดสาธิต

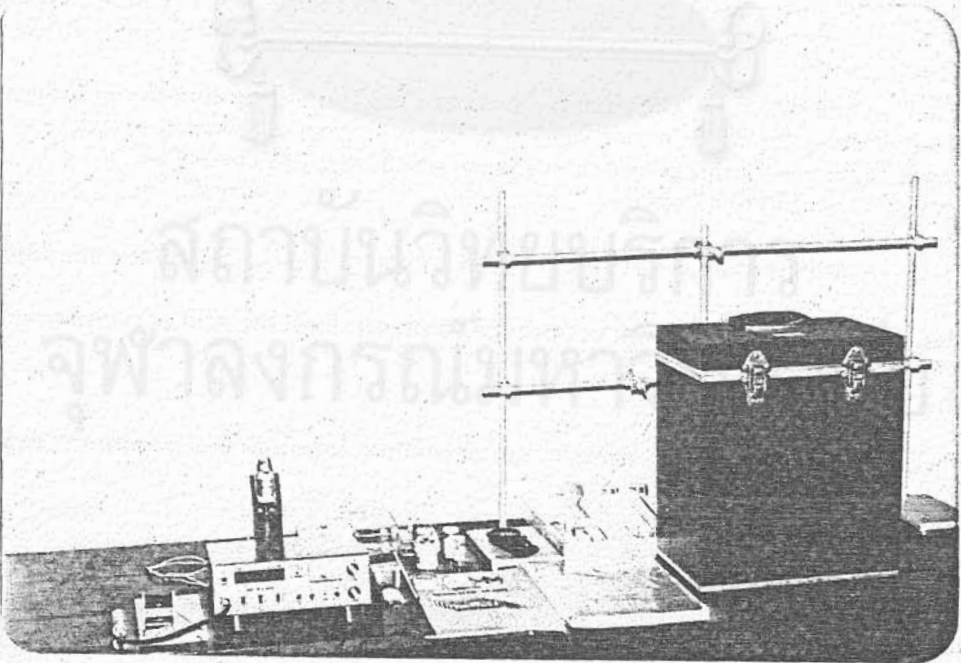


รูปที่ 12.1 แผนภาพต้นกำเนิดรังสีแกมมาบนแกนพลาสติกที่ประกอบอยู่ในชุด

การศึกษาเรื่องการสีกหรือ



รูปที่ 12.2 ภาพชุดการศึกษาเรื่องการลิกหระอ



รูปที่ 13 แสดงอุปกรณ์ต่าง ๆ ครบชุดสำหรับ 'ชุดสาธิตนิวเคลียร์'

#### 4. การทดสอบการใช้งาน

การทดสอบการใช้งานในที่นี้จะแสดงถึงผลการทดลองในแต่ละการทดลองว่าได้ผลอย่างไร ตรงตามกับจุดประสงค์ของการทดลองเพียงใด โดยแสดงเป็นค่าตัวเลขที่ได้จากการทดลองจริง ๆ ซึ่งนำเสนอในรูปแบบของตาราง หรือ เส้นกราฟ

##### 4.1 ผลการทดลองที่ 1 เรื่อง ปรากฏการณ์ของกัมมันตรังสี

จุดประสงค์ : เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ของกัมมันตรังสีด้วยการใช้เครื่องมือวัดรังสีบอกความแตกต่างของรังสีอัลฟา รังสีเบตา และรังสีแกมมา โดยอาศัยอำนาจการทะลุทะลวงที่แตกต่างกัน

ผลการทดลองแสดงไว้ตามตารางที่ 1 ซึ่งแสดงว่ารังสีอัลฟาไม่สามารถวิ่งทะลุกระดาษสมุดธรรมดาได้ ไม่สามารถทะลุอากาศขนาดความหนา 3 ซม.ได้ สำหรับรังสีเบตาทะลุแผ่นอะลูมิเนียมความหนา  $434 \text{ mg/cm}^2$  ได้ แต่ทะลุแผ่นตะกั่วหนา  $2191 \text{ mg/cm}^2$  ไม่ได้ และรังสีแกมมาทะลุผ่านแผ่นตะกั่วหนา  $2191 \text{ mg/cm}^2$  ได้ประมาณร้อยละ 42 (รังสีแกมมาพลังงาน  $0.66 \text{ MeV}$  จาก  $^{137}\text{Cs}$ )

##### 4.2 ผลการทดลองที่ 2 เรื่อง ลักษณะสมบัติของหัววัดรังสีแบบไกเกอร์-มิลเลอร์

จุดประสงค์ : เพื่อเรียนรู้ลักษณะและเงื่อนไขการใช้งานของหัววัดรังสีแบบไกเกอร์-มิลเลอร์ โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตรานับรังสีและแรงดันไฟฟ้าที่ใช้

ผลการทดลองแสดงไว้ตามตารางที่ 2 และรูปที่ 14 ซึ่งได้ลักษณะสมบัติของหัววัดรังสีแบบไกเกอร์-มิลเลอร์ชนิดหน้าตาต่างปลายหลอดของบริษัทฟิลิปส์ จำกัด เบอร์หลอด Z P1400 ดังนี้

	กำหนดโดยผู้ผลิต	ตามผลการทดลองนี้
แรงดันไฟเริ่มต้น	325 โวลท์	300 โวลท์
แรงดันไฟที่เริ่มต้นพลาโท	400 "	425 "
แรงดันไฟขณะใช้งาน	500 "	470 "
ความยาวพลาโท	200 "	175 "
ความชันพลาโท	$0.04 \text{ \%}/\text{V}$	$0.27 \text{ \%}/\text{V}$



#### 4.3 ผลการทดลองที่ 3 เรื่อง ธรรมชาติแรนคอมในการสลายตัวของกัมมันตรังสี

จุดประสงค์ : เพื่อแสดงถึงการผันแปรเชิงสถิติ (statistical variation)

ในการวัดความแรงรังสีเนื่องมาจากธรรมชาติแรนคอม (random) ในกระบวนการสลายตัวของสารกัมมันตรังสี

ผลการทดลองแสดงไว้ตามตารางที่ 3 และตารางที่ 4 ซึ่งสรุปผลได้ดังนี้

##### 4.3.1 อัตรานับรังสีที่อยู่ระหว่าง $\bar{n} - \sigma$ และ $\bar{n} + \sigma$

วัดรังสีที่ระยะไกลแหล่งกำเนิดรังสี มี 15 ค่า คิดเป็น 75%

วัดรังสีที่ระยะไกลแหล่งกำเนิดรังสี มี 12 ค่า คิดเป็น 60%

##### 4.3.2 อัตรานับรังสีที่อยู่ระหว่าง $\bar{n} - s$ และ $\bar{n} + s$

วัดรังสีที่ระยะไกลแหล่งกำเนิดรังสี มี 15 ค่า คิดเป็น 75%

วัดรังสีที่ระยะไกลแหล่งกำเนิดรังสี มี 16 ค่า คิดเป็น 80%

#### 4.4 ผลการทดลองที่ 4 เรื่อง การหักเหของอนุภาค เบตาในสนามแม่เหล็ก

จุดประสงค์ : เพื่อแสดงว่าลำรังสีเบตาซึ่งเป็นอนุภาคประจุลบและสมนัยกับกระแส

ไฟฟ้าซึ่งมีทิศทางการไหลตรงข้ามกับทิศทางอนุภาคจะหักเหได้ในสนามแม่เหล็ก

ผลการทดลองแสดงไว้ตามตารางที่ 5 ซึ่งแสดงว่าลำรังสีที่ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดรังสี 25 ซม. แบนไปจากเดิม 5.5 ซม. ดังนั้นถ้า  $\theta$  เป็นมุมที่ลำรังสีแบนไปจากแนวเดิม

$$\tan \theta = \frac{5.5}{25} = 0.22$$

$$\theta = 12.4 \text{ องศา (ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กที่ใช้ทดลอง)}$$

