บทที่ 3

การออกแบบอุปกรณ์

3.1 การศึกษาความเหมาะสมในการใช้อุปกรณ์บังคับลำรังสีกระตุ้น (COLLIMATOR)

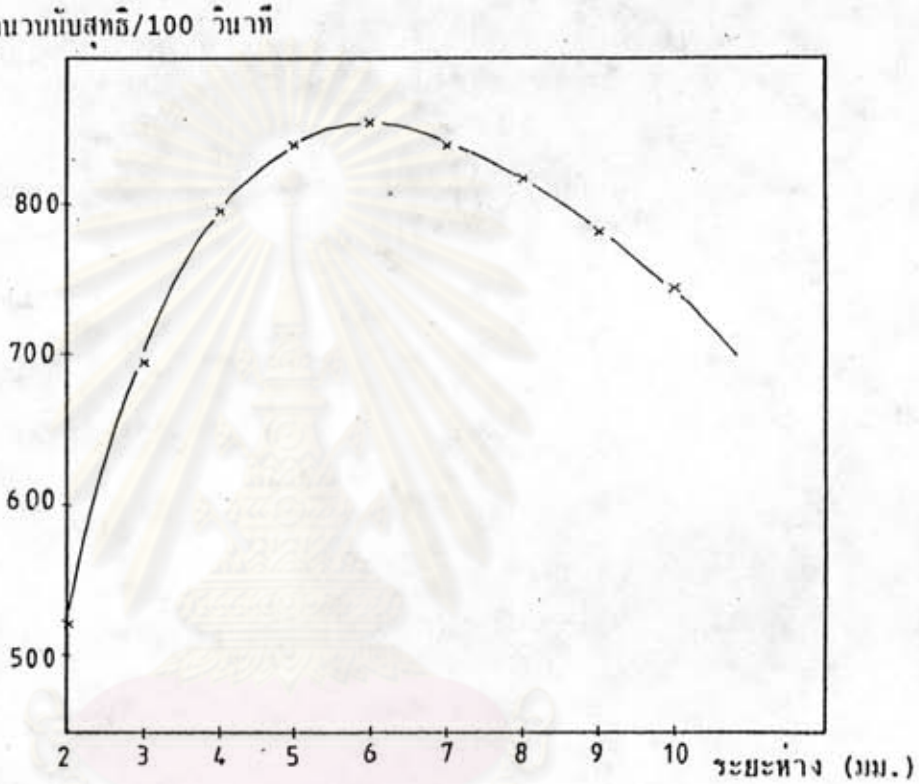
การเลือกวัสดุที่จะใช้เป็นอุปกรณ์บังคับลำรังสีกระตุ้นนั้น เป็นสิ่งที่ต้องศึกษา กล่าวคือ พลังงานรังสีเฉพาะธาตุของมัน เมื่อถูกกระตุ้นด้วยต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นจะต้องไม่ไปรบกวนต่อระบบวิเคราะห์ อีกทั้งยังต้องมีความหนาแน่นพอสมควร ในการที่กระเจิง (SCATTER) รังสีกระตุ้นให้มีทิศทางที่จะชนตัวอย่างด้วย วัสดุที่เลือกใช้เป็นอุปกรณ์บังคับลำรังสีกระตุ้น มี 4 ชนิดดังนี้ คือ

ชื่อ	ความหนาแน่น(กรัม/ลบ.ซม.)	สูตรเคมี
- อะคริลิค(ACRYLIC)	1.19	$\left[CH_2=C(CH_3)-C(=O)-OCH_3 \right]$
- เทฟลอน(TEFLON)	2.14 - 2.17	$\left[CF_2=CF_2 \right]$
- อะเซทอล(ACETAL)	1.43	$\left[-O-CH_2-O-CH_2- \right]$
- อะลูมิเนียม(ALUMINIUM)	2.71	$\left[Al \right]$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.1 การหาระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นกับตัวอย่าง

จัดระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นซึ่งใช้ไอโซโทป Cd-109 กับตัวอย่างกระดาษกรองมาตรฐานที่มีปริมาณทองแดงอยู่ 50 ไมโครกรัม ตั้งแต่ 2 มม. จนถึง 10 มม. ดังรูป ค.8 ในภาคผนวก แล้วทำการวัดโดยใช้เวลา 100 วินาที ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนับสุทธิของยอดพลังงาน Cu-Kα ที่ระยะต่าง ๆ แสดงไว้ในรูปที่ 3.1



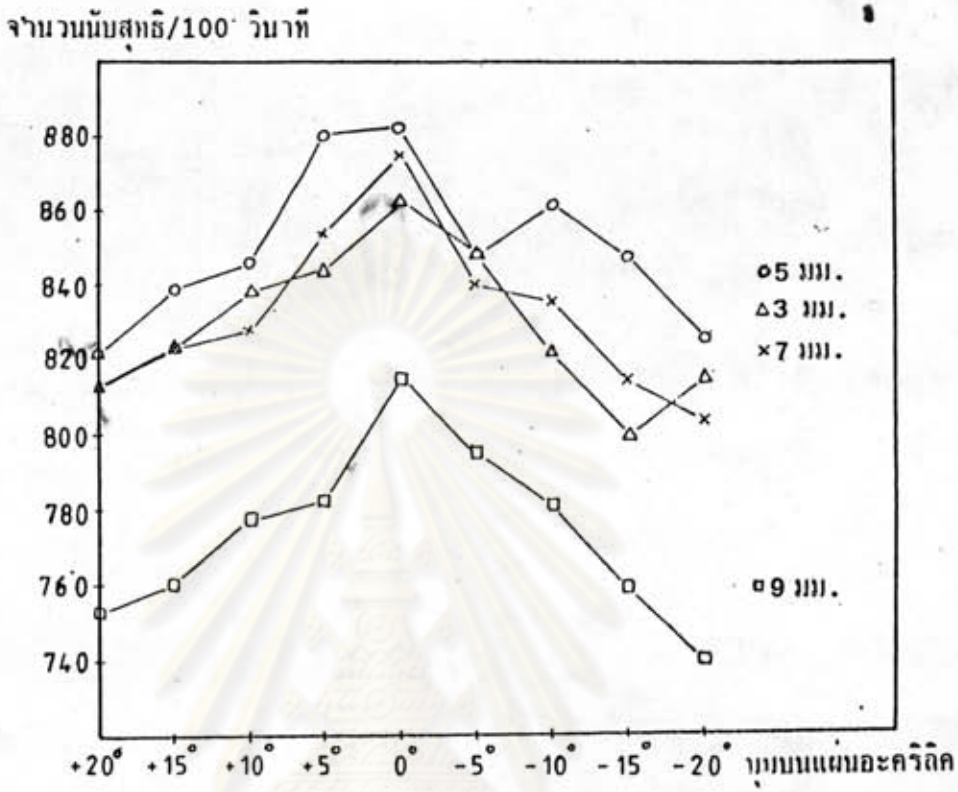
รูปที่ 3.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนับสุทธิของยอดพลังงาน Cu-Kα กับระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นกับตัวอย่างต่าง ๆ กัน

จากรูปที่ 3.1 เมื่อระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นกับตัวอย่างมากขึ้น ค่าจำนวนนับสุทธิของยอดพลังงาน Cu-Kα ก็จะมากขึ้น และจะมีค่ามากที่สุดระยะ 6 มม. หลังจากนั้นเมื่อระยะห่างมากขึ้นไปอีก ค่าจำนวนนับสุทธิจะน้อยลง

3.1.2 การหามุมของอุปกรณ์ยึดต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น

ใช้แผ่นอะคริลิคเป็นอุปกรณ์ยึดต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น โดยให้แผ่นอะคริลิคอยู่ระหว่างต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นกับตัวอย่าง ดังรูป ค.9 ในภาคผนวก แล้วทำการวัดตัวอย่างเดิม

โดยใช้เวลา 100 วินาที ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนับสุทธิของยอดพลังงาน Cu-Kα กับความหนาและค่ามุมของแผ่นอะคริลิค แสดงไว้ในรูปที่ 3.2

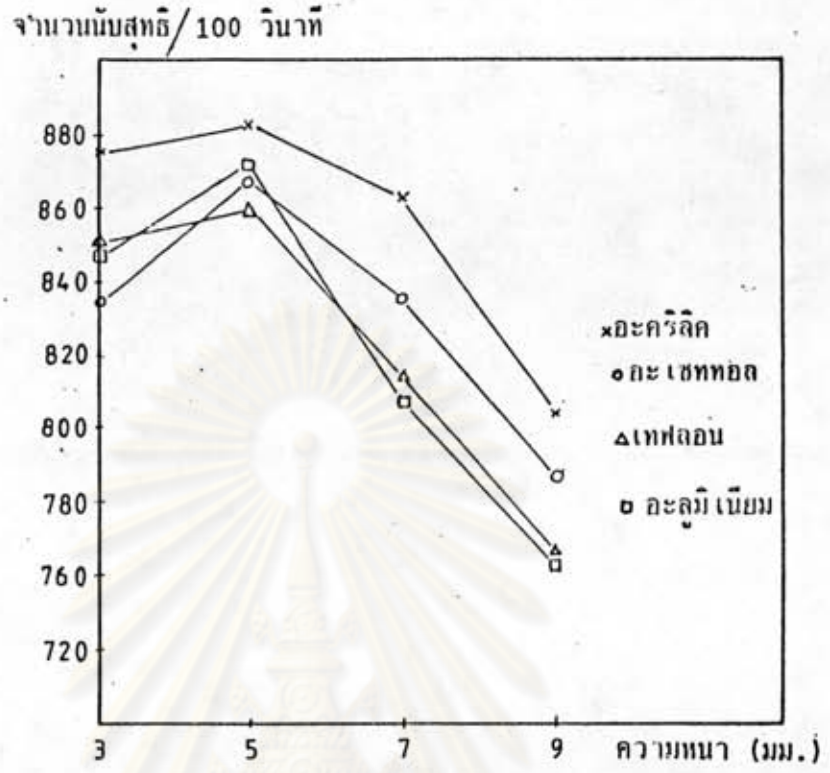


รูปที่ 3.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนับสุทธิของยอดพลังงาน Cu-Kα กับมุมของแผ่นอะคริลิค ที่ความหนาต่าง ๆ กัน

จากรูปที่ 3.2 ที่ความหนาเดียวกันของแผ่นอะคริลิค เมื่อค่ามุมเป็นบวกลดลง จำนวนนับสุทธิจะเพิ่มขึ้นและจะมีค่ามากที่สุดที่ค่ามุม 0 องศา และที่ความหนา 5 มม. จะให้จำนวนนับสุทธิมากที่สุด ลักษณะมุมต่าง ๆ ของแผ่นอะคริลิคแสดงไว้ในรูป ค.10 ในภาคผนวก

3.1.3 การเปรียบเทียบวัสดุที่ใช้เป็นอุปกรณ์บังคับลำรังสีกระตุ้น

ใช้แผ่นอะคริลิค อะเซทอล เทฟลอน และแผ่นอะลูมิเนียมเป็นอุปกรณ์บังคับลำรังสีกระตุ้น โดยมีมุมเท่ากับ 0 องศา แล้วทำการวัดตัวอย่างเดิมเป็นเวลา 100 วินาที ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนับสุทธิของยอดพลังงาน Cu-Kα กับความหนาต่าง ๆ กันของอุปกรณ์บังคับลำรังสีกระตุ้นต่างชนิดกัน แสดงไว้ในรูปที่ 3.3



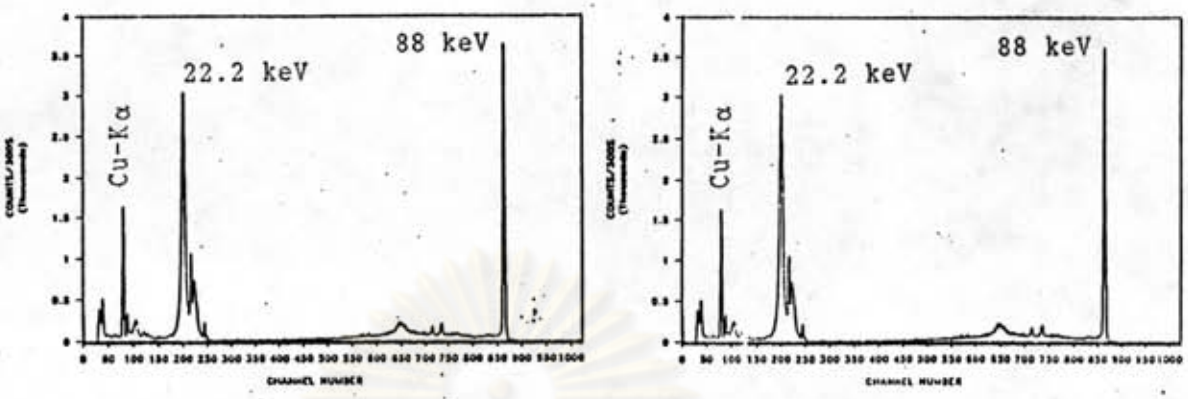
รูปที่ 3.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนับสุทธิกับความหนาต่าง ๆ กันของอุปกรณ์บังคับลำรังสีกระตุ้น

จากรูปที่ 3.3 วัสดุทุกชนิดที่ใช้เป็นอุปกรณ์บังคับลำรังสีกระตุ้น จะให้จำนวนนับสุทธิค่าสูงสุดที่ความหนา 5 มม.

จากหัวข้อ 3.1.1 ถึง 3.1.3 ได้ข้อสรุปว่า แผ่นอะคริลิคมุมศูนย์องศา หนา 5 มม. ให้จำนวนนับสุทธิของยอดพลังงาน Cu-Kα มากที่สุดคือ 883 แต่ถ้านำมาเปรียบเทียบกับหัวข้อ 3.1.1 เมื่อไม่ได้ใช้อุปกรณ์บังคับลำรังสีกระตุ้นทางสถิติ ซึ่งได้จำนวนนับสุทธิของยอดพลังงาน Cu-Kα เท่ากับ 857 ดังนั้นถ้า N = จำนวนนับสุทธิจะได้ว่า $\sqrt{N}$ = ค่าเบี่ยงเบน จะเห็นว่าค่า $883 \pm \sqrt{883}$ หรือ $883 \pm \sqrt{30}$ กับค่า $857 \pm \sqrt{857}$ หรือ $857 \pm \sqrt{29}$ ไม่มีความแตกต่างกันเลย ดังนั้น เครื่องวิเคราะห์รังสีเอกซ์เรืองด้วยต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นแบบสี่ไอโซโทป จะไม่ใช้อุปกรณ์บังคับลำรังสีกระตุ้นแต่จะจัดให้ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นกับตัวอย่างเท่ากับ 6 มม.

014306

i 10300548



รูปที่ 3.4 แสดงการเปรียบเทียบสเปคตรัมของยอดพลังงาน Cu-Kα ซึ่งใช้ Cd-109 เป็นต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น รูปทางซ้ายมือไม่มีอุปกรณ์บังคับลำรังสีกระตุ้นแต่ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นกับตัวอย่างเท่ากับ 6 มม. ส่วนรูปทางขวามือใช้แผ่นอะคริลิคหนา 5 มม. มุมศูนย์องศาเป็นอุปกรณ์บังคับลำรังสีกระตุ้น ซึ่งจะเห็นว่าสเปคตรัมทั้งสองรูปไม่มีความแตกต่างซึ่งกันและกัน

3.2 <u>การออกแบบจานใส่ต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น</u>

ใช้อะลูมิเนียมเป็นวัสดุเนื่องจากพลังงานรังสีเอกซ์เฉพาะธาตุของอะลูมิเนียม ไม่รบกวนต่อระบบวิเคราะห์ อีกทั้งยังมีน้ำหนักเบาและเกิดการกัดกร่อนในบรรยากาศน้อยมาก การเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นโดยใช้ปากคีบใส่ลงในจานนั้น ทำได้อย่างมั่นคงและสะดวก เนื่องจากมีร่องด้านข้างสำหรับจับต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นได้ การกำบังรังสีในส่วนของจานใส่ต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น มีเกราะกำบังรังสีด้านข้าง ทำด้วยตะกั่วเป็นรูปวงแหวนหนา 7 มม. ลึก 7 มม. ล้อมรอบต้นกำเนิดรังสีแบบไอโซโทปวงแหวน เพื่อป้องกันไม่ให้รังสีกระตุ้นทะลุผ่านออกไปทางด้านข้าง ซึ่งจะไปรบกวนต่อระบบวิเคราะห์ได้ ดังแสดงในรูป ค.11 และ ค.16 ในภาคผนวก

3.3 <u>การออกแบบเกราะกำบังรังสีด้านบนและด้านล่าง</u>

การใช้ไอโซโทปวงแหวนเป็นต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นสี่ไอโซโทปนั้น มีความจำเป็นที่จะต้องกำบังรังสีไอโซโทปที่ยังไม่ได้ใช้งานอีก 3 ไอโซโทป เพื่อไม่ให้รังสีกระตุ้นจาก

ไอโซโทปเหล่านี้ไปรบกวนต่อระบบวิเคราะห์และเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน จากการคำนวณไม่สามารถนำมาใช้งานได้ เพราะความหนาของตะกั่วที่ใช้ทำกำบังรังสีบางเกินไป ไม่สามารถป้องกันรังสีกระตุ้นจากต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นเหล่านี้ได้ ยังคงเข้าไปรบกวนต่อระบบวิเคราะห์ จึงพิจารณาใช้ความหนาของตะกั่วส่วนที่เป็นฝาเปิดปิดของภาชนะที่ใช้บรรจุต้นกำเนิดรังสีไอโซโทป ซึ่งมีความหนาเท่ากับ 10 มม. เป็นความหนาของตะกั่วที่ใช้ทำเป็นเกราะกำบังรังสีด้านบนและด้านล่าง และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกำบังรังสีทั้งเกราะกำบังรังสีด้านบนและด้านล่างจึงออกแบบให้มีขอบขึ้นมารับกับต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นและจานใส่ต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นดังในรูป ค.11 ในภาคผนวก

เนื่องจากพลังงานรังสีกระตุ้นของไอโซโทป Am-241(60 keV) และ Co-57 (122 keV และ 136 keV) มีพลังและความเข้มข้นสูงทำให้ส่วนหนึ่งของรังสีกระตุ้นนี้ทะลุผ่านด้านล่างของตัวถังของต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นเข้าสู่หัววัดรังสีโดยตรง ทำให้ภาคขยายส่วนหน้าเกิดการช็อคไม่สามารถวัดได้ และปริมาณของรังสีที่สะท้อนเข้าสู่หัววัดรังสี ขณะกำลังวัดรังสีนั้นจะทำให้ค่าเดดไทม์ (DEAD TIME) สูง เพื่อเป็นการแก้ปัญหานี้ ได้ออกแบบวงแหวนทองแดงซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใน 10 มม. ซ้อนอยู่ในวงแหวนตะกั่วซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางในและนอก 22.5 และ 38 มม. ตามลำดับ ดังแสดงในรูป ค.12 ใช้กับ Am-241 ซึ่งจะให้ค่าเดดไทม์ประมาณ 8 % และวงแหวนตะกั่วซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางในและนอก 10 และ 38 มม. ตามลำดับ ดังแสดงในรูป ค.12 ในภาคผนวก ให้ใช้กับ Co-57 ซึ่งจะให้ค่าเดดไทม์ประมาณ 11 %

3.4 การออกแบบจานเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น

ใช้อะลูมิเนียมเป็นวัสดุและจุดสำคัญของการออกแบบคือ ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นจะต้องห่างกันเพียงพอ โดยที่รังสีกระตุ้นจากต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นอื่น ๆ ไม่ไปรบกวนต่อระบบวิเคราะห์

3.4.1 การหาระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น

ใช้ Cd-109 และ Am-241 เป็นต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น แล้วทำการนับโดยไม่ต้องมีตัวอย่างวิเคราะห์ตามลำดับ บันทึกหมายเลขช่องที่เป็นยอดพลังงาน 22.2 keV กับ 88 keV ซึ่งเป็นพลังงานกระตุ้นของ Cd-109 และยอดพลังงาน 60 keV ซึ่งเป็นพลังงานกระตุ้นของ Am-241 จากนั้นใช้ Fe-55 (เหล็ก-55) เป็นต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นแล้วนำ Cd-109 และ Am-241 ซึ่งมีเกราะกำบังรังสีด้านบนและด้านล่างประกบอยู่ มาวางขนานข้าง Fe-55 ให้จุดศูนย์กลางทั้ง 3 อยู่ในแนวเดียวกัน โดยจัดระยะห่างของจุด

ศูนย์กลางจาก Fe-55 เท่ากันทั้งสองข้าง (ระยะ d) เท่ากับ 90 มม. (ระยะน้อยที่สุดที่จานใส่ต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นชนกันพอดี เท่ากับ 88 มม.) ตามรูป ค.13 ในภาคผนวก ทำการวัด 100 วินาที แล้วบันทึกจำนวนนับจริงตามหมายเลขช่องที่บันทึกไว้แล้ว เลื่อนระยะ d ออกไปครั้งละ 5 มม. จนกว่าจะอ่านจำนวนนับจริงได้ในระดับแบคกราวนด์ทั้ง 3 หมายเลขช่อง ได้ค่าดังตารางที่ 7 ในภาคผนวก ซึ่งจะพบว่าระยะห่าง (d) เท่ากับ 125 มม. ได้จำนวนนับจริงที่ยอดพลังงาน 22.2 keV เท่ากับ 8 ที่พลังงาน 88 keV เท่ากับ 10 และที่พลังงาน 60 keV เท่ากับ 18 ซึ่งสามารถประมาณได้ว่าอยู่ในระดับแบคกราวนด์

3.4.2 การหาขนาดของจานเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น

จากหัวข้อ 3.4.1 ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นเท่ากับ 125 มม. จากการคำนวณที่เหมาะสมและสอดคล้องกับจานใส่ต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น 4 จาน ได้ข้อมูลดังนี้ คือ

ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นกับจุดศูนย์กลางของจานเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นกับ 88 มม.

ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นเท่ากับ 124.5 มม.

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของจานเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นเท่ากับ 276 มม. ดังแสดงในรูป ค.16 ในภาคผนวก

3.5 <u>การออกแบบจานเปลี่ยนตัวอย่าง</u>

ใช้อลูมิเนียมเป็นวัสดุและจุดสำคัญในการออกแบบคือ ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของตัวอย่างจะต้องห่างกันเพียงพอที่พลังงานรังสีเอกซ์เฉพาะธาตุของตัวอย่างใกล้เคียงจะไม่ไปรบกวนต่อระบบวิเคราะห์

3.5.1 การหาระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของตัวอย่าง

ใช้ไอโซโทป Cd-109 เป็นต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นและใช้ Co (โคบอลต์) As (สารหนู) และ Nb (ไนโอเบียม) ทำการนับแต่ละตัวอย่างครั้งละ 100 วินาที แล้วบันทึกหมายเลขช่องที่เป็นยอดพลังงานของแต่ละธาตุไว้ ดังแสดงไว้ตารางที่ 6ในภาคผนวก นำ Co และ As มาวางไว้ทั้ง 2 ด้าน ของ Nb ให้จุดศูนย์กลางของตัวอย่างทั้ง 3 ธาตุอยู่ในแนวเดียวกัน ดังแสดงในรูป ค.14 ในภาคผนวก โดยให้ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของตัวอย่าง (ระยะd) เท่ากับ 65 70 และ 75 ตามลำดับ ทำการวัดตัว

อย่างครั้งละ 100 วินาที แล้วบันทึกจำนวนนับจริงตามหมายเลขช่องที่บันทึกไว้แล้ว ดังแสดงในตารางที่ 8 ในภาคผนวก จะได้ว่าระยะ d ที่เพิ่มขึ้นจาก 65 เป็น 70 และ 75 มม. นั้น ไม่มีความแตกต่างของจำนวนนับจริงของแต่ละหมายเลขช่อง แสดงว่าระยะ d เท่ากับ 65 มม. เป็นระยะห่างจุดศูนย์กลางของตัวอย่างที่เพียงพอแล้ว

3.5.2 การหาขนาดของจานเปลี่ยนตัวอย่าง

จากหัวข้อ 3.5.1 ได้ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของตัวอย่าง เท่ากับ 65 มม. จากการคำนวณที่เหมาะสมและสอดคล้องกับตัวอย่าง 8 ตัวอย่าง ได้ข้อมูลดังนี้คือ

ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของตัวอย่างกับจานเปลี่ยนตัวอย่าง เท่ากับ 95 มม.

ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของตัวอย่างเท่ากับ 72.2 มม. (โดยการวัดระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของตัวอย่างของเครื่อง XR-500 ที่โรงไฟฟ้าแม่เมาะ วัดระยะห่างได้เท่ากับ 45 มม.)

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของจานเปลี่ยนตัวอย่างเท่ากับ 276 มม. ดังแสดงในรูป ค.15 ในภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย