บรรณานุกรม

1. นเรศร์ จันทน์ขาว , การวิเคราะห์ธาตุด้วยวิธีเรืองรังสีเอกซ์เชิงปฏิบัติ , หน้า 1-51 เอกสารประกอบการสอนนิสิตภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2522.

2. B.J Price and K.M. Field, THE DIRECT ANALYSIS OF "S" AND "Pb" IN FUEL BY NONDISPERSIVE X-RAY FLUORESCENCE, American Laboratory: Telsec Instrument, Ltd, 1974.

3. J.Kuusi,M. Virtanen and P. Janho, HEAVY ELEMENT ANALYSIS BY ISOTOPE-EXCITED X-RAY FLUORESCENCE, Finland: The state Institute for Technical Research, Reactor Laboratory Otaneimi,1971.

4. The International Atomic Energy Agency, PRACTICAL ASPECTS OF ENERGY DISPERSIVE X-RAY EMISSION SPECTROMETER, Vienna: 1979.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ลักษณะพืชัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลักษณะพิกัด

-สมรรถนะของเครื่อง

บรรจุต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นได้	: 4 ไอโซโทป คือ Fe-55 Cd-109 Am-241 และ Co-57 หรืออื่น ๆ
การเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น	: ระบบกล ควบคุมผ่านคีย์
บรรจุตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ได้	: 8 ตัวอย่าง
การเปลี่ยนตัวอย่าง	: ระบบกล ควบคุมด้วยเวลาวิเคราะห์
ระดับของพลังงานกระตุ้น	: 5.9 keV จาก Fe-55 22.2 และ 88 keV จาก Cd-109 60 keV จาก Am-241 122 และ 136 keV จาก Co-57
ธาตุที่วิเคราะห์ได้	: ตั้งแต่ โพแทสเซียม (K) ถึง ยูเรเนียม (U)
ขีดจำกัดในการวัดของบางธาตุ (ไมโครกรัม)	: โพแทสเซียม (K) เท่ากับ 0.68 ทองแดง (Cu) มากกว่า 5 แบเรียม (Ba) เท่ากับ 12.33 ยูเรเนียม (U) เท่ากับ 32.19

-ข้อมูลทางด้านกล

ความเร็วของจานเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น	: 20 รอบ/นาที
ความเร็วของจานเปลี่ยนตัวอย่าง	: 20 รอบ/นาที
เวลาที่ใช้เปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น	
1 หมายเลข	: 35 วินาที
2 หมายเลข	: 40 วินาที
3 หมายเลข	: 45 วินาที
เวลาที่ใช้เปลี่ยนหนึ่งตัวอย่าง	: 4 วินาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

-ข้อมูลทางด้านไฟฟ้า

การควบคุมระบบทางกล	: อิเล็คทรอนิคส์ระบบเชิงเลข
แหล่งจ่ายไฟ	: ไฟกระแสสลับ 220 V.,50 Hz
สลักแม่เหล็กไฟฟ้า	: กินกระแสไฟ 850 mA, 18 V.
มอเตอร์ขับจานเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นและจานเปลี่ยนตัวอย่าง	: กินกระแสไฟ 500 mA, 4.5 V.
มอเตอร์เปิด-ปิด ชุดเกราะกำบังรังสี	: เปิดชุดเกราะกำบังรังสี กินกระแสไฟ 1300 mA, 12 V. ปิดชุดเกราะกำบังรังสี กินกระแสไฟ 860 mA, 12 V.
การแสดงผล	: ไดโอดเปล่งแสง 7 ส่วน แสดงจำนวนตัวอย่างที่บรรจุและตัวอย่างที่เหลืออยู่ภายใน
	: หลอดจุดไส้แสดงตำแหน่งไอโซโทป

-สัดส่วนของเครื่อง

กว้าง X ยาว X สูง (มม.)	: 633 X 1090 X 1050
น้ำหนัก	: ประมาณ 150 กก.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ตาราง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1.

แสดงต้นกำเนิดรังสีประเภทอิเล็กตรอนแคปเจอร์

ไอโซโทป	ครึ่งชีวิต	พลังงาน (keV)
^{7}Be	55 d	0.052
^{41}Ca	1.1×10^{5} yr	3.31
^{44}Ti	10^{3} yr	4.09
^{49}V	330 d	4.51
^{51}Cr	27.8 d	4.95
^{54}Mn	314 d	5.41
^{55}Fe	2.7 yr	5.90
^{57}Co	267 d	6.40
^{58}Co	71 d	6.40
^{59}Ni	7.5×10^{5} yr	6.93
^{65}Zn	245 d	8.05
^{71}Ge	11.4 d	9.25
^{73}As	76 d	9.89
^{75}Se	127 d	10.54

ตารางที่ 2.

แสดงต้นกำเนิดรังสีแกมมา

พลังงาน (keV)	ไอโซโทป	ครึ่งชีวิต	
		วัน	ปี
13	^{239}Pu		2.44×10^{4}
14	^{57}Co	270	
19	^{155}Eu		1.8
32	^{137}Cs		30
33	^{239}Pu		2.44×10^{4}
35	^{125}Sb		2.7
	^{125}I	60	
39	^{145}Sm		1
45	^{210}Pb		22
51	^{239}Pu		2.44×10^{4}
52	^{170}Tm	127	
60	^{241}Am		458
	^{155}Eu		1.8
61	^{145}Sm		1
68	^{182}Ta	115	
69	^{44}Ti		$\sim 10^{3}$
70	^{153}Gd		242
73	^{203}Hg	47	
78	^{44}Ti		$\sim 10^{3}$
79	^{133}Ba		7.2
81	^{133}Ba		7.2
	^{144}Ce	284	
84	^{170}Tm	127	
87	^{155}Eu		1.8
88	^{109}Cd		1.3
97	^{153}Gd	242	
100	^{182}Ta	115	
103	^{153}Gd	242	
105	^{155}Eu		1.8
120	^{154}Eu		16
122	^{57}Co	270	
134	^{144}Ce	284	
136	^{57}Co	270	
145	^{141}Ce	33	
152	^{182}Ta	115	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นกับตัวอย่าง (มม.)	จำนวนนับสุทธิ
2	519
3	696
4	798
5	842
6	857
7	843
8	818
9	778
10	746

ตารางที่ 3 แสดงจำนวนนับสุทธิของยอดพลังงาน Cu-Kα กับระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสี Cd-109 กับตัวอย่างกระดาษกรองมาตรฐานที่มีทองแดง 50 ไมโครกรัม

ความหนา (มม.) / มุม (องศา)	3	5	7	9
+ 20	813	821	812	753
+ 15	823	839	824	761
+ 10	828	846	839	778
+ 5	854	881	845	783
0	875	883	863	815
- 5	840	858	849	795
- 10	836	862	822	781
- 15	815	858	800	759
- 20	804	826	816	720

ตารางที่ 4 แสดงจำนวนนับสุทธิของยอดพลังงาน Cu-Kα ที่ความหนาและมุมต่าง ๆ กับของแผ่นอะคริลิค

วัสดุ / ความหนา(มม.)	อะคริลิค (ACRYLIC)	อะเซทอล (ACETAL)	เทฟลอน (TEFLON)	อะลูมิเนียม (ALUMINIUM)
3	875	835	851	847
5	883	868	860	872
7	863	836	815	807
9	804	787	766	763

ตารางที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนนับสุทธิของยอดพลังงาน Cu-$K\alpha$ กับความหนาที่มุม 0 องศา ของแผ่นอะคริลิค อะเซทอล เทฟลอนและอะลูมิเนียม

ชื่อธาตุ	ค่าพลังงาน(keV)	หมายเลขช่อง
Co	$K\alpha$ = 6.8	77
As	$K\alpha$ = 10.6	118
	$K\beta$ = 11.7	130
Nb	$K\alpha$ = 16.6	184
	$K\beta$ = 18.6	206

ตารางที่ 6 แสดงหมายเลขช่องของยอดพลังงานรังสีเฉพาะธาตุของ Co-$K\alpha$ As-$K\alpha$ As-$K\beta$ Nb-$K\alpha$ และ Nb-$K\beta$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น(มม.)	Cd-109		Am-241
	22.2 keV	88 keV	60 keV
90	112	241	282
95	106	220	262
100	92	208	243
105	67	163	168
110	48	104	144
115	38	76	93
120	14	20	31
125	8	10	18