#### 4.5 ผลการทดลองที่ 5 เรื่อง การดูดกลืนอนุภาค เบตา

จุดประสงค์ : เพื่อศึกษาการดูดกลืนอนุภาค เบตาในตัวกลางที่อนุภาควิ่งผ่าน ทาค่า

พลังงานสูงสุดของอนุภาค เบตาและค่าครึ่งความหนา



ผลการทดลองแสดงไว้ตามตารางที่ 6 และรูปที่ 15.1 ซึ่งจะได้ฟิสิกส์ของอนุภาค เบตา จาก  $^{90}\text{Sr}$  1700 mg/cm<sup>2</sup> และจากสมการ

$$\ln E_{\max} = 6.63 - 3.2376 (10.2146 - \ln R)^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{เมื่อ } 0.01 < E < 2.5 \text{ MeV}$$

ได้ค่าพลังงานสูงสุดของ daughter ของ  $^{90}\text{Sr}$  คือ  $^{90}\text{Y}$  มีค่าเท่ากับ 2.28 MeV (ค่าตามเอกสารอ้างอิงเท่ากับ 2.27 MeV) และค่าครึ่งความหนา (half-value thickness) ของอนุภาคเบตา 2.28 MeV นี้ หาได้จากกราฟรูปที่ 15.2 เป็น 160 mg/cm<sup>2</sup>

#### 4.6 ผลการทดลองที่ 6 เรื่อง อันตรกิริยาของรังสีแกมมา กับสสาร

วัตถุประสงค์ : เพื่อศึกษาอันตรกิริยาของรังสีแกมมา กับสสารตัวกลางที่รังสีวิ่งผ่าน

ผลการทดลองแสดงไว้ตามตารางที่ 7 และรูปที่ 16 ซึ่งจะได้ค่าครึ่งความหนาของพลังงานโฟตอน จาก  $^{137}\text{Cs}$  ตามกราฟรูปที่ 16 มีค่าเท่ากับ 6150 mg/cm<sup>2</sup> และค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเชิงมวล ( $\mu_m$ ) มีค่า

$$= 0.693 \times 11.3 \times 10^3 \text{ cm}^2/\text{mg}$$

$$= 1.27 \text{ cm}^2/\text{mg}$$

#### 4.7 ผลการทดลองที่ 7 เรื่อง การกระเจิงของอนุภาค เบตา

วัตถุประสงค์ : เพื่อศึกษาถึงปรากฏการณ์ของการกระเจิงของอนุภาค เบตาเมื่อรังสีเบตาวิ่งผ่านตัวกลาง ซึ่งอาจเป็นแบบการหักเหจากแนวเดิมหรือการกระเจิง หรืออาจจะกระเจิงกลับในทิศตรงข้าม คือ กระเจิงกลับหมด ในกรณีหลังนี้จะขึ้นโดยตรงกับความหนาของตัวกลาง และจะคงที่เมื่อความหนาเป็น  $\frac{1}{4}$  ของฟิสิกส์สูงสุดของอนุภาค เบตา

ตารางที่ 8 และกราฟรูปที่ 17 แสดงถึงผลของเลขอะตอมของตัวสะท้อนอนุภาค เบตา กับการกระเจิงกลับหมดของอนุภาค เบตาจากแหล่งกำเนิดรังสีเบตา  $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$  ตารางที่ 9 และกราฟรูปที่ 18 แสดงผลของความหนาของวัสดุสะท้อนอนุภาค เบตา กับการกระเจิงกลับหลัง สังเกตได้ว่า การกระเจิงกลับหลังจะเริ่มคงที่ เมื่อความหนาเป็น  $\frac{1}{4}$  ของฟิสิกส์ของอนุภาค เบตาพลังงาน 2.28 MeV ของ  $^{90}\text{Y}$  (ดูผลการทดลองที่ 5 เรื่องการหาฟิสิกส์ของอนุภาค เบตาจาก  $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ )

#### 4.8 ผลการทดลองที่ 8 เรื่อง กฎกำลังสองผกผันของการแพร่รังสีแกมมา

วัตถุประสงค์ : เพื่อทดสอบว่าสามารถนำกฎกำลังสองผกผันมาใช้กับรังสีแกมมาที่แผ่ออกมาจากไอโซโทปรังสีได้

ผลการทดลองแสดงไว้ตามตารางที่ 10 และรูปที่ 19 แสดงว่ากฎกำลังสองผกผันนำมาใช้กับรังสีแกมมาที่แผ่ออกมาจากไอโซโทปรังสีได้คือ กราฟที่ลากระหว่างจำนวนนับและส่วนกลับของระยะทาง เป็นเส้นตรง ส่วนปลายของเส้นกราฟที่ค่อนข้างจะมีค่าความชันน้อยลงนั้นเนื่องมาจากเมื่อระยะทางระหว่างแหล่งกำเนิดรังสีถึงหัววัดรังสีสั้นเข้า อัตรานับรังสีจะมากขึ้นตามลำดับ ทำให้เกิดช่วงเวลาหัววัดรังสีทำงานไม่ทัน (dead time) และจะมีรังสีส่วนหนึ่งที่ไม่ถูกนับทำให้เสมือนว่าอัตรานับรังสีน้อยลงเท่าที่เป็นจริง การแก้ dead time สามารถทำได้เมื่อนักศึกษาได้เรียนในระดับสูงต่อไป

#### 4.9 ผลการทดลองที่ 9 เรื่อง การสลายตัวของสารกัมมันตรังสี

วัตถุประสงค์ : เพื่อศึกษาการสลายตัวของสารกัมมันตรังสีซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงภายในนิวเคลียส เพื่อให้นิวเคลียสที่เสถียรกว่าเดิมพร้อมกับปลดปล่อยรังสีออกมา

ผลการทดลองแสดงไว้ตามตารางที่ 11 และรูปที่ 20 จากการคำนวณโดยใช้ข้อมูลตามตารางที่ 11 และสมการที่ 24 หน้า 81 ของหนังสือคู่มือ

$$\begin{aligned}
 t_{1/2} &= \frac{\ln_2 t_2}{\ln(n_1/n_2)} \\
 &= \frac{0.693 \times 90/60}{\ln(153/62)} \\
 &= 1.15 \quad \text{นาที}
 \end{aligned}$$

จากการหาครึ่งชีวิตโดยอาศัยกราฟของการสลายตัวแบบเอ็กโปเนนเชียล ตามรูปที่ 20 ได้ค่าครึ่งชีวิตของโพแทสเซียม-234

หมายเหตุ ตามการทดลองนี้ เพื่อให้ได้โพพรแทกทิเนียม-234 บริสุทธิ์จริง ๆ เมื่อไฮสารละลาย น้ำออกจากกรวยแยกต้องให้บางส่วนของเอทธิลอะซีเตทไหลปนไปกับน้ำด้วย ให้เหลือเอทธิลอะซีเตทในกรวยแยกก่อนไปวัดรังสีประมาณ 8-9 มิลลิลิตรก็เพียงพอ

4.10 ผลการทดลองที่ 10 เรื่อง การสาธิตการประยุกต์เทคนิคนิวเคลียร์ในอุตสาหกรรม

วัตถุประสงค์ : เพื่อแสดงถึงการใช้อยุทธศาสตร์ของรังสีเชิงปฏิบัติในการแก้ปัญหาบางประการสำหรับกิจการอุตสาหกรรม

4.10.1 ผลการทดลองที่ 10 เรื่องที่ 1 การสาธิตการประยุกต์เทคนิคนิวเคลียร์ในอุตสาหกรรม เรื่อง การวัดความหนา

วัตถุประสงค์ : เพื่อวัดความหนาของแผ่นโลหะโดยอาศัยการดูดกลืนรังสีเบตา

ผลการทดลองแสดงไว้ตามตารางที่ 12 และรูปที่ 21 ซึ่งเป็นกราฟเปรียบเทียบ และจากกราฟเปรียบเทียบนี้ จะหาความหนาของแผ่นอะลูมิเนียมตัวอย่างได้

$$= 727.65 \text{ mg/cm}^2$$

$$\text{หรือ} = \frac{727.65 \text{ mg/cm}^2}{2.70 \text{ g/cm}^3 \times 1000 \text{ mg/g}}$$

$$= 0.270 \text{ cm}$$

4.10.2 ผลการทดลองที่ 10 เรื่องที่ 2 การสาธิตการประยุกต์เทคนิคนิวเคลียร์ในอุตสาหกรรม เรื่องการแกะรอย

วัตถุประสงค์ : เพื่อสาธิตการใช้อนุภาครังสีในการแกะรอยหาตำแหน่งรั่วของท่อที่ฝังในที่ดิน

ผลการทดลองแสดงไว้ตามตารางที่ 13 และรูปที่ 22 ซึ่งจะได้รอยรั่ว มี 2 แห่ง คือที่ 8.5 ซม. และที่ 14.5 ซม. จากปลายท่อ(ก) ตามลำดับ



หมายเหตุ ตำแหน่งที่ถูกคือคือ 8.2 ซม. และ 14.4 ซม. จากปลายท่อ(ก) ตามลำดับ

4.10.3 ผลการทดลองที่ 10 เรื่องที่ 3 การสาธิตการประยุกต์เทคนิคนิวเคลียร์ในอุตสาหกรรมเรื่อง การศึกษาการสึกหรอ

วัตถุประสงค์ : เพื่อตรวจสอบการสึกหรอของเพลลาและปลอกกัน เนื่องมาจากการขัดสี

ผลการทดลองแสดงไว้ตามตารางที่ 14 ซึ่งจะได้สัดส่วนของความแรงรังสีจากปลอกทองเหลืองและปลอกเทฟลอน เท่ากับ 8.14

4.10.4 ผลการทดลองที่ 10 เรื่องที่ 4 การสาธิตการประยุกต์เทคนิคนิวเคลียร์ในอุตสาหกรรมเรื่อง การหาอัตราไหลของของไหล

วัตถุประสงค์ : เพื่อวัดอัตราการไหลของน้ำในระบบปิดอันหนึ่งด้วยการใช้สารรังสี

ผลการทดลองแสดงไว้ตามตารางที่ 15 ซึ่งจะได้อัตราไหลเชิงเส้นของน้ำในการทดลองนี้ = 156.25 ซม./วินาที และอัตราไหลเชิงปริมาตรของน้ำในการทดลองนี้ = 122.72 ซม.<sup>3</sup>/วินาที

4.10.5 ผลการทดลองที่ 10 เรื่องที่ 5 การสาธิตการประยุกต์เทคนิคนิวเคลียร์ในอุตสาหกรรมเรื่อง การวัดระดับของเหลวในภาชนะปิด

วัตถุประสงค์ : เพื่อสาธิตการใช้เทคนิคนิวเคลียร์ในการวัดระดับของเหลวในภาชนะปิด

ผลการทดลองแสดงไว้ตามตารางที่ 16 และกราฟตามรูปที่ 23 จากกราฟ

- 1) ระดับน้ำอยู่สูงจากก้นบีกเกอร์ 4.7 ซม.
- 2) ปริมาตรของน้ำในบีกเกอร์ =  $\frac{22}{7} \times \left(\frac{6.4}{2}\right)^2 \times 4.7$  ซม.<sup>3</sup>  
151 ซม.<sup>2</sup>

## จากการวัดระดับและการตวง

- |                                  |                      |
|----------------------------------|----------------------|
| 1) ระดับน้ำอยู่สูงจากก้นบีกเกอร์ | 4.65 ซม.             |
| 2) ปริมาตรของน้ำในบีกเกอร์       | 150 ซม. <sup>3</sup> |



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 ผลการทดลองเรื่องปรากฏการณ์ของกัมมันตรังสี

แหล่งกำเนิดรังสี	ความแรงรังสี (จำนวนนับต่อนาที) เมื่อมีตัวกลางกั้น				ระยะจากหัววัด ถึงแหล่งกำเนิดรังสี
	อากาศ	กระดาษสมุด	แผ่นอะลูมิเนียม (434 mg/cm <sup>2</sup> )	แผ่นตะกั่ว (2191 mg/cm <sup>2</sup> )	
ธรรมชาติ	21.4	-	-	-	-
อัลฟา	67	20	-	-	1
อัลฟา	17	-	-	-	4
เบตา	7970	7403	623	22	4
แกมมา	4205	3765	1998	1771	4



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2 ผลการทดลองเรื่อง ลักษณะสมบัติของหัววัดรังสีแบบไกเกอร์ - มิลเลอร์

แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	อัตราการนับต่อนาที	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	อัตราการนับต่อนาที
300	926	525	63824
325	2474	550	70656
350	3395	575	70770
375	8420	600	82148
400	42819	625	93739
425	55491	650	114102
450	59069		
475	57736		
500	63124		

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ 3 ผลการทดลองเรื่อง ธรรมชาติแรงคอมในการสลายตัวของกัมมันตรังสี

	วัดที่ระยะใกล้ (ห่างแหล่งกำเนิดรังสี 5 นิ้ว)			วัดที่ระยะไกล (ห่างแหล่งกำเนิดรังสี 12 นิ้ว)		
	n	n- $\bar{n}$	(n- $\bar{n}$ ) <sup>2</sup>	n	n- $\bar{n}$	(n- $\bar{n}$ ) <sup>2</sup>
1	1448	26.3	691.69	159	2.1	4.41
2	1424	2.3	5.29	150	-6.9	47.61
3	1416	-5.7	32.49	173	16.1	259.21
4	1442	20.3	412.09	138	-18.9	357.21
5	1358	-63.7	4057.69	155	-1.9	3.61
6	1418	-3.7	13.69	160	3.1	9.61
7	1442	20.3	412.09	166	9.1	82.81
8	1398	-23.7	561.69	152	-4.9	24.01
9	1445	23.3	542.89	165	8.1	65.61
10	1504	82.3	6773.29	178	21.1	445.21
11	1424	2.3	5.29	150	-6.9	47.61
12	1463	41.3	1705.69	149	-7.9	62.41
13	1423	1.3	1.69	159	2.1	4.41
14	1420	-1.7	2.89	173	16.1	259.21
15	1392	-29.7	.09	114	-42.9	1840.41
16	1439	17.3	299.29	165	8.1	65.61
17	1377	-44.7	1998.09	124	-32.9	1082.41
18	1360	-61.7	3806.89	170	13.1	171.61
19	1437	15.3	234.09	166	9.1	82.81
20	1404	-17.7	313.29	172	15.1	228.01

$$\Sigma n = 28434$$

$$\Sigma (n-\bar{n})^2$$

$$\Sigma n = 3138$$

$$\Sigma (n-\bar{n})^2$$

$$\bar{n} = 1421.7$$

$$= 22,752.2$$

$$\bar{n} = 156.9$$

$$= 5143.8$$

ตารางที่ 4 ผลการทดลองเรื่อง ธรรมชาติแรงแคมในการสลายตัวของกัมมันตรังสี (ต่อ)

	จำนวนนับต่อนาที (วัดที่ระยะไกลแหล่งกำเนิดรังสี)	จำนวนนับต่อนาที (วัดที่ระยะใกล้แหล่งกำเนิดรังสี)
$\bar{n}$	1421.7	156.9
s	34.60	16.45
$\sigma$	37.7	12.52

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5 ผลการทดลองเรื่อง การดูดกลืนอนุภาคเบตา

ตำแหน่งวัดรังสี	ความแรงรังสี ค่อนาที
0 ซม. จากแนวลำรังสีไม่มีสนามแม่เหล็ก	6230
0 ซม. จากแนวลำรังสี มีสนามแม่เหล็ก	2487
1 ซม. " " " "	3138
2 ซม. " " " "	4009
3 ซม. " " " "	4777
4 ซม. " " " "	5261
5 ซม. " " " "	5427
5.5 ซม. " " " "	5516
6 ซม. " " " "	5250
7 ซม. " " " "	5057
8 ซม. " " " "	4612

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6 ผลการทดลองเรื่อง การดูดกลืนอนุภาคเบตา

ความหนา แผ่นดูดกลืนรังสี (mg/cm <sup>2</sup> )	ความแรงรังสีรวม (จำนวนนับ)	เวลาที่วัด (นาที)	อัตราการนับรังสี (cpm)	อัตราการนับรังสีสุทธิ (cpm)
-	232	10	23.2	(back ground)
-	6100	2	3050	3026.8
63.18	3646	2	1824	1800.8
140.83	2448	2	1153.5	1200.8
228.78	1487	2	691.5	720.3
275.44	1272	2	611	612.8
399.26	650	2	262.5	301.8
439.11	472	2	225.5	212.8
556.36	235	2	99.5	94.3
838.37	181	5	32	13.0
1103.8	138	5	25.4	4.4
2072.96	253	10	25.3	2.1

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ 7 ผลการทดลองเรื่อง อันตกริยาของรังสีแกมมาจากับสาร

ความหนา แผ่นดูดกลืนรังสี (mg/cm <sup>2</sup> )	ความแรงรังสี (จำนวนนับ)	เวลาที่วัดรังสี (นาที)	อัตราการนับรังสี (cpm)	อัตราการนับรังสีสุทธิ (cpm)
-	205	10	20.5	(back ground)
-	1241	1	1241	1220.5
1800.35	1045	1	1045	1024.5
2191.68	2068	2	1034	1013.5
3782.28	4379	5	875.8	855.3
3804.22	4405.5	10	471.6	451.1

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8 ผลการทดลอง เรื่อง การกระเจิงของอนุภาคเบตา หัวข้อผลของ เลขอะตอมของ  
วัสดุสะท้อนรังสีกับการกระเจิงกลับหลัง

ชนิดของวัสดุ	เลขอะตอม	ความแรงรังสีรวม	เวลานับรังสี	อัตรานับรังสีต่อนาที	ความแรงรังสีสุทธิต่อนาที
-	-	780	5	156	(back ground)
ไม้	6	898	5	179.6	23.6
กระดาษ	6	998	5	199.6	43.6
อะลูมิเนียม	13	1256	5	251.2	95.6
แก้ว	14	1330	5	266	110.0
เหล็ก	26	2091	5	418.2	262.2
ทองแดง	29	2238	5	447.6	291.6
ดีบุก	50	3572	5	714.4	558.4
ตะกั่ว	82	4449	5	889.8	733.8

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 9 ผลการทดลองเรื่อง ความหนาของวัสดุสะท้อนรังสีกับการกระเจิงกลับหลังของอนุภาค  
เบตา

ความหนา $\text{mg}/\text{cm}^2$	ความแรง รังสีรวม	เวลานับ รังสี	อัตรานับรังสี ต่อนาที	ความแรงรังสี สุทธิต่อนาที
0	6989	5	1397.8	ค่าความแรงรังสี จากสภาพแวดล้อม
58.18	7294	5	1458.8	61.0
135.83	8479	5	1695.8	237.0
223.78	8557	5	1711.4	252.6
270.44	8710	5	1742.0	283.2
394.26	8789	5	1757.8	299
434.11	8686	5	1737.2	278.4
551.36	9300	5	1860	401.2
1800.35	21883	5	4376.6	2978.8
2191.68	23986	5	4797.2	3399.4
3782.28	24656	5	4931.2	3533.4
3804.22	25034	5	5006.8	3609.0
Sample # 1	16151	5	3230.2	1832.4
Sample # 2	13704	5	2740.8	1343.0



ตารางที่ 10 ผลการทดลองเรื่อง กฎกำลังสองของการแผ่รังสีแกมมา

ระยะจากแหล่งกำเนิดรังสีถึงหัวเครื่องวัด (ซม.)	$1/d^2$	ความเข้มรังสีรวม	เวลาบ่งชี้ (นาท)	อัตราบ่งชี้ (cpm)	ความเข้มรังสีสุทธิ (cpm)
-	-	227	10	22.7	ความเข้มรังสีจากสภาพแวดล้อม
40	$6.25 \times 10^{-4}$	1435	10	143.5	119.8
35	$8.16 \times 10^{-4}$	1946	10	194.6	171.9
30	$1.11 \times 10^{-3}$	2552	10	255.2	232.5
25	$1.6 \times 10^{-3}$	3509	10	350.0	327.3
20	$2.5 \times 10^{-3}$	5386	10	538.6	515.9
16	$3.91 \times 10^{-3}$	8158	10	815.8	793.1
14	$5.10 \times 10^{-3}$	10646	10	1064.6	1041.9
12	$6.94 \times 10^{-3}$	6992	5	1398.4	1375.7
10	0.010	9907	5	1981.4	1958.7
9	0.012	12314	5	2462.8	2440.1
8	0.016	15426	5	3085.2	3062.5
7	0.020	9604	2	4802.0	4779.3
6	0.028	12757	2	6378.5	6355.8
5	0.040	9457	1	9457.0	9434.3



ตารางที่ 11 ผลการทดลองเรื่อง การสลายตัวของสารกัมมันตรังสี (โพแทสเซียม-234)

เริ่มนับ วินาที	เวลาจริง (วินาที)	ความเข้มรังสีรวม	ความเข้มรังสีตอนาที	อัตรานับรังสีสุทธิ (cpm)
0	30	180	180	153
90	120	89	89	62
180	210	48	48	21
-	-	270 จำนวนนับต่อ 10 นาที	27	ความเข้มรังสีจาก สภาพแวดล้อม

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 12 ผลการทดลองเรื่อง การวัดความหนา

ความหนาแน่น แผ่นคูกกลนรังสี (mg/cm <sup>2</sup> )	ความแรงรังสีรวม (จำนวนนับ)	เวลาวัด (นาที)	อัตราการนับรังสี (cpm)	อัตราการนับรังสีสุทธิ (cpm)
-	176	10	17.6	ความแรงรังสี จากสภาพแวดล้อม
5.0	6502	1	6502	6484.4
63.18	4112	1	4112	4094.4
140.83	2875	1	2875	2857.4
228.78	1781	1	1781	1763.4
275.44	1506	1	1506	1488.4
399.26	717	1	717	699.4
439.11	1194	2	597	579.4
556.36	518	2	259	241.4
614.54	923	5	121.9	104.3
692.19	496	5	99.2	81.6
780.14	540	10	54.0	36.4
826.80	440	10	44.0	26.4
950.62	532	20	26.7	9.1
ตัวอย่าง	1506	20	75.3	57.7

ตารางที่ 13 ผลการทดลอง เรื่อง การประยุกต์เทคนิควิเคราะห์ในอุตสาหกรรม เรื่อง การแกะรอย

ระยะจาก ปลายท่อ(ก) (ซม.)	ความแรงรังสี รวมตอนาท	ความแรงรังสี ตอนาท	ระยะจาก ปลายท่อ(ก) (ซม.)	ความแรงรังสีรวม ตอนาท	ความแรงรังสี ตอนาท
-	21	ความแรงรังสีจาก สภาพแวดล้อม	6.5	503	482
2	97	76	7.0	683	662
4	156	135	8.5	774	753
6	384	363	9.0	677	656
8	757	736	12.5	458	437
10	482	461	13.0	612	591
12	424	403	14.5	634	613
14	641	620	15.0	511	490
16	319	298			
18	141	120			

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 14 ผลการทดลองเรื่อง การศึกษาเรื่องการสักรอ

ตัวอย่าง	ความแรงรังสีรวม ใน 10 นาที	ความแรงรังสีสุทธิ ต่อนาที
รังสีจากสภาพแวดล้อม	328	32.8
ตะกอนที่ไคจากปลอกเ พฟลอน	394	6.6
ตะกอนที่ไคจากปลอกทองเ หลอง	865	53.7

สัดส่วนของความแรงรังสีจากปลอกทองเ หลองและปลอกเ พฟลอน

$$= \frac{53.7}{6.6}$$

$$= 8.14$$

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ 15 ผลการทดลองเรื่อง การหาอัตราไหลของของไหล

ระยะระหว่างหัววัดรังสี G.M. หงสอง = 800 ซม.

เส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อ = 1.0 ซม.

ระยะเวลาจากการสังเกตความเข้มรังสีเสกัลเลอว์สูงสุด 2 ครั้ง

ครั้งที่	วินาที
1	4.92
2	5.02
3	5.34
4	5.20
ค่าเฉลี่ย	5.12

ผลการทดลอง

อัตราไหล ซึ่ง สันของน้ำ ในการทดลองนี้ =  $800/5.12$  ซม./วินาที

= 156.25 "

อัตราไหล ซึ่ง ปริมาตรของน้ำ =  $\frac{22 \times (0.5)^2 \times 156.25}{7}$  ซม.<sup>3</sup>/วินาที

= 122.72 "

อัตราไหล ซึ่ง ปริมาตรของน้ำ จากการตรวจ = 125 "

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 16 ผลการทดลองเรื่อง การวัดระดับของเหลวในภาชนะปิด

ความสูงจาก ก้นบีกเกอร์ (ซ.ม.)	ความแรงรังสีรวม ใน 5 นาที	อัตรานับรังสี (cpm)	หมายเหตุ
2.3	615	123	
2.7	610	122	
3.2	920	184	
3.5	1067	213	
3.8	1318	263	
4.3	14622	2924	
4.8	25943	5189	
5.1	28127	5625	
5.5	30394	6079	

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

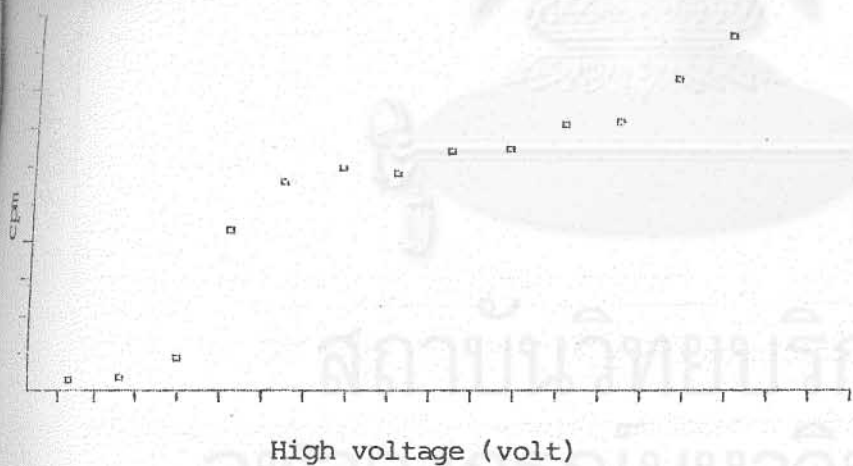
```

#####
#                                           #
# POLYNOMIAL METHOD                         #
#                                           #
#####

```

X (1)	Y (1)
1	2.474
2	3.395
3	8.42
4	42.819
5	55.491
6	59.069
7	57.736
8	63.124
9	63.824
10	70.656
11	70.77
12	82.148
13	93.7390001

Y = -30.7227168 + (25.5198958)X + (-2.50511966)X^2 + (.0969015925)X^3  
 SCALE X-AXIS 1: .75 Y-AXIS 1: 10

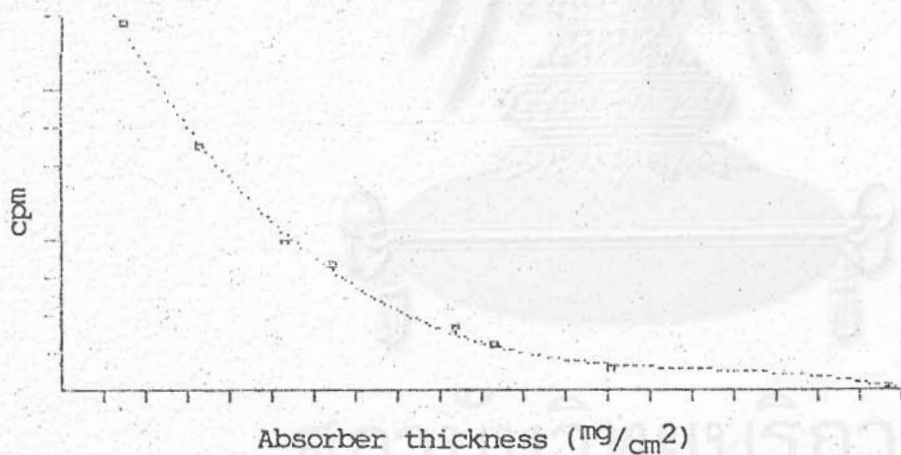


รูปที่ 14 ผลการทดลองลักษณะสมบัติของหัววัดรังสีไอเกอร์-มิลเลอร์

```
#####
#                                     #
#          POLYNOMIAL METHOD          #
#                                     #
#####
```

X(I)	Y(I)
6.318	180.08
14.083	120.08
22.878	72.03
27.544	61.28
39.926	30.18
43.911	21.28
55.636	9.43
83.837	1.3

Y = 235.509926 + (-9.99717948)X + (.150117992)X^2 + (-7.66305287E-5)X^3  
 SCALE X-AXIS 1:4.25 Y-AXIS 1:18.5



รูปที่ 15.1 ผลการทดลองเรื่อง การดูดกลืนอนุภาคเบตา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

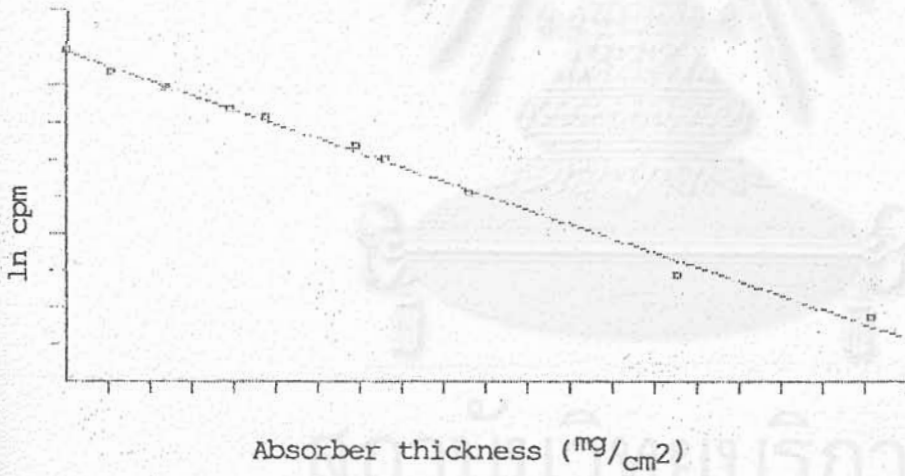


```

#####
#                                     #
#   LEAST SQUARE METHOD               #
#                                     #
#####
    
```

X(1)	Y(1)
0	8.0152
6.318	7.4959
14.083	7.0907
22.878	6.5796
27.544	6.418
39.926	5.7097
43.911	5.3603
55.636	4.5464
83.837	2.5649
110.38	1.4816

$$Y = 7.97840137 + (-.0606203347)X$$
 SCALE X-AXIS 1:5.75 Y-AXIS 1:1.89



รูปที่ 15.2 ผลการทดลองเรื่อง การดูดกลืนอนุภาคเบตา

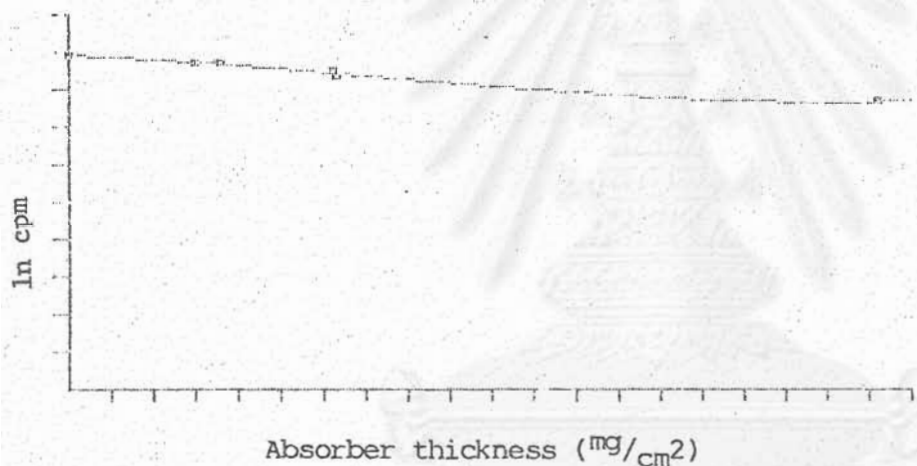
```

#####
#
#          POLYNOMIAL METHOD          #
#
#####

```

X(1)	Y(1)
0	7.107
18.0035	6.932
21.9168	6.921
37.8228	6.751
38.0422	6.678
115.7853	6.116

$Y = 7.10567872 + (-6.74803866E-03)X + (-1.31321394E-04)X^2$   
 $+ (9.99896083E-07)X^3$  SCALE X-AXIS 1:6 Y-AXIS 1:8



รูปที่ 16 ผลของการทดลองเรื่อง อันตติริยาของรังสีแกมมากับความหนาของตัวกลางที่ใช้กัน

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



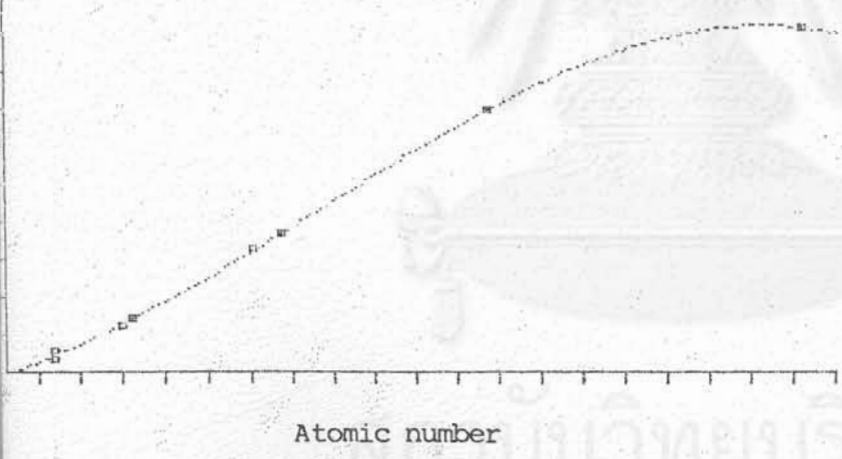
```

* * * * *
*                               *
* POLYNOMIAL METHOD              *
*                               *
* * * * *

```

X(I)	Y(I)
6	2.36
8	4.36
13	9.56
14	11
26	26.22
29	29.16
50	55.84
82	73.38

$$= -1.27959125 + (.634192101)X + (.0208587322)X^2 + (-2.13303973E-04)X^3$$
 SCALE X-AXIS 1:4.25 Y-AXIS 1:8

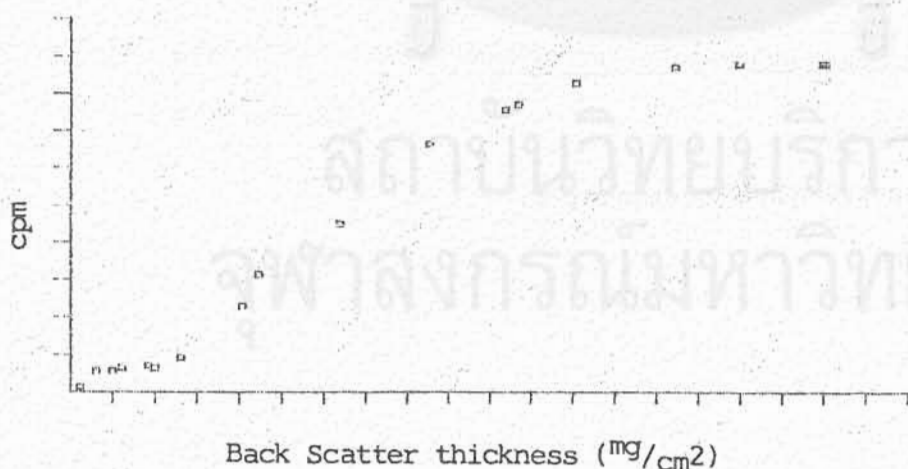


รูปที่ 17 ผลการทดลองเรื่อง การกระเจิงกลับหลังของอนุภาคเบตา กับ เลขอะตอมของตัวสะท้อน

#####  
 # POLYNOMIAL METHOD #  
 #####

X(I)	Y(I)
.5818	6.1
1.3583	23.7
2.2378	25.26
2.7044	28.32
3.9426	29.9
4.3411	27.84
5.5136	40.12
8.6726	99.78
9.5	140.52
13.5038	200.99
18.0035	297.88
21.9168	339.94
22.5003	346.29
25.405	370.98
30.5025	391.92
33.7054	392.54
37.8228	394.62
38.0422	395.12

Y = -8.16667279 + (10.4841838)X + (.548821286)X^2 + (-.0145380586)X^3  
 SCALE X-AXIS 1:2.09 Y-AXIS 1:45



Back Scatter thickness (mg/cm2)

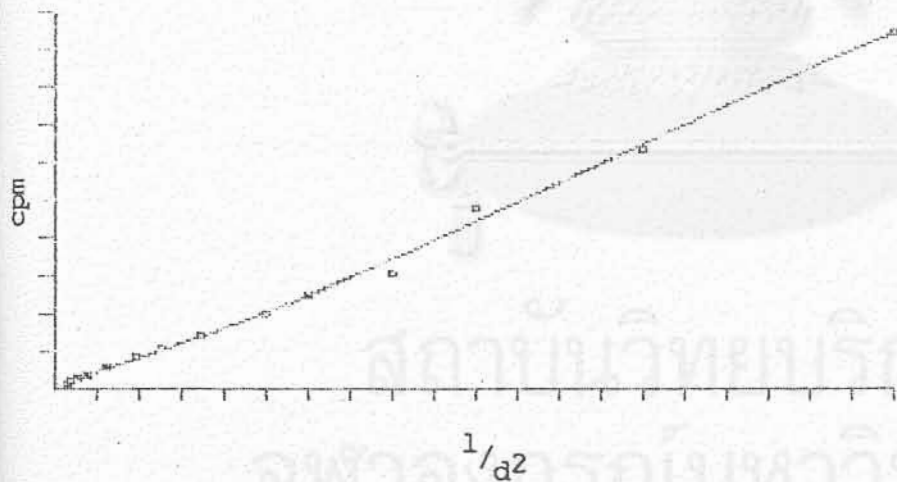
รูปที่ 18 ผลการทดลองเรื่อง การกระเจิงกลับหลังของอนุภาคเบต้า  
 กับความหนาของตัวสะท้อน



#####  
 # POLYNOMIAL METHOD #  
 #####

X(1)	Y(1)
.625	1.198
.816	1.719
1.11	2.325
1.6	3.273
2.5	5.159
3.91	7.931
5.1	10.419
6.94	13.757
10	19.587
12	24.401
16	30.25
20	47.793
28	63.558
40	94.343

Y = .647424887 + (1.5926354)X + (.0383187003)X^2 + (-4.90602875E-04)X^3  
 SCALE X-AXIS 1:2 Y-AXIS 1:10



รูปที่ 19 ผลการทดลองเรื่อง กฎกำลังสองผกผันของการแผ่รังสีแกมมา

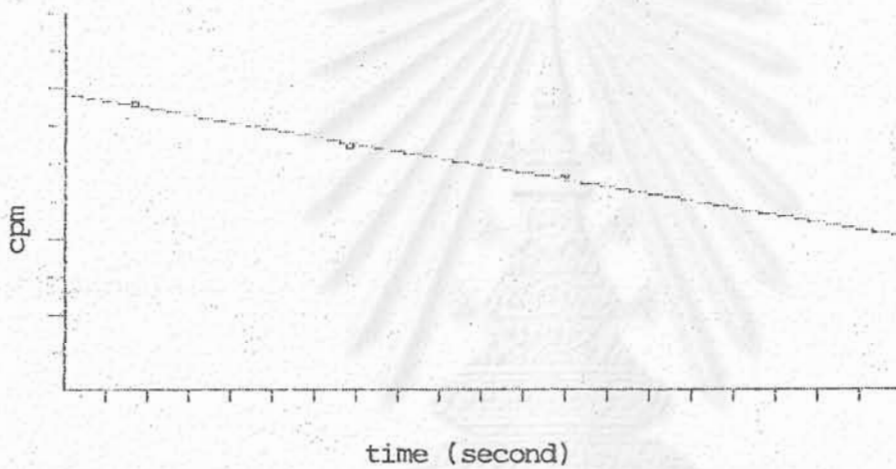
```

#####
#                                     #
#      LEAST SQUARE METHOD           #
#                                     #
#####

```

X(I)	Y(I)
30	2.255
120	1.949
210	1.681

$Y = 2.34433334 + (-3.18888889E-03) X$   
 SCALE X-AXIS 1:17.5 Y-AXIS 1:.3



รูปที่ 20 ผลการทดลองเรื่อง การสลายตัวของสารกัมมันตรังสีโพแทสเซียม-234

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

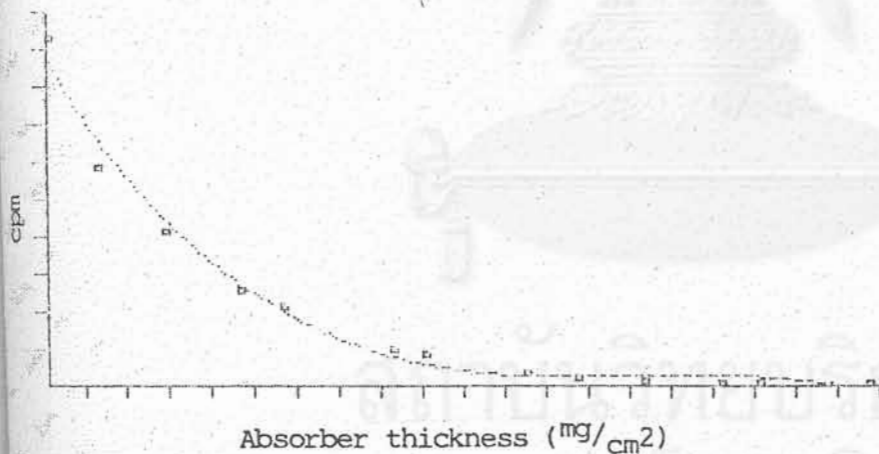
\*\*\*\*\*  
 \* POLYNOMIAL METHOD \*  
 \*\*\*\*\*



X(1)	Y(1)
.5	648.44
6.318	409.44
14.083	285.74
22.878	176.34
27.544	148.84
39.926	69.94
43.911	57.94
55.636	24.14
61.454	10.43
69.219	8.16
78.014	3.64
82.68	2.64
95.062	.91

$$Y = 613.404526 + (-26.8181884)X + (.397715911)X^2 + (-1.94692909E-03)X^3$$

SCALE X-AXIS 1:4.8 Y-AXIS 1:70

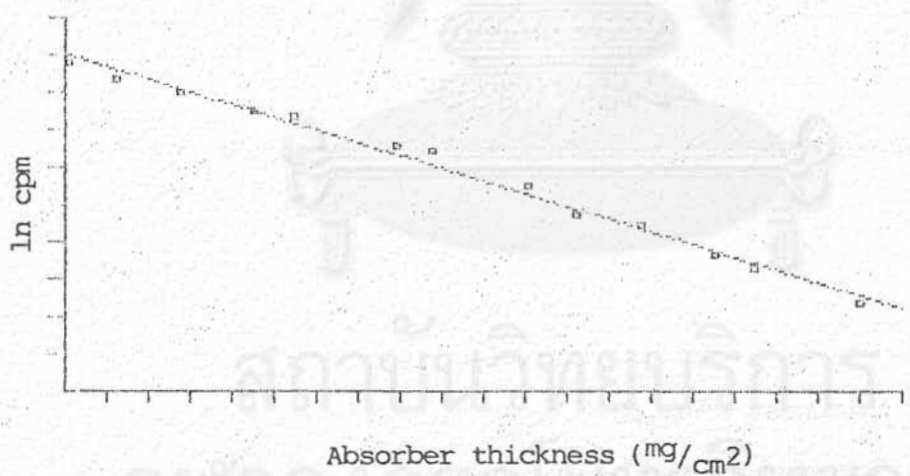


รูปที่ 21.1 ผลการทดลองเรื่อง การวัดความหนาโดยเทคนิคนิวเคลียร์

LEAST SQUARE METHOD

X(I)	Y(I)
.5	8.777
6.318	8.317
14.063	7.957
22.878	7.475
27.544	7.305
39.926	6.55
43.911	6.362
55.636	5.486
61.454	4.647
69.219	4.402
78.014	3.595
82.68	3.273
95.062	2.308

Y = 9.00804378 + (-.0680657521)X  
 SCALE X-AXIS 1:5 Y-AXIS 1:1



รูปที่ 21.2 ผลการทดลองหากราฟมาตรฐานของการหาความหนาของวัสดุ โดยเทคนิคนิวเคลียร์



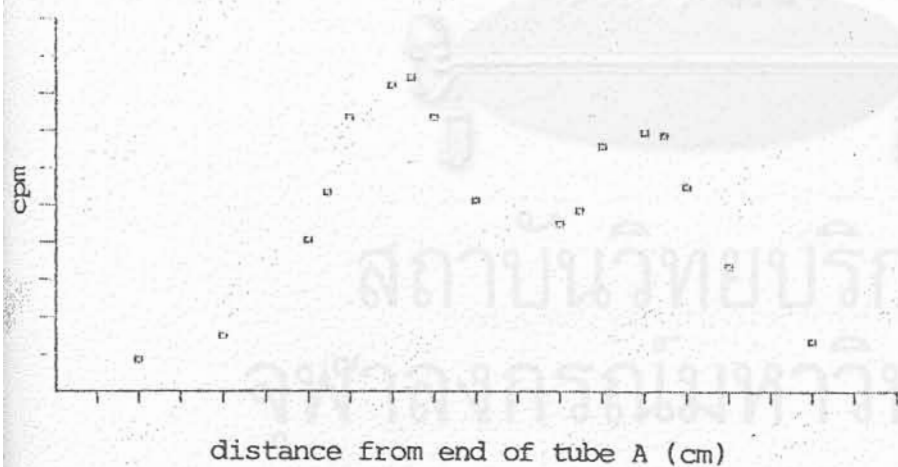
```

#####
#
#          POLYNOMIAL METHOD          #
#
#####

```

X(1)	Y(1)
2	76
4	133
6	363
6.5	482
7	662
8	736
8.5	753
9	656
10	461
12	403
12.5	437
13	591
14	620
14.5	613
15	490
16	298
18	120

$Y = -336.193791 + (194.544047)X + (-10.4371022)X^2 + (.0612239264)X^3$   
 SCALE X-AXIS 1:1 Y-AXIS 1:90

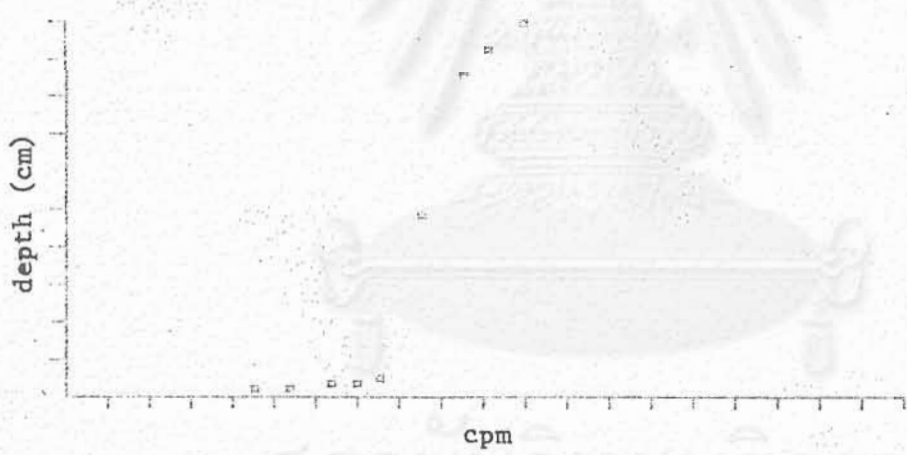


รูปที่ 22 ผลการทดลองเรื่อง การกระออย (หาตำแหน่งรั่วของท่อไนท์ริด)

```
#####
#
# POLYNOMIAL METHOD #
#
#####
```

X(I)	Y(I)
2.3	17.3
2.7	12.2
3.2	18.4
3.5	21.3
3.8	26.3
4.3	292.4
4.8	518.9
5.1	562.6
5.5	607.9

Y = 3433.15945 + (-2897.43296)X + (753.342833)X^2 + (-38.032824)X^3  
 SCALE X-AXIS 1:1.5 Y-AXIS 1:61



รูปที่ 23 ผลการทดลองเรื่อง การวัดระดับของเหลวในภาชนะปิด

สงวนลิขสิทธิ์  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## เอกสารอ้างอิง

1. Principles of Radioisotope Methodology 3<sup>rd</sup> ed., Grafton D. Chase, Joseph L. Rabinowitz, Burgess Publishing Co., 1968.
2. Experiments in Nucleonics, Henry H. Kramer, Wayne J. Gemmitt, Union Carbide Corp., 1968.
3. Experiments in Nuclear Science 2<sup>nd</sup> ed. Grafton D. Chase, Stephen Rituper, John W. Sulcoski, Burgess Publishing Co., 1971.
4. Radioisotope Measurement Applications in Engineering, Robin P. Gardner, Ralph L. Ely, Jr., Reinhold Publishing Cop., 1967.
5. ศึกษาการวัดระดับของเหลวในภาชนะปิดโดยนิวเคลียร์เทคนิค, สุทธิรัตน์ สุวรรณจรัส  
วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี บัณฑิตวิทยาลัย  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2521.

