บทที่ 3

อุปกรณ์และการเตรียมการทดลอง

3.1 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้ใช้อุปกรณ์ตลอดจนสารเคมีดังนี้

ก. ต้นกำเนิดรังสีแกมมา แกมมาเซล 650

ข. สเปคโตรโฟโตมิเตอร์

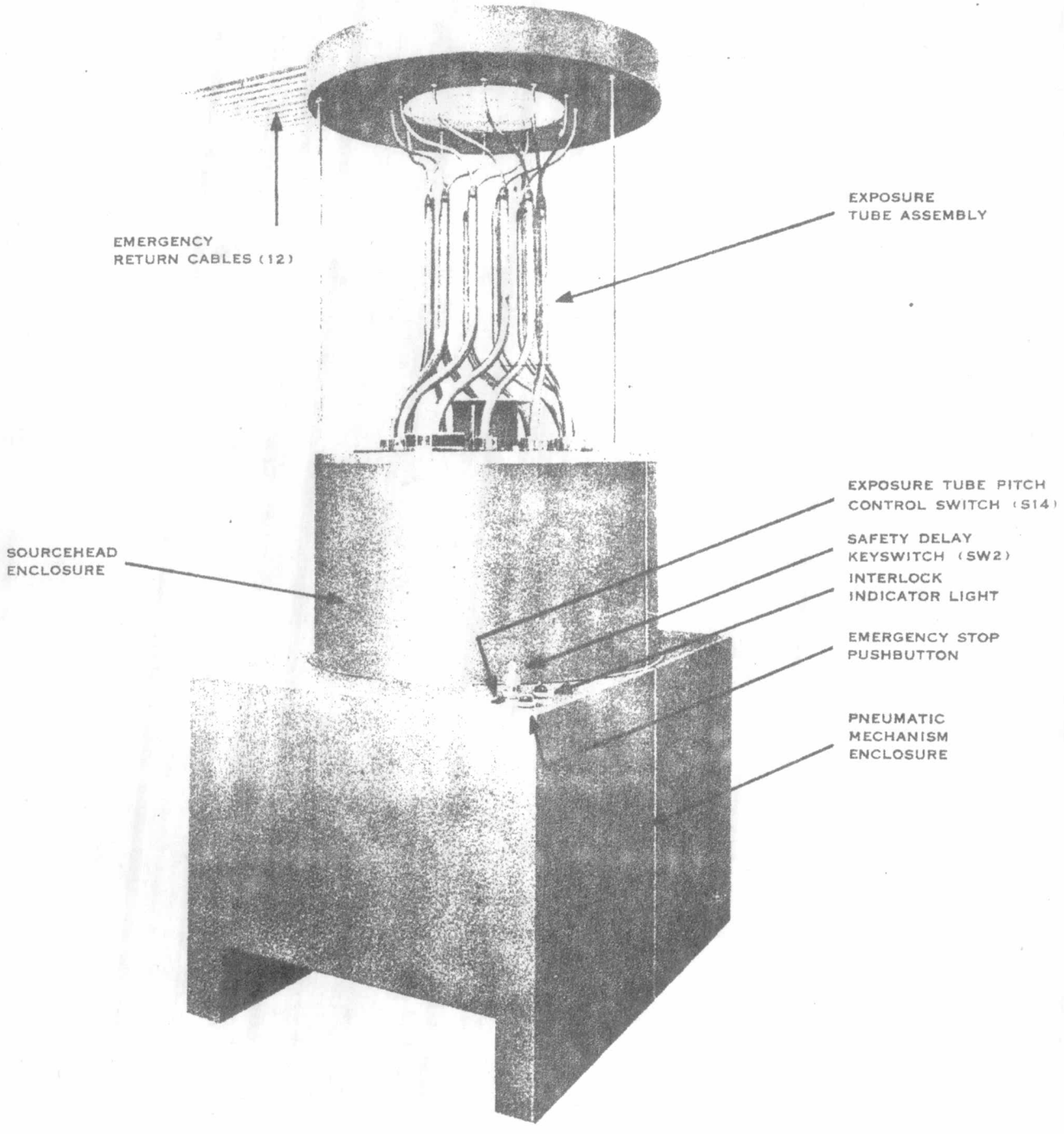
ค. สารละลายไอร์ออน (II) แอมโมเนียมซัลเฟต

ง. เครื่องอ่านสัญญาณจากระบบเทอร์โมลูมิเนสเซนท์และสาร Phosphor LiF-7 ชนิดผง

3.1.1 ต้นกำเนิดรังสีแกมมา แกมมาเซล 650

ต้นกำเนิดรังสีแกมมา แกมมาเซล 650 เป็นเครื่องมือสำคัญในการทดลองครั้งนี้มีโครงสร้างอย่างสังเขปดังแสดงในรูปที่ 3-1

ต้นกำเนิดรังสีนี้คือโคบอลท์-60 ซึ่งให้รังสีแกมม่ามีค่าพลังงาน 1.17 และ 1.33 เมกะอิเลคตรอนโวลท์ (MeV) มีความแรงขณะที่ใช้งานประมาณ 20.3 กิโลคูรี (kCi) เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบ Gamma Beam 650, Type IR 31 ของ Atomic Energy of Canada ใช้โคบอลท์-60 มีลักษณะเป็นเม็ดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตรยาว 1 มิลลิเมตรหุ้มด้วยสเตนเลสสตีลมีจำนวนรวม 60 เม็ด เฉลี่ยบรรจุอยู่ในท่อจำนวน 12 ท่อๆ ละ 5 เม็ด ท่อเหล่านี้ส่วนล่างฝังอยู่ในเครื่องกำบังรังสี ท่อส่วนบนมีลักษณะโค้งอยู่ในอากาศโดยจัดวางเรียงกันเป็นรูปทรงกระบอกสามารถปรับเส้นผ่าศูนย์กลางได้ตามความต้องการของการใช้งานตั้งแต่ 11.43 ซม. ถึง 82.55 ซม. ของที่นำมาฉายรังสีสามารถวางไว้ตรงศูนย์กลางของท่อส่วนบนหรือบริเวณรอบนอก ทั้งนี้แล้วแต่ความเหมาะสมและระดับของรังสีที่ต้องการ โดยปกติ



GAMMABEAM 650 - TYPE 1R31

OVERALL VIEW

รูปที่ 3-1 แสดงต้นกำเนิดรังสีแกมมา

เม็ดโคบอลท์- 60 จะเก็บอยู่ในท่อส่วนล่างและจะถูกดันให้ขึ้นมาลอยอยู่ในท่อส่วนบนโดยการเปิดเครื่องอัดอากาศให้ดันเม็ดโคบอลท์- 60 ขึ้นไปขณะที่ต้องการอาบรังสี เมื่อเลิกใช้ก็ดับเครื่องอัดอากาศเม็ดโคบอลท์-60 ก็จะตกลงสู่ที่เก็บโดยอัตโนมัติ

3.1.2 สเปคโตรโฟโตมิเตอร์

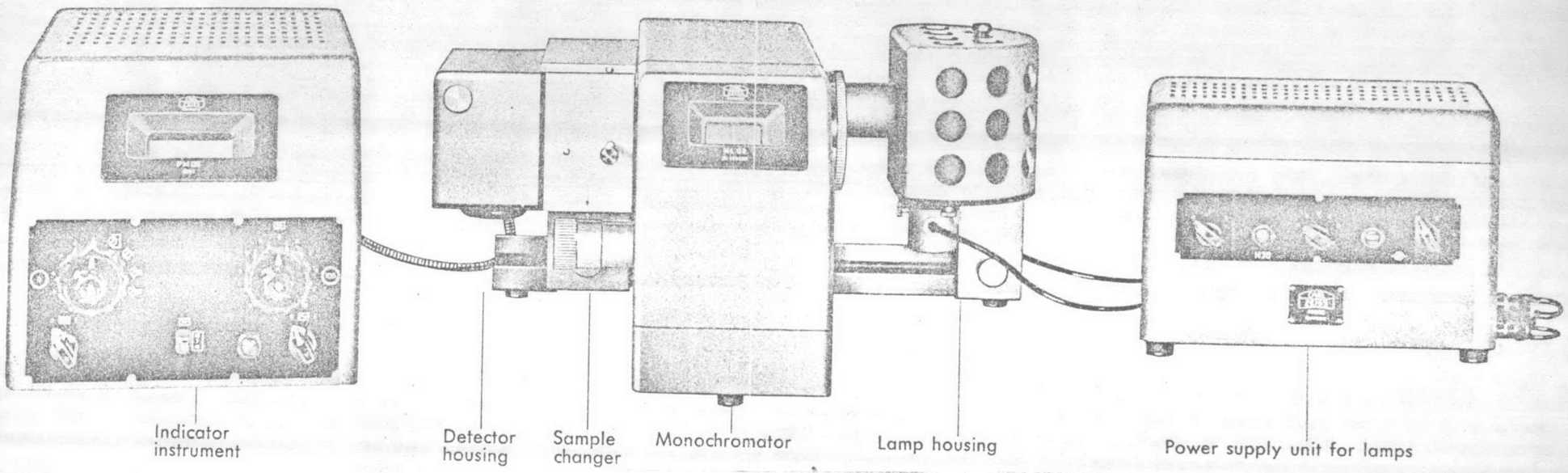
เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดค่าการส่งผ่านของแสง (Transmittance of Light) หรือวัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) หรือค่า OD (Optical Density) ของสารที่ความยาวช่วงคลื่นต่างๆ ในการทดลองครั้งนี้ได้ใช้วัดค่า OD ของสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้สำหรับวัดปริมาณรังสีแกมมา เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองเป็นเครื่องแบบ ZEISS Spectrophotometer PMQ II ของบริษัท CARL ZEISS ดังแสดงในรูปที่ 3-2

3.1.3 สารเคมีที่ใช้

สารเคมีที่ใช้คือ เฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต ($Fe(NH_4)_2(SO_4).6H_2O$) , โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ชนิด AR grade ของบริษัท E. Merck, Darmstadt และกรดซัลฟูริคเข้มข้น H_2SO_4(conc) 99.5%

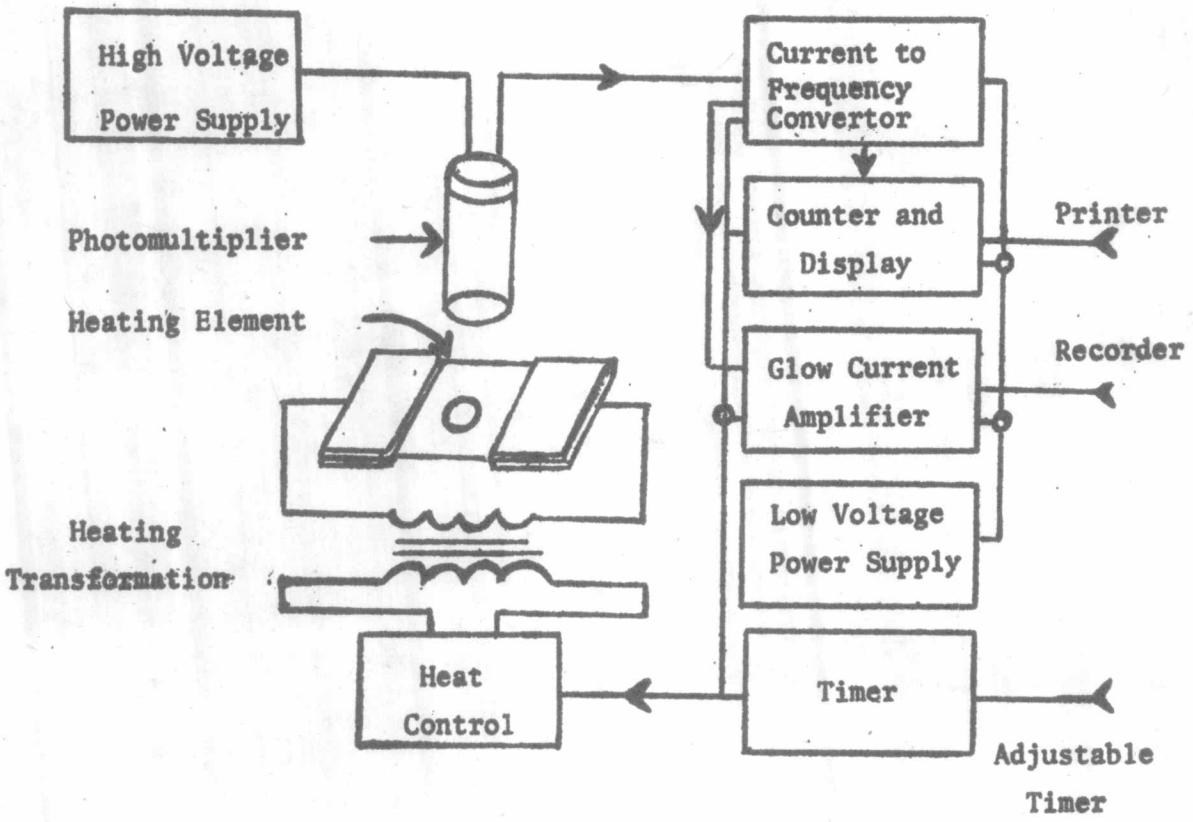
3.1.4 เครื่องอ่านสัญญาณจากระบบเทอร์โมลูมิเนสเซนท์และสาร (Phospor) LiF-7 ชนิดผง

เครื่องอ่านสัญญาณที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้คือ Teledyne Isotopes Thermoluminescence Dosimetry System Model 7100 Readout Instrument ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของ Teledyne Company ดังแสดงไว้ด้วยบลอกไดอะแกรมตามรูปที่ 3-3 การวัดรังสีแบบเทอร์โมลูมิเนสเซนท์ในการทดลองนี้ใช้ LiF-7 ชนิดผงปริมาณ 40 มิลลิกรัมของบริษัท Harshaw Chemical Co. และใช้ตวงด้วยเครื่องตวงไฟฟ้า



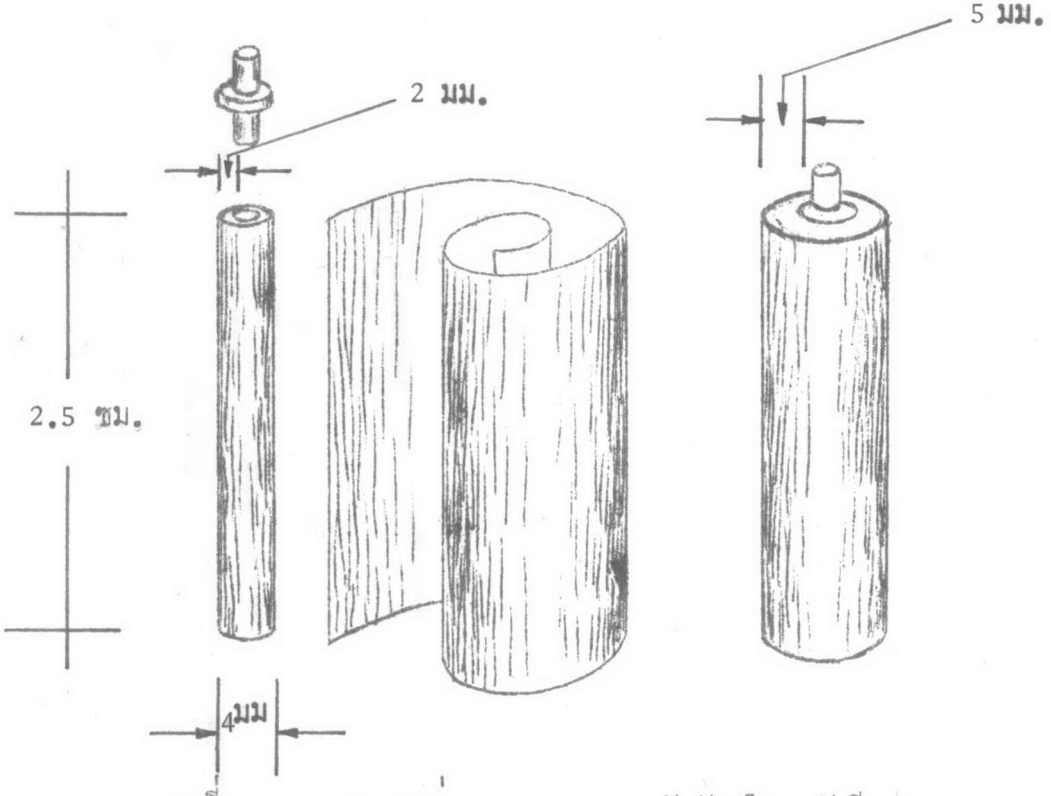
รูปที่ 3-2 แสดงสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3-3 บลอกไดอะแกรมของเครื่องมือวัดรังสีแบบเทอร์โมลูมิเนสเซนท์

วิธีการเตรียม TLD ก่อนนำไปอาบรังสี ผง LiF-7 ก่อนบรรจุหลอดเพื่ออาบรังสีจะต้องผ่านกรรมวิธี Annealing คือการให้ความร้อนแก่สาร Phosphor เพื่อไล่อิเลคตรอนที่ตกค้างอยู่ใน Traps ออกให้หมดก่อนที่จะนำไปอาบรังสีทั้งนี้เพื่อให้การวัดได้ปริมาณรังสีที่ถูกต้อง อุณหภูมิที่ใช้ในการ Anneal นี้สูงประมาณ 400°-500°C เป็นเวลานาน 1 ชม. นอกจากนี้ยังต้องมีการ Anneal ที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 80°C อีก 24 ชม. เพื่อทำให้ Phosphor มีความไว (Sensitivity) สูงขึ้นและ Fading ต่ำลง จากนั้นนำผง LiF-7 ที่ผ่านกรรมวิธี Annealing แล้วบรรจุในหลอดพลาสติกรูปทรงกระบอกเล็กๆ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร หนา 1 มิลลิเมตร สูง 2.5 เซนติเมตร มีฝาปิดสนิท หุ้มด้วยกระดาษเทปหนาประมาณ 5 มิลลิเมตร ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3-4



รูปที่ 3-4 แสดงรูปร่างและขนาดของตัววัดปริมาณรังสีแบบ TLD

3.2 การเตรียมการทดลอง

3.2.1 การตรวจสอบสภาพการทำงานของสเปคโตรโฟโตมิเตอร์

เนื่องจากค่าปริมาณรังสีขึ้นอยู่กับค่า OD ที่อ่านได้จากสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ดังนั้นจึงจำเป็นต้องตรวจสอบการทำงานของเครื่องมือให้ถูกต้องก่อนการใช้งานจริง ได้ทำการตรวจสอบโดยใช้ Didymium glass filter BG(36) เพื่อวัดอัตราการผ่านของแสง (%Transmission) ที่ช่วงคลื่นต่างๆ เทียบกับค่าที่ระบุไว้ในคู่มือการใช้เครื่องมือโดยการปรับแสงที่ช่วงคลื่นต่างๆ ผ่าน Quartz cell ให้แสงผ่าน 100% แล้วใช้ Didymium glass filter BG(36) วัดเทียบตามผลการตรวจสอบดังได้แสดงในตารางที่ 3-1

ความยาวช่วงคลื่น λ (nm)	% Transmission	
	ค่าจากการทดลอง	ค่าที่ระบุในคู่มือ
426	72.5	72.1
456	36.9	34.3
472	23.2	16.6
494	67.5	62.1
512	13.2	7.2

ตารางที่ 3-1 แสดงตารางตรวจสอบค่าที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ระบุไว้ในคู่มือการใช้เครื่องมือที่ความยาวช่วงคลื่นต่างๆ

3.2.2 การเตรียมสารละลายไอร์ออน (II) แอมโมเนียมซัลเฟตเพื่อทำเป็นตัววัดรังสี

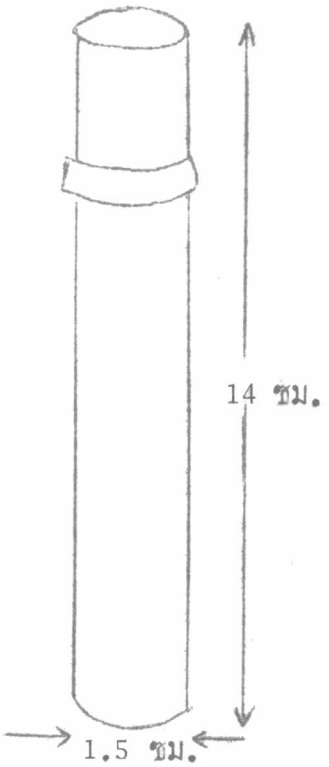
ละลาย ($Fe(NH_4)_2(SO_4).6H_2O$) 0.392 กรัม และโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 0.005 กรัมด้วยกรดซัลฟูริคเข้มข้น 0.8N (0.8N H_2SO_4(conc.)) เติม 0.8N H_2SO_4 จนได้ปริมาตรรวมเป็น 1 ลิตรโดยใช้ Volumetric flask จะได้ความเข้มข้นของสารละลายเป็น 0.001M $Fe(NH_4)_2(SO_4)$, 0.001M NaCl และ 0.8N H_2SO_4 สารละลายที่เตรียมได้บรรจุใน Volumetric flask ที่สะอาดหุ้มด้วยกระดาษอลูมิเนียมเพื่อป้องกันแสงสว่างและเก็บไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 20° C

การเตรียม 0.8N H_2SO_4 เตรียมได้โดยการละลายกรดซัลฟูริคเข้มข้น (H_2SO_4(conc.)) 22.5 ml. (Density 1.84 g/cm^3) ด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้งแล้วทำให้ได้ปริมาตร 1 ลิตรโดยการใช้ Volumetric flask (ข้อควรระวังในการเตรียมเติมกรดทีละน้อยลงน้ำ)

หลอดแก้วที่บรรจุสารละลาย $Fe(NH_4)_2(SO_4).6H_2O$ เพื่อทำเป็นตัววัดรังสีทำด้วยหลอดแก้วชนิดดีมี เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5ซม. สูง 14 ซม. มีฝาปิดทำด้วยแก้วชนิดเดียวกันดังรูปที่ 3-5

3.3.3 เลือกใช้ความยาวช่วงคลื่นที่ 304 nm ในการวัดค่า OD(Fe^{+3})

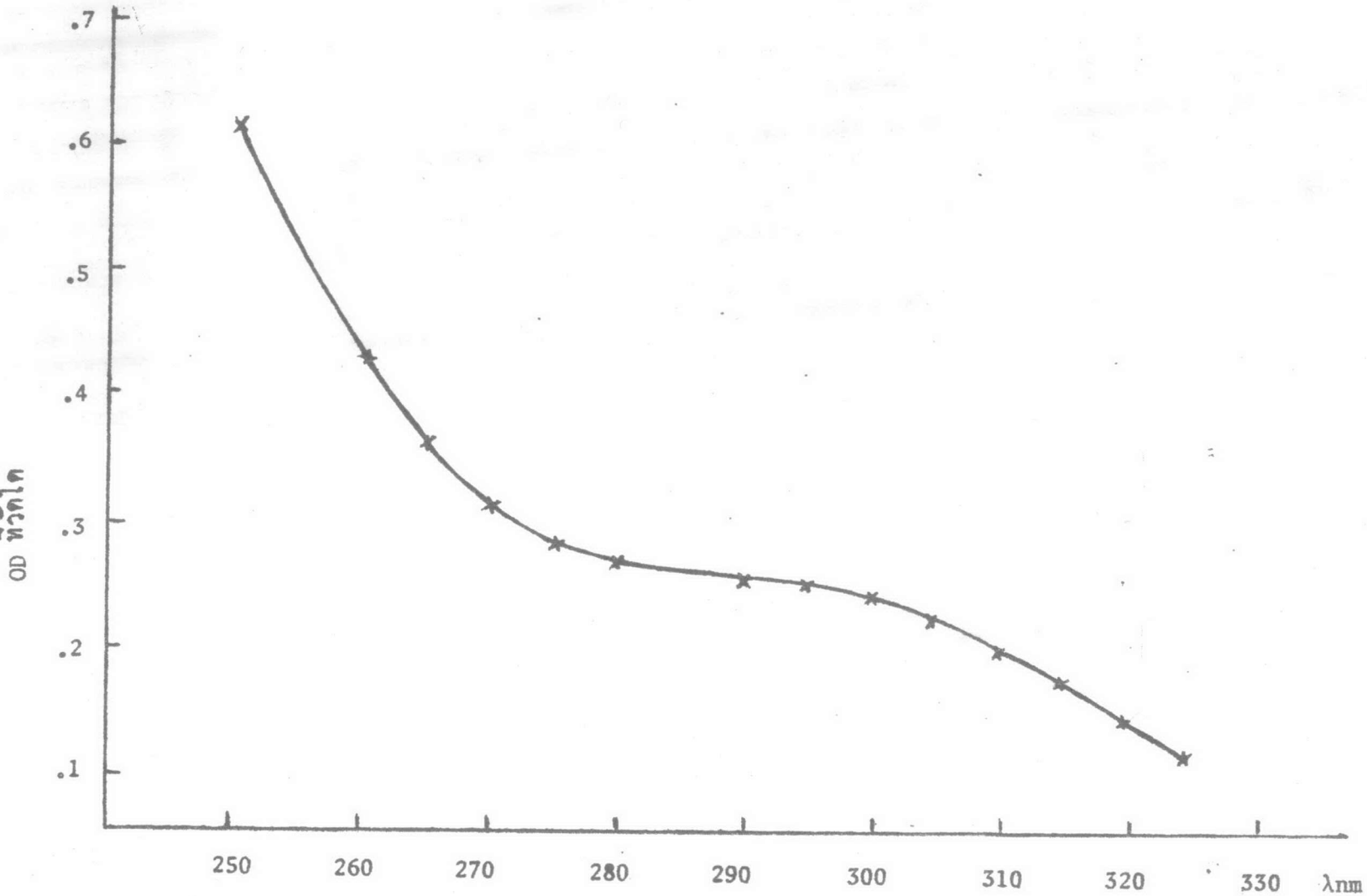
วิธีการทำการทดลองเตรียมสารละลายไอร์ออน (II) แอมโมเนียมซัลเฟตแล้วนำอาบรังสีด้วยเครื่องกำเนิดรังสีแกมมา 650 โดยการวางตัววัดรังสีบนแท่นที่วางใช้เวลาในการอาบรังสี 4 นาที ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของต้นกำเนิดรังสี (ϕ) = 32.5 นิ้ว จากนั้นนำมาวัดค่า OD จากสเปคโตรโฟโตมิเตอร์โดยเปลี่ยนความยาวช่วงคลื่นตั้งแต่ 250-325 nm ได้ผลการทดลองดังแสดงไว้ตามตารางที่ 3-2 นำความสัมพันธ์ไปสร้างกราฟระหว่าง OD ที่วัดได้ กับความยาวช่วงคลื่น λ จะได้กราฟตามรูปที่ 3-6



รูปที่ 3-5 แสดงรูปร่างและขนาดของตัววัดปริมาณรังสีแบบฟริคโดสมิเตอร์

ความยาวช่วงคลื่น λ (nm)	OD ที่วัดได้
250	0.610
260	0.430
265	0.360
270	0.310
275	0.280
280	0.265
290	0.255
295	0.255
300	0.245
305	0.230
310	0.204
315	0.182
320	0.155
325	0.125

ตารางที่ 3-2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวช่วงคลื่นและ OD ที่วัดได้



รูปที่ 3-6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวช่วงคลื่น λ กับ OD ที่วัดได้