ตารางที่ 7 แสดงจำนวนนับจริงของยอดพลังงานกระตุ้น 22.2 และ 88 keV ซึ่งเป็นพลังงานกระตุ้นของ Cd-109 และ 60 keV ซึ่งเป็นพลังงานกระตุ้นของ Am-241 กับระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

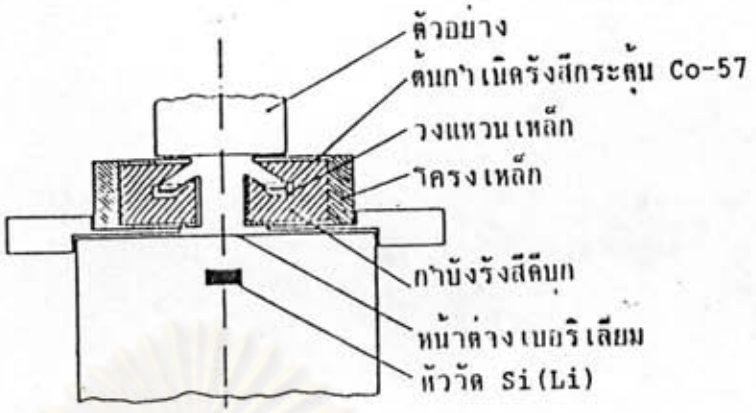
ลักษณะการวางตัวอย่าง	ระยะห่างระหว่างจุดศก.ของตัวอย่าง(มม.)	Co-Kα หมายเลขช่องที่77	As-Kα หมายเลขช่องที่118	As-Kβ หมายเลขช่องที่130	Nb-Kα หมายเลขช่องที่184	Nb-Kβ หมายเลขช่อง206
(Nb)	-	321	81	57	3696	842
(Co)(Nb)(As)	65	330	75	62	3635	839
" "	70	331	73	61	3626	836
" "	75	324	74	61	3651	835

ตารางที่ 8 แสดงจำนวนนับจริงของยอดพลังงานรังสีเฉพาะธาตุของ Co-Kα As-Kα As-Kβ Nb-Kα และ Nb-Kβ กับระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของตัวอย่าง

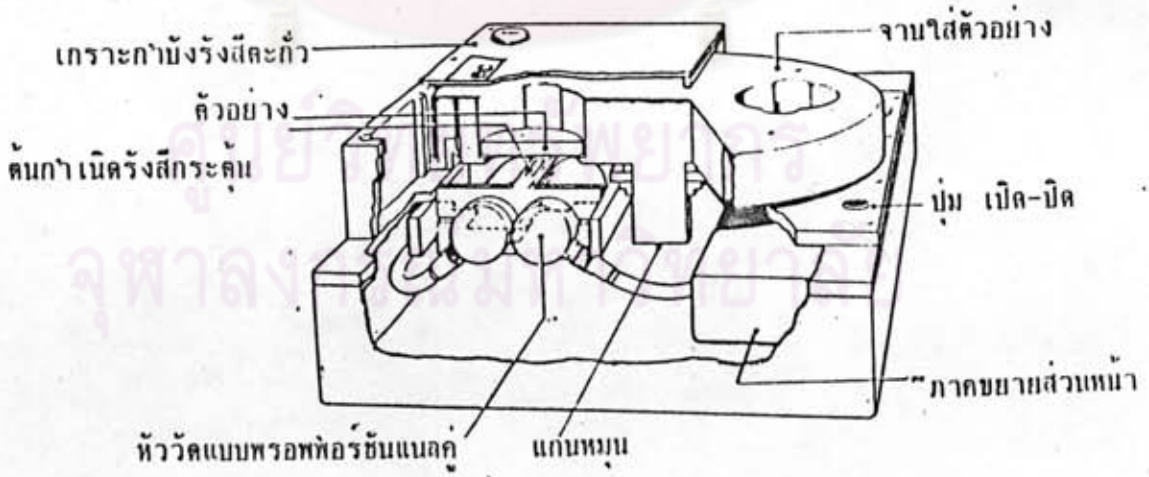
ภาคผนวก ค

รูปภาพ

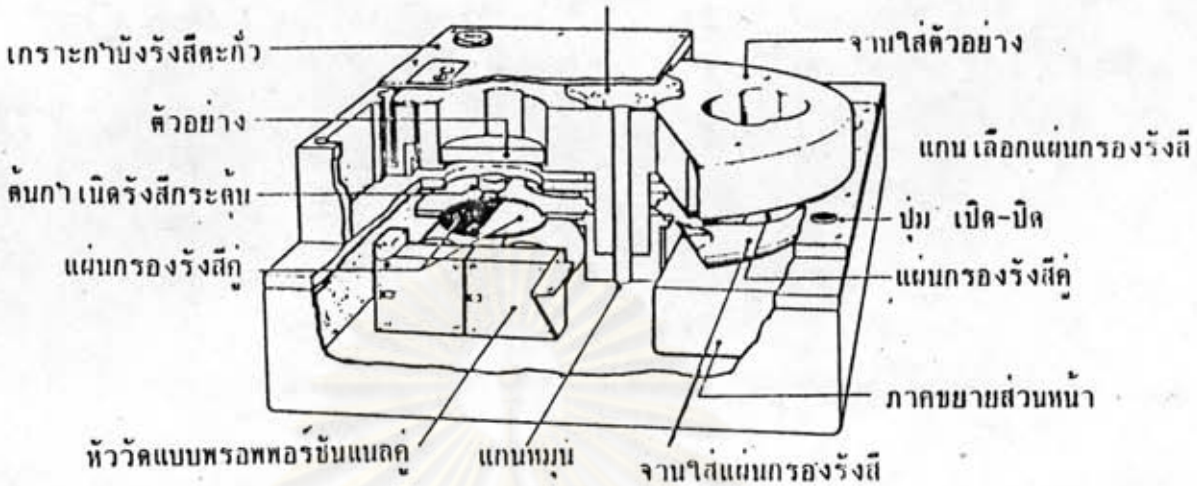
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



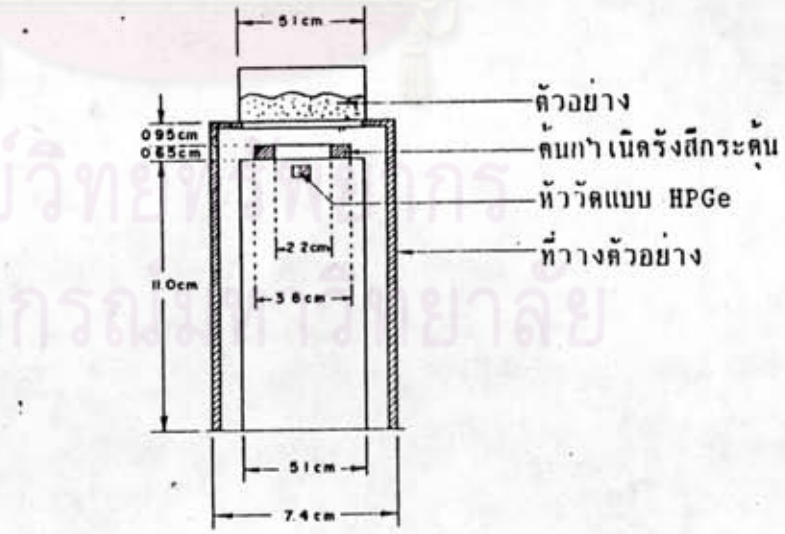
รูป ค.1 แสดงแบบภาพตัดขวางของเครื่องวิเคราะห์รังสีเอกซ์ที่ใช้วิเคราะห์ธาตุหนัก ๆ (3)



รูป ค.2 แสดงแบบภาพตัดขวางของเครื่อง LAB-X100 ที่ใช้ในการวิเคราะห์ซัลเฟอร์ในตัวอย่างน้ำมัน (2)



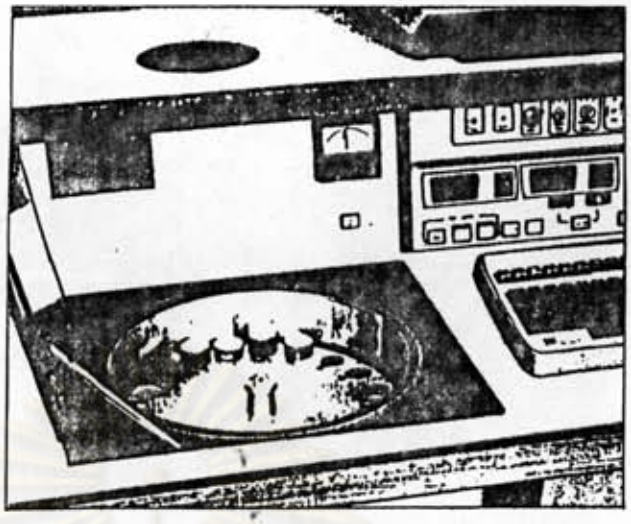
รูป ค.3 แสดงแบบภาพตัดขวางของเครื่อง LAB-X200 ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในตัวอย่างน้ำมัน (2)



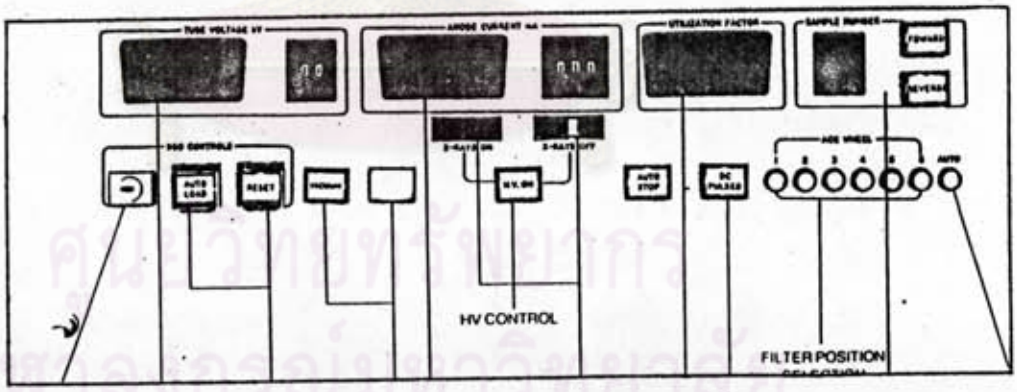
รูป ค.4 แสดงระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นกับตัวอย่างที่ได้จากการสำรวจแหล่งแร่ยูเรเนียมของไทย (4)

รูป ก.5 แสดงส่วนประกอบสมบูรณ์ของเครื่อง XR-500

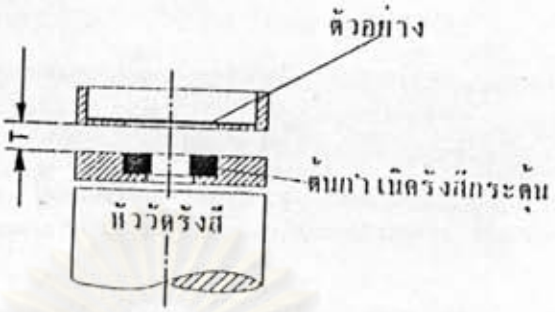
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



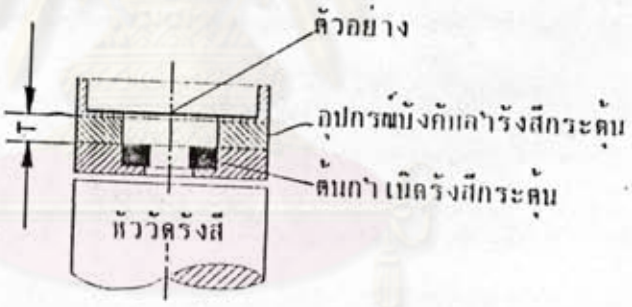
รูป ค.6 แสดงจานใส่ตัวอย่าง 20 ตัวอย่าง ของเครื่อง XR-500



รูป ค.7 แสดงแผงควบคุมอุปกรณ์ทางอิเล็คทรอนิคส์ของเครื่อง XR-500

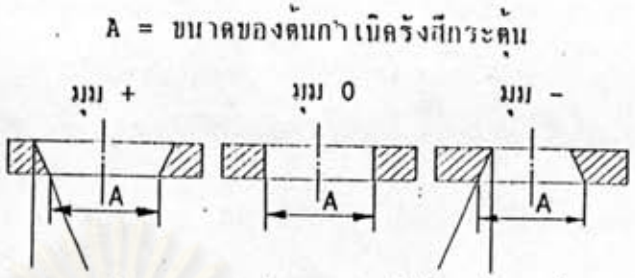


รูป ค.8 แสดงการหาระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นกับตัวอย่าง (T)

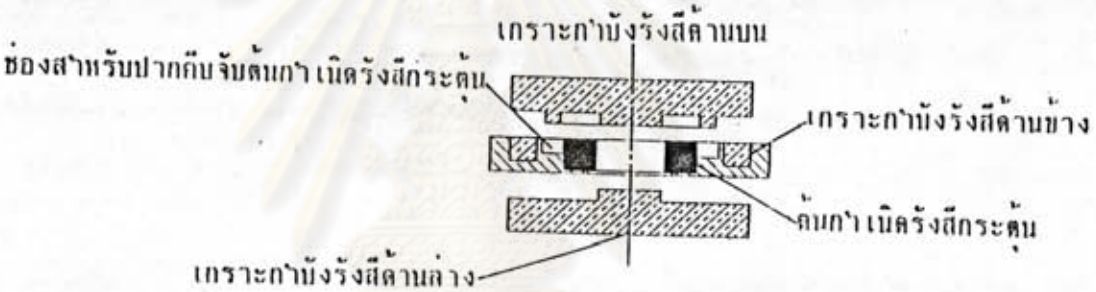


รูป ค.9 แสดงการวางอุปกรณ์บังคับลำรังสีกระตุ้น T เท่ากับความหนาของอุปกรณ์บังคับลำรังสีกระตุ้น

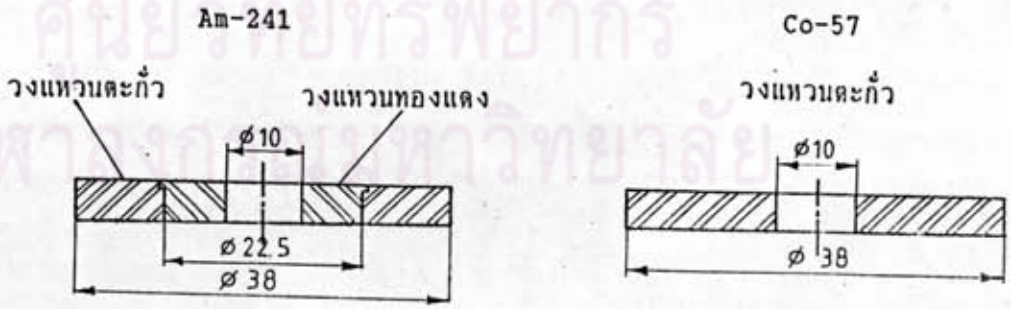
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



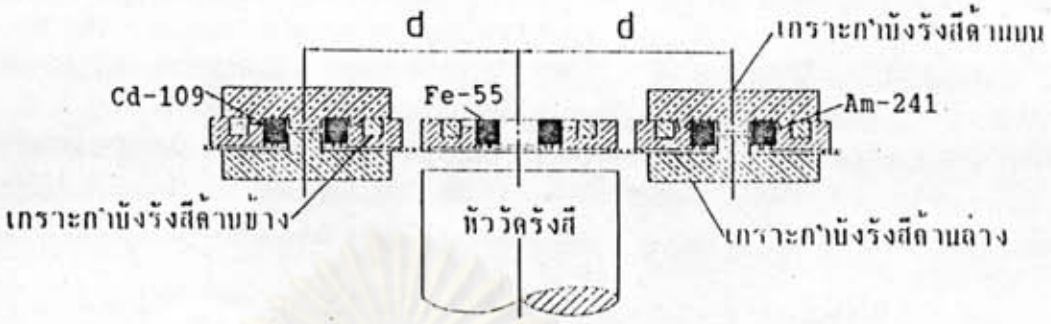
รูป ค.10 แสดงลักษณะของมุมต่าง ๆ บนแผ่นอะคริลิคที่ใช้เป็นอุปกรณ์บังคับลำรังสีกระตุ้น



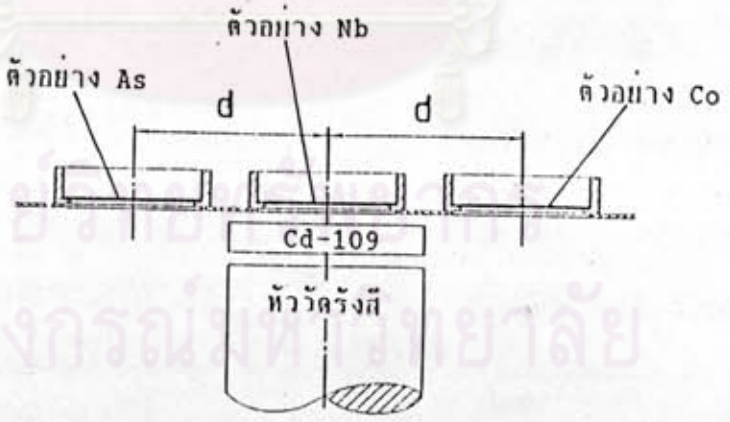
รูป ค.11 แสดงช่องสำหรับปากคีบจับต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น



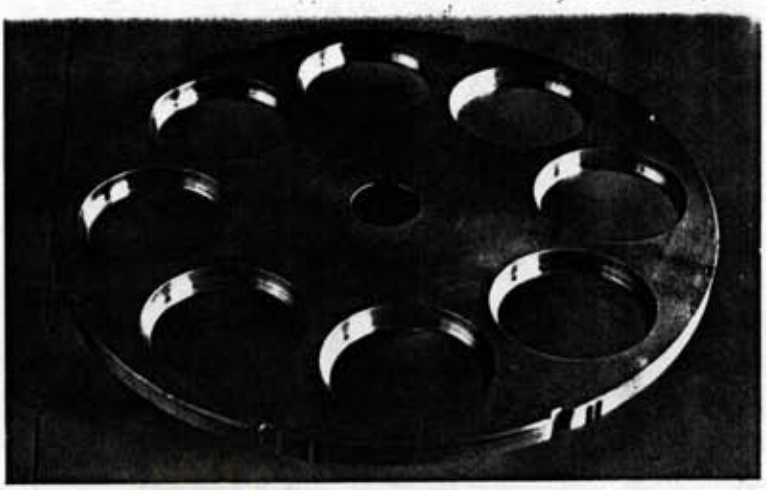
รูป ค.12 แสดงวงแหวนทองแดงซ้อนอยู่ในวงแหวนตะกั่วที่ใช้กับ Am-241 และ วงแหวนตะกั่วที่ใช้กับ Co-57



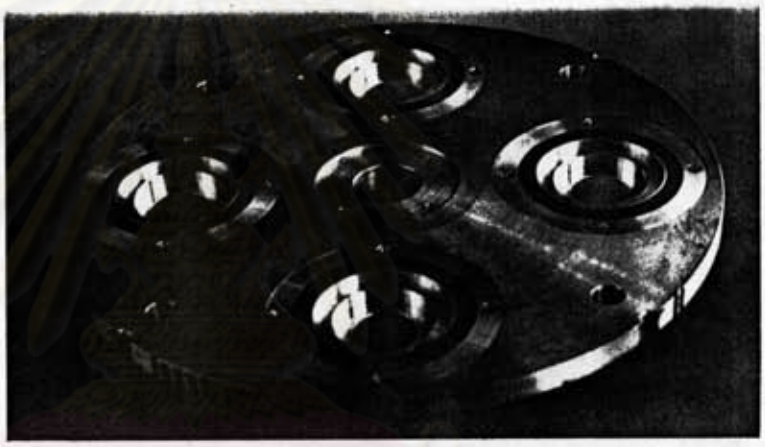
รูป ค.13 แสดงการหาระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น



รูป ค.14 แสดงการหาระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของตัวอย่าง



รูป ค.15 แสดงจานเปลี่ยนตัวอย่าง

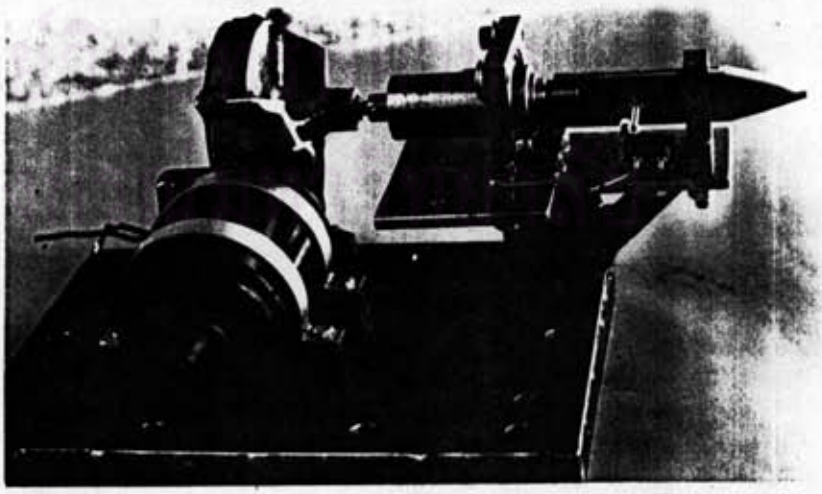


รูป ค.16 แสดงจานเปลี่ยนด้นกำเนิดรังสีกระตุ้นและจานใส่ด้นกำเนิดรังสีกระตุ้น

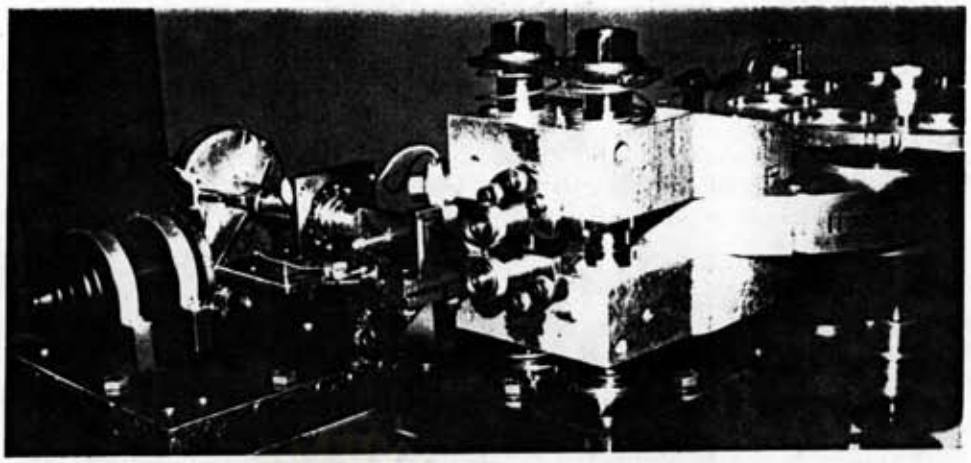
รูป ค.17 แสดงเบ้าใส่เกราะกำบังรังสีด้านบนและปลอกนำเลื่อน

รูป ค.18 แสดงการพัฒนาสลักแม่เหล็กไฟฟ้าจากวาวล์ควบคุมการไหลของน้ำด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า

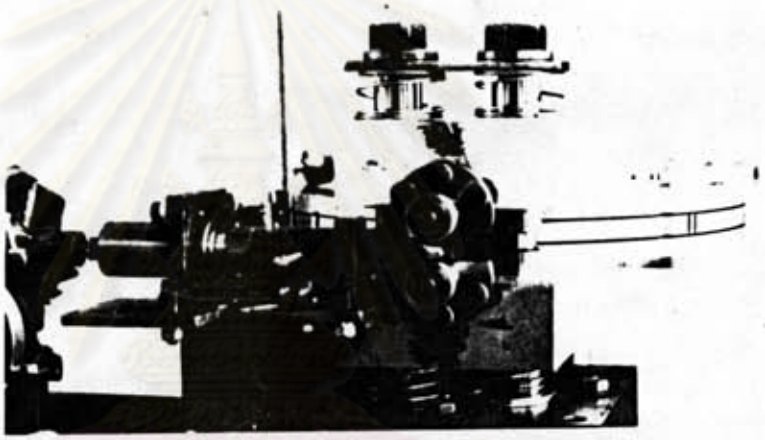
รูป ค.19 แสดงชุดขับจานเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นและจานเปลี่ยนตัวอย่าง



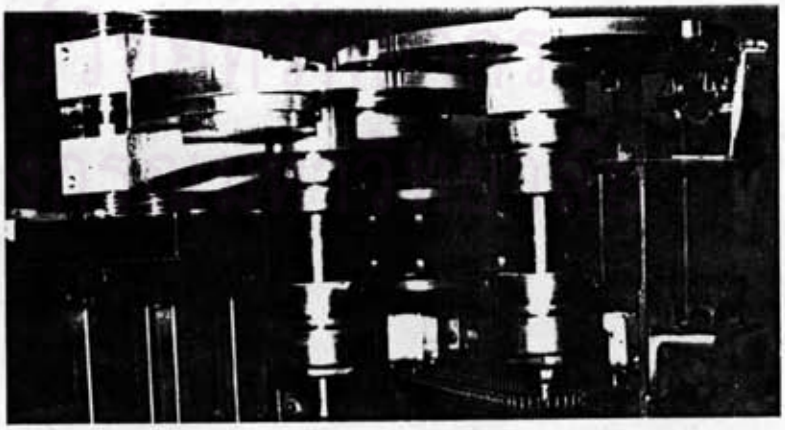
รูป ค.20 แสดงชุดขับแกนลิ่มบังคับ



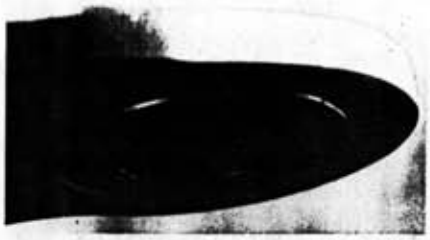
รูป ค.21 แสดงระบบเปิดปิดชุดเกราะกำบังรังสีด้านบนและด้านล่าง



รูป ค.22 แสดงการเปิดชุดเกราะกำบังรังสีด้วยแกนลิ่มบังคับ



รูป ค.23 แสดงการส่งผ่านกำลังจากชุดขับไปหมุนจานเปลี่ยนตัวอย่างด้วยโซ่และเฟืองโซ่



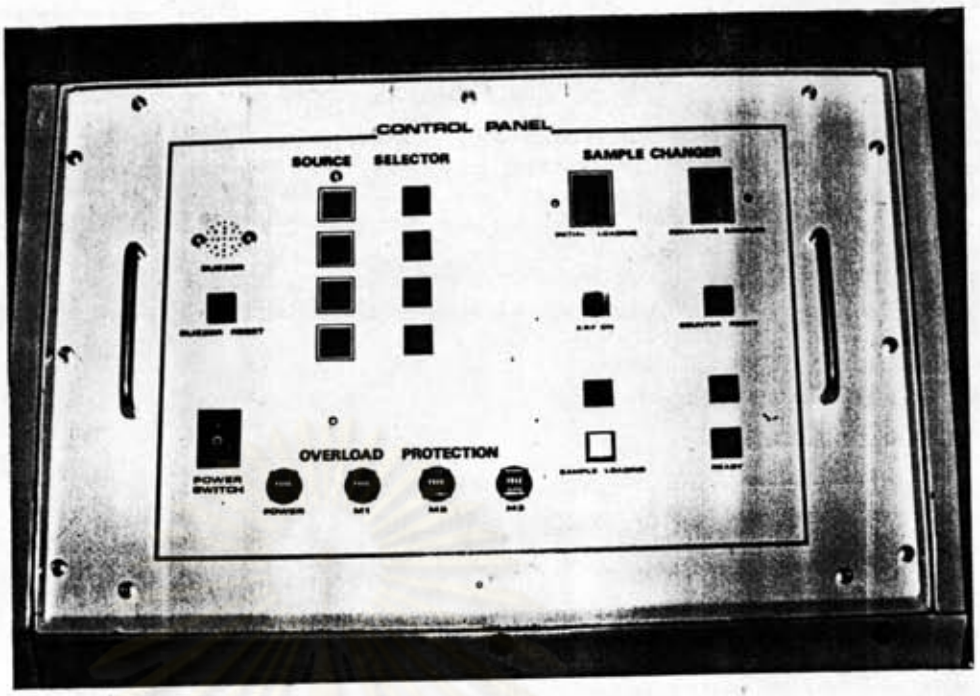
รูป ค.24 แสดงเกราะกำบังรังสีด้านบน

รูป ค.25 แสดงเกราะกำบังรังสีด้านล่าง

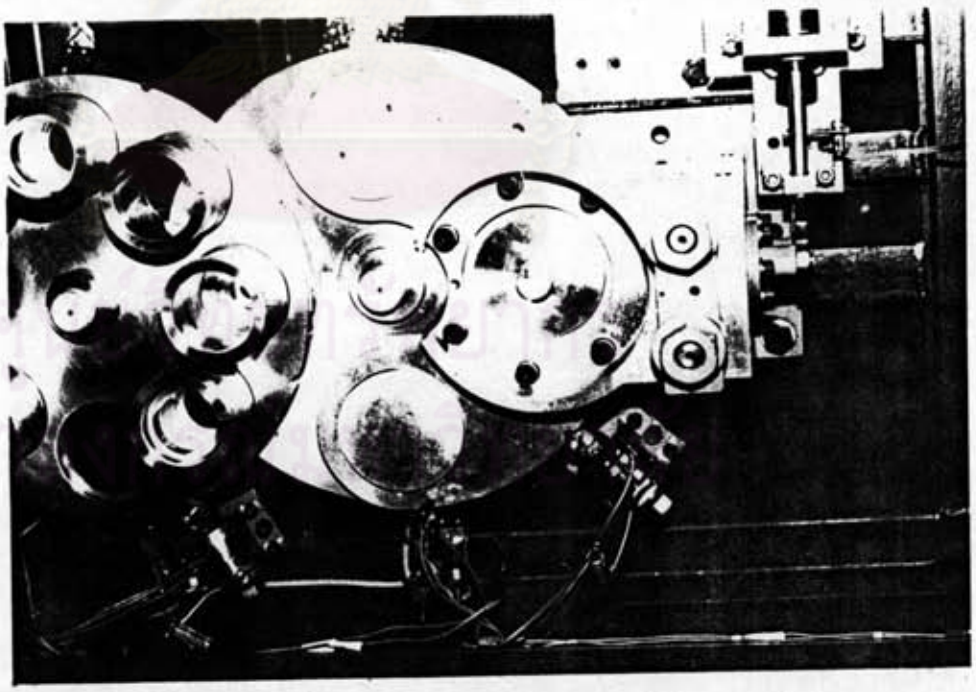
รูป ค.26 แสดงการล็อคตำแหน่งจาน เปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นด้วยสลักแม่เหล็กไฟฟ้า

รูป ค.27 แสดงการล็อคตำแหน่งจาน เปลี่ยนตัวอย่างด้วยสลักแม่เหล็กไฟฟ้า

รูป ค.28 แสดงระบบลูกปืนที่ทำให้เพื่องวิ่งตามหมุนได้ เมื่อจาน เปลี่ยนตัวอย่างติดขัดแต่ชุดขับยังหมุนอยู่

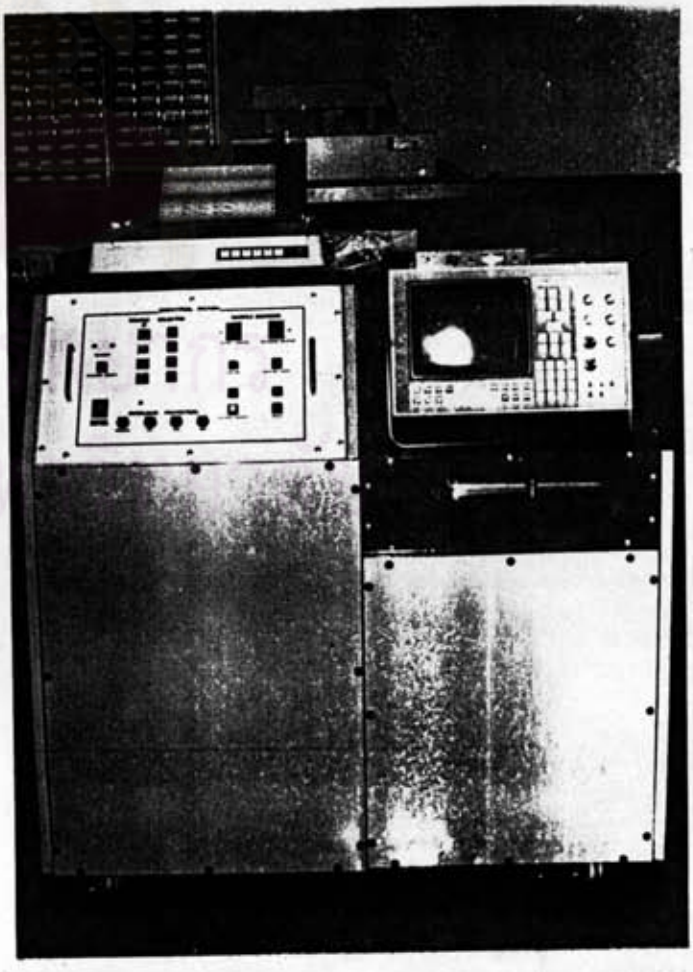


รูป ค. 29 แสดงแผงควบคุมเครื่อง



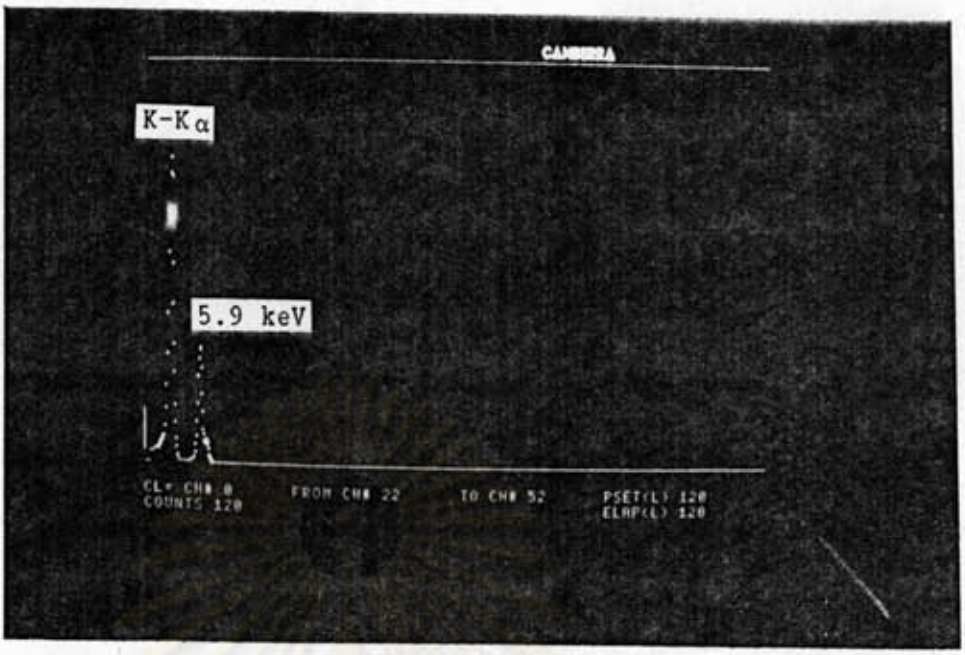
รูป ค. 30 แสดงลูกกรงภายในเครื่อง

รูป ค. 31 แสดงการบรรจุตัวอย่าง

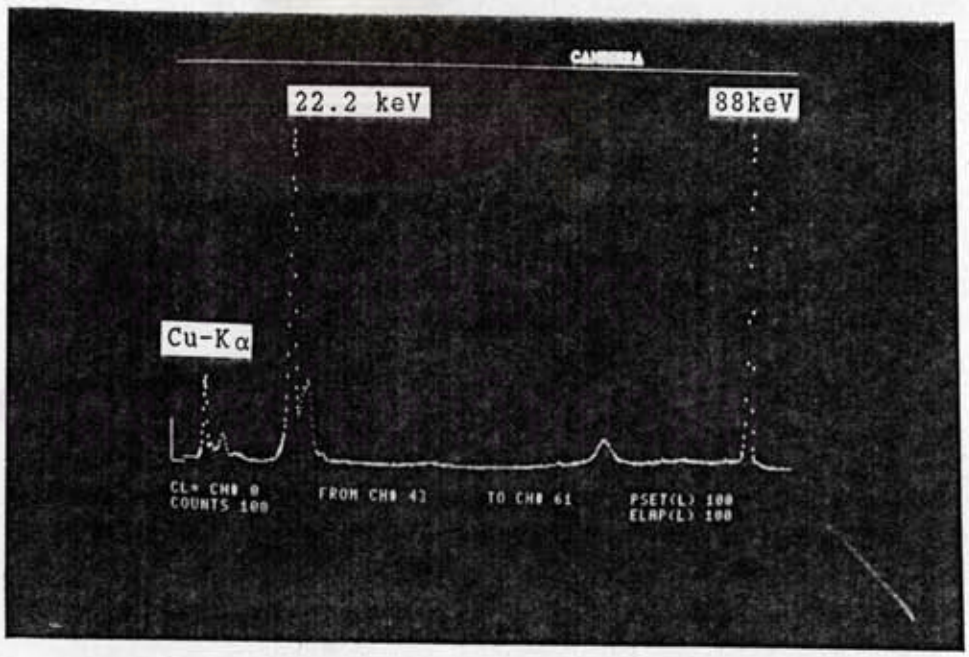


รูป ค. 32

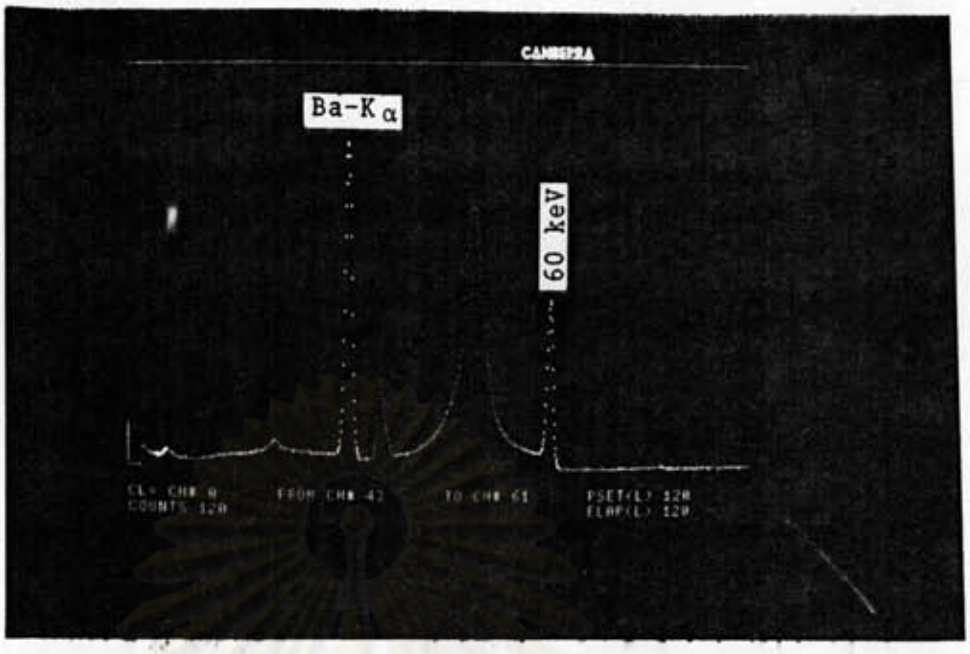
แสดงภาพสมบูรณ์ของเครื่องวิเคราะห์รังสีเอกซ์เรืองด้วยตัวเก็บรังสีกระตุ้นแบบสี่ไอโซโทป พร้อมเครื่องวิเคราะห์แบบหลายช่อง และเครื่องพิมพ์



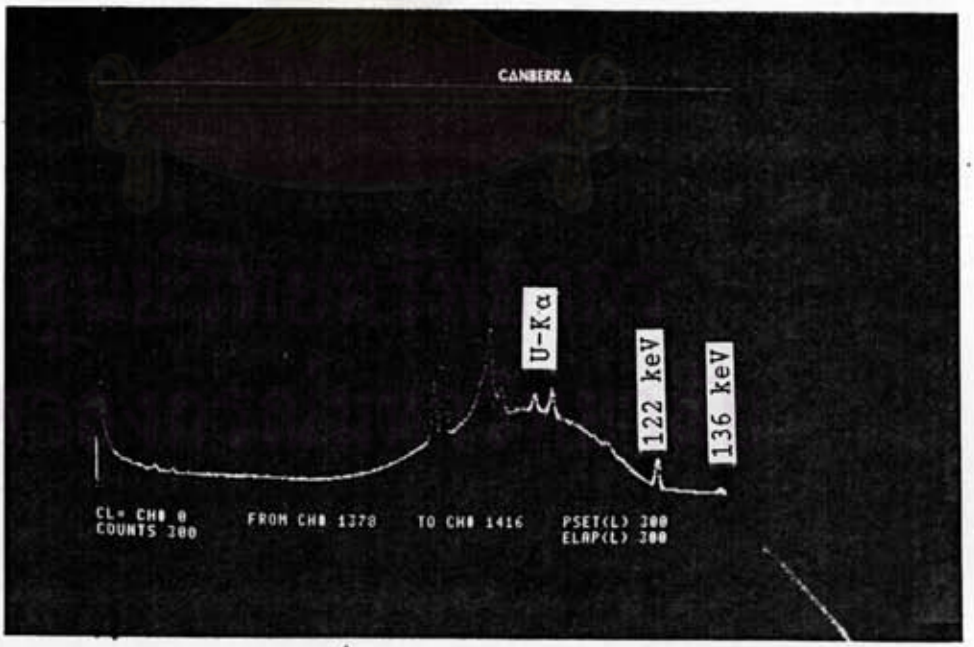
รูป ค. 33 แสดงสเปคตรัมของโพแทสเซียม 500 ไมโครกรัม ใช้ Fe-55 เป็นต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น



รูป ค. 34 แสดงสเปคตรัมของทองแดง 50 มิลลิกรัม ใช้ Cd-109 เป็นต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น



รูป ค. 35 แสดงสเปคตรัมของแบเรียม 50 มิลลิกรัม ใช้ Am-241 เป็นต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น

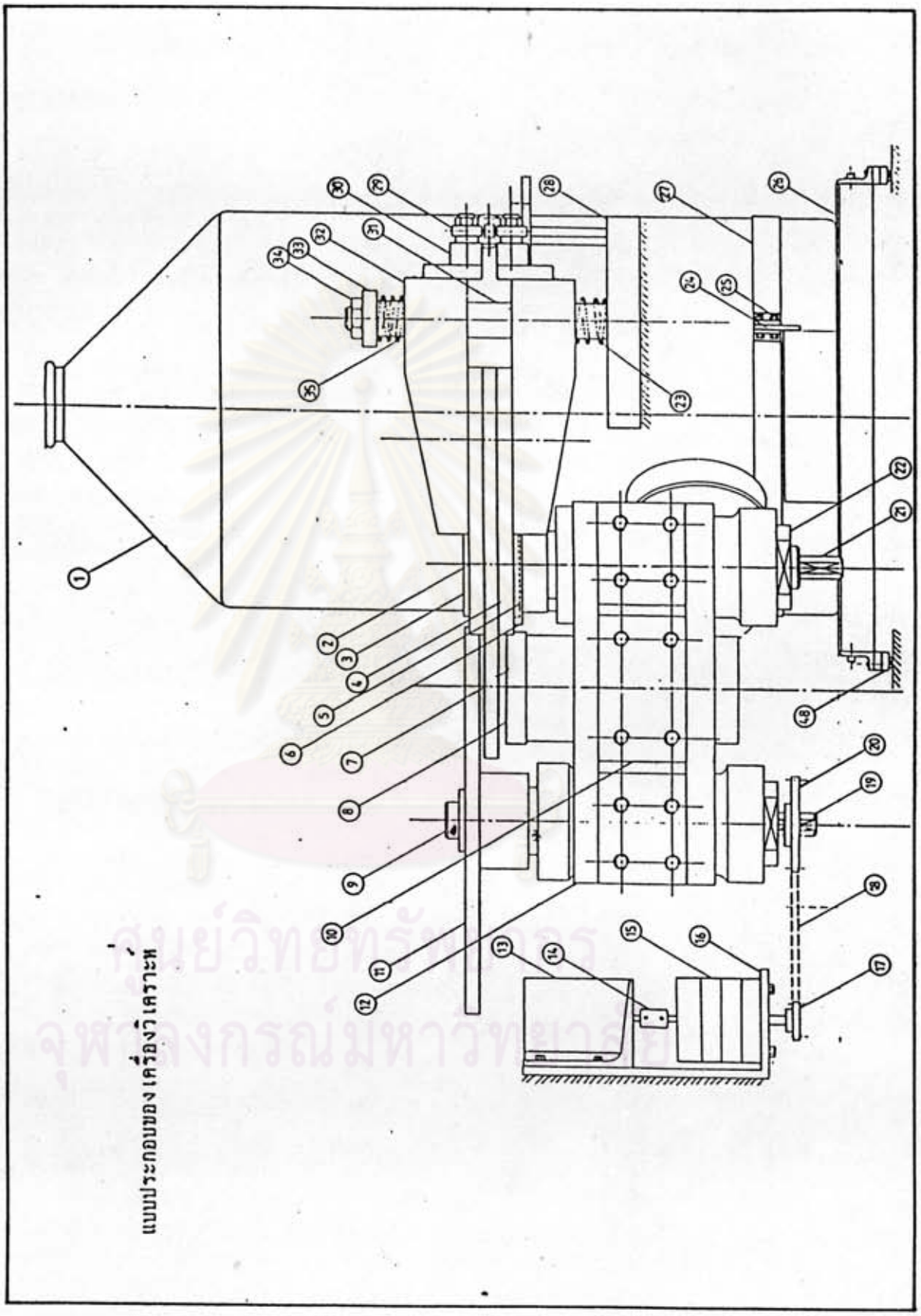


รูป ค. 36 แสดงสเปคตรัมของยูเรเนียม 50 มิลลิกรัม ใช้ Co-57 เป็นต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น

ภาคผนวก ง

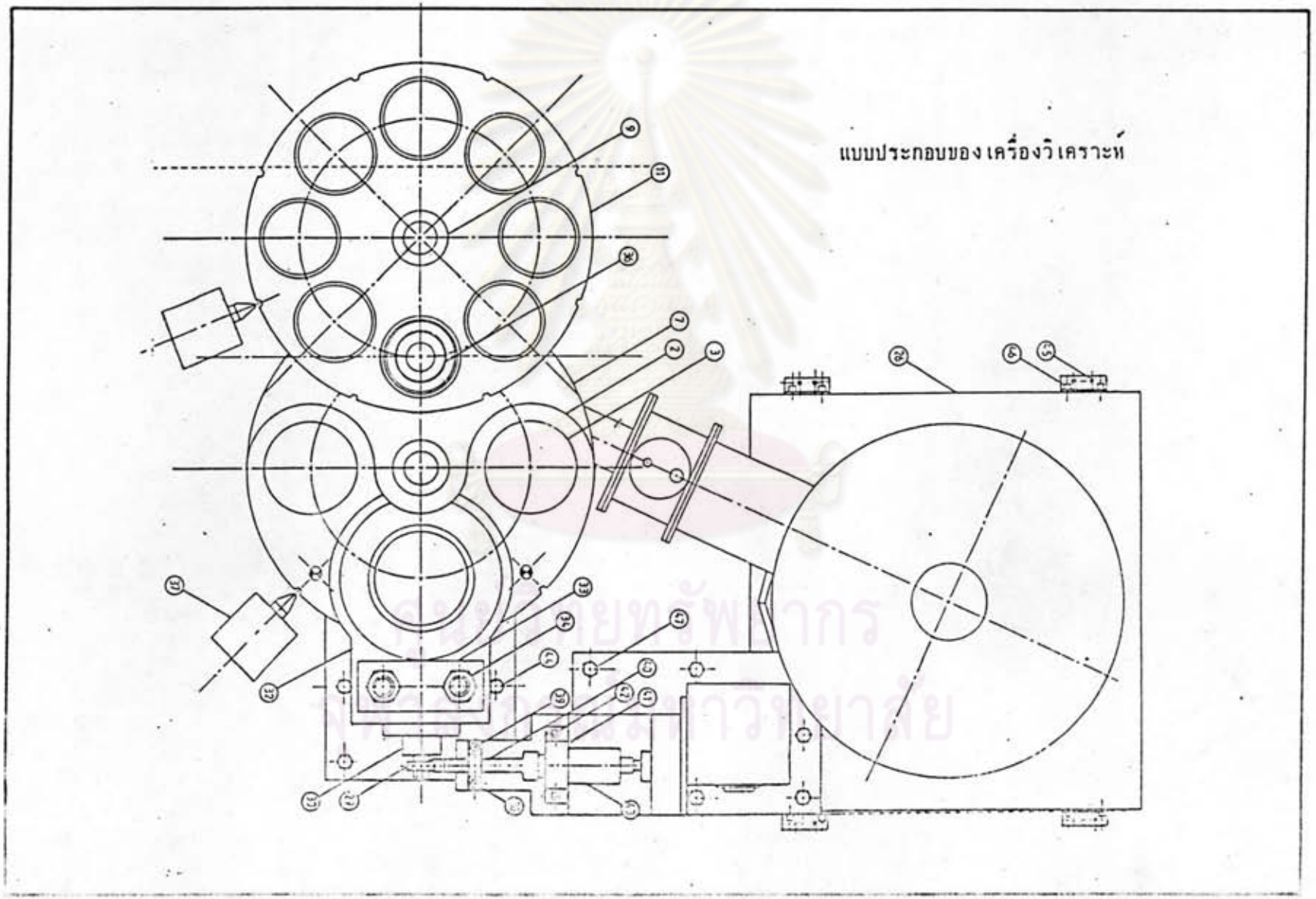
แบบประกอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แบบประกอบของเครื่องวิเคราะห์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


แบบประกอบของ เครื่องวิเคราะห์

หมายเลข	ชื่อชิ้นส่วนกล	ขนาด	หมายเหตุ
1	ถังใส่ไนโตรเจนเหลว (CRYOSTAT)	ϕ 11" × 29" × 22.3"	อุปกรณ์สำเร็จรูป
2	เข้าใส่เกราะกำบังรังสีด้านบน (UPPER SHIELD CASING)	ϕ 276 × 11	
3	เกราะกำบังรังสีด้านบน (UPPER SHIELD)	ϕ 74 × 15	
4	เข้าใส่เกราะกำบังรังสีด้านล่าง (LOWER SHIELD CASING)	ϕ 276 × 11	
5	เกราะกำบังรังสีด้านล่าง (LOWER SHIELD)	ϕ 74 × 15	
6	ฝาครอบ (COVER)	ϕ 93 × 9	
7	จานเปลี่ยนตัวอย่าง (ISOTOPE CHANGER DISC)	ϕ 276 × 45.6	
8	ฝาครอบหัววัดรังสี (DETECTOR COVER)	ϕ 80 × 35	
9	สลักเกลียวหัวเพลา (HEAD SHAFT BOLT)	ϕ 44 × 45	
10	แผ่นยึด (TIGHTEN PLATE)	130 × 63 × 60	
11	จานเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น (SAMPLE CHANGER DISC)	ϕ 276 × 45.6	
12	เข้าใส่ตลับลูกปืน (BEARING CASING)	270 × 170 × 113	

13	มอเตอร์ (MOTOR)	ϕ 22×60	อุปกรณ์สำเร็จรูป
14	ข้อต่อยึด (COUPLING)	ϕ 10×18	
15	เกียร์ทดรอบ (REDUCING GEAR)	40×40×60	อุปกรณ์สำเร็จรูป
16	ฐานชุดขับ (DRIVING UNIT BASE)	140×63×53.	
17	เฟืองโซ่ขับ (DRIVER SPROCKET)	ϕ 64×9	ชิ้นส่วนมาตรฐาน
18	โซ่ (ROLLER CHAIN)	$P=\frac{1}{4}"-600$	ชิ้นส่วนมาตรฐาน
19	เพลาเปลี่ยนตัวกำเนิดรังสี (ISOTOPE CHANGER SHAFT)	ϕ 45×231	
20	เฟืองโซ่ตาม (DRIVEN SPROCKET)	ϕ 22×9	ชิ้นส่วนมาตรฐาน
21	เพลาเปลี่ยนตัวอย่าง (SAMPLE CHANGER SHAFT)	ϕ 45×237	
22	แป้นเกลียวล็อคเพลา (SHAFT LOCK NUT)	ϕ 44×45	
23	สปริงด้านล่าง (LOWER SPRING)	2×40×60	ชิ้นส่วนมาตรฐาน
24	ตัวกำกับตำแหน่ง (LOCATOR)	14×35×16	
25	สลักเกลียวและแป้นเกลียว (BOLT & NUT)	M5×0.8×20	ชิ้นส่วนมาตรฐาน
26	ฐานรองถังไนโตรเจนเหลว (CRYOSTAT BASE)	356×30×28	

27	เข็มขัด (BELT)	867×20×15.8	
28	ฐานเปิดปิดชุดเกราะกำบังรังสี (OPEN-CLOSED SHIELD BASE)	24×150×150	
29	ลูกปืน (BEARING)	22×8×7	No 608
30	แกนยึดลูกปืน (BEARING SHAFT)	ϕ50×36	
31	เสานำเลื่อน (GUIDE COLUMN)	ϕ 25×210	
32	เบ้านำเลื่อน (GUIDE CASING)	ϕ 144×45	
33	แผ่นกด (PRESS PLATE)	10×40×120	
34	แป้นเกลียว (NUT)	M16×1.0 SW22×15	
35	สปริงด้านบน (UPPER SPRING)	2×40×60	ชิ้นส่วนมาตรฐาน
36	จานใส่ต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น (SOURCE-EXCITED CONTAINER)	ϕ 88×10.5	
37	สลักแม่เหล็กไฟฟ้า (SOLENOID PLUNGER)	ϕ 35×45	
38	สลักเกลียวหัวฝัง (SOCKET CAP HEAD BOLT)	M6×1.0×20	ชิ้นส่วนมาตรฐาน
39	ปลอกนำเลื่อน (GUIDE SLEEVE)	ϕ0×40×40	
40	แกนลิ่มบังคับ (CONTROL WEDGE)	ϕ 5×150	

41	คลับลูกปืน (BEARING CAGE)	60×17.5×42	
42	สลักเกลียวหัวฝัง (SOCKET CAP HEAD BOLT)	M6×1.0×20	ชิ้นส่วนมาตรฐาน
43	แป้นเกลียวส่งกำลัง (POWER NUT)	∅28×70	
44	สลักเกลียว (HEX BOLT)	M10×1.50×70	ชิ้นส่วนมาตรฐาน
45	สกรู (SCREW)	M3×0.5×15	ชิ้นส่วนมาตรฐาน
46	สลักเกลียวหัวฝัง (SOCKET CAP HEAD BOLT)	M6×1.0×20	ชิ้นส่วนมาตรฐาน
47	สลักเกลียว (HEX BOLT)	M10×1.50×60	ชิ้นส่วนมาตรฐาน
48	ล้อ (WHEEL)	8×15×40	ชิ้นส่วนมาตรฐาน
49	โครง (FRAME)	1055×538×1028	
50	ถ้วยบรรจุตัวอย่าง (SAMPLE CUP)	∅63×55	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นายแสงโรจน์ ภวังษ์ศักดิ์ เกิดเมื่อวันที่ 30 พฤศจิกายน 2501 สถานที่เกิด กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาขั้นปริญญาบัณฑิตจาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี ปี พ.ศ. 2525 ปัจจุบันเป็นพนักงานรัฐวิสาหกิจ สังกัดแผนกตรวจสอบและควบคุมคุณภาพ กองโรงงาน ฝ่ายบำรุงรักษาเครื่องกล การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย